

Universidad Internacional SEK
Facultad de Ciencias Ambientales
Maestría en Gestión Ambiental

Tesis de Grado previa a la obtención del título de Magíster en Gestión Ambiental y la Industria.

Mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono orgánico a partir de estiércol animal, en el parque Metropolitano de Quito.

Autora: Laura Huachi Espín
Director: Fabio Villalba

Quito – Ecuador
2008

Dedicatoria.

Las palabras de este documento van dedicadas un hombre sencillo, pero a la vez grande, que es mi padre, el cual estuvo presente en cada uno de los momentos de alegría y lagrimas de mi vida y quien con sus consejos, apoyo, presencia y amor supo guiarme por el camino de la vida que no siempre es el que uno espera, pero siempre se recuerda a quien estuvo en el.

Agradecimientos.

A la Universidad Internacional SEK, por el apoyo y la confianza para realizar esta Maestría.

Al Consorcio Ciudad Ecogestión, y de manera especial al Ing. Jorge Esteban Oviedo, por su ayuda en la realización de éste proyecto

A la Ing. Katty Coral, un agradecimiento especial, no solo por su ayuda, si no también por su amistad permanente y por ser una mujer de empuje, la cual estuvo pendiente de que se realice este proyecto.

Al Ing. Fabio Villalba, quien con sus consejos, sugerencias, paciencia y dedicación de su tiempo ayudo a la culminación de esta tesis.

A Francisco Neira, que a pesar de su tiempo copado al cien por ciento, dedico su tiempo para realizar sus observaciones, correcciones, consejos y ayuda durante la investigación.

A Catalina y Lenin, que con su apoyo, y amistad corroboraron en este documento.

A mi familia, en especial a mis hermanos Vlady y Chary y mis sobrinas Micky, Yohama, Mayia y Andi. Gracias por su apoyo y por ser un regalo en mi vida, con quien siempre puedo y podré contar.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. HIPÓTESIS.....	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPITULO II.....	4
2. MARCO TEORICO.....	4
2.1. GENERALIDADES DEL PARQUE METROPOLITANO GUALGUILTAGUA DE QUITO.....	4
2.1.1. ADMINISTRACIÓN. (40).....	5
2.1.2. CARACTERÍSTICAS NATURALES. (20)	6
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EUCALIPTOS GLOBULUS.....	6
2.2.1. TAXONOMÍA (16).....	7
2.2.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL EUCALIPTUS GLOBULUS.....	7
2.2.3. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DEL EUCALIPTUS GLOBULUS	8
2.2.4. CONSECUENCIAS DEL MONOCULTIVO DE EUCALIPTO. (2).....	9
2.2.5. FERTILIZACIÓN DEL EUCALIPTUS GLOBULUS. (4).....	10
2.2.6. FERTILIZACIÓN FOLIAR (35)	10
2.2.7. FERTILIZACIÓN EDÁFICA. (5).....	11
2.2.8. USOS DEL EUCALIPTO (42).....	12
2.2.9. IMPACTOS DEL EUCALIPTO. (39).....	12
2.2.10. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PINUS RADIATA.	14
2.2.11. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL PINUS RADIATA.....	14
2.3. IMPORTANCIA DEL SUELO	17
2.3.1. EL SUELO	17
2.3.2. LA POBLACIÓN MICROBIANA DEL SUELO.....	17
2.3.3. FUNCIONES DE LA POBLACIÓN BIOLÓGICA DEL SUELO	19
2.3.4. LA MICROFLORA. (46).....	19
2.3.5. LA FAUNA	20

2.4.	LA FERTILIDAD DEL SUELO. (32)	21
2.4.1.	LOS NUTRIENTES DEL SUELO	22
2.4.2.	CLASIFICACIÓN Y FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES	22
2.4.3.	LOS MACRO ELEMENTOS	22
2.4.4.	MACROELEMENTOS SECUNDARIOS	23
2.4.5.	LOS MICRONUTRIENTES	23
2.5.	MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO	24
2.5.1.	LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA	25
2.5.2.	FERTILIZACIÓN ORGÁNICA. (44)	25
2.5.3.	MANEJO DEL SUELO Y LA MATERIA ORGÁNICA. (46)	27
2.5.4.	CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS ABONOS ORGÁNICOS.	28
2.5.5.	IMPORTANCIA DEL PH DEL SUELO. (43)	30
2.6.	EL ABONO ORGÁNICO DE ORIGEN ANIMAL. (44)	31
2.6.1.	ESTIÉRCOL	32
2.6.2.	IMPORTANCIA DEL ESTIÉRCOL EN EL SUELO	33
2.6.3.	VENTAJAS DEL ABONAMIENTO NATURAL (46)	33
2.6.4.	ESTIÉRCOL DE CABALLO	34
2.6.5.	CANTIDAD DE ESTIÉRCOL PRODUCIDA POR LOS ANIMALES. (46)	34
2.6.6.	MANEJO DEL ESTIÉRCOL DE CABALLO	35
2.6.7.	APLICACIÓN DEL ESTIÉRCOL	35
2.7.	AGROFORESTERÍA.	36
2.7.1.	AGROFORESTERÍA EN LAS SIERRAS ECUATORIANAS.	38
2.7.2.	PLANEAMIENTO DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES:	39
2.7.3.	MANEJO DE SUELOS AGROFORESTALES	40
2.8.	CARACTERÍSTICAS FORESTALES DE ESPECIES NATIVAS	40
2.8.1.	POTENCIAL DE ESPECIES NATIVAS	40
2.8.2.	FUNCIÓN DE LAS PLANTAS NATIVAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS. (14)	42
	CAPITULO III	44
3.	METODOLOGIA	44
3.1.	UBICACIÓN DEL ENSAYO	44
3.1.1.	LOCALIZACIÓN	44
3.2.	CARACTERISTICAS DEL SITIO'	44

3.2.1.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	44
3.2.2.	TOPOGRAFÍA Y SUELOS	44
3.3.	MATERIAL EXPERIMENTAL	44
3.3.1.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	44
3.3.2.	INSUMOS	45
3.4.	FACTORES EN ESTUDIO	46
3.5.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	46
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
3.6.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL	47
3.6.2.	NÚMERO DE REPETICIONES	47
3.6.3.	PARCELAS	47
3.6.4.	ÁREA TOTAL DEL ENSAYO	47
3.6.5.	DISPOSICIÓN EN EL CAMPO.....	47
3.6.6.	ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	49
3.6.7.	ANÁLISIS FUNCIONAL	49
3.7.	VARIABLES Y METODOS DE EVALUACION.....	
3.7.1.	MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	
3.7.2.	ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO.....	52
3.7.3.	CARGA MICROBIANA DEL SUELO.....	52
3.7.4.	CARGA MICROBIANA DEL BIOABONO (PURÍN).....	52
3.8.	METODOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO	53
3.8.1.	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	53
3.8.2.	SELECCIÓN DE PUNTOS Y MUESTREO DE SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO.	53
3.8.3.	ENVÍO DE MUESTRAS A LABORATORIOS.....	53
3.8.4.	PREPARACIÓN DE LOS SUELOS	53
3.8.5.	COLOCACIÓN DE LETREROS EN EL ENSAYO	54
3.8.6.	RECOLECCIÓN DEL ESTIÉRCOL DE CABALLO	54
3.8.7.	MUESTREO DEL ESTIÉRCOL DE CABALLO.	54
3.8.8.	PREPARACIÓN DEL TE DE ESTIÉRCOL DE CABALLO (BIOABONO)	54
3.8.9.	COSECHA DEL ESTIÉRCOL.....	54
3.8.10.	APLICACIÓN DEL BIOABONO.	54
3.8.11.	COSECHA DEL BIOABONO	55
3.8.12.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO.....	55
3.8.13.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	55

3.8.14.	ANÁLISIS DE DATOS.....	56
CAPITULO IV		57
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	57
4.1.	MAPAS DEL AREA DE ESTUDIO DEL PMQ.....	57
4.2.	ANALISIS DE MACRO Y MICRONUTRIENTES DEL SUELO CON	57
CAPITULO V.....		91
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1.	CONCLUSIONES	91
5.2.	RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFIA.....		95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°. 1. Importancia de las fuentes de nutrientes en el tiempo requerido para absorción*	26
Tabla N°. 2. Estimativo de la Materia orgánica en los suelos, de clima frío, templado y cálido. ...	27
Tabla N° 3. Composición química de los principales estiércoles utilizados en el compost por kg. por cada 100 kg. de estiércol.	33
Tabla N° 4. Producción media anual de estiércol de algunos animales de granja.....	35
Tabla N° 5. Cantidades de estiércol y frecuencia de aporte en condiciones medias.....	36
Tabla N° 6.Tabla relación Carbono / Nitrógeno de algunos tipos de estiércol	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Factores de estudio de la investigación. PMQ. 2008	46
Cuadro N° 2. Cuadro de tratamientos de la investigación. PMQ. 2008.	46
Cuadro 3. Esquema del ADEVA.2008.....	49
Cuadro N° 4. Análisis de la Varianza para Nitrógeno. PMQ. 2008.....	57
Cuadro N° 5. Cuadro de promedios para N. PMQ. 2008.	57
Cuadro N° 6. ADEVA para Fósforo. PMQ. 2008.....	60
Cuadro N° 7. Cuadro de promedios del P. PMQ. 2008.....	61
Cuadro N° 8. ADEVA para Potasio. PMQ. 2008.....	63
Cuadro N° 9. Cuadro de promedios del K. PMQ. 2008	63
Cuadro N° 10 . ADEVA para Magnesio. PMQ. 2008.....	67
Cuadro N° 11. Cuadro de promedios del Mg. PMQ. 2008.	67
Cuadro N° 12. ADEVA para Calcio. PMQ. 2008	69
Cuadro N° 13. Cuadro de promedios del Ca. PMQ. 2008.	69
Cuadro N° 14. ADEVA para Hierro. PMQ. 2008.....	71
Cuadro N° 15. Cuadro de promedios y desviaciones standar del Fe. PMQ. 2008.....	72
Cuadro N° 16. ADEVA para pH. PMQ. 2008.....	75
Cuadro N° 17. Cuadro de promedios del pH. PMQ. 2008.....	75
Cuadro N° 18. ADEVA para CE. PMQ. 2008.....	78
Cuadro N° 19. Cuadro de promedios del CE. PMQ. 2008.....	79
Cuadro N° 20. ADEVA para M.O. PMQ. 2008	81
Cuadro N° 21. Cuadro de promedios de M.O. PMQ. 2008.	81
Cuadro N° 22. Carga microbiana del área de estudio. PM. 2008-09-10.....	84
Cuadro N° 23. Resumen de las variables evaluadas en el purín de estiércol de caballo en el PMQ. 2008.	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Puntos de muestreo tomados con el GPS. PMQ. 2008.	100
Anexo 2. Mapas del Área de estudio del PMQ.2008	102
Anexo 3. Metodología del ensayo. Fotos. PMQ.2008	108
Anexo 4. Análisis de suelos y Análisis microbiológicos del suelo y purín de estiércol de caballo. PMQ. 2008	112
Anexo 5. Especies sugeridas para el PMQ en función del tipo de suelo, altitud y ventajas de las especies.....	124
Anexo 6. Flujograma de un plan de manejo orgánico para el PMQ. 2008.	128

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Promedios del Comportamiento de Nitrógeno en el ensayo. PMQ. 2008.	58
Gráfico N° 2. Promedios del Comportamiento de Fósforo en el ensayo. PMQ. 2008.	61
Gráfico N° 3. Promedios del Comportamiento de Potasio en el ensayo. PMQ 2008.	64
Gráfico N° 4. Promedios del Comportamiento de Magnesio en el ensayo. PMQ. 2008.....	67
Gráfico N° 5. Promedios del Comportamiento de calcio en el ensayo. PMQ. 2008.....	70
Gráfico N° 6. Promedios del Comportamiento de Hierro en el ensayo. PMQ. 2008.....	72
Gráfico N° 7. Desviaciones estándar del Fe en l ensayo. PMQ. 2008-11-19	73
Gráfico N °. 8 Tendencia cuadrática para el hierro. PMQ. 2008.....	73
Gráfico N° 9. Promedios del Comportamiento del pH en el ensayo. PMQ. 2008.....	76
Gráfico N° 10. Promedios del Comportamiento del pH en el ensayo. PMQ 2008.	79
Gráfico N° 11. Promedios del Comportamiento de la Materia Orgánica en el ensayo. PMQ. 2008.....	81
Gráfico N°12. Carga microbiana del PMQ.2008.....	84

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Textura del suelo	102
Mapa 2: Infraestructura y Distribución de Vegetación.....	103
Mapa 3: Superficie Delimitada para el Estudio.	104
Mapa 4: Ubicación de la Zona en Estudio.	105
Mapa 5: Delimitación de la Zona en Estudio Puntos GPS	106
Mapa 6: Puntos de Muestreo.....	107

Resumen

El estudio se realizó en El Parque Metropolitano de Quito, con el objetivo de obtener un abono orgánico a través del manejo del estiércol de caballo para utilizarlo como una fuente natural de fertilización que posibilite el mejoramiento del suelo y aporte nutrientes para la vegetación del parque.

Se utilizó un experimento factorial 3x3 dispuesto en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). El ensayo estuvo constituido por nueve tratamientos, tres tipos de suelo y tres dosis, al cual se le aplicó el purín de estiércol de caballo a dosis de 0, 5 y 10cm³/L de agua.

Los suelos utilizados fueron: (suelo 1), suelo de bosque, (suelo 2) suelo de vivero y (suelo 3) suelo de kikuyo, donde se probaron las dosis mencionadas anteriormente durante 16 semanas en el vivero del PMQ.

Con los datos obtenidos se realizó el procesamiento con un programa estadístico, el cual arrojó los resultados para ser analizados. A los mismos se aplicó Polinomios ortogonales para el factor B (dosis) y se observó la tendencia o comportamiento de los tratamientos.

Se determinó que la interacción S1d1 con 5cm³/L, resultó la mejor para NPK, M.O, pH, CE. Para los micronutrientes la misma interacción resultó la mejor menos para el elemento Fe. La carga microbiana presentó valores aceptables en la cantidad de bacterias, poco aceptable en hongos y aceptable para coliformes totales.

Se concluyó que la aplicación del purín ayuda al incremento de algunos nutrientes, mejora la cantidad de M.O., disminuye el pH, lo que contribuye al mejoramiento de las características del suelo si se aplica y maneja adecuadamente. Así, el purín es una herramienta adecuada dentro del cuidado ambiental, manutención del ecosistema y mejoramiento del suelo a un bajo costo con un beneficio alto en el tiempo.

Toda fuente orgánica reutilizada y bien manejada puede ser un aporte importante dentro de un programa sustentable y sostenible del PMQ.

ABSTRACT

The study was realized in Quito's Metropolitan Park (PMQ) with the objective of obtaining and evaluating an organic fertilizer, through the use of horse feces as a natural source, in order to improve the condition of the soil and add nutrients which also benefit the park's vegetation.

An experimental area of 3x3 was used in the Random Complete Plots Design (DBCA). The experiment consisted of nine treatments of three different types mixtures on three different types of soil. The horse feces mixtures were applied three different times, and were prepared with 0, 5.0 and 10 cm³/L of water.

The three different types of soil that were used included: **(1)** soil from a forest floor, **(2)** pasture soil, and **(3)** Kikuyo soil from planted grass, where the three previously mentioned treatments were used over the course of 16 weeks in a crop field in PMQ.

With the obtained data, a process was realized with a statistics program which produced results to be analyzed. These results were put into orthogonal polynomials because of the B factor (doses) and the tendency and the behavior of the treatments were observed.

It was determined that the interaction of S1d1 with 5cm³/L worked the best for NPK, M.O., pH, and CE. The same results were found with the micronutrients; however this did not work as well for Fe. The biocide presented acceptable values in the amount of bacteria and fecal coliforms, but less acceptable with mushrooms.

To conclude, the application of the horse feces mixture helped to increase the amount of nutrients in the soil, improve the amount of M.O., and lower the original pH of the soil which helps the assimilation of the nutrients. All of the analyzed parameters would help to improve the characteristics of the soil if they are applied and managed adequately. Therefore, the mixture is an adequate tool to use to take care of the environment, create a more sustainable environment, and improve the condition of the soil with only lower cost that shows many benefits in the long run.

All reusable and well-managed organic sources can be helpful factors of a sustainable program in PMQ.

CAPITULO I

MEJORAMIENTO DEL SUELO MEDIANTE LA PRODUCCIÓN DE UN ABONO ORGANICO A PARTIR DE ESTIERCOL ANIMAL, EN EL PARQUE METROPOLITANO DE QUITO.

1. INTRODUCCIÓN

La vegetación del parque Metropolitano de Quito (PMQ) está formada en un 60% por *Eucaliptus globulus*, 20% de *Pinus spp* y 10% entre arbustos, matorrales y diversas especies vegetales, las cuales han contribuido al desarrollo ecosistémico del parque y a la concurrencia de la población.

Sin embargo, la presencia de estas dos especies (eucalipto y pino), está ocasionando un deterioro rápido de los suelos debido a que sus tejidos vegetales tienen una serie de compuestos orgánicos ácidos, que disminuyen rápidamente el desarrollo normal del suelo y empobrecen la diversidad vegetal y animal originaria.

El parque por medio del Consorcio Ciudad Ecogestión, pretende usar y manejar adecuadamente todos los residuos generados en el área (material vegetal, cáscaras de naranjas, estiércoles, etc.) para convertirlos en herramientas útiles para el mejoramiento del suelo y nutrición de las futuras especies vegetales a colocarse en el parque, mediante un manejo integrado que sea sostenible y que dé los mejores resultados a futuro.

El parque es un espacio que debe ser aprovechado y manejado adecuadamente en el tiempo para evitar los impactos producidos por las especies introducidas *Eucaliptus globulus* y *Pinus radiata*, por lo que es necesario equilibrar el sistema interno de manejo del parque para ofrecer mayores garantías y avances para la población que lo visita a diario.

Un manejo adecuado, también implica hacer una mención de especies para reforestarlo según el tipo de suelo y la altura del parque. Es factible utilizar diversas especies vegetales (nativas, introducidas, frutales, ornamentales, etc.) para que conformen un verdadero bosque, un lugar agradable para las especies y para que sea realmente un lugar de descanso, recreación, y un futuro centro piloto de manejo y desarrollo urbano.

1.1. HIPÓTESIS

El uso adecuado de estiércol animal sirve como una fuente de fertilización orgánica para el desarrollo de los suelos del parque metropolitano y ayuda al mejoramiento y crecimiento de la vegetación y manutención del parque.

Ho = El purín de estiércol de caballo no sirve como una fuente de fertilización orgánica

Ha = El purín de estiércol de caballo sirve como una fuente de fertilización orgánica.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Obtener un abono orgánico a través del manejo del estiércol de caballo para utilizarlo como una fuente natural de fertilización que posibilite el mejoramiento del suelo y aporte nutrientes para la vegetación del parque.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características físicas, químicas y biológicas del estiércol de caballo.
- Analizar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Determinar la dosis más eficiente del bioabono a utilizarse en el área de estudio.
- Sugerir diferentes especies vegetales en función de las características de la zona en estudio.
- Generar mapas del área de estudio.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Ante la necesidad de mantener y mejorar al parque metropolitano, el Consorcio Ciudad Ecogestión, encargado de su manejo integral, junto con la Universidad Internacional SEK del Ecuador, convinieron la formulación de proyectos que permitan viabilizar este tipo de manejo..

Así el eucalipto, pino, ciprés y otras especies han acaparado el uso y cobertura en diferentes lugares del país, logrando de cierta manera que se olviden ciertos conocimientos tradicionales de las especies nativas. Es cierto que las especies introducidas tienen algunas ventajas, como el crecimiento rápido, el rendimiento relativamente alto y la forma del árbol entre otras. Pero también presentan problemas, el eucalipto extrae abundante humedad del suelo, lo seca y compite fuertemente con otras especies vegetales, reduciendo drásticamente el desarrollo de las mismas, especialmente en suelos arenosos.

En los últimos años, el parque ha venido deteriorándose y perdiendo el valor en cuanto a las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que podría poner el peligro su existencia en el futuro. Uno de los problemas que presenta el parque es el deterioro y pérdida de calidad y salud del suelo que es la base de la vegetación existente, que acompañados de la disminución de flora y fauna, del incremento de residuos orgánicos e inorgánicos, y de otros condicionantes, están agotando y agravando el problema, de ahí que una de las alternativas viables y amigables con el ambiente es el uso de recursos generados dentro del parque para la obtención de un fertilizante orgánico que ayude al mejoramiento del suelo.

Ésta es una parte de todo el conjunto de investigaciones que se llevan a cabo en el parque, por lo que se debe analizar los resultados de todos los estudios en forma integrada para contribuir a su mejoramiento y manejo en los años venideros

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. GENERALIDADES DEL PARQUE METROPOLITANO GUALGUILTAGUA DE QUITO.

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito declaró de utilidad pública el territorio localizado en la Loma de Guanguiltagua, al norte de la urbe, uno de los últimos reductos naturales disponibles en el valle de Quito. Esta jurisdicción ha permitido desarrollar un proyecto de espacio público recreacional de gran magnitud, que beneficia a la ciudad y a sus habitantes.

El 30 de octubre de 1990, el Ilustre Concejo Municipal, mediante la ordenanza 2818 determinó los límites y extensión del parque. El territorio del parque tiene una extensión total aproximada de 571.176 hectáreas a las que se propone incorporar 32 ha, localizadas frente al lindero nor-oriental, colindantes con el lindero norte del Cementerio Monte Olivo, actualmente separadas del cuerpo principal del parque por la vía Simón Bolívar, convirtiéndose así en uno de los mayores parques urbanos existentes en el mundo.

La cota máxima en el parque alcanza 2.988 m.s.n.m., característica que sumada a su proximidad a la línea ecuatorial, hacen de este territorio un área de temperatura moderada que puede ser disfrutada durante todo el año.

Según el Consorcio Ciudad Ecogestión de Quito, en junio del 2002 el Municipio contaba apenas con el 39% de la propiedad del parque; gracias al financiamiento del Consorcio Ecogestión Vida para Quito, el Municipio cuenta actualmente con el 80% de la propiedad del Parque. Estos resultados se lograron gracias a las donaciones de los ciudadanos. Para cumplir con este objetivo, la Corporación ha pagado 7,7 millones de dólares.

Según Vasco, en su propuesta para el desarrollo recreacional del parque Metropolitano, manifiesta que, el parque está ubicado al nororiente de Distrito Metropolitano, constituye un sitio muy atractivo para la población, con una concurrencia de 20.000 visitantes los fines de semana llegando a duplicarse la cifra en los días feriados y vacaciones.

Su objetivo es dotar al ciudadano de espacios de esparcimiento, ocio, distracción y relacionamiento social; promover el contacto del hombre con la naturaleza, así como la

ocupación del tiempo libre de los niños, jóvenes y ancianos, e incentivar la utilización de juegos tradicionales.

Los datos que se detallan a continuación han sido tomados del Plan Maestro del PMG de la Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda bajo la dirección del Arquitecto Diego Carrión. Junio 2002.

El Municipio de Quito y la Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado, con el fin de concretar los planes, programas y proyectos de interés ambiental para aplicarse en el Distrito, creó la Corporación de Salud Ambiental, Vida para Quito, la cual es una identidad de derecho privado sin fines de lucro, para realizar obras que mejoren la salud ambiental de la ciudad y de sus habitantes, encargada de administrar los recursos donados, así como obtenidos y ejecutar proyectos ambientales en favor de la ciudad.

Su creación fue aprobada por el Consejo Metropolitano mediante resolución No.358 del 28 de Junio del 2001. El Ministerio del Ambiente aprobó el estatuto de la Corporación mediante Acuerdo Ministerial No.067 el 31 de Octubre del 2001 **(40)**

2.1.1. Administración. (40)

El Parque Metropolitano Guanguiltagua, es administrado desde el 2 de Marzo del 2007, por el Consorcio Ciudad-Ecogestión, el cual plantea convertir al PMG, en un referente nacional e internacional de gestión, con la participación de la comunidad, del gobierno local y del sector privado. Entre los principales objetivos del Consorcio Ciudad Ecogestión, se encuentran:

- Mantener al PMG, como un espacio público incluyente, gratuito, abierto a toda la ciudadanía, y manejado con clara normatividad.
- Desarrollar Programas de educación ambiental, recreación, cultura y turismo, para toda la ciudadanía.
- Implementar un programa de manejo ambiental, para todas las actividades que se realicen en su interior.
- Construir edificaciones e infraestructuras, acordes con el entorno natural, que satisfagan necesidades y causen el menor impacto ambiental y visual.

- Reducir el actual uso intensivo de agua en el PMG, mediante una zonificación y reorganización de los accesos y circulación interna.

2.1.2. Características naturales. (20)

Una limitada cobertura vegetal de suelo caracteriza a este territorio, producto del proceso erosivo y de un inadecuado sistema de cultivo superficial al que ha sido sometido.

Las quebradas de influencia local, orientadas hacia el Machángara y hacia el valle y la canalización de la ciudad constituyen el drenaje del área.

- Fauna

El PMQ cuenta con una gran diversidad de especies de fauna considerando su ubicación urbana. El inventario del Parque identifica 21 familias y 60 especies aproximadamente, de las que podemos destacar 10 especies de colibríes, 7 de tangaras una especie de pájaro carpintero, entre las más llamativas.

- Flora

En su mayoría constituida por *Eucalyptus globulus* y en un pequeño porcentaje por *Pinus radiata*, acompañada de un poco de tréboles y unas pocas especies ornamentales y nativas.

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL *Eucaliptos globulus*.

El *Eucalyptus globulus* es uno de los árboles más conocidos de la flora australiana, por su rápido crecimiento se ha extendido por todo el mundo con fines industriales y de reforestación. Puede vivir más de 100 años. Es una de las especies más importantes en la forestación en países tropicales y sub tropicales. La especie viene originalmente de las provincias australianas de Tasmania, Victoria y New South Wales. (34) En los países andinos el eucalipto fue introducido hace 200 años por monjes australianos. (7)

En cuanto a su fisiología por ser una planta gimnosperma es una especie C-3, de máxima fotosíntesis. (41)

2.2.1. Taxonomía (16)

Nombre común o vulgar: Eucalipto blanco, Gomero azul de Tasmania, Árbol de la fiebre.

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Myrtales
Familia: Myrtaceae
Género: Eucalyptus
Especie: *globulus* (39)

2.2.2. Características botánicas del *Eucalyptus globulus*

– Raíz.

Posee un sistema radicular pivotante, profundo y ampliamente extendido. Su raíz es muy poderosa y apresiva, que cuida el árbol frente agentes atmosféricos. Los eucaliptos son plantas de raíces superficiales durante los periodos de crecimiento. (2)

– Hojas

Son alternas de 10 a 30 cm de ancho, estrechamente lanceoladas, en su mayoría acuminadas y curvas en la punta y agudas en la base, enteras, glabras, con nervio central muy marcado, brillantes y de textura endurecida. Además las hojas están provistas de glándulas secretoras

– Flores

Presenta flores blancas, solitarias, con el cáliz y la corona unidos por una especie de tapadera que cubre los estambres y el pistilo (de esta peculiaridad procede su nombre, *eu-kalypto* en griego significa "bien cubierto") la cual, al abrirse, libera multitud de estambres de color amarillo.

– Fruto

Los frutos son grandes cápsulas leñosas de hasta 2.5cm de largo, de color casi negro con una tapa gris azulada que contiene gran cantidad de semillas. (2)

2.2.3. Características ecológicas del *Eucaliptus globulus*

Esta especie fue introducida al Ecuador en el año 1869. En la Sierra ecuatoriana, se encuentra formando bosques, bosquetes, en linderos de propiedades o como árboles aislados, todo esto en forma dispersa, principalmente coincidente con la zona ecológica denominada bosque húmedo Montano – bajo (bh-Mb). Crece bien a alturas que están entre 2.400-3100 m.s.n.m. Diversas especies han sido difundidas en el mundo, especialmente en climas tropicales, subtropicales y templados; esto se debe a cualidades como rápido crecimiento, tronco erecto, resistencia a la sequía entre otros aspectos. (36)

En América del sur esta especie crece hasta 4000m.s.n.m. en Perú y Bolivia, (34) pero en Ecuador para un buen crecimiento se recomienda no plantar el eucalipto sobre los 2900m.s.n.m. con una precipitación de 600mm. (47)

– Clima

El *Eucaliptos globulus* prefiere el clima templado sin extremo de calor o frío. Su sensibilidad a las bajas temperaturas aumenta cuando se halla fuera de su hábitat óptimo. En zonas más secas es más susceptible a las heladas. Con la edad aumenta su resistencia al frío y en terrenos adecuados es mucho menos sensible a ese fenómeno.

En la Sierra se ha observado que *E. globulus* no se adapta bien a las zonas nebulosas. En tales sitios presenta una forma torcida y un crecimiento lento y muchos brotes laterales. Por lo tanto, hay que tener cautela con esta especie en regiones cuyos climas están influenciados por la Costa o el Oriente. (33)

– Suelo

El mejor crecimiento se ha obtenido en suelos profundos arenosos, pero también ha prosperado en suelos franco arcillosos y arcillosos. Los principales factores limitantes del suelo son profundidad insuficiente, mal drenaje, alta pedregosidad, salinidad y la presencia de un alto contenido de carbonatos asimilables. Sin embargo en la limitación de su desarrollo, los

factores edáficos son por lo general menos importantes que los climáticos. (33)

El árbol es tolerante, incluso de aquellos suelos que son particularmente deficientes en elementos minerales esenciales requeridos por la mayoría de especies de plantas. (51)

– **pH**

El eucalipto prefiere pH de 5,5 a 6,4, pudiendo extraer buenos nutrientes de la mayoría de los suelos. (38)

– **Temperatura**

El *Eucalipto globulus*, necesita un clima suave siendo su temperatura ideal entre los 21-27 °C. Su nivel de resistencia al frío se encuentra entre los -2 y -7 °C. Tolerancia fluctuaciones anuales de temperatura entre 16 a 20 °C. (1)

Los árboles de eucalipto sobreviven mucho mejor en una tasa óptima si se le proporciona un manto profundo en el área alrededor de las raíces. Este manto evita la congelación del suelo y contribuye a la resistencia de los árboles al clima frío. (33)

– **Especies**

Existe un sin número de especies del *Eucaliptus* como *Saligna*, *vinaminalis*, *gunni*, *Nova-anglica*. A alturas menores a los 2400m.s.n.m. se encuentran las especies *Tereticornis*, *resinífera*, *Rophylla*, *camaldulensis robusta*. (21)

2.2.4. Consecuencias del monocultivo de eucalipto. (2)

En el ecosistema, el eucalipto constituye un competidor esquilmante para la tierra y el resto de flora. Los problemas que acarrea esta especie son incluso mayores que los que ocasionan las plantaciones de pinos. Además de necesitar una mayor cantidad de agua, el eucalipto impide el asentamiento ralo del sotobosque como consecuencia de los compuestos terpénicos

(cineol y eucaliptol) que posee. Estos terpénicos ¹tienen un alto poder antigerminante, anulando el desarrollo embrional de las semillas que puedan caer en ese suelo, además de anular la flora bacteriana y fúngica del suelo, convirtiéndolo en estéril.

Sus raíces agotan la riqueza de nutrientes del suelo y los residuos que caen (hojas, flores y frutos) tienen sustancias que impiden el crecimiento de otras plantas a sus pies en contraposición, hay árboles enriquecedores (árboles de la Familia de las Leguminosas, los Alisos, Casuarinas, etc.) que aportan nutrientes fácilmente asimilables por la planta y cierto tipo de sustancias que mejoran la calidad del suelo.

2.2.5. Fertilización del *Eucalyptus globulus*. (4)

En el cultivo de eucalipto se han obtenido mejores resultados cuando el fertilizante se aplica en los primeros seis meses de la plantación; la aplicación un año más tarde no produce los mismos resultados y el efecto es mínimo o inexistente. Al aumentar la edad de los eucaliptos es menor la exigencia nutricional. Además, fertilizaciones repetidas mejorarían la nutrición y el crecimiento de los eucaliptos sobre suelos pobres y poco profundos, junto con una preparación adecuada del terreno. La mayor respuesta se obtiene con nitrógeno (N), mientras que el fósforo (P) produce un efecto menor en el crecimiento; en conjunto, estos elementos aumentarían la biomasa aérea o área foliar.

2.2.6. Fertilización foliar (35)

El abonado foliar consiste en rociar la copa de los árboles con agua que contiene sales disueltas, en bajas concentraciones, sales de macro o micro elementos, éstas son absorbidas por la superficie de las hojas; las características anatómicas de las hojas y los sistemas enzimáticos de las mismas pueden variar los comportamientos de los nutrientes.

¹ Sustancias líquidas, aromáticas y volátiles situadas en cualquier parte del vegetal, (cavidades, células, pelos o canales secretores) conformadas por un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas (alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, etc).

Los diversos elementos son absorbidos con mayor o menor intensidad según la composición de lo administrado, siendo las hojas las que absorben la mayor cantidad de sustancias pulverizadas, aunque también ingresan por los tallos y ramas.

Los nutrientes que se suministran por medio del abonado foliar son prontamente absorbidos y utilizados, evitando los problemas de la absorción radicular (sequía, condiciones de asfixia, poder de retención del suelo, fenómenos de insolubilización, etc.). La forma de aplicar estos fertilizantes es vital al momento de apreciar los resultados.

Para ayudar a la absorción por parte de las hojas se recomienda utilizar sustancias humectantes que reduzcan la tensión superficial del líquido, aseguren un más amplio contacto con la lámina foliar adsorbente; la eficacia de este tipo de abono es superior a lo que se podría esperar de la simple consideración de la cantidad de elementos nutritivos suministrados, favoreciendo la fotosíntesis clorofílica, aumenta la anchura del limbo foliar y favorece la absorción de elementos minerales de parte de las raíces.

2.2.7. Fertilización edáfica. (5)

La carencia de elementos nutritivos muchas veces va asociada con la falta de materia orgánica. En muchas zonas intensamente arborícolas y de escaso desarrollo zootécnico se echan de menos abonos a base de estiércol, ya que resulta una buena fuente de nutrimentos de tales elementos. El problema de la nutrición oligomineral se plantea con mayor urgencia allí donde la explotación agrícola no utiliza materiales orgánicos ni tampoco aquellos fertilizantes como el superfosfato, las escorias, y las sales potásicas brutas que contienen pequeñas cantidades de elementos accesorios.

Tomando en cuenta el nivel crítico de K en el suelo para el crecimiento de *E. globulus*, los niveles para la obtención del 90% de producción máxima fueron de 1.20 a 1.33 mmol dm⁻³ para suelos de textura media a arenosa y 1.87 a 2.18 mmol dm⁻³ para los de textura arcillosa.

2.2.8. Usos del eucalipto (42)

Tradicionalmente en Australia los eucaliptos se han constituido en el árbol más importante para las comunidades humanas y animales. Muchos son los animales que se alimentan de ellos como los koalas y los perezosos. Muchos insectos utilizan sus yemas jóvenes como alimento. Los boomerangs se elaboran a partir de eucaliptos enanos. Incluso han aprendido a extraer agua de las raíces de estos árboles. Posteriormente cuando estos árboles fueron importados a otras partes del mundo se utilizaron fundamentalmente para sanear lugares pantanosos por su capacidad para desecar los humedales y para eliminar los insectos perjudiciales.

Actualmente los eucaliptos constituyen los árboles más utilizados para plantaciones forestales. Se utilizan en este sentido principalmente para la fabricación de pasta de papel, para madera con diferentes finalidades dependiendo de la especie (muebles, vigas de construcción, herramientas o chapas y como combustibles en países pobres.)

Por su riqueza en aceites de sus hojas (eucaliptol, alfa-pineno, p-cimeno, limoneno, felandreno, butiraldehído, capronaldehído, taninos, resina), constituyen árboles muy productivos para la industria química (disolventes aromatizantes, perfumes, repelentes de insectos, etc.) y farmacéutica (cineol, terpineol, felandreno) se usa como antiséptico, antifúngico, antibacterial, mucolítico, expectorante, hipoglucemiante, febrífugo, antihelmíntico, cicatrizante, inductor enzimático, desodorante.

2.2.9. Impactos del eucalipto. (39)

Se dice que las plantaciones forestales sirven para mejorar el medioambiente, pero lo cierto es que degradan los suelos, afectan a la cantidad y calidad del agua disponible y perjudican seriamente a la flora y la fauna donde se instalan estos "bosques plantados". La degradación del suelo se produce por la erosión, pues el suelo queda desnudo.

Los organismos que descomponen la materia orgánica (hojas, ramas y frutos) que cae de los árboles tienen dificultades en reciclar esos nutrientes por tratarse de especies exóticas. Es frecuente ver cómo se acumula la

hojarasca de pinos y eucaliptos sin descomponer mucho tiempo sobre el suelo.

Los promotores de las plantaciones argumentan que algunas especies de árboles, en especial eucaliptos, producen más biomasa por unidad de agua utilizada y que son por ello más "eficientes" que los árboles nativos. Pero no tienen en cuenta que esas plantaciones de eucaliptos son "ineficientes" en otros productos que se pueden obtener de los bosques locales (fibras, frutos, hongos, medicinas, forraje).

Las plantaciones pueden conducir a una mayor acidificación de los suelos debido a la liberación de los ácidos orgánicos y/o a la exportación de cationes y reemplazo en el suelo de protones y aluminio, compactación de los suelos y pérdida de nutrientes. Sobre aspectos físico-químicos de los suelos; presenta una variación y disminución apreciable de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo.

Los impactos sobre la flora son múltiples y graves debido a la gran escala de estas plantaciones. El impacto es enorme en la zona templada. Se extermina gran parte de la flora local para evitar que compita con los árboles plantados y sólo unas pocas especies logran desarrollarse dentro de las plantaciones. Entre la flora que desaparece dentro de la plantación, destaca la del suelo, que cumple un papel fundamental en el mantenimiento de su fertilidad a largo plazo. La mayor parte de las especies locales desaparecen del área de plantación por competencia, cambios en el suelo y alelopatía que impide en desarrollo de otras especies.

Para buena parte de la fauna local, las plantaciones son desiertos alimenticios, por lo que tienden a desaparecer. Por otro lado se considera que los eucaliptos reducen considerablemente la contaminación atmosférica producida por el Dióxido de Nitrógeno NO₂; Dióxido de Azufre SO₂; Monóxido de Carbono CO; Ozono O₃ y partículas PM.

2.2.10. CARACTERISTICAS GENERALES DEL *Pinus radiata*.

El *Pinus radiata* tiene su origen de California, Estados Unidos y la Isla Guadalupe, México, fue introducida en 1905, pero la primera plantación real se hizo en el páramo de Cotopaxi en 1941. (34)

2.2.11. Características botánicas del *Pinus radiata*

– Hojas

Son de color verde oscuro, el limbo esta formado por tres o cuatro foliolos aciculares de 10 a 12cm de largo, cuya cara superior al tacto es suave y la inferior áspera.

– Flores

Es una planta gimnosperma, cuya flor consiste en pequeñas escamas que se agrupan en forma de cono. En cada cono hay dos tipos de escama seminíferas que forman el ovario y poliníferas que presentan el polen. Varios conos se agrupan en forma de espiga, y son de color café claro.

– Fruto y semillas

El fruto es un cono de unos 10cm de largo y de color café. Al secarse, se abren las escamas y dejan salir las semillas, que son aladas y de color café oscuro. Cada semilla mide aproximadamente 4mm y su forma es ovalada. Los frutos son grandes cápsulas leñosas de hasta 2.5cm de largo, de color casi negro con una tapa gris azulada que contiene gran cantidad de semillas. (2)

2.2.12. Características ecológicas.

Las plantaciones de *Pinus radiata*, están concentradas en los países tropicales dentro de 1500 a 3000m.s.n.m. (13). Necesita de una precipitación anual entre 650 a 1600mm y temperaturas promedias anuales de 11 a 18°C, tolera heladas suaves durante su periodo de hibernación y no crece en áreas con una estación muy seca a caliente. (34)

El pino prefiere suelos franco arenosos, con un buen drenaje y con una disponibilidad de nutrientes promedio. Cuando el contenido de calcio es

suficiente en sitios apropiados las hojas se descomponen bien. Crecimientos malos fueron reportados por deficiencia de fósforo y zinc. (34)

En 1967 se reportaron deficiencias de boro en suelos andinos. Investigaciones muestran que fertilizaciones con fósforo y boro eliminan este problema y mejoran el crecimiento. (29)

2.2.13. Enfermedades.

En áreas con humedad atmosférica constantemente alta hay una incidencia de enfermedades fungosas grande. Los hongos más conocidos son: *Fomes annosus*, *Armillaria melea*, *Cronartium cerebrum* y *Diploidia pini*. (34). Otra enfermedad es *Naemacyclus sp.*, esta enfermedad es más común en plantaciones densas donde no hay una aireación adecuada. (21)

Los insectos que afectan el crecimiento del pino en Ecuador son: *Coppaxa Medea*, *Leucolopsis parvistrigata*, *Nemoria omphax*, *Neotherina sp.*, *Gaujonia arbosi*, *Leipussuperstes*, *Paramallocera ilnizae*, *Hexaphyllum seguyi*. Pero no existe casi información para combatir estos insectos. (34).

2.2.14. Especies de pinos.

Existen algunas especies como son: *Pinus patula*, *Pinus muricata*, *Pinus tenuifolia*, *Pinus oocarpa*.

2.2.15. Usos del *Pinus radiata*.

Esta especie es útil para controlar la erosión y enriquecer el suelo con materia orgánica. Sirven para la formación de cortinas rompevientos. Su madera sirve como materia prima para elaborar pulpa de papel, como madera aserrada sirve para fabricar muebles rústicos, decoración de interiores, cajones, etc., también es utilizada como postes para cercos, y para combustibles. Además se aprovechan las resinas que segrega la madera. Actualmente se esta usando como materia prima para tableros aglomerados.

2.2.16. Impactos del pino. (29)

En el análisis de los impactos ambientales, Hofstede, menciona que las plantaciones de pinos provocan efectos negativos y positivos; no obstante, la existencia de una plantación adecuadamente manejada favorece en términos generales la presencia y permanencia de la biota local. Igualmente afirman que los efectos no solo están dados por la presencia de plantaciones sino por una combinación de factores como variables climáticas, temperatura y precipitación, y silviculturales como la densidad de siembra, podas y entresacas. Reporta que debajo de plantaciones exóticas, principalmente de pino, a 3.000 msnm los suelos son más secos, menos humíferos y la descomposición de la materia orgánica es inhibida por la hojarasca ácida cuticulosa, a diferencia de los suelos bajo páramo no alterado.

El mismo autor afirma que las especies como el pino, durante su crecimiento, consumen demasiada agua y disminuyen el rendimiento hídrico, secando finalmente el suelo, posiblemente porque las plantaciones forestales presentan una evapotranspiración mayor y una escorrentía reducida en comparación con vegetación baja. El hecho de que el suelo tienda a secarse por efecto de las plantaciones implica que los suelos pierden conexión entre partículas minerales y orgánicas, se disminuye el contenido de materia orgánica y los suelos se transforman de retenedores de agua a repelentes (29).

En este sentido también afirma que las acículas de los pinos tienen algún grado de transformación para que le impriman al suelo hidrofobicidad, pero lo más importante es que las raíces tienen incluso mayor hidrofobicidad potencial que las acículas. (29)

Se atribuye la repelencia al agua en plantaciones de pino, precisamente a la exudación de sustancias resinosas por las raíces de los pinos. No solamente las hojas, raíces y semillas sino el tronco y en general toda la planta es completamente resinosa; la resina, no es tan problemática, el problema son los fenoles, compuestos que todavía no están estudiados y que afectan la

biota del suelo. Eso es lo que limita el crecimiento de otras especies y degrada el suelo.

En lo que tiene que ver con la materia orgánica, se espera que la descomposición de la hojarasca de ***Pinus spp.*** sea lenta por la pobre calidad, como alta relación C/N y altos contenidos de polifenoles del material **(29)**.

2.3. IMPORTANCIA DEL SUELO

2.3.1. El suelo

El suelo es un recurso natural difícil de renovar, de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida de las plantas, los animales y los humanos.

Muchos autores definen al suelo como un material de composición mineral muy variable que se origina a partir de un gran número de procesos de meteorización de la roca madre y en las acumulaciones de carácter eólico, pluvial y de materia orgánica.

Estiman los estudiosos de la ciencia del suelo, que son tan lentos y complejos los diferentes procesos que intervienen en su formación, que la aparición de unos pocos centímetros lleva muchos años. **(46)**

2.3.2. La población microbiana del suelo.

El suelo es generalmente un hábitat favorable para la proliferación de microorganismos y en las partículas que lo forman se desarrollan microcolonias.

Típicamente, en los hábitats del suelo se encuentran de 10^6 a 10^9 bacterias por gramo de suelo. Los microorganismos aislados del suelo comprenden virus, bacterias, hongos, algas y protozoos. Las concentraciones de materia orgánica son relativamente altas en dicho ambiente, lo cual favorece el desarrollo de microorganismos heterótrofos.

Los microorganismos autóctonos son aquella parte de la comunidad microbiana del suelo que puede utilizar las sustancias húmicas refractarias.² En su mayoría son bacilos Gram negativos y actinomicetes. Estos, muestran una actividad intensa y un crecimiento rápido sobre sustratos fácilmente utilizables que están disponibles en forma de manto vegetal, excrementos animales y restos de animales muertos. (3)

Entre los géneros más frecuentes de bacterias del suelo se encuentran *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Xanthomonas*.

Los actinomicetes componen entre 10% y 33% de las bacterias del suelo. Los géneros *Streptomyces* y *Nocardia* son los más abundantes. *Micromonospora*, *Actinomyces* y muchos otros actinomicetes son alóctonos de los suelos, pero generalmente son poco abundantes. Los actinomicetes son relativamente resistentes a la desecación y sobreviven en condiciones de sequía en los suelos de los desiertos. Viven a pH alcalino o neutro y son sensibles a valores de pH ácido. (3)

Los hongos constituyen la proporción más elevada de la biomasa microbiana del suelo. La mayor parte de los diferentes tipos de hongos se encuentra en el suelo, principalmente como organismos autóctonos, y a veces como formas alóctonas². Pueden presentarse como organismos de vida libre o en asociaciones micorrícicas³ con las raíces de algunas plantas. Los hongos se encuentran principalmente en los 10 cm superiores del suelo y raramente están por debajo de los 30 cm. La mayor abundancia se da en suelos ácidos y bien aireados.

² Se refiere a aquellos nutrientes o materiales que se incorporan a un ecosistema desde el exterior del mismo. Se refiere a los individuos que se originan en un lugar distinto al que se encuentran en un momento determinado y que se han desplazado por causas naturales o antropológicas

³ Asociaciones simbióticas entre hongos del suelo y órganos de absorción de la planta. Ambos simbios (planta y hongo) se benefician del intercambio recíproco de fuentes minerales y orgánicas.

Los hongos aislados con mayor frecuencia en los suelos son de los llamados imperfectos, tales como las especies de *Aspergillus*, *Geotrichum*, *Penicillium* y *Trichoderma*, aunque también son muy abundantes numerosos ascomicetes y basidiomicetes.

Las levaduras son frecuentes en la mayoría de los suelos. Como en el caso de los hongos filamentosos, la mayor parte de levaduras alóctonas de suelos son hongos imperfectos (deuteromicetes). Los géneros *Candida*, *Rhodotorula* y *Cryptococcus* son probablemente las levaduras alóctonas más abundantes en el suelo. (3)

2.3.3. Funciones de la población biológica del suelo

2.3.4. La Microflora. (46)

Está constituida por vegetales microscópicos, entre los que se encuentran los siguientes:

Bacterias

Intervienen en la descomposición de la materia orgánica, tanto en condiciones aeróbicas (con intervención del aire), como anaeróbicas (sin intervención del aire). En el proceso de fijación de N en forma simbiótica (*Rhizobium* con leguminosa) y en forma libre como las bacterias del género *Azotobacter* y *Azospirillum*, etc. En el proceso de nitrificación (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*). Participando de manera eficaz en los ciclos del Nitrógeno y del Azufre. Participando en el proceso de compostaje, principalmente en la etapa termofílica.

De manera general, se puede decir, que el comportamiento de las bacterias depende de la actividad de otros microorganismos y de la disponibilidad de nutrientes, entre otros factores. Cuando hay desequilibrios, muchas bacterias pueden producir enfermedades a las plantas.

Hongos.

Existen miles de especies que viven en el suelo y sus funciones principales son:

- Descomposición de la materia orgánica, incluyendo algunos tipos que no pueden ser atacados por las bacterias.
- Participan en la síntesis de humus.
- Son capaces de solubilizar minerales.
- La asociación de hongos con las raíces de las plantas (micorizas), permiten el crecimiento de los vegetales en suelos muy pobres.
- Controlan algunas enfermedades y plagas (antagonistas y entomopatógenos⁴).

Algas

Son vegetales microscópicos, pero forman conglomerados fácilmente visibles. Necesitan agua, luz, minerales. Entre sus funciones están las siguientes:

- Algunas fijan N (algas verde azules)
- Participan en los procesos de formación del suelo.

Actinomycetes

Son microorganismos con características compartidas de bacterias y hongos, cuyas funciones son:

- Descomponen sustancias resistentes
- Participan en la formación de humus
- Mantienen el equilibrio entre diversas poblaciones micro orgánicas, a través de la producción de antibióticos.

2.3.5. La fauna

La fauna del suelo está compuesta por: la lombriz de tierra, lombrices o enquitreidos, coleópteros, ácaros o arañas, quelópodos y miriápodos, nemátodos y protozoos.

⁴ Son organismos heterótrofos (falta de fotosíntesis), que poseen células quitinizadas, normalmente no móviles y ayudan al biocontrol de insectos.

2.4. LA FERTILIDAD DEL SUELO. (32)

La fertilidad del suelo está dada por la cantidad adecuada de nutrientes, agua y aire, que es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir bien. De la vida que hay en el suelo, de los miles de seres vivos que habitan en él proviene en gran parte su fertilidad, es decir, la capacidad de producir alimentos en forma abundante, sana y permanente. El suelo sirve como soporte y provee parte del alimento y del espacio vital que requieren las comunidades animales y vegetales para desarrollarse y multiplicarse. Su importancia es capital en el mantenimiento de la vida.

El entender la fertilidad del suelo es entender la necesidad básica de la producción de los cultivos. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo. Al mismo tiempo, un suelo fértil, no es necesariamente productivo. Factores como mal drenaje, insectos, sequía, etc., pueden limitar la producción, aún cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. Para entender como funciona la productividad del suelo se deben reconocer las relaciones existentes entre el suelo y la planta. Ciertos factores externos controlan el crecimiento de la planta: aire, calor, luz, nutrientes y agua. Con excepción de La luz la planta depende del suelo (al menos parcialmente) para obtener estos factores. Cada uno afecta directamente el crecimiento de la planta y cada uno está relacionado con los otros. Debido a que el agua y el aire ocupan el espacio de los poros en el suelo, los factores que afectan las relaciones de agua necesariamente influyen en el aire del suelo. La disponibilidad de los nutrientes está influenciada por el balance entre el agua y el suelo, así como por la temperatura. El crecimiento radicular también está influenciado por la temperatura, así como por el agua y el aire disponible en el suelo.

La fertilidad del suelo en la agricultura moderna es parte de un sistema dinámico. Los nutrientes son continuamente exportados en los productos vegetales y animales. Desafortunadamente, algunos nutrientes también pueden perderse por lixiviación y erosión- Otros nutrientes como el P y el K pueden ser retenidos por las arcillas de los suelos. La materia orgánica y los organismos del suelo inmovilizan y luego liberan nutrientes todo el tiempo. Si la agricultura de producción fuese un sistema cerrado, el balance nutricional sería relativamente estable. Sin embargo el balance no es estable y esta es la razón por la cual es esencial entender los

principios de fertilidad del suelo para lograr una producción eficiente y protección ambiental. (32)

2.4.1. Los nutrientes del suelo

Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de uno de ellos puede disminuir seriamente el rendimiento y desarrollo del suelo.

2.4.2. Clasificación y funciones de los nutrientes

Según las cantidades que las plantas necesitan para su desarrollo, los nutrientes, se clasifican en macro elementos o elementos mayores y en micro elementos.

2.4.3. Los macro elementos

El grupo de los macroelementos primarios está constituido por el N, el P en forma de P_2O_5 y el K en forma de K_2O . Se denomina así porque, normalmente, la tierra no puede administrarlos a las plantas en las cantidades relativamente altas que esta necesitan para desarrollarse saludablemente. (32)

Nitrógeno (N)

Es muy soluble en el agua del suelo y es parcialmente retenido por las partículas de éste. Se pierde rápidamente por lixiviación. Entre sus funciones están alimentar a los microorganismos del suelo y favorecer la descomposición de la materia orgánica, contribuye al incremento de biomasa vegetal. (46)

Fósforo (P)

Se establece en forma de fosfato asimilable, se relaciona rápidamente con otros elementos químicos del suelo, formando compuestos menos solubles y

poco disponibles, este proceso se llama fijación. El fósforo se pierde por lixiviación. **(46)**

Potasio (K)

Regula el consumo de agua de las plantas. Las partículas de las plantas lo retienen con facilidad. La pérdida de potasio por lixiviación es menor en todos los suelos con excepción de los arenosos, debido a la gran cantidad de poros que posee. Se agota con la explotación intensiva de los cultivos que requieren de este elemento. **(46)**

2.4.4. Macroelementos secundarios

Se llaman así ya que las plantas lo necesitan en cantidades sustanciales, se presenta en cantidades adecuadas en algunas regiones y faltan en otras.

Calcio (Ca)

Promueve la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes. A la vez, mejora la estructura del suelo y la retención del agua. Su exceso produce una deficiencia de potasio, fósforo, magnesio, boro, zinc y hierro. Tiene influencia en la reacción ácida del suelo. **(46)**

Magnesio (Mg)

Es un componente esencial de la clorofila, es necesario para la formación de azúcar, ayuda a la asimilación de otros nutrientes, ayuda como transportador de fósforo en la planta, Promueve la formación de aceites y grasas. En ciertas formas corrige la acidez del suelo.

Azufre (S)

Ingrediente importante de la proteína. **(46)**

2.4.5. Los micronutrientes

Estos elementos se encuentran disponibles en la mayoría de los suelos. Las tierras arenosas, turbosas y de mantillo son las más frecuentemente deficientes.

Boro (B)

Está ligado con la asimilación de calcio y con la transferencia de los azúcares dentro de la planta. **(46)**

Cobre (Cu)

Ligado a la producción de clorofila. A menudo no es aprovechable en formas que se presentan en tierras tratadas con exceso de cal, las alcalinas o altamente calcáreas. **(46)**

Manganeso (Mn)

Aumenta el aprovechamiento del calcio, magnesio y fósforo. Fomenta la oxidación del suelo. Coadyuva la síntesis de clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.

Su deficiencia va relacionada con la alcalinidad del suelo. **(46)**

Molibdeno (Mo)

Esencial en la asimilación y fijación de N. **(46)**

Zinc (Zn)

Necesario para la producción de clorofila. Ciertos elementos complementarios pueden necesitarse en cantidades minúsculas. Existe alguna evidencia de que el sodio, el vanadio y el cobalto pueden encontrarse entre estos elementos complementarios. El sodio, cobalto, selenio y yodo se han encontrado en todas las plantas altas y son necesarios para los animales. **(46)**

2.5. MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.

La fertilización es la aportación de sustancias minerales u orgánicas al suelo con el objetivo de mejorar su capacidad nutritiva. El propósito es facilitar la perenne renovación del proceso productivo, evitando de esta manera el empobrecimiento y la esterilidad del suelo.

Los sucesivos progresos de la microbiología, la bioquímica y físico química aplicados, se encargaron de corregir el error de creer que la combinación de las

fertilizaciones químicas y orgánicas no era conveniente. La fertilización química es más nociva que beneficiosa, debido al desequilibrio biológico que ocasiona al suelo, con el consiguiente deterioro de su estructura, lo cual contribuye a la degradación.

2.5.1. La fertilización química

Consiste en alimentar a las plantas directamente mediante el abastecimiento con sustancias nutritivas químico-sintéticas solubles en agua por medio de la osmosis forzada. (46)

2.5.2. Fertilización orgánica. (44)

Constituyen un grupo muy diverso de materiales procedentes de residuos de animales y vegetales más o menos transformados y que presentan unos altos contenidos en materia orgánica

El objetivo de la fertilización orgánica, ecológica o biológica, es el efectuar aportes necesarios para que el suelo sea capaz por medio de los fenómenos físico químicos que tienen lugar en su seno, de proporcionar a las plantas una alimentación suficiente y equilibrada.

El método de fertilización orgánica, desiste del abastecimiento con sustancias nutritivas solubles en agua y de osmosis forzada, proponiendo alimentar a la inmensa cantidad de microorganismos del suelo, de manera correcta y abundante dejándole a ella la preparación de las sustancias nutritivas en forma biológica y provechosa para las plantas.

Es importante señalar que el método orgánico de fertilización permite realizar aportes minerales complementarios al suelo, bajo la forma de productos naturales tales como sedimentos marinos o terrestres, rocas molidas, etc.

Además, permite el uso de sales fertilizantes complementarias como muriato de K, sulphomag, indicando que estas no tienen mayor movilidad en el

suelo, y por lo tanto no constituye un peligro de contaminación para las aguas subterráneas.

Los aportes minerales, como las sales permitidas, no se efectuarán nunca de forma sistemática, sino únicamente en función de las necesidades del suelo y de las plantas, estas necesidades se determinan por medio de análisis de suelos, de tejidos de plantas, y de observaciones hechas sobre los vegetales.

Dentro de la fertilización orgánica, la alimentación de los microorganismos del suelo, se hace mediante la adición de abonos orgánicos sólidos y líquidos, fertilizantes minerales primarios, como también mediante la inoculación con agentes microbiológicos biofertilizantes⁵ (hongos y bacterias). Los nutrientes que provienen de abonos orgánicos son rápidamente asimilables.

Tabla N°. 1. Importancia de las fuentes de nutrientes en el tiempo requerido para absorción*

elemento	sales y óxidos	Quelatos sintéticos	quelatos orgánicos
Nitrógeno	1-6 horas	1-6 horas	12 minutos
Fósforo	15 días	7-11 días	16 minutos
Potasio	4 días	2 días	15 minutos
Hierro	2 días	24 horas	6 minutos
Manganeso	2 días	24 horas	4 minutos
Zinc	3 días	36 horas	7 minutos
Molibdeno	2 días	24 horas	8 minutos

*50 % del total aplicado.

Fuente: Suquilanda. Agricultura orgánica. . Alternativa tecnológica del futuro. 1996

⁵ Es un producto hecho a base de sustancias naturales destinado a mejorar el conjunto suelo/planta, estableciendo las condiciones propicias para el crecimiento de raíces/flora asociativa, restableciendo equilibrios y condiciones para que esto suceda de manera eficiente.

2.5.3. Manejo del suelo y la materia orgánica. (46)

El manejo de la materia orgánica sobre los suelos es de vital importancia en los métodos de producción orgánica y química. El contenido varía mucho dependiendo de las condiciones climáticas, prácticas de cultivo, rotación de las cosechas y la adición de abonos frescos (desechos animales, residuos de las cosechas y otros materiales orgánicos). Cuando se añade fertilizante al suelo sin la adición de componentes carbonados orgánicos, frecuentemente la tierra se deteriora.

Los niveles deseables de materia orgánica en los suelos varían desde 2 % en zonas áridas, al 5% en valles fértiles. Sobre esta cantidad, se estima que, para mantener o elevar el contenido de materia orgánica en suelos cultivados intensamente, se debe esparcir 25 toneladas de abono por acre (61t/ha), lo cual tomaría aproximadamente 20 años para la formación de la materia orgánica en el suelo en 1%. La manera más idónea para elevar el porcentaje de la materia orgánica en suelos y estabilizar su contenido de humus es mediante la aplicación de abonos de origen orgánico.

Los suelos necesitan estar relativamente calientes, bien drenados, humificados adecuadamente, y tener un rango de pH neutral para promover altos niveles de actividad biológica. Bajo estas condiciones óptimas, los beneficios de los niveles de materia orgánica serán más notorios.

Tabla N°. 2. Estimativo de la Materia orgánica en los suelos, de clima frío, templado y cálido.

CLIMA	M.O (%)	M.O (%)	M.O. (%)
	Bajo	Medio	Alto
Frío	< de 5	5-10	> 10
Templado	< de 3	3-5	> 5
Cálido	< de 2	2-3	> 3

Fuente: Suquilanda. Agricultura Orgánica. . Alternativa tecnológica del futuro. 1996

2.5.4. Características de la materia orgánica en los abonos orgánicos.

(28)

La materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y, en general, en el desarrollo de una agricultura acorde con las necesidades de conservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclos de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente importantes en el desarrollo de la vegetación.

Características físicas

La materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. El aporte de materia orgánica mejora estas características, que ayudan a la conservación del suelo en el tiempo.

La materia orgánica viva de origen vegetal se caracteriza por una estructura celular abierta. Las partículas de cortezas o corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo (porcentaje de poros), es decir, aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen total de suelo. Los espacios vacíos que se forman en la interfase entre las partículas orgánicas y minerales pueden contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial.

La materia orgánica tiene también efectos importantes sobre la temperatura del suelo. Posee una conductividad térmica más baja que la materia mineral,

mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene las temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones térmicas. Al tener un color más oscuro que el suelo mineral disminuye la radiación reflejada, calentándose más.

Características químicas

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada⁶. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles. La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Además, la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyen a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles.

Parece que las sustancias húmicas aumentan la liberación de potasio fijado a las arcillas.

La mayor parte del nitrógeno almacenado en el suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto, la disponibilidad de materia orgánica influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno.

La materia orgánica contiene un número elevado de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amidas, cetonas y aldehídos). Entre ellos, son los grupos carboxílicos los que contribuyen en mayor grado a la adsorción de moléculas de agua en forma de puentes de hidrógeno o enlaces coordinados. Los grupos funcionales de la materia orgánica proporcionan capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo por tanto a

⁶ Es un compuesto químico constituido por una molécula de naturaleza orgánica, que rodea y se enlaza por varios puntos a un ión metálico, protegiéndolo de cualquier acción exterior, de forma que evita su hidrólisis y precipitación.

aumentarla en suelos con bajo contenido en arcilla. También proporcionan una mayor capacidad tampón, lo que afectará a la cantidad de enmienda a utilizar si se desea subir el pH (mayor cantidad de enmienda a mayor capacidad tampón).

La materia orgánica suele acidificar el medio, favoreciendo así indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas.

Características biológicas

La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo. Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno.

La materia orgánica puede proporcionar actividad enzimática. Algunos productos derivados de la descomposición de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Algunos materiales como las cortezas, contienen sustancias que inhiben el crecimiento y que se eliminan generalmente mediante el compostaje. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras (por ejemplo, por exceso de agua). La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa. También tiene un papel importante en la absorción de pesticidas aplicados al suelo.

2.5.5. Importancia del pH del suelo. (43)

El valor de pH en la mayoría de los suelos se encuentra entre 4.0 y 8.0. Una acidez marcada es evidencia de una deficiencia de nutrientes. En este caso las partículas del suelo retienen más constituyentes ácidos que elementos nutritivos.

En suelos con pH menores a 6.5, se reduce la disponibilidad de P y Mo. En suelos con pH mayores de 6.5, se reduce la disponibilidad de cobre, manganeso, zinc y hierro. Los suelos arenosos resisten menos a cambio bruscos en sus reacciones. Su capacidad de amortiguamiento es pequeña, es decir, que un pH puede cambiar fácilmente. Al contrario los suelos arcillosos y ricos en materia orgánica son mas resistentes a cambios de pH, tienen mayor poder de amortiguamiento. El pH del suelo es importante porque influye en la absorción de nutrientes y en el desarrollo de las plantas. El pH influye de dos maneras:

- Facilitando la absorción de algunos nutrientes que en grandes cantidades resultarían tóxicos para la planta.
- Impide el aprovechamiento de algunos nutrientes esenciales para el desarrollo de la misma.

2.6. EL ABONO ORGÁNICO DE ORIGEN ANIMAL. (44)

Los abonos de origen animal constituyen el enfoque tradicional de las prácticas de fertilización orgánica, constituyendo una de las mejores formas para elevar la actividad biológica de los suelos. Muchas de las sustancias orgánicas más importantes en los abonos, como las vitaminas, enzimas y hormonas no pueden conseguirse fácilmente en otras formas de fertilizantes. Es posible que estos niveles de aceleración celular de reacciones específicas den a los abonos orgánicos de origen animal una buena reputación como fertilizantes.

Los abonos de origen animal constituyen una fuente apropiada de fertilizante nitrogenado. Cerca de la mitad del N contenido en estos materiales orgánicos, esta disponible para las plantas en el primer año de aplicación. Hay un factor residual durante el segundo año, que significa que los porcentajes de aplicación pueden ser menores en los años siguientes. Con planes de rotación, es posible aplicar abono animal, solamente cada año o aun cada tres años, tomando en cuenta las necesidades del suelo y del cultivo

Los abonos orgánicos de origen animal pueden ser clasificados de la siguiente manera:

Los abonos calientes que están constituidos por los estiércoles de pollos, pavos y palomas son de carácter volátil, lo que significa que sus nutrientes son menos estables. El porcentaje de peso seco de NPK indica que los niveles de porcentaje de N varían desde el 3-6% en pollos, 5% en pavos y 6.5% en palomas. Las aplicaciones de estos abonos sin haber sido sometidos a un proceso previo de compostación pueden causar un shock en los microorganismos del suelo.

Los abonos frescos o fríos, como los provenientes de ovejas, conejos, cuyes, vacas, caballos, pollos para producción de carne (2%) o vacas lecheras (3.5%) o caballos (2.5%), son considerados más estables. La estabilidad es una función de la flora microbiana y la naturaleza molecular del N.

La cantidad de NPK del abono orgánico varía grandemente. Depende de cómo se maneja el abono, de la estación, del tipo de alimentos que haya ingerido, y de la cantidad y de la clase de estratificación que contiene.

2.6.1. Estiércol

Son los excrementos de los animales, que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen. Permite el aporte de nutrientes, incrementa la retención de la humedad y mejora la actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad. (46)

Los estiércoles, además del aporte en N, proveen al suelo de mejoras físicas, químicas y biológicas que los fertilizantes químicos no son capaces de aportar. (27)

El potencial de contaminación por lixiviación de nitratos debido a la aplicación de estiércoles puede ser considerado mayor que cuando utilizamos fertilizantes minerales. (48) Con las adecuadas prácticas de manejo y aplicación de los fertilizantes orgánicos, así como el conocimiento de la demanda de la planta por el N, se podría optimizar la producción minimizando la contaminación. Las transformaciones del N en el suelo, son

afectadas por la interacción de factores ambientales y del suelo. De este modo, la humedad (15), la temperatura (23) y la textura afectan a la disponibilidad de N por la planta, incluyendo la tasa de mineralización y nitrificación, retención en el suelo, y potencial de lixiviación. Por tanto, de la totalidad del N aportado al suelo, parte debe ser disponible para la planta en un momento determinado, ya que primero debe ser mineralizado por las bacterias del suelo a NO_3 y NH_4 . Frecuentemente, esta cantidad puede exceder (contaminación) o no ser suficiente para la planta durante las fases de rápido crecimiento.

Entre el estiércol de ganado caballar, mular y asnal, el caballar es menos rico en nitrógeno, pero a la vez también el más rico en celulosa (materia orgánica). (48)

Tabla N° 3. Composición química de los principales estiércoles utilizados en el compost por kg. por cada 100 kg. de estiércol.

Fuente	Sust. Orgánica	N	P_2O_5	K_2O
Caballo	23	6.7	2.3	7.2
Vacuno	18	3.4	1.3	3.5
Gallina	25	15.0	10.0	4.0

Fuente: ICA (1972)

2.6.2. Importancia del estiércol en el suelo

2.6.3. Ventajas del abonamiento natural (46)

Constituye un almacén de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes los que se van liberando lentamente, facilitando el aprovechamiento de las plantas. Puede retener hasta 10 veces más nutrientes que las arcillas, aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y aumenta el intercambio y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta.

Facilita la formación de complejos arcillo-húmicos que retienen los macro y micronutrientes evitando su pérdida por lixiviación y de este modo aumenta

su disponibilidad. Proporciona energía para los microorganismos, lo cual incrementa la actividad biológica en el suelo.

Favorece una buena estructura del suelo, y aumenta la bioestructura⁷; facilitando la labranza y aumentando su resistencia a la erosión. Protege la superficie del suelo y aumenta la capacidad de infiltración del agua, lo cual reduce el riesgo de erosión. Aumenta la capacidad de retención de agua especialmente en suelos arenosos.

El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradada por el efecto de la erosión, pero su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo. Esto se puede lograr a través del manejo de los residuos de cultivo, el aporte de los abonos orgánicos, estiércoles u otro tipo de material orgánico introducido en el campo.

2.6.4. Estiércol de caballo

Este bioabono está constituido por nitrógeno, fósforo, potasio y otros componentes orgánicos como S, Mn, Ca, B, Cu, que hacen del estiércol de caballo un material de valor considerable como fertilizante. Por regla general un 10 a 15% al nitrógeno se halla en forma amoniacal y un 50% del total de sólidos corresponde a materia orgánica, la cual hace de estos lodos de digestión buenos acondicionadores de suelos arenosos y arcillosos. La utilización de bioabono puede hacerse de forma integral o después de un fraccionamiento que separa las partes sólidas y líquidas; sin embargo, la aplicación directa mediante riego es la práctica usual. (30)

2.6.5. Cantidad de estiércol producida por los animales. (46)

Para Suquilanda la cantidad de estiércol producida por los animales depende de la clase de forrajes que consumen, clase y cantidad de cama, tiempo que los animales pasan fuera del establo, etc. Desde que es producido hasta que

⁷ Consiste en la forma grumosa, estable al agua, en la capa arable comprendida entre 0 á 20 cms, de profundidad del suelo.

se entierra en el campo, el estiércol puede ir perdiendo algunos de sus componentes y disminuyendo su valor como fertilizante; estas pérdidas pueden deberse a dos causas, el lavado del estiércol por acción del líquido que arrastran las sustancias solubles y por la volatilización de materias producidas durante la fermentación.

Tabla N° 4. Producción media anual de estiércol de algunos animales de granja

Especie	Destino	Peso (kg)	Volumen (m³)
Buey	estabulada	16.000	36
Caballo	trabajo	10.000	25
Vaca	estabulada	12.000	15

Fuente: Fuente: ICA (1972)

2.6.6. Manejo del estiércol de caballo

Previo a su utilización, el estiércol debe someterse a un proceso de fermentación para que los nutrientes que contiene en forma no asimilable, se tornen en asimilables para las plantas, y se originen las sustancias húmicas⁸, que desempeñan función esencial en el suelo. Durante el proceso de fermentación el estiércol alcanza altas temperaturas, con lo que se produce la muerte de semillas de malezas y organismos dañinos (patógenos). Para evitar pérdidas de nitrógeno hay que conservar húmedos los montones de estiércol y para humedecerlos es recomendable utilizar el líquido que se escurre de la fermentación, a falta de este líquido se utilizará simplemente agua. Al principio se riega el estiércol una vez por semana y luego se va reduciendo el número de riegos. Si los montones de estiércol están muy húmedos, se debe poner material seco, como paja picada, hojas secas o también tierra para que pueda absorber el líquido.

2.6.7. Aplicación del estiércol.

Las cantidades deben ser determinadas previo análisis del suelo y del cultivo al que será aplicado, y tomando en cuenta las diferencias existentes en la composición de los estiércoles.

⁸ Son complejas agrupaciones macromoleculares en las que las unidades fundamentales son compuestos aromáticos de carácter fenólico procedentes de la descomposición de la materia orgánica y compuestos nitrogenados, tanto cíclicos como alifáticos sintetizados por ciertos microorganismos presentes en la biomasa.

El eucalipto es un cultivo que crece en suelos franco – arenosos, por lo que, posee baja capacidad de retención de agua y minerales; en este tipo de suelo se debe aplicar una dosis que va de 40 a 60 toneladas por hectárea. Es conveniente profundizar el estiércol (más 20 cm de profundidad) y mezclarlo bien sobre el suelo. La incorporación debe realizarse preferentemente cuando el suelo esté húmedo para que pueda captar de mejor manera los nutrientes.

Tabla N° 5. Cantidades de estiércol y frecuencia de aporte en condiciones medias

Clase de suelos	Dosis de conservación	Dosis de conservación + Corrección
Arenosos	15 a 20t/ha (cada 2 años)	20 a 25t/ha (cada 2 años)
Francos	20 a 30t/ha (cada 3 años)	30 a 35t/ha (cada 3 años)
Arcillosos	30 a 40t/ha (cada 3 años)	40 a 50t/ha (cada 3 años)

Fuente: Urbano Terrón (1988)

Tabla N° 6. Tabla relación Carbono / Nitrógeno de algunos tipos de estiércol

Materiales	Relación C/N
Estiércol de caballo	25/1
Estiércol de vaca (seco)	25/1
Estiércol de cerdo	12/1
Estiércol de vaca (fresco)	8/1
Estiércol de chivo	10/1
Estiércol de conejo	10/1

Fuente: SUQUILANDA Manuel. *Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro*. 1996

2.7. AGROFORESTERÍA.

La Agroforestería se refiere a sistemas y tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) se utilizan deliberadamente en el mismo sistema de manejo con cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma

de arreglo espacial o secuencia temporal. En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes.

Los sistemas agroforestales se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar mayor productividad, sostenibilidad de los sistemas de producción. En consecuencia, persiguen objetivos tanto ecológicos, ambientales, económicos y sociales. **(21)**

La característica principal de los Sistemas Agroforestales es su capacidad de optimizar la producción del territorio a través de una explotación diversificada, en la que los árboles cumplen un rol fundamental.

Este rol se ve reflejado en que los árboles pueden proveer muchos productos tales como madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas entre otros. Por otra parte, los árboles son proveedores importantes de servicios como seguridad alimenticia, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejora del microclima, cercos vivos para los cultivos y árboles frutales, demarcación de límites, captura de carbono, estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad, recuperación de tierras degradadas y control de maleza.

Los objetivos o beneficios de un Sistema Agroforestal pueden ser diferentes para cada situación y región del mundo pero, algunos de éstos son ampliamente reconocidos, como mejor protección y mejoramiento del suelo; mas de un tipo de cosecha o producto, lo cual le asegura una mayor estabilidad y retornos económicos en el mediano y largo plazo; obtención de subproductos como, leña, postes, miel y otros, que mejorara la calidad de vida de toda la comunidad o región. **(26)**

Dentro de los componentes de un sistema de agroforestería podemos distinguir cuatro tipos de sistemas que son los siguientes:

- Sistemas agrosilviculturales: Son cultivos en combinación con árboles y/o arbustos.
- Sistemas silvopastoriles: Son pastos y animales en combinación con árboles y/o arbustos.
- Sistemas agrosilvopastoriles: Son cultivos, pastos y animales con árboles y/o

- arbustos.
- Otros sistemas, como por ejemplo acuacultura. (29)

2.7.1. Agroforestería en las Sierras Ecuatorianas.

Lastimosamente, muchas de estas experiencias tradicionales no están documentadas de una manera que puedan ser ampliamente diseminadas. Desafortunadamente no existe un estudio profundo sobre las prácticas tradicionales agroforestales de las comunidades que existen en la sierra. Las prácticas que hasta ahora se introducen y aplican más en la sierra pueden ser consideradas como variantes de estos seis tipos de práctica:

1. Fajas o barreras fijas vivas de árboles y arbustos en contorno.
2. Cortinas rompevientos.
3. Árboles en linderos o cercas vivas.
4. Plantaciones silvopastoriles.
5. Pequeños bosquetes en la propiedad agrícola.
6. Frutales dentro de cultivos y huertas caseras

Sin embargo, hay más prácticas, pero estas son las más difundidas. (11)

En sistemas agroforestales se buscan especies que en general tengan un uso múltiple, como por ejemplo árboles que den madera para construcción, para leña y /o para postes, que fijen nitrógeno al suelo, con frutas comestibles y hojas que puedan ser usadas como forraje. En general las especies más apreciadas en la sierra de Ecuador son las exóticas Pino (*Pinus patula y radiata*), Ciprés (*Cupressus macrocarpa y lusitanica*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus y saligna*). Estas especies tienen la ventaja de un crecimiento rápido, su rendimiento es relativamente alto y tienen una forma de tronco recto. En prácticas agroforestales estas especies sirven para la madera que se usa para construcción, para postes y leña, también los árboles sirven muy bien para cercas y cortinas rompevientos. Además el Eucalipto tiene buenas propiedades medicinales. Pero también se presentan problemas, el eucalipto extrae abundante humedad del suelo, lo seca y compite fuertemente con los cultivos aledaños, reduciendo drásticamente las cosechas, especialmente en suelos arenosos. Otra limitante es que las especies exóticas (en especial Eucalipto y Ciprés) no se desarrollan bien sobre los 3.700 m.s.n.m. (13). Para cumplir el

objetivo de sistemas agroforestales que tienen que dar un beneficio a la población y llegar a un sistema estable y sostenible con otras especies, como especies nativas que pueden ser favorables por que están mejor adaptadas a las condiciones de la sierra. También las especies exóticas como *Acacia mearnsii* (acacia negra) y *melanoxylon* (mimosa fina) aunque crecen más lento que Pino y Eucalipto, son favorables en sistemas agroforestales por que fijan nitrógeno al suelo y las hojas sirven como forraje. (12)

El aliso (*Agnus acuminata*) y el Quishuar (*Buddleja incana*) son dos ejemplos de especies nativas valiosas, por su contribución en leña, madera, materia prima para tintes, medicina natural, y por su aporte a la materia orgánica con caída de hojas, fijación de nitrógeno al suelo, y por su protección de cultivos y de cuencas y microcuencas. El Aliso es una de las especies nativas más promocionada por los proyectos agroforestales en la Sierra, y una de las que mayor aceptación tiene por los campesinos. Otras especies que se usan dentro sistemas agroforestales en las partes altas de la Sierra son: *Polylepis incana* (árbol de papel), *racemosa* (caldera), *sericea* (coloradito), en cortinas rompevientos, en cercas vivas y en sistemas silvopastoriles, *Buddleja spp* (quishuar), en sistemas silvopastoriles, en bosquetes y en laderas, *Prunus serotina* (capulí), en huertos familiares, *Schinus molle* (molle o falso pimentero), en cortinas rompevientos y en huertos familiares, *Escalonia spp* (chachacomo), en cortinas rompevientos y en los bordes de andenes donde existen cultivos agrícolas y *Eritrina edulis* (guandul), *Poeppigiana* (bucare ceibo) en cercos vivos. (29)

2.7.2. Planeamiento de los Sistemas Agroforestales:

Antes de determinar los sistemas agroforestales a promocionar e implementar es fundamental caracterizarlos, es decir, hacer una descripción y análisis detallado de los aspectos naturales y sociales relevantes, con el objeto de identificar los sistemas de producción existentes y reconocer los problemas más importantes. Los pasos para realizar una caracterización son:

- Precisar los objetivos y el área a caracterizar
- Buscar y obtener información de carácter físico, biológico y socioeconómico.
- Identificar las características principales de los sistemas agrarios existentes.

- Determinar los problemas, necesidades y oportunidades en el área.
- Analizar toda la información obtenida con el propósito de precisar si la implementación de sistemas agroforestales es una alternativa sustentable.

2.7.3. Manejo de suelos agroforestales

El manejo de suelos en un sistema agroforestal persigue alternativas para disminuir los riesgos de erosión y consecuentemente a mejorar la fertilidad de los mismos mediante la implementación de algunas prácticas culturales como:

- Conservar la cubierta vegetal u hojarasca durante el mayor tiempo del año con el objeto de brindar protección a la superficie de los suelos, disminuyendo de esta manera el impacto directo del brillo solar y las gotas de lluvia.
- Conservar el contenido de materia orgánica, que contribuye a una mejor retención de nutrientes y en consecuencia eleva la fertilidad del recurso suelo.
- Minimizar labores o actividades que produzcan la remoción de materia orgánica y nutriente en las cosechas, en este caso se tratará de dejar la mayor cantidad de residuos o desechos vegetales sobre el terreno.
- Disminuir en lo posible las quemas frecuentes de desechos para evitar la pérdida o muerte de microorganismos benéficos que viven en el suelo, ya que éstos cumplen con la función de descomponer la materia orgánica y, de la volatilización (pérdida de elementos como el carbono, nitrógeno y azufre que se encuentran en la biomasa) (17)

2.8. CARACTERÍSTICAS FORESTALES DE ESPECIES NATIVAS

2.8.1. Potencial de especies nativas

En Ecuador, se estima que existen cerca de 2000 diferentes especies nativas de árboles. Muy pocos de éstos han sido objetos de una completa investigación respecto a su potencial para reforestación (7). Ahora la vegetación natural de la sierra fue relegada a pequeños espacios inhóspitos y poco accesibles: menos del 24% de la superficie de la Sierra se encuentra

todavía con masas boscosas naturales. Con el mismo ritmo que disminuyen los últimos vestigios de vegetación natural, desaparecen los conocimientos tradicionales sobre numerosas especie nativas en peligro de extinción. (13).

Para establecer plantaciones con especies nativas a grandes alturas y bajo duras condiciones ambientales se tendrá como propósito principal el restablecimiento de la cubierta vegetal en laderas degradadas iniciando así el proceso de recuperación de tierras marginales y abandonadas, y deteniendo el rápido y continuo proceso erosivo. Con el tiempo, tales plantaciones de recuperación, si son manejadas adecuadamente, podrían cubrir parte de los requerimientos locales de biomasa para energía. (7) La creciente necesidad de protección de las partes más altas de áreas de captación de agua de importantes sistemas fluviales, demanda planes extensos de reestablecimiento en todas las partes de la meseta andina. Especies nativas adaptadas a las condiciones locales de clima y terreno tienen ventajas sobre especies introducidas y en muchos casos son la única alternativa. Así se les debe dar una prioridad en estos proyectos energéticos (47)

Dentro de las especies recomendadas para este tipo está:

<i>Anus acumita</i>	Aliso
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal
<i>Buddleja incana</i>	Quishuar
<i>Oreopanax spp.</i>	Pumamaqui
<i>Cederla montana</i>	Cedro andino
<i>Posocarpus spp.</i>	Romerillos, guavisay
<i>Eugenia sp.</i>	Arrayán
<i>Polylepis spp.</i>	Yagual
<i>Fraxinus americanus</i>	Fresno
<i>Schinus molle</i>	Molle (31)

En base de estudios y recomendaciones se realizó un estudio para las probabilidades de especies nativas en plantaciones, y se llegó a la conclusión que las especies prometodoras son ***Agnus acuminata*** (coralito o

hierba de bruja), *Buddleja spp* (Quishuar), *Podocarpus spp* (romerillo), *Hedyosmum sp* (yátaro de pico negro). (47)

CESA realizó dieciséis ensayos en diferentes sitios que varían dentro de 3410 – 4610m.s.n.m. en los años 1987 y 1988 con diecinueve diferentes especies nativas, muchas de las cuales se adaptan bien desde los 2800m.s.n.m. Estas especies son:

Polylepis incana, *Polylepis reticulata*, *Buddleja incana*, *Buddleja coriaces*, *Gynoxys sp.*, *Prunas serotina*, *Agnus acuminata*, *Podocarpus sprucei*, *Oreopanax sp.*, *Populus sp.*, *Vervesina sp.*, *Chuquiragua lancifolia*, *Loricaria thujoides*, *Hesperomeles sp.*, *Escallonia myrtuloides*, *Eugenia sp.*, *Cewderela sp.*, *Aegiphyla ferruginea*. (13)

2.8.2. Función de las plantas nativas en la recuperación de suelos. (14)

El suelo es un sistema complejo que se forma en la superficie del terreno, inicialmente por la alteración física y química de las rocas y luego por la influencia de los seres vivos, desarrollando una estructura en niveles superpuestos, el perfil, y una composición química y biológica definidas, desarrollándose sobre él un sin numero de interacciones, por lo cual también es considerado como un ecosistema. Dentro de estas interacciones, las plantas juegan un papel muy importante, ya que el suelo retiene las sustancias minerales que las plantas necesitan para su nutrición y que se liberan por la degradación de los restos orgánicos.

En el final del siglo XX surgieron tecnologías basadas en el empleo de organismos vivos para descontaminar suelos contaminados y recuperar los ecosistemas afectados. Cuando estas tecnologías se basan en el uso de plantas, reciben el nombre de fitorremediación, de manera general ya que dentro de la misma se puede dar otro tipo de términos más específicos como *Fitoextracción*, *Fitoestabilización*, *Fitoimmobilización*, *Fitovolatilización*, *Fitodegradación*, *Rizofiltración* .

La Fitorremediación se puede definir como el uso de plantas verdes para eliminar los contaminantes del entorno, para reducir su peligrosidad, o para mejorar las condiciones del suelo y el ambiente.

La fitorremediación con especies nativas, aplicada en suelos contaminados se basa en el uso conjunto de plantas propias del lugar y técnicas agronómicas para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo. Estas fitotecnologías se pueden aplicar tanto a contaminantes orgánicos como inorgánicos, presentes en sustratos sólidos, líquidos o en el aire. Las plantas nativas son utilizadas, ya que éstas por ser oriundas del sitio, tienen un gran poder de adaptación y por lo tanto su acción es más efectiva. La función de estas plantas es la de retener, eliminar remover y transformar los contaminantes que se encuentran en el suelo. Además ayudan a la recuperación de los nutrientes y los elementos esenciales del mismo.

Dentro de las ventajas del uso de plantas de nativas para la remediación de suelos, se encuentran especialmente la limpieza y la economía; no utilizan reactivos químicos peligrosos, ni afectan negativamente a la estructura del suelo, sólo aplican prácticas agrícolas comunes; además, el proceso se realiza '*in situ*' evitando costosos transportes.

Sin embargo, las desventajas de ésta técnica se basan en la profundidad del contaminante, ya que depende de ello para determinar parte de la eficiencia de remediación, debido a que las raíces de las plantas alcanzan profundidades limitadas. La otra desventaja es el tiempo, pues se requiere de un determinado periodo para el crecimiento de las mismas.

La concentración y toxicidad del contaminante también juega un papel muy importante dentro de esta técnica ya que dependiendo de ello se determina el crecimiento de las plantas.

CAPITULO III

3. METODOLOGIA

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

La presente investigación se llevo a cabo en el Parque Metropolitano de Quito.

3.1.1. Localización

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Parroquia:	Bellavista
Altitud:	2998 m.s.n.m.
Longitud:	00°10'98" S
Latitud:	78°27'82" E

Fuente: Dirección Metropolitana de territorio y Vivienda. Gerencia de Parques y Jardines (DMTV). 2002. Proyecto Metropolitano de Bellavista. Quito, DM., junio.

3.2. CARACTERISTICAS DEL SITIO'

3.2.1. Características climáticas

Temperatura máxima:	22° C
Temperatura promedio anual:	15° C
Temperatura mínima:	8° C

Fuente: INHAMI

3.2.2. Topografía y suelos

Textura:	F. arenosa, F. arcillo arenosa, F. areno arcillosa
pH:	6.9
Topografía:	Plana a ligeramente plana (0-5%)

3.3. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.3.1. Equipos y herramientas

Los materiales utilizados en la investigación fueron:

Campo.

- Barreno
- GPS
- Estacas
- Palas
- Azadón
- Cinta métrica.
- Fundas plásticas
- Etiquetas
- Tanque de 200 litros
- Barra
- Regadera
- Jeringuillas
- Balanza
- Cuaderno de campo
- Computadora
- Cámara fotográfica
- Balde
- Colador
- Peachímetro
- Conductímetro

3.3.2. Insumos

- Estiércol de caballo
- Suelo
- Agua
- Melaza
- Acido cítrico
- Levadura

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Cuadro N° 1. Factores de estudio de la investigación. PMQ. 2008

Factores en estudio	Niveles del factor	
	Descripción	Codificación
Tipos de suelo (A)	Franco Arenoso. F. arcilloso.	S1
	Franco arcillo arenoso y franco arenoso	S2
	Franco arenoso. F. arcillo arenoso	S3
Dosis de purín de estiércol de caballo (B)	0 cm ³ /L (dosis 1)	d0
	5 cm ³ /L (dosis 2)	d1
	10 cm ³ /L (dosis 3)	d2

Fuente: Laura Huachi

3.5. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Cuadro N° 2. Cuadro de tratamientos de la investigación. PMQ. 2008.

Tratamientos	Codificación del tratamiento	descripción
t1	S1d0 (testigo)	Suelo sin abono
t2	S1d1	Suelo con abono
t3	S1d2	Suelo con abono
t4	S2d0 (testigo)	Suelo sin abono
t5	S2d1	Suelo con abono
t6	S2d2	Suelo con abono
t7	S3d0 (testigo)	Suelo sin abono
t8	S3d2	Suelo con abono
t9	S3d3	Suelo con abono

Fuente: Laura Huachi

d = dosis (0, 5 y 10cm³/L)

s = suelos (1kg /funda)

3.6. ANALISIS ESTADISTICO

3.6.1. Diseño experimental

Se realizó un experimento factorial 3x3 dispuesto en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).

3.6.2. Número de repeticiones

Tres

3.6.3. Parcelas

Unidades experimentales:	405 (funda de 2kg)
Tratamientos:	9
Área total de parcela:	1.50m
Forma:	redonda (funda plástica de 2kg)

3.6.4. Área total del ensayo

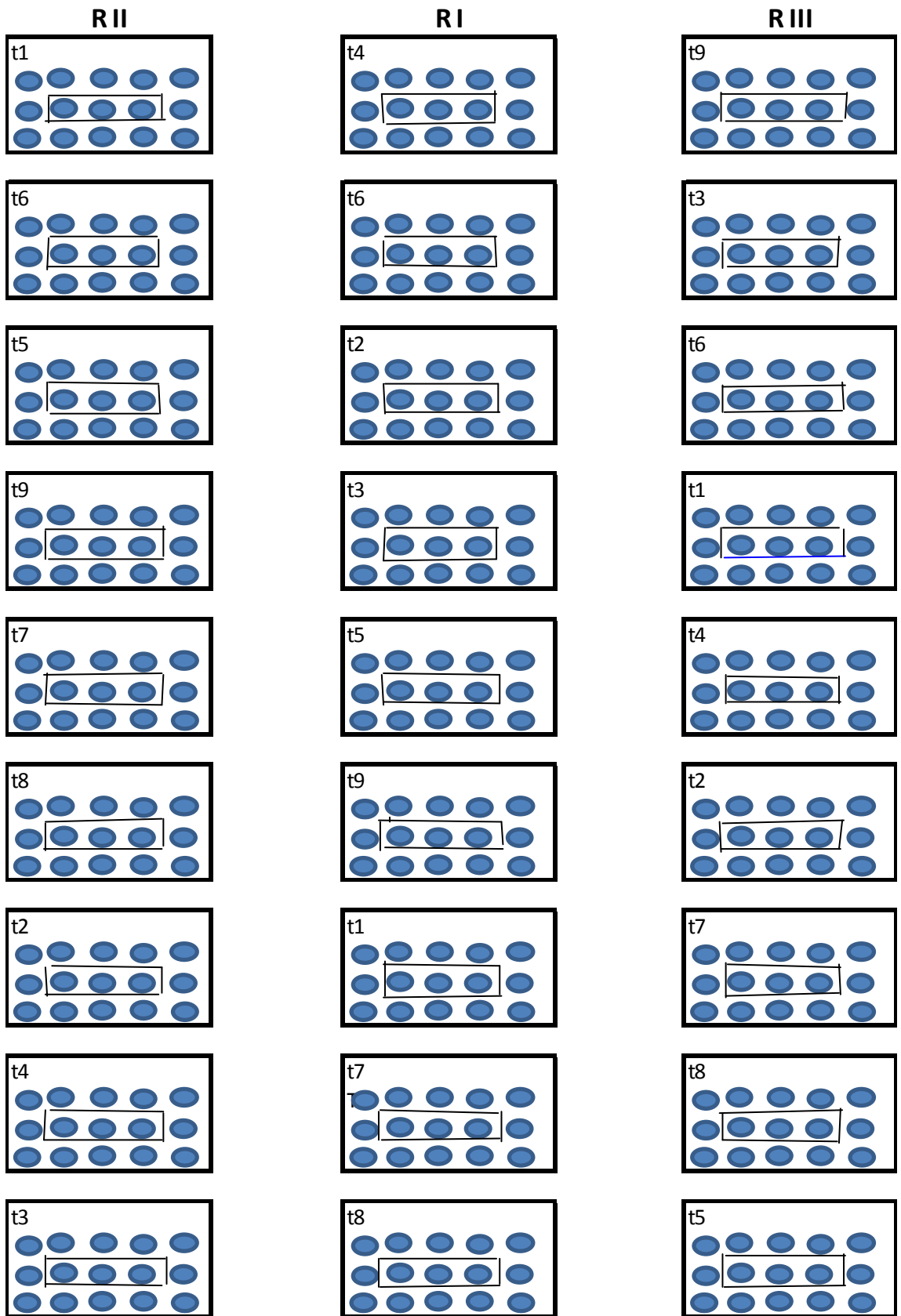
Total:	36m ²
Parcela neta:	Tres fundas de cada tratamiento (0.80m)
Caminos:	4m

Parcela neta: Es el espacio constituido por un número determinado de unidades experimentales, en las cuales se tomará los datos de las variables a evaluar.

Es el resultado de eliminar el efecto de borde dentro de un ensayo.

3.6.5. Disposición en el campo

DISEÑO EN EL CAMPO



Realizado por: Laura Huachi

parcela neta

3.6.6. Esquema del análisis estadístico

Cuadro 3. Esquema del ADEVA.2008

Fuentes de variación	GL
Total	26
Tratamientos	8
Suelos (Factor A)	2
Dosis (Factor B)	2
Lineal	1
Cuadrático	1
Suelos x dosis (A X B)	4
Repetición	2
Error experimental	8

Fuente: Laura Huachi

3.6.7. Análisis funcional

Los datos obtenidos se procesaron en el programa estadístico MSTATC, el cual generó los resultados para ser analizados. A ellos se aplicó Polinomios ortogonales para el factor B (dosis) y se observó la tendencia o comportamiento de los tratamientos.

El análisis funcional consiste en una serie de procedimientos estadísticos que ayudan al investigador a obtener una información más detallada o completa de los datos que se han recolectado en una investigación, dado que el análisis de varianza (ADEVA) lo único que demuestra (en primera instancia) es la existencia o no de significancias estadísticas, lo cual nos ayuda a probar las hipótesis planteadas, llegando a determinar si los tratamientos que se están evaluando son o no diferentes estadísticamente hablando.

Si el investigador desea o busca determinar cuál o cuáles son los mejores tratamientos (estadísticamente), tendrá que recurrir a procedimientos estadísticos específicos que se describen dentro del análisis funcional, el cual describe 3 caminos para llegar a identificar cuál o cuáles son los mejores tratamientos o llegar a determinar que tendencia o que tipo de

comparaciones pueden existir entre promedios de tratamientos. Estos caminos o procedimientos estadísticos son los siguientes:

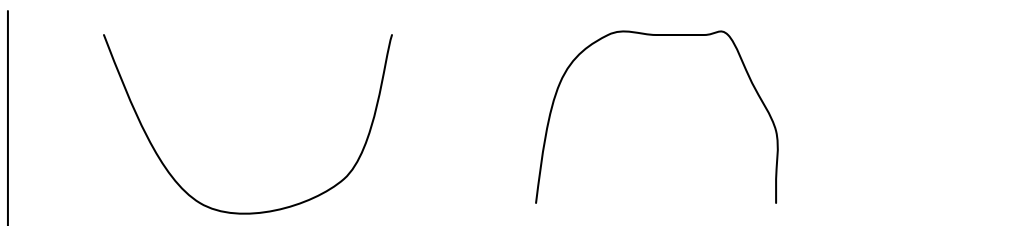
- a) Pruebas de Significancia Estadística
- b) Comparaciones Ortogonales
- c) Polinomios Ortogonales

POLINOMIOS ORTOGONALES

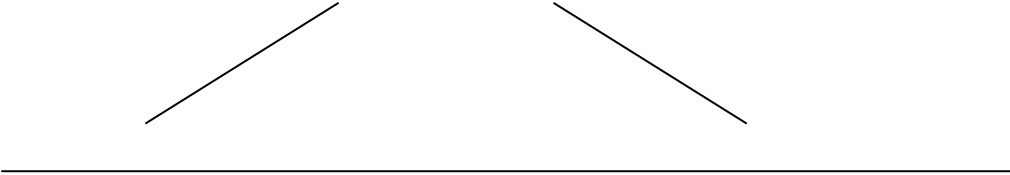
Son procedimientos estadísticos que ayudan a analizar más profundamente el proceso experimental que se halla inmerso en el ADEVA.

Los polinomios ortogonales (PO), buscan establecer tendencias de respuesta a un determinado factor conforme se van incrementando en intensidad los tratamientos que se estudian.

A través de los PO se puede llegar a saber que puede pasar si se va aplicando niveles de N, diferentes por ejemplo si aplico 50 a 100 a 150 kg/ha, la tendencia puede ser que vaya subiendo, pero llega un momento en que cae. Esto se establece a través de los PO. La respuesta de PO es una respuesta lineal, cuadrática, cúbica, etc.



Cualquiera de las dos puede ser una respuesta cuadrática. Es decir, que si hay significancia para el PO cuadrático, la tendencia es una de las dos curvas.



Muchas veces los PO son más importantes que los CO, esto depende del criterio del investigador. Por ejemplo: Si el investigador quiere saber qué pasa si sigue aumentando el fertilizante.

Otro ejemplo sería: El bromato de potasio al adicionarse en miligramos permite un leudado mejor, pero hasta cierto punto, y luego el pan se desinfla.

Dentro del análisis funcional los PO son una gran alternativa que tiene el investigador para establecer tendencias de respuesta de los tratamientos que se están evaluando, al igual que las CO son ecuaciones de regresión de diferente orden o grado y se establecen tantos PO como GL existen en la FV de tratamientos (en experimentos simples) o en la FV de los factores e interacciones en los experimentos factoriales, deben ser así mismo planificados previo a la realización del experimento utilizándose para el análisis estadístico al igual que para CO los totales de tratamientos. Es decir, habrá que calcular para cada PO una FV, los GL, la SC, los CM y hacer la prueba de Fisher.

A cada PO le corresponde 1 GL y la SC se calcula de la siguiente manera:

$$SCPO_i = \frac{Q_i^2}{r \sum C_i^2}$$

$$Q_i = C_i \times T_i$$

C_i = Son coeficientes que vienen en tablas específicas para PO de acuerdo al número de tratamientos que se están estudiando.

T_i = Totales de los tratamientos que se estudian.

r = Número de repeticiones del experimento (en experimentos simples DCA –DBCA) o el número de observaciones que integre los totales de los factores que se estén evaluando en un experimento factorial.

3.7. VARIABLES Y METODOS DE EVALUACION.

En base de los resultados de los muestreos, y análisis físico, químicos y biológicos se evaluaron las siguientes variables:

3.7.1. Mapa del área de estudio.

Se generó el mapa del área de estudio, con los puntos de muestreo tomados con GPS; luego los datos se procesaron en el computador mediante el programa ARCVIEW 3.2, que produjo la imagen del área de investigación. (Ver Anexo 1 y 2)

3.7.2. Análisis físicos y químicos del suelo.

Se evaluaron y analizaron los resultados de pH, CE, macro y micro nutrientes emitidos por el laboratorio autorizado con metodologías validadas para los parámetros mencionados anteriormente. Con estos datos y la revisión bibliográfica se procedió a interpretar y analizar los resultados obtenidos para poder recomendar y mejorar el manejo de los residuos orgánicos del parque para su propia autogestión.

3.7.3. Carga microbiana del suelo.

Se evaluaron las cantidades de microorganismos presentes en los suelos muestreados antes y después de la aplicación del purín de caballo, siguiendo la metodología del laboratorio mediante diluciones desde 10^1 – 10^7 y conteos expresados en UFC/g de suelo. Con estos resultados, se procedió a analizar y evaluar la cantidad y carga microbiana de los suelos. Los parámetros evaluados fueron: cuantificación de Bacterias y esporas aerobias mesófilas, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Bacillus sp*, moho y levaduras.

3.7.4. Carga microbiana del bioabono (purín).

Se realizó la cuantificación de los géneros presentes en el bioabono antes y al final del proceso de producción; posteriormente se evaluó estos resultados y se los comparó con los resultados obtenidos en los suelos después de las

aplicaciones con las diferentes dosis, para poder establecer un manejo y una forma de producción del bioabono a base de estiércol de caballo y aserrín.

3.8. METODOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO

a) Fase de campo

3.8.1. Delimitación del área de estudio

Se utilizó el GPS para limitar la zona de estudio (9960m²), los puntos seleccionados se registraron en una libreta de campo y posteriormente fueron procesados en el computador para tener el área exacta y generar el mapa del área de estudio.

3.8.2. Selección de puntos y Muestreo de suelo del área de estudio.

Se utilizó el GPS para limitar las coordenadas de los puntos de muestreo de suelo. Con la ayuda del barreno, pala y azadón se procedió a tomar las muestras de suelo de aproximadamente 1kg por punto muestreado para el análisis de suelo y de la misma muestra se tomaron 250g para el análisis microbiológico.

3.8.3. Envío de muestras a laboratorios

Las muestras recolectadas e identificadas, se guardaron en un cooler y se entregaron los laboratorios, los cuales aplicaron metodologías estandarizadas para evaluarlas. Esta información ayudó a determinar el estado de los suelos antes y después de la aplicación del bioabono. Los resultados de los análisis constan en el (Anexo 4)

3.8.4. Preparación de los suelos

Una vez muestreados los diferentes tipos de suelo, se procedió a tamizar los suelos para eliminar piedras, basuras y raíces. Luego se pesó 1kg de suelo para colocarlo en las fundas. Una vez etiquetadas y llenadas las fundas fueron ubicadas en el lugar correspondiente dentro de la unidad experimental.

3.8.5. Colocación de letreros en el ensayo

Se colocó letreros para identificar tanto tratamientos como repeticiones y para facilitar las aplicaciones e identificación.

3.8.6. Recolección del estiércol de caballo

Mediante herramientas adecuadas (pala, mascarilla, guantes) se recolectó 45kg del estiércol de caballo del vivero del parque Metropolitano, se colocó en un saco de propileno, se selló y se guardó.

3.8.7. Muestreo del estiércol de caballo.

De los 45 kg de estiércol recolectados se envió 1kg al laboratorio para realizar análisis físico químicos, de igual forma se envió 250g para el análisis microbiológico.

3.8.8. Preparación del te de estiércol de caballo (bioabono)

En el tanque de 200L de capacidad se procedió a colocar el estiércol de caballo (45kg), se añadió agua, sin llenar todo el envase, se dejó un espacio de 20cm desde el borde superior para facilitar la salida de gases acumulados. A continuación se mezcló la melaza (4L), la levadura (500g) y se agregó a la caneca. Se agitó bien. Finalmente, se tapó el tarro colocando una manguera de desfogue para eliminar el exceso de gases producidos dentro del envase. Se chequeó y agitó diariamente durante 45 días.

3.8.9. Cosecha del estiércol

Una vez obtenido el producto final, se abrió el tanque y con la ayuda de un tamiz se cernió el purín, y se procedió a colocar el bioabono obtenido en canecas de color negro de 20 litros de capacidad para evitar el deterioro del producto. Se colocó bajo la estructura del vivero para mantenerlo lejos del exceso de calor o lluvia que se presentó durante el experimento.

3.8.10. Aplicación del bioabono.

Una vez cosechado el bioabono se procedió a aplicarlo en dosis predeterminadas en los diferentes suelos. Con la ayuda de una jeringuilla se midió las dosis de 5 y 10cm³ del bioabono, se bajó el pH del agua con ácido cítrico (0.3g/L de agua); a continuación se añadió el bioabono, se agitó y se aplicó a las fundas con los diferentes tipos de suelo del área de estudio. La cantidad a aplicar de bioabono fue de 45ml por funda (unidad experimental).

Durante todo el ensayo se mantuvo la humedad de los suelos a capacidad de campo. Esta aplicación se la realizó durante 16 semanas, con un intervalo entre aplicación de siete días.

Una vez aplicado el abono orgánico de caballo, se procedió a cubrir el ensayo con un plástico de invernadero, para evitar el exceso de agua lluvia que se presentó durante la implementación del ensayo en el campo.

3.8.11. Cosecha del bioabono

Después de las 16 semanas de aplicación se procedió a tomar las tres fundas correspondientes a la parcela neta de cada tratamiento, se mezcló bien el suelo de las fundas y se tomó 1kg de suelos para enviar al laboratorio para los análisis físicos químicos y 250g para el análisis microbiológico del suelo

b) Fase de laboratorio

3.8.12. Análisis físico químico

Las muestras enviadas al SESA (Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria) al departamento de suelos donde aplicaron metodologías pre establecidas por el laboratorio, cuyos rangos vienen siendo actualizados constantemente.

Las metodologías utilizadas por el Laboratorio del SESA fueron:

pH: relación Suelo Agua 1:2.5, Materia Orgánica y nitrógeno total: Método Walkley Black; Fósforo, Calcio, Potasio asimilables y microelementos (hierro, manganeso, cobre y zinc): Olsen modificado (bicarbonato de sodio pH 8.5). En absorción atómica, textura: Bouyoucos.

3.8.13. Análisis microbiológicos

Se realizaron las pruebas por diluciones, (10^1 - 10^7), se sembró en cajas petri, se incubó, se realizó los conteos de los géneros encontrados, *Escherichia coli*, *Bacillus sp*, moho y levaduras, datos que sirvieron para el análisis y resultados de la investigación.

3.8.14. Análisis de datos.

Con los datos de los resultados de los análisis de suelos y los análisis microbiológicos, se sometió al análisis estadístico aplicando polinomios ortogonales para las variables con significancia estadística y promedios para las variables no significativas.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. MAPAS DEL AREA DE ESTUDIO DEL PMQ.

Los mapas generados de la zona de estudio fueron: Mapa de puntos de muestreo, mapa de textura y mapa de estructuras y vegetación. (Ver Anexo 2)

4.2. ANALISIS DE MACRO Y MICRONUTRIENTES DEL SUELO CON PURIN DE ESTIECOL DEL PMQ.

Cuadro N° 4. Análisis de la Varianza para Nitrógeno. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	0.024	
Repeticiones	2	0.001	0.000 ^{ns}
A	2	0.002	0.001 ^{ns}
B	2	0.003	0.001 ^{ns}
Lineal	1	0.00005	0.00005 ^{ns}
Cuadrático	1	0.00281667	0.00281667 ^{ns}
A X B	4	0.001	0.000 ^{ns}
EE	16	0.017	0.001

CV: 20.32%

F de V = Fuente de variación
GL = Grados De libertad
SC = Suma de cuadrados
CM = Cuadrado medio
EE = Error experimental
CV = Coeficiente de variación
NS = No significativo
***** = Significativo

Cuadro N° 5. Cuadro de promedios para N. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (%)
S1d0	0.163
S1d1	0.197
S1d2	0.157
S2d0	0.143
S2d1	0.16
S2d2	0.157
S3d0	0.163
S3d1	0.173
S3d2	0.147

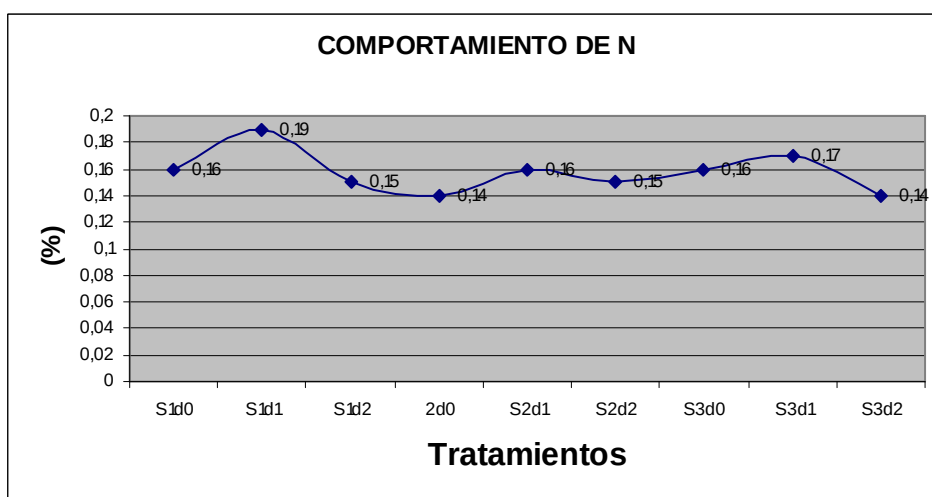


Gráfico N° 1. Promedios del Comportamiento de Nitrógeno en el ensayo. PMQ. 2008.

El ADEVA para porcentaje de incremento de nitrógeno (Cuadro N° 4) no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipos de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo, al revisar los promedios de las distintas fuentes de Variación (Cuadro N° 5, gráfico N° 1), se observa una evidente ventaja de la interacción S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L de purín), con un porcentaje de N de 0.197%, seguido por S3d1 (suelo de kikuyo con 5 cm³cc/L) con 0.173% de N y finalmente S3d2 (suelo de kikuyo con 10cm³/L de purín) con 0.147% de N, que presenta un incremento de 0.024 y 0.05% respectivamente comparado con el valor de S1d1.

Según Sánchez (44), este incremento de N, posiblemente se deba a la presencia alta de N en el purín proveniente del estiércol, rico en N, lo que ayudado por los microorganismos presentes estimuló en el incremento de este elemento en una forma significativa para este tipo de suelo (franco arenoso), en el cual la lixiviación y pérdida del mismo se da fácilmente por condiciones ambientales o deterioro del suelo, por uso intensivo y falta de manejo.

La cantidad de N obtenida en el tratamiento S3d2, sufrió un decremento a pesar de ser la mayor dosis aplicada, lo cual puede suceder por la diferencia en cantidad de

las partículas de suelo y a la densidad aparente que presenta cada uno. Como lo afirma Cadahia (10), quien menciona que, en la medida que varía la textura, varía la retención de nutrientes. Es importante relacionar la concentración de elemento nutritivo con la densidad aparente del suelo de interés para definir la cantidad de elemento nutritivo necesario en el mismo.

Para este tipo de suelos la Sociedad Colombiana del Suelo (45), recomienda que con un nivel medio de saturación y una densidad aparente de 2.62g/cm^3 , la cantidad de 150kg de N/ha a 15cm de profundidad es efectiva para este elemento en cualquier forma para evitar sus pérdidas y contaminación. La densidad del suelo inicial esta dentro de los parámetros permisibles, por lo cual hay que tomar en cuenta la recomendación para dar un buen manejo al fertilizante orgánico.

En consecuencia, las pérdidas de nitratos por lixiviación suelen ser severas en suelos livianos (arenosos), en las zonas de alta precipitación. Durante el periodo de lluvias, cuando el volumen de precipitación excede a la evaporación, CIA (capacidad de intercambio aniónico), sistema radicular del cultivo, la lixiviación de nitrato es significativa.

Wessler (52), menciona que la disminución de nutrientes a pesar de aplicar mayores dosis de fertilizante puede darse por una denitrificación, que ocurre a medida que las bacterias del suelo oxidan los residuos orgánicos. Cantidades altas de fuentes orgánicas combinadas con suministros de O_2 en el suelo, aceleran las reacciones de denitrificación y la pérdida de N , lo que posiblemente sucedió en este tipo de suelo que posee poca cobertura vegetal, más arena, y los nutrientes pueden lixivarse fácilmente, que comparado con el S1d1 (suelo de bosque), posee más vegetación, presenta un microclima y la pérdida de oxígeno es menor.

La existencia de no significancia estadística, para los tratamientos en las repeticiones e interacciones, determina que no existe una tendencia en el comportamiento del purín en las aplicaciones, lo que sugiere seguir aplicando la dosis de $5\text{cm}^3/\text{L}$ continuamente por más tiempo hasta que se presente una tendencia que nos indique la dosis adecuada, para llevar a cabo un manejo adecuado de esta fuente.

El CV de 20.32% da una confiabilidad a la información obtenida, y permite que sea utilizada como un buen parámetro de comparación entre las diferentes fuentes de variación estudiadas, logrando la obtención de conclusiones lo suficientemente validas, para enrumbar una buena toma de decisiones.

Además, es interesante observar que tanto para el N, P y K, la interacción S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L de purín), presentó un incremento en la concentración de estos elementos después de la adición del purín de estiércol de caballo, comparado con las cantidades iniciales.

Así, una de las ventajas de usar fuentes orgánicas es el tiempo de asimilación y disponibilidad frente a los abonos sintéticos; además incrementa la carga microbiana y mejora la estructura del suelo en el tiempo. En general la dosis de 10 cm³ de purín no se comportó como se esperaba en el ensayo, no fue la mejor, lo que demuestra la importancia de la dosis en función del tipo de suelo, densidad y las condiciones ambientales para su efecto. No siempre la dosis más alta debe dar los mejores resultados.

FOSFORO

Cuadro N° 6. ADEVA para Fósforo. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	2019.130	
Repeticiones	2	58.074	29.037 ^{ns}
A	2	81.407	40.704 ^{ns}
B	2	36.241	18.120 ^{ns}
Lineal	1	7.347	7,347 ^{ns}
Cuadrático	1	28.894	28.894 ^{ns}
A X B	4	74.315	18.579 ^{ns}
EE	16	1769.093	110.568

CV: 23.2%

Cuadro N° 7. Cuadro de promedios del P. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (ppm)
S1d0	20.66
S1d1	23.50
S1d2	17.16
S2d0	18.16
S2d1	18.66
S2d2	21.16
S3d0	17.00
S3d1	18.33
S3d2	13.66

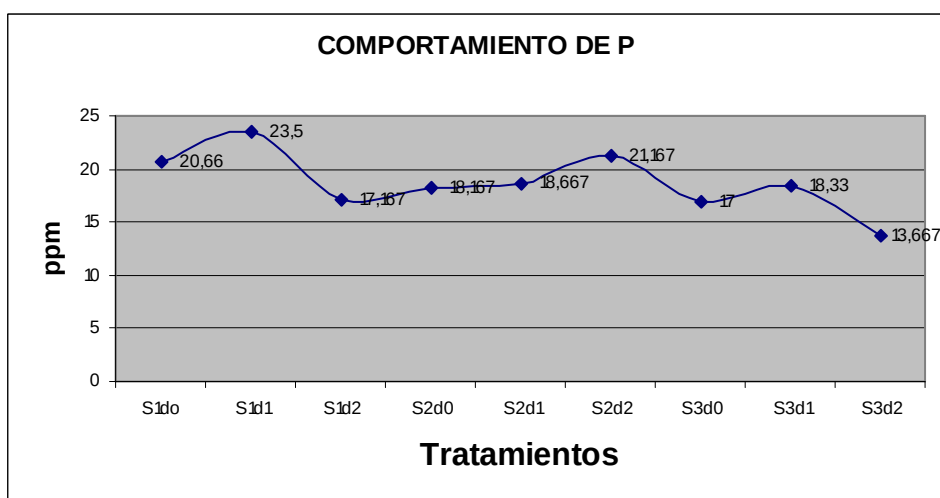


Gráfico N° 2. Promedios del Comportamiento de Fósforo en el ensayo. PMQ. 2008.

El ADEVA para el Fósforo (Cuadro N° 6) no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones (A X B) clases de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo del cuadro de promedios, al revisar los promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N° 7, Gráfico N° 2), se observa que la mejor interacción corresponde a S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L de purín) con 23.50ppm, seguido de S2d2 (suelo de vivero con 10cm³/L) con 21.167 ppm y finalmente está S3d2 (suelo de kikuyo con 10cm³/L), con 13.66pp, que presentan un incremento de 2.33 y 2.82ppm respectivamente, comparado con el mejor tratamiento.

El P pasa de niveles medios a altos, según parámetros del SESA, lo cual se refleja en los análisis previos a la aplicación del purín de estiércol. (Ver anexo 4). Por otro lado se puede decir que el Fósforo a pesar de estar en un pH adecuado de asimilación (6.7) no se absorbe adecuadamente, por el contrario se fija en el suelo y se va acumulando en el tiempo, posiblemente por las interferencias con otros elementos.

Las diferencias en los incrementos de P en el suelo del bosque y vivero posiblemente se deba a la cobertura vegetal presente en cada suelo, esto hace que el nutriente se fije más al suelo y por ende a las raíces del suelo del bosque, en tanto que el suelo del vivero está desprovisto de una cobertura adecuada. Cabe indicar que otro factor importante es la heterogeneidad de los suelos, que a pesar de ser francos arenosos presentan diferentes proporciones de arcillas.

Porta (43), sostiene que los efectos derivados del pH de la reacción del abono fosfórico en el suelo, pueden ser importantes, pero su sentido positivo, negativo o inocuo dependerá de las condiciones de suelo, de la especie cultivada, de las condiciones ambientales y del sistema de época de aplicación del producto.

Los altos valores de pH generados por el fosfato pueden derivar de efectos negativos sobre la eficacia de este fertilizante cuando éste se aplica en suelos calcáreos o con contenido alto de calcio asimilable, debido a la precipitación de los fosfatos insolubles de calcio. Además que en este caso, el fosfato monoamónico resultaría en una mayor eficacia, al desarrollar un pH ácido.

INPOFOS (32), menciona que, el P soluble en el suelo, sin importar su origen (fertilizante sintético, estiércol o M.O), forman compuestos con el Ca, Fe, Al, Mn o se enlaza con la superficie reactiva de ciertos minerales arcillosos como la caolinita, imogolita y complejos humus-Al en suelos derivados de cenizas volcánicas. Estas reacciones reducen la disponibilidad del P. Otras fuentes de P disponible incluyen la M.O., el humus, los microorganismos y otras formas de vida. Se ha comprobado que los compuestos orgánicos en el suelo ayudan a retrasar las reacciones de fijación de P.

Los suelos del PMQ presentan cantidades elevadas de Ca y Fe, lo que contribuye a lo dicho por INPOFOS.

El CV de 23.2 % esta dentro de los rangos para este tipo de investigación, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

POTASIO

Cuadro N° 8. ADEVA para Potasio. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	0.205	0.008
Repeticiones	2	0.012	0.006 ^{ns}
A	2	0.012	0.006 ^{ns}
B	2	0.017	0.009 ^{ns}
Lineal	1	0.1680	0.1680 ^{ns}
Cuadrático	1	0.00041	0.00041 ^{ns}
A X B	4	0.043	0.011 ^{ns}
EE	16	0.122	0.008

CV: 30.78%

Cuadro N° 9. Cuadro de promedios del K. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (cmol/kg)
S1d0	0.317
S1d1	0.383
S1d2	0.233
S2d0	0.333
S2d1	0.233
S2d2	0.267
S3d0	0.300
S3d1	0.217
S3d2	0.267

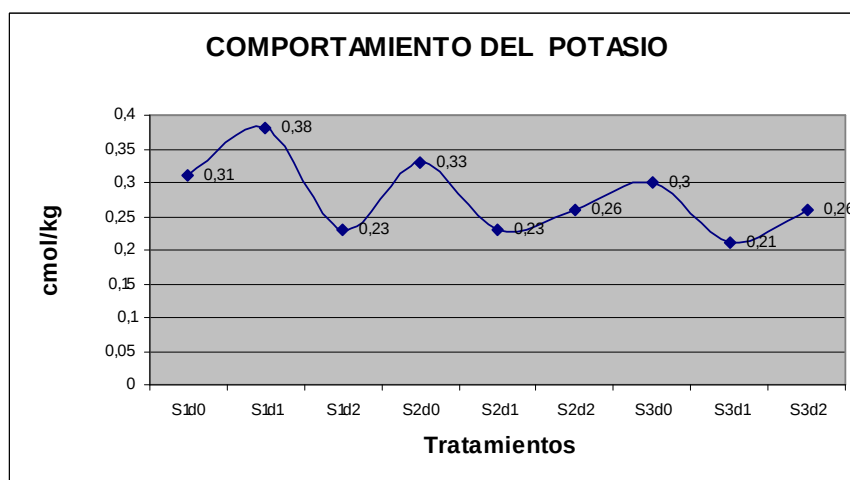


Gráfico N° 3. Promedios del Comportamiento de Potasio en el ensayo. PMQ 2008.

El ADEVA para el Potasio (Cuadro N° 8) no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipos de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo, del cuadro de promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N° 9, Gráfico N° 3), se observa una evidente ventaja de la interacción S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L de purín) con 0.383cmol/kg, seguido por S2d0 (suelo de vivero sin purín) con 0.333cmol/kg y en ultimo lugar se encuentra de S3d1 (suelo de kikuyo con 5cm³/L de purín) con 0.317cmol/kg que representa un incremento de 0.05 y 0.066cmol/kg respectivamente, comparado con el mejor tratamiento.

Según estos resultados la textura, granulometría, tixotropía, cohesión del suelo etc. y las características ambientales cambiantes juegan un papel importante en la asimilación y fijación de K en los diferentes suelos. La lógica desde el punto de vista orgánico, nos diría que la mayor dosis debería dar mejores resultados en el suelo 3.

Para entender como funciona la productividad del suelo se deben reconocer las relaciones existentes entre el suelo y la planta. La disponibilidad de nutriente está influenciada por el balance entre el agua y el suelo, así como la temperatura.

En este tipo de suelos, se puede decir que la dosis recomendada por los resultados, no siempre es la mejor dosis, todo depende de los factores anteriormente mencionados y de las fuentes orgánicas a utilizarse.

Según INPOFOS **(32)**, La fijación de K es ejecutada por las arcillas expandibles que al humedecer amplían sus espacios interlaminares, permiten la penetración de los iones de K, y al comprimirse como resultado del secamiento, pueden atrapar cantidades significativas de nutriente. La magnitud del proceso está asociada al tipo y cantidad de arcilla, reacción del suelo, concentración de K en el suelo y dosis de K añadida, ciclos de secamiento y humedecimiento.

La liberación de K fijado, para ser utilizado por las plantas, suele ser muy lenta, y en ocasiones la pérdida de K por fijación puede ser superior al 50% del aplicado, particularmente en los vertisoles, lo cual determina dosificaciones muy altas de K para controlar la deficiencia de este elemento.

Según Porta **(43)**, los suelos varían en su habilidad de retener cationes (iones positivos NH_4 , K, Ca, Mg, Na, etc.) Cada suelo tiene una cantidad máxima de sitios de fijación de cationes, según su habilidad de retener cationes. Se expresa esta retención de cationes con los parámetros cationes intercambiables totales en meq/kg de suelo. La sumatoria de los cationes permite una evaluación rápida y eficaz para determinar diferencias en la retención de cationes.

La pérdida de K por lixiviación en agua de drenaje puede ser importante dependiendo de factores tales como tipo y cantidad de arcilla, CIC, condiciones de drenaje, volumen de precipitación, condiciones de cultivo, y en ocasiones puede llegar a ser superior al 60% de K.

Según, la Sociedad Colombiana del Suelo **(45)**, la aplicación fraccionada de K, suele resultar en mayor eficiencia y más altos rendimientos, cuando se utiliza en suelos susceptibles a altas pérdidas de K por lixiviación, como resultado de su textura liviana, baja CIC y drenaje rápido, en zonas de alta precipitación y en especial en cultivos de raíces superficiales, como se observa en el PMQ, siendo el

K un elemento limitante ya que el eucalipto es una especie que consume mucho potasio, dejando un déficit en el suelo.

El contenido de K, en la mayoría de suelos forestales, a profundidades de 0-20cm no es suficiente para atender la demanda de las especies de eucalipto y otras especies forestales durante el ciclo de producción. La dosis económica de K en suelos con bajo contenido de este elemento debe situarse entre 1200 y 1890 kg/ha⁻¹.

Según Malavolta (37), el eucalipto responde a la aplicación de K en suelos con contenidos de 0.2 hasta 1.0 mmol.dm⁻³ de K, y no existe respuestas con contenidos mayores. Cuando se presentan respuestas estas ocurren en condiciones de una estrecha relación Ca:Mg o por los elevados valores de Ca y Mg .

En este estudio se observa que los niveles de Ca y Mg son altos, lo que incide directamente en el desequilibrio de las relaciones entre estos elementos en el suelo. El K está presente en el suelo en tres formas: no disponible, lentamente disponible y disponible. Al parecer la adición del purín incrementó K a los suelos, poniéndolo disponible en el suelo, siendo el K disponible aquel que se encuentra en la solución del suelo y el K que es retenido en forma intercambiable por la materia orgánica y las arcillas del suelo.

El Coeficiente de Variación de 30.76% todavía da una confiabilidad a los datos obtenidos. A la vez demuestran que existieron ciertas condiciones que afectaron al ensayo que estuvieron fuera de control como son las variaciones constantes de humedad ambiental, humedad del suelo y temperaturas, y presencia de neblina que interfiere en la asimilación y disponibilidad de los nutrientes.

MAGNESIO

Cuadro N° 10 . ADEVA para Magnesio. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	8.238	
Repeticiones	2	1.601	0.801 ^{ns}
A	2	1.779	0.890 ^{ns}
B	2	0.444	0.222 ^{ns}
Lineal	1	0.43245	0.43245 ^{ns}
Cuadrático	1	0.01156	0.01156 ^{ns}
A X B	4	0.678	1.070 ^{ns}
EE	16	3.736	

CV: 23.10%

Cuadro N° 11. Cuadro de promedios del Mg. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (cmol/kg)
S1d0	2.223
S1d1	2.387
S1d2	2.293
S2d0	2.390
S2d1	2.307
S2d2	2.033
S3d0	2.170
S3d1	1.493
S3d2	1.527

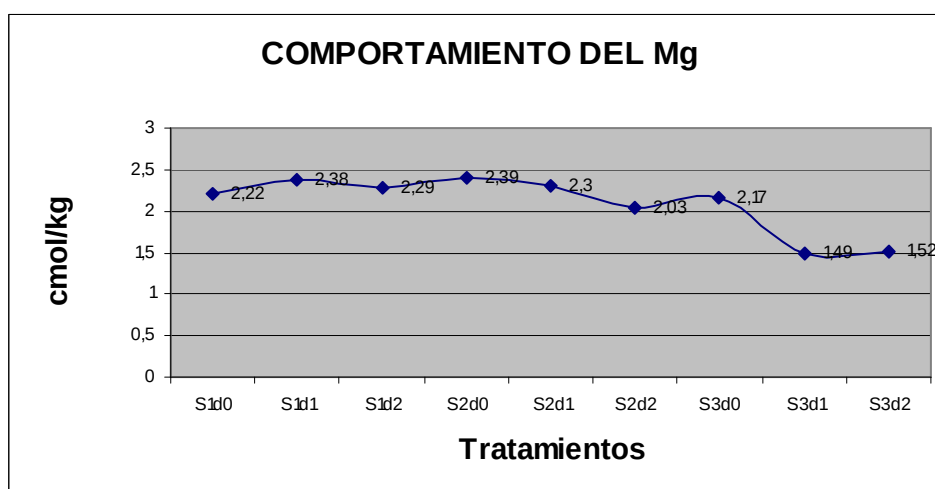


Gráfico N° 4. Promedios del Comportamiento de Magnesio en el ensayo. PMQ. 2008.

El ADEVA para magnesio (Cuadro N° 10), no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipo de suelo con dosis de purín lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo, al revisar los promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N° 11, Gráfico N° 4), se observa que la interacción S2d0 (suelo de vivero sin purín) con 2.390cmol/kg seguido de la interacción S1d1 (bosque con 5cm³/L de purín) con 2.387cmol/kg y finalmente se encuentra la interacción S3d1 (suelo de kikuyo con 5cm³/L) con 1.493cmol/kg que presenta un incremento de 0.003 y 0.897cmol/kg respectivamente, comparados con el mejor tratamiento S2d0.

Si comparamos las dos interacciones S1d0 y S1d1 existe una mínima diferencia de 0.003cmol/kg, sin presentar significancia estadística ni diferencia entre las dos y su comportamiento es similar, quedando igualmente el tratamiento S1d1 en el primer lugar. La interacción S3d1 presenta un nivel bajo de magnesio, posiblemente se deba a los desbalances y diferencias que existe entre otros metales como el exceso de Potasio o Calcio que disminuye la disponibilidad de Mg, como lo manifiesta. Memorias de Gymagro (22).

Según INPOFOS (32), si existe un desbalance entre el Ca y Mg en suelos livianos, es decir, la relación Ca: Mg es alta, las plantas absorben menos Mg, por lo tanto el Mg permanece retenido en el suelo, lo que afecta la disponibilidad de este elemento y por ende la de otros elementos como el calcio y el hierro.

Este incremento puede estar acompañado por el aporte de magnesio en el purín que posee niveles medios de Mg; esta concentración varía según la alimentación, edad y movimientos del animal. El Coeficiente de Variación de 23.10%, da una alta confiabilidad a la información obtenida, y permitirá recomendar y hacer manejos para el purín de estiércol de caballo.

Según INPOFOS. (32), el Mg nativo del suelo proviene de la meteorización de las rocas, que contienen minerales como biotita, hornablenda, dolomita y clorita. Siendo un catión, está sujeto a intercambio catiónico. Se encuentra en la solución

del suelo y se absorbe en las superficies de las arcillas y la M.O. Los suelos contienen generalmente menos Mg que calcio debido a que el Mg no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo y puede perderse más fácilmente por lixiviación. Muchos suelos contienen Mg para soportar el crecimiento vegetativo, sin embargo las deficiencias de Mg ocurren con mas frecuencia en suelos ácidos sujetos a la precipitación y en suelos arenosos, las deficiencias también pueden desarrollarse en suelos calcáreos donde el agua de riego tiene altos contenidos de bicarbonato.

La relación entre Mg y K puede ser un factor importante bajo ciertas condiciones, por ejemplo al fertilizar con K, se reduce la absorción del Mg, lo que resulta en cantidades bajas de Mg. La baja temperatura y la adecuada humedad en el suelo, en presencia de cantidades moderadas de K, resultan en una absorción de este nutriente.

CALCIO

Cuadro N° 12. ADEVA para Calcio. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	22.948	
Repeticiones	2	0.057	0.028 ^{ns}
A	2	0.730	0.365 ^{ns}
B	2	0.965	0.482 ^{ns}
Lineal	1		
Cuadrático	1		
A X B	4	2.845	0.711 ^{ns}
EE	16	18.351	

CV: 17.74%

Cuadro N° 13. Cuadro de promedios del Ca. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (cmol/kg)
S1d0	5.917
S1d1	6.500
S1d2	6.100
S2d0	6.833
S2d1	6.133
S2d2	5.433
S3d0	6.017
S3d1	5.550
S3d2	5.850

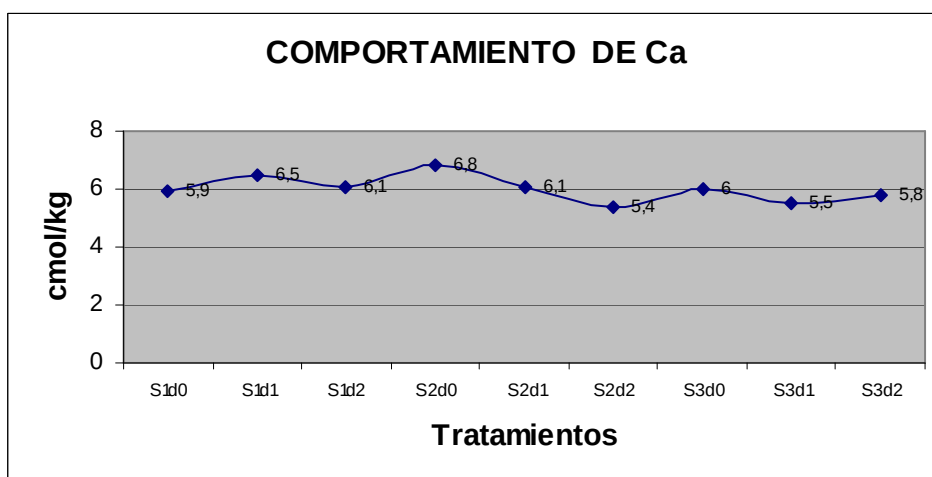


Gráfico N° 5. Promedios del Comportamiento de calcio en el ensayo. PMQ. 2008.

El ADEVA para el calcio (Cuadro N° 12) no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo y para interacciones, lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo, al revisar el cuadro de promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N° 13, Gráfico N° 5), se observa que la interacción S2d0 (suelo de vivero sin purín) con 6.833 cmol/kg, seguido por S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L) con 6.500cmol/kg y finalmente se encuentra la interacción S2d2 (suelo de vivero con 10cm³/L de purín) con 5.433cmol/kg que presentan un 0.33 y 1.4cmol/kg de incremento respectivamente comparado con el mejor tratamiento. S2d0.

El Coeficiente de Variación de 17.74%, da una alta confiabilidad a la información obtenida, y permite que esta sea utilizada como un buen parámetro de comparación para corroborar a las conclusiones del presente estudio.

Además, es interesante observar que el calcio es la única variable en la cual no se mantiene el S1d1 como el mejor, posiblemente se deba a las partículas diferentes que existen en la textura del suelo que ayuda a su fijación. El suelo del vivero al ser un suelo con granulometría gruesa, presencia de piedras y otros minerales pudo contribuir a este incremento en este tipo de suelo, además presenta una gran

cantidad de arcillas que deben proveer este tipo de mineral, lo que es confirmado por INPOFOS que menciona que, al igual que otros cationes, el Ca también está presente en la solución del suelo. El Ca es parte de la estructura de varios minerales del suelo como la dolomita, calcita, apatita y feldespatos. En realidad estos minerales son fuente principal de Ca en el suelo.

La cantidad inicial del suelo de Ca es alta y existe un incremento con la aplicación del purín. La cantidad total de calcio en el suelo fluctúa entre 0.1 y 25%. Los suelos áridos y calcáreos contienen los niveles altos de Ca. Debido a que el Ca existe como un catión, este nutriente está gobernado por los fenómenos del intercambio catiónico, y se mantienen adheridos como Ca intercambiable en la superficie de los coloides cargados negativamente. Generalmente es el catión dominante en el suelo, aun con valores bajos de pH y ocupa normalmente el 70% o más de los sitios de intercambio.

Según Gymagro (22), menciona que, en otros casos interesa la relación de micro nutrientes en la planta y el suelo. Así, cuando la absorción de Calcio es elevada los requerimientos de Boro aumentan, lo que se observa en este estudio, donde los niveles de B son bajos. Igualmente el exceso de Calcio limita la absorción de Cu, Zn y Mn que se observa en estos suelos cuyos niveles son bajos.

HIERRO

Cuadro N° 14. ADEVA para Hierro. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	27355.385	
Repeticiones	2	1327.312	663.656 ^{ns}
A	2	817.605	408.803 ^{ns}
B	2	3203.548	1601.774 ^{ns}
Lineal	1	0.3472	0.3472 ^{ns}
Cuadrático	1	3203.20	3203.20 ^{**}
A X B	4	3688.499	922.125 ^{ns}
EE	16	18318.421	144.901

CV: 26.93%

Cuadro N° 15. Cuadro de promedios y desviaciones standar del Fe. PMQ. 2008

Interacciones	I	II	III	sumatoria	promedio	desviación estándar
S1d0	131.2	157.1	77.2	365.5	121.83	40.77
S1d1	131.3	196.0	154.0	481.3	160.43	32.83
S1d2	84.6	140.0	129.04	354.0	118.0	29.41
S2d0	102.8	126.4	93.0	322.2	107.4	17.17
S2d1	131.2	93.1	142.0	366.3	122.1	25.69
S2d2	79.0	179.4	148.0	406.4	135.47	51.36
S3d0	136.1	87.0	149.0	372.5	124.17	32.87
S3d1	126.2	157.3	138.0	421.8	140.6	15.68
S3d2	142.4	79.5	80.4	302.3	100.77	36.06

	d0	d1	D2	suma	promedio	desviación estándar
S1	365.5	481.3	354.0	1200.8	133.42	36.25
S2	322.2	366.3	406.4	1094.9	121.66	32.34
S3	372.5	421.8	302.3	1096.6	121.84	30.94
Suma	1060.2	1269.4	1062.7			
Promedio	117.8	141.04	118.08			
desviación estándar	28.65	27.22	37.77			

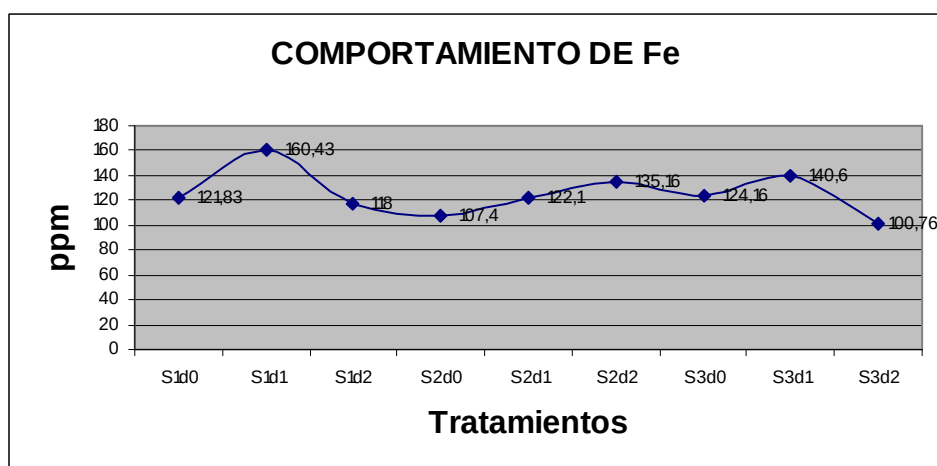


Gráfico N° 6. Promedios del Comportamiento de Hierro en el ensayo. PMQ. 2008

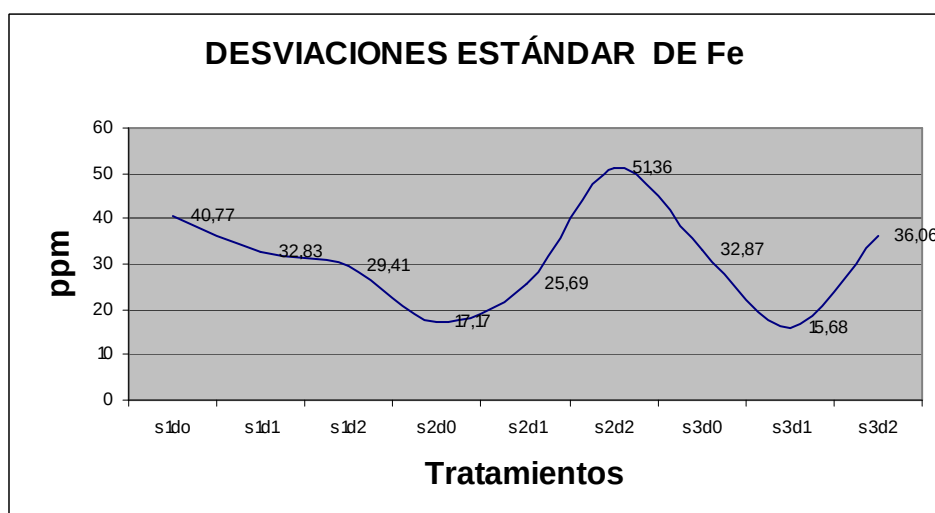


Gráfico N° 7. Desviaciones estándar del Fe en l ensayo. PMQ. 2008-11-19

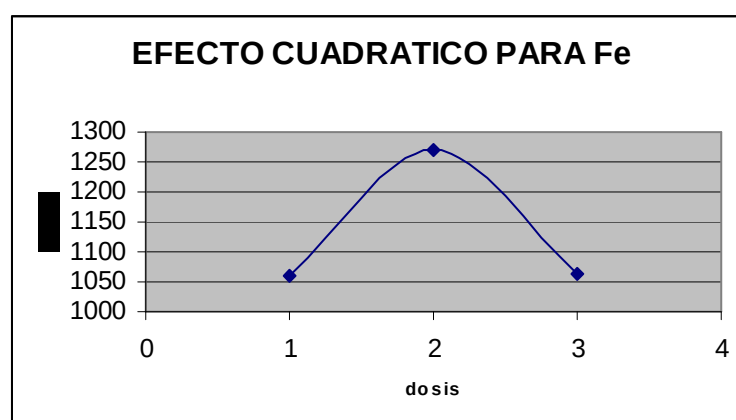


Gráfico N °. 8 Tendencia cuadrática para el hierro. PMQ. 2008

El ADEVA para porcentaje de incremento de hierro (Cuadro N° 14) no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipos de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo al revisar los promedios y desviaciones estándar (Cuadro N° 15, Gráfico N° 6), se observa que la interacción S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L de purín) con 160.43ppm, seguido por la interacción S3d1 (suelo de kikuyo con 5cm³/L de purín) con 140.6ppm y en ultimo lugar se encuentra S3d2 (suelo de kikuyo con 10cm³/L de purín) con 100.7ppm, que presenta un incremento de 19.8 y 59.67ppm respectivamente comparado con el mejor tratamiento S1d1.

En el grafico N ° 7 se observa la desviación estándar de los tratamientos. Siendo la interacción más confiable es la S3d1, ya que tiene la variabilidad más baja. La variabilidad más baja DE 15.68, que significa que los 3 datos tomados para esta interacción se parecen más que los datos correspondientes a las otras interacciones, por lo tanto se podría decir que la información es más confiable, es decir, se puede confiar en la cantidad de 140.6 ppm de Fe de la interacción S3d1, que en el resultado de las otras 8 interacciones.

El concepto es el mismo para el contenido en ppm de Fe de suelo y dosis. De acuerdo con el concepto anterior es más confiable las 121.83 ppm de Fe del S3 porque tiene la menor desviación estándar y de igual manera es más confiable los 140.6 ppm de Fe de la dosis d1 porque igualmente presenta la menor desviación estándar

El hierro presenta existencia de significancia estadística para el Polinomio Ortogonal cuadrático para el factor B (dosis de purín), la cual determina su tendencia cuadrática, donde se demuestra que al aumentar la dosis hay un incremento, pero en un momento dado la curva baja, como se observa en el gráfico N° 8, posiblemente esto suceda por la textura del suelo, bloqueos intrínsecos del suelo y condiciones de temperaturas bajas, como lo afirma Gymagro, que dice que la disponibilidad de hierro se ve afectada por la temperatura, que está variando constantemente y no permite su rápida asimilación, y porque el exceso de P limita la absorción de hierro.

Esta tendencia dice que se debe probar dosis entre 5 cm³ y dosis menores a 10 cm³ para saber la dosis óptima para el suelo.

El CV de 26.93% da confiabilidad a la información obtenida, y permite que sea utilizada como un buen parámetro de comparación entre las diferentes fuentes de variación estudiadas, y contribuye a un manejo adecuado del suelo del PMQ.

El estiércol de caballo presenta una cantidad alta de este elemento que al ser aplicado a los suelos se incrementa rápidamente y sobrepasan la recomendación a 0.40ppm. Según rangos del SESA.

Según INPOFOS (32), La disponibilidad de Fe aumenta con la materia orgánica, es decir que si se maneja adecuadamente esta fuente orgánica puede contribuir a que el Fe se

movilice y sea asimilado por los coloides del suelo y las plantas. La disponibilidad del Fe, aumenta con la materia orgánica

Al ver estos datos y por lo confirmado por INPOFOS (32), la adición del bioabono ayudará a la asimilación y a que este disponible el hierro en el suelo y para las plantas.

Esto da la pauta de que se debe manejar adecuadamente las fuentes orgánicas para que sean un beneficio para el suelo del parque y las especies vegetales que en él existen. De igual manera el S en esta investigación se encuentra en niveles bajos lo que contribuye a que el Fe no sea asimilado adecuadamente. Al oxidarse el S aplicado, baja el pH del suelo y convierte el Fe no soluble en formas que las plantas las puedan asimilar.

PH

Cuadro N° 16. ADEVA para pH. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	8.698	
Repeticiones	2	0.388	0.194 ^{ns}
A	2	0.136	0.068 ^{ns}
B	2	0.872	0.436 ^{ns}
Lineal	1	0.7647	0.7647 ^{ns}
Cuadrático	1	0.1076	0.1076 ^{ns}
A X B	4	0.704	0.176
EE	16	6.595	0.412

CV: 9.46%

Cuadro N° 17. Cuadro de promedios del pH. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios
S1d0	6.7
S1d1	6.7
S1d2	6.9
S2d0	6.3
S2d1	6.8
S2d2	6.9
S3d0	6.7
S3d1	6.4
S3d2	7.2

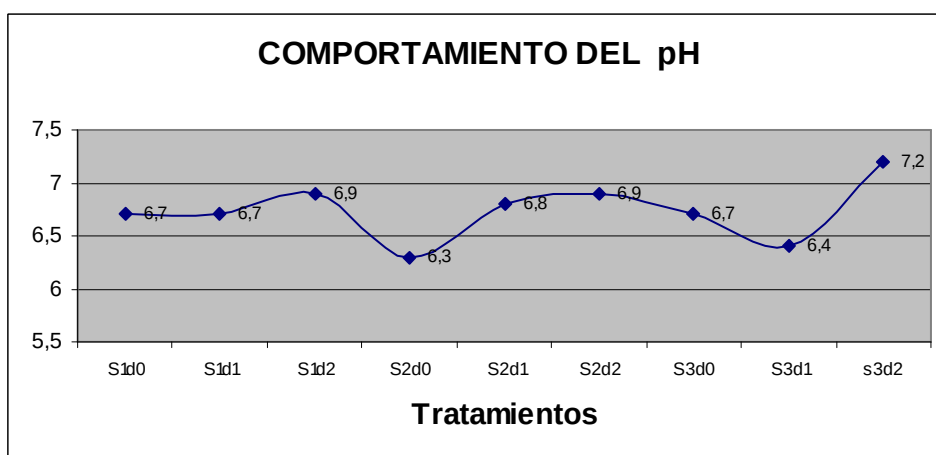


Gráfico N° 9. Promedios del Comportamiento del pH en el ensayo. PMQ. 2008.

El ADEVA para pH del suelo (Cuadro N° 16) no detecta ninguna significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipos de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existen diferencias. Sin embargo, al revisar los promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N° 17, Gráfico N° 9), se observa que la interacción S3d2 (suelo de vivero con 10 cm³/L de purín) presenta el mayor valor de pH con 7.2, seguido por la interacción S1d2 (suelo de bosque con 10 cm³/L de purín) con 6.9 de pH y en ultimo lugar esta la interacción S2d0 (suelo de vivero sin purín) con 6.3 de pH.

La existencia de no significancia estadística del Polinomio Ortogonal Lineal para el factor B (dosis de purín), determina que no existe una tendencia en el comportamiento del pH, pero si da la pauta de que el pH del abono aplicado sirve en el suelo sin afectar drásticamente su comportamiento, por el contrario al disminuir en fracciones de unidades de pH puede ayudar a la mejor asimilación de los nutrientes por las plantas y el suelo, a través de sus elementos asimilables, comparados con los abonos sintéticos o minerales. Los pH más bajos están en la dosis de 5 cm³ de purín, conservando la dosis en las variables.

Esta no significancia también se debe a la heterogeneidad del suelo que cambia de centímetro a centímetro tanto en pH, CE, nutrientes, etc, lo que dificulta el manejo del mismo.

El Coeficiente de Variación de 9.46%, da una alta confiabilidad a la información obtenida

Las variaciones del pH después de las aplicaciones del purín en los distintos suelos presentan una tendencia a bajar el pH de los suelos en 0.447 unidades de pH, lo que ayuda a mejorar la asimilación de los nutrientes que generalmente están entre pH de 5.5 y 6.5.

Posiblemente el uso de este purín también sirva como una sustancia reguladora de pH como lo demuestran los datos obtenidos.

El pH de 7.2 es menor al pH inicial del suelo 8.1, ratificándose que esta reducción de pH con la aplicación del purín no produce un cambio brusco en el suelo del área de estudio (arenoso que resisten menos a cambios bruscos en sus reacciones.) Su capacidad de amortiguamiento es pequeña, es decir, que un pH puede cambiar fácilmente como lo ratifica. Sánchez.

Los pH para el eucalipto fluctúan entre 5.5. – 6.4 pudiendo de esta forma extraer adecuadamente sus nutrientes, mejorando el desarrollo de los suelos y crecimiento de las plantas. Webb 1980. Los pH del suelo son mayores a 6.4 lo que dificulta la asimilación y frena el desarrollo del suelo y las plantas, que esta relacionado con el tipo de suelos del área de estudio.

Posiblemente, la disminución de estos pH contribuya a evitar los bloqueamientos entre nutrientes que es típico de este tipo de suelo, donde muchas veces no se encuentra explicación a los valores de algunos elementos presentes en el suelo.

Según Bunt **(8)**, las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH del suelo sin sufrir desordenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y desarrollo de las plantas se ven reducidos de forma marcada en condiciones de acidez o alcalinidad extremas.

El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la CIC y la actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo, se recomienda mantener el pH del suelo dentro de un intervalo reducido.

La asimilabilidad de los elementos nutritivos es afectada de modo marcado por el pH. Con pH de 5.0 a 6.5, la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad. Por debajo de pH 5.0, pueden presentarse deficiencias de NPK, Ca, Mg, B, etc, mientras que por encima de pH 6.5 puede disminuir la asimilabilidad de P, Fe, Mn, B, Zn, Cu. Los óxidos metálicos de (Fe, Mn, Cu, Zn, etc), se hacen solubles al bajar el pH (por debajo de 5.0), pudiendo llegar a ser fototóxicos.

Los materiales orgánicos poseen mayor capacidad tampón (en un amplio intervalo de pH) que los sustratos minerales.

Si el pH de un sustrato orgánico esta fuera del intervalo recomendado, se debería llevar a cabo el ajuste de dicho pH. En el caso de pH alcalino de los sustratos básicos (corteza de pino y eucalipto) puede reducirse mediante la adición de S. Las cantidades de cal o S a añadir al sustrato depende de su pH original, del pH final a alcanzar y de su CIC, siendo las necesidades de enmienda tanto mayor cuanto mayor es la capacidad de cambio del material.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Cuadro N° 18. ADEVA para CE. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	0.207	
Repeticiones	2	0.020	0.010 ^{ns}
A	2	0.000	0.000 ^{ns}
B	2	0.002	0.001 ^{ns}
Lineal	1	0.00125	0.00125 ^{ns}
Cuadrático	1	0.000313	0.000313 ^{ns}
A X B	4	0.057	0.014 ^{ns}
EE	16	0.128	0.008

CV: 27.84%

Cuadro N° 19. Cuadro de promedios del CE. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (ds/M)
S1d0	0.410
S1d1	0.333
S1d2	0.237
S2d0	0.287
S2d1	0.337
S2d2	0.340
S3d0	0.287
S3d1	0.310
S3d2	0.357

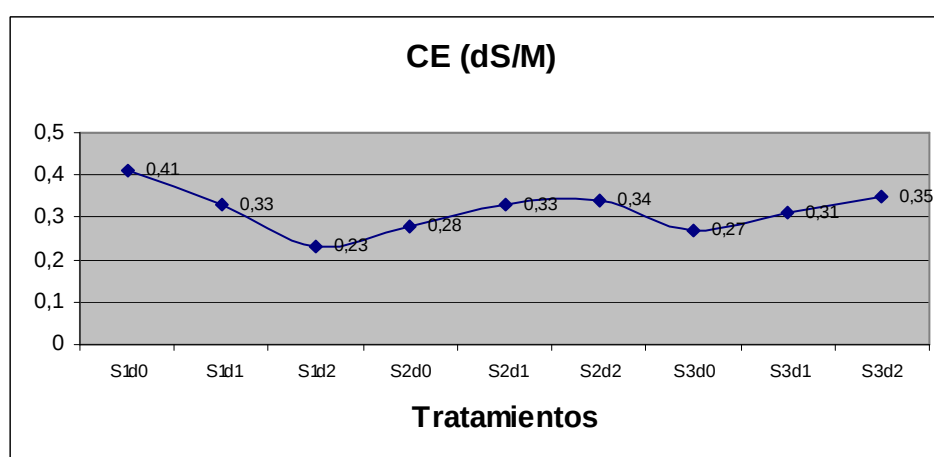


Gráfico N° 10. Promedios del Comportamiento del pH en el ensayo. PMQ 2008.

El ADEVA para la CE (Cuadro N° 18), no detecta ninguna significancia estadística para las repeticiones, tipos de suelo (Factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipos de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existe diferencias. Sin embargo al revisar los promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N°19, Gráfico N° 10), se observa una evidente ventaja de la interacción S1d0 (suelo de bosque sin purín), que pose la CE más alta con 0.410dS/m, seguida por la interacción S3d2 (suelo de kikuyo con 10cm³/L de purín) con 0.357dS/m) y en ultimo lugar la interacción S1d2 (suelo de bosque con 10cm³/L de purín) con 0.237dS/m, que presentan una diferencia de 0.077 y 0.173dS/m respectivamente comparado con la mejor interacción comparado con la mejor interacción.

El CV de 27.84% da una confiabilidad media a la información obtenida, y permite que sea utilizada como un parámetro de comparación entre las diferentes fuentes de variación estudiadas.

Los datos obtenidos están dentro de los rangos permisibles para los suelos, según recomendaciones de parámetros del SESA. El mejor comportamiento de los suelos testigos, se debe a que no reciben el aporte de sales y sustancias que pueden incrementar o potencializar la CE en el suelo.

Según Urrustarazu (49), Si las cantidades fuesen superiores a 0.45dS/m, afectaría negativamente a la absorción del agua por parte de las raíces. Son embargo, la salinidad también causa una absorción mayor de los iones que provocan la salinidad. En suelo, la movilidad de iones es fuertemente afectada, tanto por la CIC, como la complejidad química de los suelos. Una disminución en la cantidad de humedad es traducida en un incremento en la salinidad. De igual forma la salinidad afecta el crecimiento vegetativo de las plantas como la producción de frutos.

Como lo afirma Urrstarazu (49), el conocimiento de la mineralogía de las sales solubles debe proporcionar una base para entender el comportamiento del suelo y de las plantas y servir de ayuda en el manejo de los suelos afectados por la presencia de sales.

Según Porta (43), en condiciones de campo, la distribución de la salinidad en un suelo varía a lo largo del año y en función de la profundidad que se considere. Se puede decir que los suelos del área de estudio del PMQ. Poseen una CE buena, lo que ayudara a evitar problemas de salinidad, la misma que acompañada por la textura del suelo ayuda a que esta se mantenga en niveles bajos.

Básicamente el pH y la CE del purín son buenos y presenta más ventajas que desventajas una vez aplicadas al suelo, lo que confirma que las fuentes orgánicas son buenas y presentan elementos disponibles a diferencia de los fertilizantes sintéticos.

MATERIA ORGANICA

Cuadro N° 20. ADEVA para M.O. PMQ. 2008

Fde V	GL	SC	CM
Total	26	9.073	
Repeticiones	2	0.209	0.105 ^{ns}
A	2	0.584	0.292 ^{ns}
B	2	1.209	0.605 ^{ns}
Lineal	1	0.03294	0.03294 ^{ns}
Cuadrático	1	1.176313	1.176313 ^{ns}
A X B	4	0.543	0.136 ^{ns}
EE	16	6.528	0.408

CV: 19.60%

Cuadro N° 21. Cuadro de promedios de M.O. PMQ. 2008.

Tratamientos	Promedios (%)
S1d0	3.303
S1d1	3.933
S1d2	3.117
S2d0	2.913
S2d1	3.217
S2d2	3.153
S3d0	3.243
S3d1	3.510
S3d2	2.933

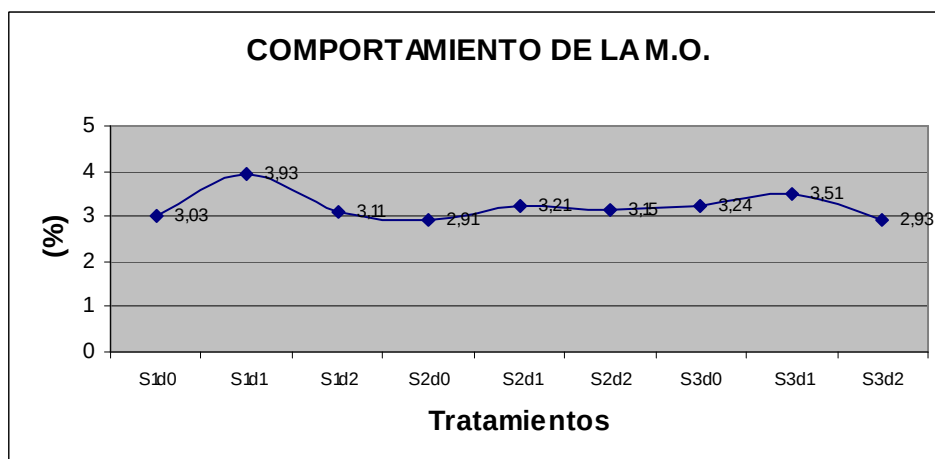


Gráfico N° 11. Promedios del Comportamiento de la Materia Orgánica en el ensayo. PMQ. 2008.

El ADEVA para porcentaje de incremento de M.O. (Cuadro N° 20) detecta no significancia estadística para repeticiones, tipos de suelo (factor A), dosis de purín (factor B) y las interacciones tipos de suelo con dosis de purín, lo que determina que no existen diferencias.

Sin embargo al revisar los promedios de las distintas fuentes de variación (Cuadro N° 21, Gráfico N° 8), se observa una evidente ventaja de la interacción S1d1 (suelo de bosque con 5cm³/L) con 3.933% de M.O. seguido de S3d2 (suelo de kikuyo con 5cm³/L de purín) con 3.510% y finalmente se encuentra la interacción S2d0 (suelo de vivero sin purín) con 2.913%. Existe una diferencia de 0.423 y 1.02% respectivamente comparado con la mejor interacción S1d1.

Con estos datos obtenidos y comparando resultados anteriores, se puede decir, que el suelo1, presenta una mejor contenido mineralógico frente al suelo del vivero y el suelo del kikuyo, posiblemente se deba a que el suelo de bosque al poseer una cobertura vegetal contribuya a mantener el suelo, a conservar la carga microbiana cerca de las raíces de los árboles y disminuir la erosión.

La diferencia en los valores obtenidos también puede deberse al metabolismo de los microorganismos en los diferentes suelos, lo que ayuda a la mineralización de la M.O, pudiendo elevar rápidamente la presencia de sustancias orgánicas.

Esto esta sustentado por Fitz **(19)**, que menciona que, la descomposición de la M.O., o humificación, es un proceso extremadamente complejo que involucra a diversos organismos como hongos, bacterias, actinomycetos, lombrices y termitas. Se ha demostrado que el proceso es muy lento por falta de condiciones climáticas cambiantes. La variación de estos factores estuvo presente en el desarrollo del ensayo, puesto que la mayor parte de los días fueron lluviosos, las bajas temperaturas y la neblina acompañaron a que la cantidad de microorganismos varíe impidiendo trabajar normalmente lo que pudo incrementar la M.O. en porcentajes diferentes al igual la textura del suelo juega un papel importante para el incremento de la M.O. en el suelo.

Se puede decir, que la aplicación del purín de caballo incrementa la presencia de materia orgánica, lo que ayuda en los procesos de mejoramiento del suelo en el

tiempo, lo importante es obtener bioabonos de calidad y darles un manejo adecuado para que demuestren sus efectos, cumpliéndose así con uno de los objetivos planteados inicialmente.

La existencia de no significancia estadística del Polinomio Ortogonal para el factor B (dosis de purín), determina que la tendencia en la presente variable no existe, solo crece o se extiende mientras más dosis ponga, pero habrá un punto donde nos dará la tendencia para poder mejorar este proceso y saber hasta cuando y cuanto de purín se debe colocar.

El CV de 19.69%, proporciona una alta confiabilidad a la información obtenida, constituyéndose el purín en un fuente que aporta M.O.

Según Porta **(43)**, las enmiendas deben comenzar por aplicaciones de abono orgánico en dosis suficientes para llegar a un 3% aproximadamente de M.O. considerando sobretodo que el limitante esta en la rentabilidad. El aporte de M.O. mejora notablemente la permeabilidad del suelo y evita que suba la CE, incluso usándose una agua ligeramente salina, considerando la textura del suelo.

Según Porta **(43)**, una gran parte de los conocimientos disponibles sobre los componentes orgánicos se ha adquirido por el estudio de suelos forestales, así se ha reconocido la importancia de la M.O. en el funcionamiento de los ecosistemas, que interviene en forma activa en la formación del suelo, condiciona su comportamiento en relación al crecimiento de las plantas y microorganismos, al influir en el movimiento y almacenamiento de agua, intercambio catiónico, y constituir una fuente de nutrientes entre otros aspectos.

Según Suquilanda **(46)** se recomienda 40 – 60t/ha de abono orgánico para suelos arenosos, Así se cumple una de las funciones y la materia orgánica a través de un estiércol de incrementar el % de M.O. El PMQ, esta en un nivel de bajo a medio de M.O., posiblemente el incremento se deba a que el suelo del bosque forma un microclima, sus hojas caen al suelo y se biotransforman lo que ayuda al incremento de este parámetro comparado con los otros suelos. Posiblemente en el suelo de kikuyo presenta menor porcentaje debido a la falta de una cobertura

vegetal homogénea, por ende la carga microbiana será mínima lo que influencia el desarrollo y mineralización de la M.O.

CARGA MICROBIANA

Cuadro N° 22. Carga microbiana del área de estudio. PM. 2008-09-10

Tratamientos	Bacterias aerobias mesófilas	Hongos	colif totales	<i>Bacillus spp</i>	esporas aerobias mesófilas
	UFC/g	UFC/g	UFC/g	UFC/g	UFC/g
S1d0	7.21×10^6	3.9×10^3	2.6×10^4	1.3×10^6	4.4×10^5
S1d1	3.8×10^6	5.5×10^3	2.7×10^4	27.5×10^6	1.7×10^5
S1d2	4.7×10^6	2.7×10^3	2.2×10^3	53.7×10^6	1.8×10^5
S2d0	4.8×10^6	2.4×10^3	5.8×10^3	27.3×10^6	4.1×10^5
S2d1	3.3×10^6	5.6×10^3	48×10^3	3.3×10^6	1.4×10^5
S2d2	3.6×10^6	2.8×10^3	5.9×10^3	1×10^6	1.8×10^5
S3d0	3.6×10^6	7.3×10^3	4.7×10^3	18.3×10^6	1.9×10^5
S3d1	3.7×10^6	7.6×10^3	5.1×10^3	1.3×10^6	1.4×10^5
S3d2	4.6×10^6	5.9×10^3	6.9×10^3	27.1×10^6	2.3×10^5

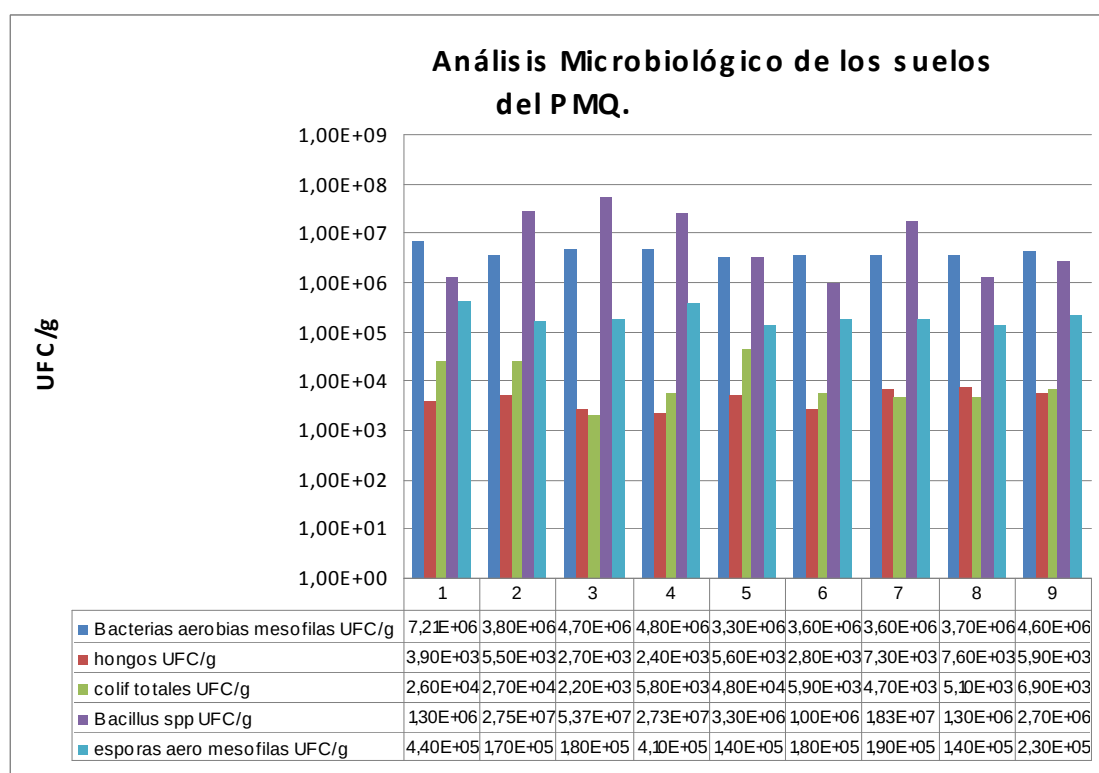


Gráfico N°12. Carga microbiana del PMQ.2008

Como se observa en el Cuadro N 22 y gráfico N° 11, la carga microbiana encontrada en los suelos después de la aplicación del purín de estiércol de caballo, en forma general no presenta un incremento notable después de la aplicación del purín.

Desde el punto de vista microbial, muchos de estos aspectos pueden darse debido a condiciones de temperatura, humedad, precipitación, y antagonismo que pueden alterar este crecimiento. También puede deberse a la heterogeneidad que presentan los suelos con sus respectivas coberturas, que también influyen en el desarrollo y comportamiento de la carga microbiana.

Según el promedio para bacterias mesófilas aerobias el mejor comportamiento lo presentó la interacción S1d0 con 7.2×10^6 UFC/g de suelo, seguido de S2d0 con 4.8×10^6 UFC/g de suelo y en último lugar tenemos a S2d1 con 3.3×10^6 UFC/g de suelo.

El número de bacterias es mayor en el suelo 1, comparado con el suelo 2 y 3 como se observa en el cuadro N19, que presenta un incremento de 2.2 y 3.9×10^6 UFC/g de suelo comparado con el mejor tratamiento. Así la cantidad de bacterias están dentro de los rangos de referencia ($10^6 - 10^9$), sustentado por Alexander.

Con respecto a *Bacillus spp.* El mejor tratamiento corresponde a S1d1 con y S2d0 que presentan el mismo comportamiento con 27×10^6 UFC, seguido por S2d0 con 18×10^6 UFC/g y en último lugar se encuentran compartiendo el mismo lugar los tratamientos S1d0 y S3d1 con 1.3×10^6 UFC/g de suelo.

En cuanto a hongos, se observa que la mejor interacción corresponde a S3d1 con 7.6×10^3 , seguido de S3d0 con 7.3×10^3 UFC/g y en último lugar está S2d0 con 2.4×10^3 UFC/g. Como se observa las UFC de hongos se incrementan de 0.3 y 5.2×10^3 UFC/g de suelo, existiendo una pequeña variación no significativa entre S3d1 y S3d0.

La cantidad de hongos está dentro del parámetro de referencia ($10^3 - 10^5$), que para el tipo de suelo del parque todavía es baja, posiblemente por los pH de suelo que

presentan los suelos y la cantidad de nutrientes presentes en los mismos, igualmente juega un papel muy importante la textura y estructura de suelo para su desarrollo.

Para coliformes totales la mejor interacción corresponde a S1d1 con 27×10^3 UFC/g, seguido de S1d0 con 26×10^3 UFC/g y finalmente se encuentra S1d2 con 2.2×10^3 UFC/g de suelo. El número de Coliformes se incrementó en 0.1 y 0.5 UFC/g de suelo con respecto al tratamiento S1d1, los valores entre S1d1 y S1d0, son similares, sin existir una diferencia entre los dos.

Como se ve el suelo 1 (bosque), es el que en forma general presenta mayor cantidad de coliformes totales que incluyen *Escherichia coli*, posiblemente esto se deba a que algún animal pasó y dejó sus desechos en ese lugar o los animales dentro del parque pasaron un tiempo dentro de este suelo, inclusive se observa que en todos los suelos están presentes los coliformes, sin llegar a niveles de contaminación.

Finalmente, en cuanto a las esporas mesófilas aerobias encontramos que el mejor tratamiento corresponde a S1d0 con 4.4×10^5 UFC/g de suelo, seguido por S2d0 con 4.1×10^6 UFC/g de suelo y finalmente esta S3d1 con 1.4×10^6 UFC/g de suelo.

Las esporas mesófilas presentan un incremento de 0.3 y 3.0 UFC/g de suelo con respecto a la mejor interacción, indicando que S1d0 y S2d0 presentan el mismo comportamiento y no existe diferencias significativas, en tanto que comparando con S3d1 hay una diferencia mayor.

En general para carga microbiana el mejor comportamiento de microorganismos se observa en el suelo 1 (bosque), seguramente por la cobertura vegetal que es importante para el desarrollo de los microorganismos.

La presencia de espora mesófilas se debe mucho a la falta de nutrientes o antagonismos en el suelo y como se observa la mayor cantidad de esporas se encuentra en los suelos sin aplicación de purín, al no tener comida muchas de las bacterias se enquistan hasta encontrar condiciones y alimento para su desarrollo.

Según Alexander (3), los datos de referencia en el hábitat del suelo se encuentran de 10^6 a 10^9 bacterias por gramo de suelo. El número de bacterias encontradas en las muestras analizadas se encuentran dentro de esos valores, y como bacterias autóctonas pueden ayudar en el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Ciertos bacilos en condiciones desfavorables persisten mediante la formación de esporas, en las muestras analizadas se encontraron en porcentajes del 3 – 7% en relación al número total de bacterias mesófilas, que aproximadamente corresponden a un promedio del 40% de los *Bacillus spp* totales que se encontraron al realizar el recuento de bacterias.

Las condiciones ambientales influyen sobre los microorganismos del suelo como la humedad, aireación, temperatura, materia orgánica, acidez, presencia de nutrientes inorgánicos, por lo tanto para mantener un número elevado ($>10^6$ UFC/g) que ayuden a la fertilización del suelo es necesario que estos parámetros sean controlados, lo que resulta difícil por la extensión del área de estudio, pero si se puede incrementar y mejorar la carga microbiana en los productos orgánicos a obtenerse en un futuro a partir de los residuos orgánicos del parque.

Según Wessler (52), el suelo contiene unas comunidades microbianas de gran diversidad y, por definición, soporta el crecimiento de las plantas. Los microorganismos contribuyen en gran manera a la fertilidad del suelo, es decir, a su capacidad para sostener el crecimiento vegetal. A su vez, las plantas ejercen una notable influencia sobre las comunidades microbianas de los suelos. La cubierta vegetal del suelo es un factor importante para la determinación del tipo y la cantidad de microorganismos presentes. Los exudados de las raíces y las partes senescentes de las plantas son una fuente esencial de nutrientes para los microorganismos del suelo. Esto puede confirmar las diferencias de carga microbiana de los suelos, puesto que, cada uno posee una cobertura vegetal diferente.

La textura del suelo, es una propiedad importante para la ecología de los microorganismos, ya que determina el área de la superficie disponible como hábitat para el crecimiento de los microorganismos. Cuando se consideran las partículas

de suelo como un hábitat para los microorganismos, también hay que tener en cuenta la naturaleza de las partículas de arcilla. Estas diferencias determinan la cantidad y la variedad de los tipos de microorganismos que pueden ocupar un hábitat particular. Esto respalda que la heterogeneidad de los suelos y textura influencia en la cantidad y variedad de microorganismos, siendo baja en los suelos arenosos.

Alexander **(3)**, menciona que, la materia orgánica del suelo procede de los restos de plantas, animales y microorganismos. La materia orgánica del suelo es fundamental para el desarrollo de los microorganismos en dicho hábitat. Además, contribuye a la retención del agua y al intercambio iónico, pero no se tienen en cuenta para la clasificación de los suelos según la textura ya que constituye una reserva más o menos permanente de carbono orgánico y se une químicamente con los nutrientes elementales, como el nitrógeno o el fósforo.

Para Alexander **(3)**, los hongos se encuentran en el suelo, principalmente como organismos autóctonos, y a veces como formas alóctonas. Pueden presentarse como organismos de vida libre o en asociaciones micorrícicas con las raíces de algunas plantas. Los hongos se encuentran principalmente en los 10 cm superiores del suelo y raramente están por debajo de los 30 cm. La mayor abundancia se da en suelos ácidos y bien aireados.

Los microorganismos no están distribuidos regularmente en el suelo pues hay un mosaico discontinuo de microambientes, aquellos favorables para el desarrollo microbiano se caracterizan por su limitada extensión en el tiempo y en el espacio. La dispersión de los microorganismos, con excepción de los fotosintetizantes, sigue la distribución vertical de los nutrientes pero es alterada por varios factores: la composición de la atmósfera del suelo, el pH, la humedad, la cantidad de minerales asimilables, la presencia de sustancias antimicrobianas.

La distribución microbiana horizontal está ligada a la macroheterogeneidad del suelo y puede ser debida a la inducción de la vegetación que modifica el ambiente superficial a la vez que por el efecto de las raíces. La elevación de la humedad del suelo por un cierto nivel puede modificar considerablemente el equilibrio microbiano.

Cuadro N° 23. Resumen de las variables evaluadas en el purín de estiércol de caballo en el PMQ. 2008.

Variable	Tratamiento	Dosis (cm ³)	Valor	CV (%)
N (%)	S1d1	5	0.197	20.32
P (ppm)	S1d1	5	23.50	23.2
K (cmol/kg)	S1d1	5	0.383	30.78
Ca (cmol/kg)	S2d0	0	6.833	17.44
Mg (cmol/kg)	S2d1	0	2.387	23.10
Fe (ppm)	S1d1	5	160.433	26.93
pH	S1d2	10	6.9	9.46
CE (dS/m)	S1d2	10	0.237	27.84
M.O. (%)	S1d1	5	3.933	19.60
Carga microbiana(UFC/cm3)				
Bacterias aerobias	S1d0	0	7.21 x 10 ⁶	
Hongos	S3d1	5	7.6 x 10 ³	
Coliformes totales	S1d2	10	2.2 X10 ³	
<i>Bacillus spp</i>	S1d2	10	53.7 X 10 ⁶	
Esporas aerobias mesófilas	S1d0	0	4.4 X 10 ⁵	

Como se observa en el Cuadro N° 23, el suelo 1 (bosque) con la dosis de bioabono de 5cm³/L se comportó como el mejor tratamiento durante el desarrollo del ensayo, aportando resultados interesantes para poder mejorar las condiciones del suelo del PMQ y por ende el desarrollo vegetativo de las especies inmersas en el mismo.

Para las variables pH y CE, el suelo 1 (bosque), con dosis de 10cm³/L presentó los datos más cercanos y viables (6.9 y 2.23 dS/m respectivamente), que ayudarán a un buen desarrollo y estabilidad de la vegetación del parque y la asimilación de nutrientes del suelo.

La cantidad de Materia orgánica aportada por el bioabono den base a estiércol de caballo ayudará mucho en el mejoramiento de características estructurales de suelo, ya que presentó una cantidad de 3.93%, cantidad importante para este suelo que es pobre y el nivel de materia orgánica es bajo.

La carga microbiana presente en el suelo después de las aplicaciones del purín de caballo, no presentó muchas diferencias con la cantidad original, posiblemente por las condiciones de suelo, condiciones ambientales, vegetación, entre otros.

Lo importante a destacar es que esta carga microbiana se puede ir incrementando con un adecuado manejo y frecuencias de aplicación que ayudaran a la manutención y desarrollo del suelo del PMQ.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El pH promedio de los suelos es de 6.9, menor al inicial 8.2 después de la aplicación del purín, que ayuda a la mejor asimilación de los nutrientes, evita la fijación y contaminación del suelo y el agua. Este decremento es beneficioso para este tipo de suelos sabiendo que el promedio de pH de asimilación está entre 5.5. y 6.5.
- El incremento de Materia orgánica es del 1.02% dentro del área de estudio, cantidad importante para estos suelos que tienen un nivel de bajo a medio, significando así que cualquier fuente animal o vegetal es un aporte de materia orgánica, que conlleva un aumento en la carga microbiana, nutrientes de tipo natural, fácil asimilación, influye en la fertilidad del suelo, modifica la estructura física del suelo e influye en los regímenes de agua, es una fuente de energía para la biota del suelo.
- La relación C/N del purín es 18/1, que para este tipo de residuo orgánico es bueno, y se lo puede mejorar con la adición de materias primas que favorezcan al suelo y la vegetación.
- El mejor tratamiento resultó ser S1d1 (suelo de bosque con 5 cm³ de purín) con 0.05% de N, 2.82ppm de P y 0.066cmol/kg. de K de incrementos, lo que demuestra que el purín de estiércol de caballo es una fuente orgánica buena de macro nutrientes asimilables tanto para el suelo como para la vegetación, siendo una herramienta importante dentro del manejo del suelo para la sostenibilidad del parque y las especies vegetales.
- En cuanto a micronutrientes se ve un incremento notable en el magnesio con 0.897cmol/kg, Ca 1.4cmol/kg, Fe, 59.67ppm, lo que indica que se debe manejar correctamente las fuentes a utilizarse para obtener un abono orgánico con niveles

adecuados de estos elementos sin que afecten la asimilación de otros nutrientes o se fijen en el suelo, ocasionando problemas a nivel del ecosistema.

- Las texturas de los suelos a pesar de ser franco arenosas, franco arcillo arenosas y franco areno arcillosas, poseen diferente granulometría y cantidades de arcillas que contribuye a la heterogeneidad y efectos diferentes de las dosis del abono orgánico en los suelos.
- La carga microbiana del suelo no presenta mucha diferencia en los suelos con respecto a la cantidad inicial, las bacterias están dentro de niveles 10^6 , los hongos se encuentran en 10^3 , que es un nivel bajo, pero se lo puede mejorar. Cabe indicar que las texturas de suelos, las condiciones ambientales y los contenidos mineralógicos del suelo influyen directamente en el metabolismo de los microorganismos y su crecimiento.
- En función de los tipos de texturas de los suelos, la vegetación y la altura se podría utilizar las especies como el Yaloman, el cedro, la uvilla, el aguacate, la guaba, el molle, el aliso, la casuarina, la tuna, el guarango, el capulí, el puma maqui, el Polylepis, las gramíneas, el álamo, las leguminosas, la chilca, y plantas ornamentales.
- La elaboración de un plan de manejo de residuos orgánicos basado en un modelo dinámico con entradas y salidas podría mejorar la calidad de los bioinsumos a obtenerse y disminuir el impacto ambiental que estos podrían ocasionar si no son manejados adecuadamente. Este plan de manejo debe tomar en cuenta las características del suelo, el agua, la fauna y la flora del parque.

5.2. RECOMENDACIONES

- Probar dosis entre 6 y 9cm³/L de purín para establecer las dosis óptimas para los suelos en estudio.
- Probar el bioabono en diferentes dosis y frecuencias de aplicación en plantas del vivero para medir efectos del mismo en diferentes especies vegetales.
- Hacer estudios sobre suelos, y agua antes, durante y después de implementaciones de cualquier manejo en cualquier área para tener un histórico y valorar los trabajos que se implementen y medir su funcionalidad y efectividad.
- Destinar un área específica solo para producción de bioinsumos con los residuos generados en el parque.
- Implementar obras de conservación de suelos como barreras vivas, barreras vivas complementarias con muros de piedra, estabilización de taludes, para disminuir la erosión y pérdida de suelo.
- Crear un plan de especies para reforestación que contemple, especies nativas, frutales, arbustos, leguminosas, gramíneas, plantas ornamentales, algunas flores rastreras, con beneficios de mejoramiento de suelo, calidad ambiental y de los cuales se pueda obtener beneficios para el Parque. Igualmente se puede incluir especies menores.
- Si se decide ir sustituyendo el eucalipto por otro tipo de plantas, es necesario realizar estudios previos del suelo para poder realizar programas adecuados que sean sostenibles y aplicables, incluyendo el manejo de lo que se implemente en un futuro, según necesidades y decisiones tomados por el personal encargado del Parque.
- Las autoridades del Parque pueden probar y decidir sobre las especies sugeridas, según la conveniencia, presupuesto y visión que tengan.

- Adicionar al suelo residuos vegetales o mulch, especialmente a partir de leguminosas, esto con la intención de lograr su descomposición/mineralización en el suelo, es preciso tener en cuenta la cantidad de material a utilizar ya que de ella dependerá los efectos a corto y largo plazo.
- Recomendar introducir tecnologías agroforestales que surgen como una de las opciones importantes para mejorar la fertilidad del suelo, por vía de un ciclaje eficiente de los nutrientes. Se debería incluir árboles, arbustos fijadores de N como componentes de este conjunto.

BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, M. 1978. El eucalipto en el Ecuador. Editorial Ecuador (Quito – Ecuador). 150pag.
2. ADEFOR. 1995. Comportamiento de 25 procedencias de 3 especies forestales del género *Eucalyptus* (*E. camaldulensis* Dehn, *E. maculata* Hook. F. y *E. tereticornis* Sm.) en Chancay (Cajamarca, Perú). Informe de investigación N° 5. ADEFOR. 24 pp.
- 3.- ALEXANDER, M. 1998. Introducción a la microbiología del suelo. 2ª ed. AGT Editor. S.A. México. 30 -40 Pág.
4. APARICIO, J.L, 2002. Rentabilidad de la fertilización al establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. 210pág.
5. ARRUDA, S. R., y E. MALAVOLTA. 1989. Nutrición y Fertilización Potásica en Eucalipto. 323pág.
6. BELLIDO, M. 1985. Influencia de ciertos factores ambientales sobre la productividad del ganado vacuno retinto. Colección de tesis doctorales. INIA, N° 55.
7. BRANDBYGE, J. y HOLM NIELSEN, L.B. 1992. Reforestación de los Andes Ecuatorianos con especies nativas. Quito: Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas. 90pp.
8. BUNT, A. 1988. Media and mixes for container grown plants. 2da ed. Unwin Hyman Ltd, London, 309pp
9. CAMBARDELLA, C.A., T.B. MOORMAN, J.M. NOVAK, T.B. PARKIN, D.L. 1994. Karlen, R.F. Turco, and A.E. Konopka. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1501–1511.
10. CADAHIA, C. 2000. Fertilización. Cultivos hortícolas y ornamentales. 2ª ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid- BARCELONA. 180-205 pág.
11. CARLSON, P.J. Y AÑAZCO R., MJ. 1990. Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la Sierra Ecuatoriana. Quito. ANRO, FAO/Holanda. 166pp.
12. CARLSON, P.J. Y VIERA, J. 1992. Experiencias y alternativas en el manejo silvopastoril en la sierra Ecuatoriana. Loja: Care, Promusta. 124pp.
13. CESA. 1991. Investigación con especies forestales nativas en el Ecuador. Quito: Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas. 132pp.

14. CUNNINGHAM, M. 1995, *Science and Applications*, Editorial Skipper, H.D, Madison – USA. Pág. 145-156.
15. DRURY, C.F., ZHANG, T.Q. and KAY, B.D. 2003. The non-limiting and least limiting water ranges for soil nitrogen mineralization. (Francia). *Soil Sci. Soc. Am.* 67: 1388-1404
16. ESSER, Lora L. 1993. **Eucalyptus globulus**. In: Fire Effects Information System,[Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <http://www.fs.fed.us/database/feis/>
17. FAO. 1995. Holanda. PRACTICAS AGROFORESTALES. Proyecto FAO – Holanda Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito-Ecuador. 183 pp.
18. FASSBENDER, H.W. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. GTZ-CATIE. Imp. Kinzel, Gottingen, Alemania, 125pp.
19. FITZ, P. 1996. Introducción a la Ciencia de los Suelos. 1ª ed. Editorial Trillas. México.
20. FUNDACIÓN VIDA PARA QUITO. 2006. “Datos Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.” http://www.vidaparaquito.com/parque_metropolitano.htm
21. GALLOWAY, G. 1987. Criterios y Estrategias para el manejo de plantaciones forestales en la Sierra Ecuatoriana. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Agencia para el Desarrollo Internacional. Mag/aid. Quito, ECV.145 pág.
- 22.- GYMAGRO. 2004. Memorias de seminario de nutrición de suelos y plantas. Quito-Ecuador. 23pp.
23. GRIFFIN, T. S., HONEYCUT, C.W. and He Z 2002 Effects of temperature, soil water status, and soil type on swine slurry nitrogen transformations. *Biol. Fertil. Soils* 36: 442-446
24. GOULDING, K, W. 1987. Potassium fixation and release. Internacional Potash Institute. Austria. PP.137-154.
- 25 HANS P, y BIEDERICK Ch. 1980. Árboles y leñosas para reforestar las tierras altas de la región interandina del ecuador; 2a edición. Pág. 15 -25.
- 26 HANS, P.S. 1.980. Árboles Y Leñosas Para Reforestar Las Tierras Altas De La Región Interandina De Ecuador. Primera edición.192pp.
27. HATFIELDS, J.L., and C.A. CAMBARDELLA. 2001. Nutrient management in

cropping systems. In J. McFarland and M. Sanderson (Ed.) Ingrated management of land application of animal waste. Am. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph, MI. 310pág.

28. HENDRIKS, HJM. And VAN de Weerdhof. A.M. 1999. Dutch notes on BAT (Best Available Techniques) for pig and poultry intensive livestock farming. Pág. 22-38.
29. HOFSTEDE, R, LIPS, J., WILBOLD J. 998. Geología, ecología y forestación de la Sierra del Ecuador. Ediciones Abya-Yala. Quito Ecuador.FAIR.
30. IICA. Instituto Interamericano de cooperación para la lombricultura. (1998) manejo agrícola del suelo. 1ra ed. Ecuador: IICA.
31. INEFAN. 1995. Plan de acción forestal del Ecuador. Versión preliminar. Quito. IEFAN.
32. INPOFOS. Instituto de la Potasa y el Fósforo.1977. Manual Internacional de Fertilidad del Suelos. 1ª ed. Quito- Ecuador. 90pag.
33. JACOB, M.R. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, Colección FAO: Montes N° 11. 723pp.
34. LAMPRECHT, H. 1990. Selvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas Forestales en los Bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. (GTZ). República Federal de Alemania. 335 Pág.
35. LOPEZ, M. 2006. Curso de Edafología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Boletín editado por PUCE. Pág. 7 - 15
36. MAG. Ministerio de Agricultura. 1978. Dirección General Forestal y de Fauna. Introducción de *Eucalyptus spp.* en las tierras áridas de Lambayeque. Proyecto Inventario Forestal Nacional. 25 pp.
37. MALAVOLTA, E. 1990. La fertilización foliar: bases científicas y significado en la agricultura. Suelos Ecuatoriales. (Bogotá). 20(1): 29-43.
38. MONTOYA, M. 1995. El eucalipto. Edita: Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. Pág. 45 -69.
39. NORBERTO, C A., 2002. Metodologías para el análisis costo beneficio de usos del suelo y fijación de carbono en sistemas forestales para el mecanismo de desarrollo limpio, 20 Pág.

40.

www.parquemetropolitano.ec/home/seccionesContenidos.php?id=21www.parquemetro

politano.ec/home/seccionesContenidos.php. Consorcio Ciudad Ecogestión de Quito. 2008.

41. PÉREZ P., Rueda Q. 2002/2004. Vademécum de Fitoterapia (León - España). 375pag.
42. PORTA, J, LOPEZ, M, (et.al). 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ª ed. Ediciones MUNDI PRENSA. Madrid Barcelona. `Pág. 659 -662.
43. SALISBURY Frank, CLEON W. Ross, Plant Physiology, 1936. Plant Physiology, 1936 –II, Editorial Wadsworth Inc. Pág. 22 -30.
44. SANCHEZ., C. 2003. Abonos orgánicos y lombricultura. 3a ed. Perú: Ripalme. 2ª ed. 345pag.
45. SOCIEDAD CLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 2001. Fertilidad de los suelos. Diagnóstico y control. 2ª ed. Bogotá Colombia. 528pp.
46. SUQUILANDA M. 1996. Agricultura orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. editorial Abya-yala. Ediciones UPS. FUNDAGRO. 654pp. Ecuador.
47. TRINES, E. y Dam, P. 1994. Growing site classification research in the Andes region of Ecuador. Arnhem: FACE FOUNDATION. 35pp.
48. THOMSEN, I.K. 2001 Recovery of nitrogen from composted and anaerobically stored manure labelled with N15. Euro. J. Agron. 15: 31–41.
49. URRSTARAZU M. 2000. Manual de cultivos sin suelo. Mundi prensa. Almería. 2ª ed. México. 165 -185 Pág.
50. VASCO, A.L 2006. “Propuesta para el desarrollo recreacional del Parque Metropolitano. Quito Ecuador. Tesis PUCE.
51. WEBB, D.B. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales en regiones tropicales y sub tropicales. London, Oversea Development Administration, 275pp.
- 52.- WESSLER, A. 2001. Ecología microbiana y microbiología ambiental. 4ª ed. Ediciones Estados Unidos. Ronald Atlas y Richard Bartha. 360 -380 pág.

ANEXOS

Anexo 1. Puntos de muestreo tomados con el GPS. PMQ. 2008.

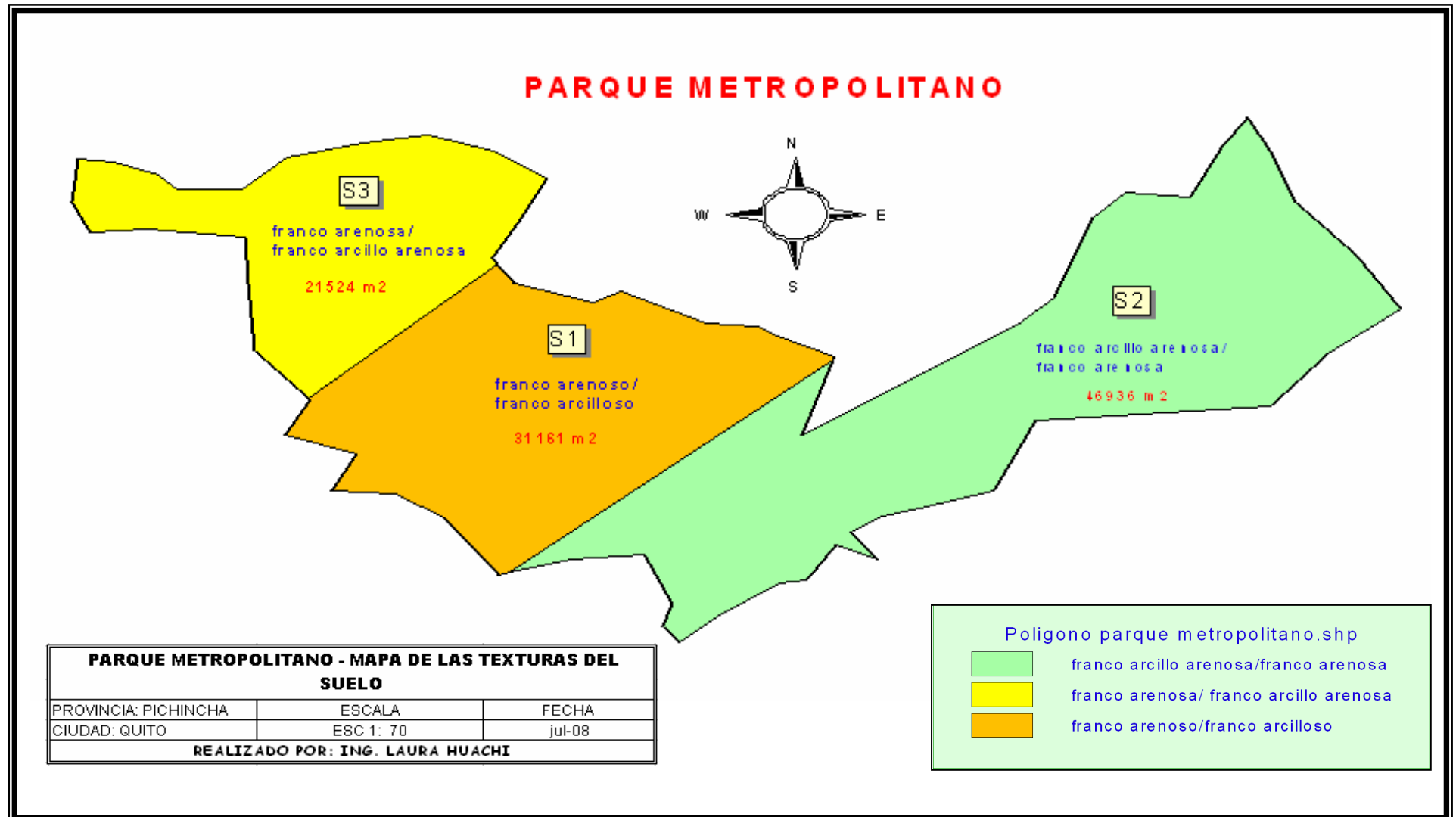
PUNTOS	UTM SUR	OESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	9779206	781622	2933
2	9979178	781618	2925
3	9979164	781624	2924
4	9979160	781659	2932
5	9979158	781629	2936
6	9979154	781711	2935
7	9979122	781713	2925
8	9979078	781718	2916
9	9979044	781746	2915
10	9979020	781733	2914
11	9979008	781771	2911
12	9978984	781757	2914
13	9978980	781792	2916
14	9978964	781818	2922
15	9978926	181847	2929
16	9978936	781886	2933
17	9978940	781925	2932
18	9978906	781941	2941
19	9978892	781936	2939
20	9978882	781944	2949
21	9978898	781964	2950
22	9978920	781997	2960
23	9978922	782012	2960
24	9978946	782029	2962
25	9978936	782052	2976
26	9978956	782036	2884
27	9978970	782072	2958
28	9978982	782114	2963
29	9979030	782136	2964
30	9979040	782262	2987

PUNTOS	UTM SUR	OESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
31	9979076	782292	2979
32	9979106	782332	2981
33	9979142	782307	2982
34	9979178	782276	2977
35	9979210	782263	2972
36	9979232	782249	2972
37	9979214	782236	2973
38	9979182	782218	2979
39	9979184	782184	2981
40	9979167	782167	2975
41	9979114	782145	2980
42	9979094	782126	2979
43	9979022	782011	2987
44	9979074	782028	2977
45	9979088	781997	2980
46	9979094	781986	2982
47	9979096	781958	2975
48	9979118	781913	2946
49	9979110	781898	2960
50	9979122	781856	2962
51	9979140	781844	2966
52	9979168	781860	2956
53	9979194	781873	2948
54	9979212	781846	2957
55	9979222	781809	2961
56	9979218	781774	2956
57	9979208	781733	2949
58	9979186	781709	2940
59	9977918	781675	2934
60	9977919	781665	2938
61	9977920	781640	2933

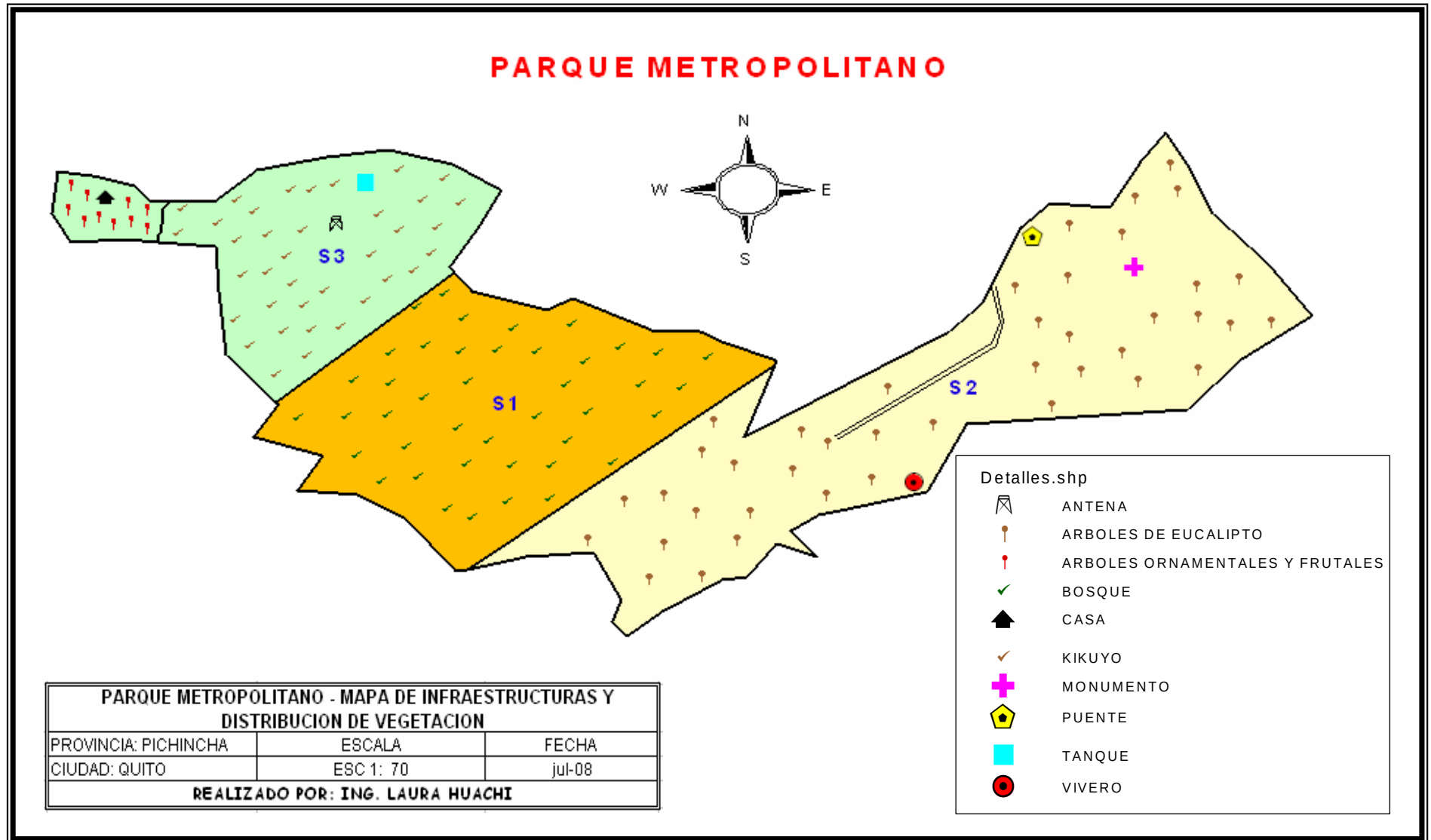
Elaboración: Laura Huachi. PMQ. 2008.

Anexo 2. Mapas del Área de estudio del PMQ.2008

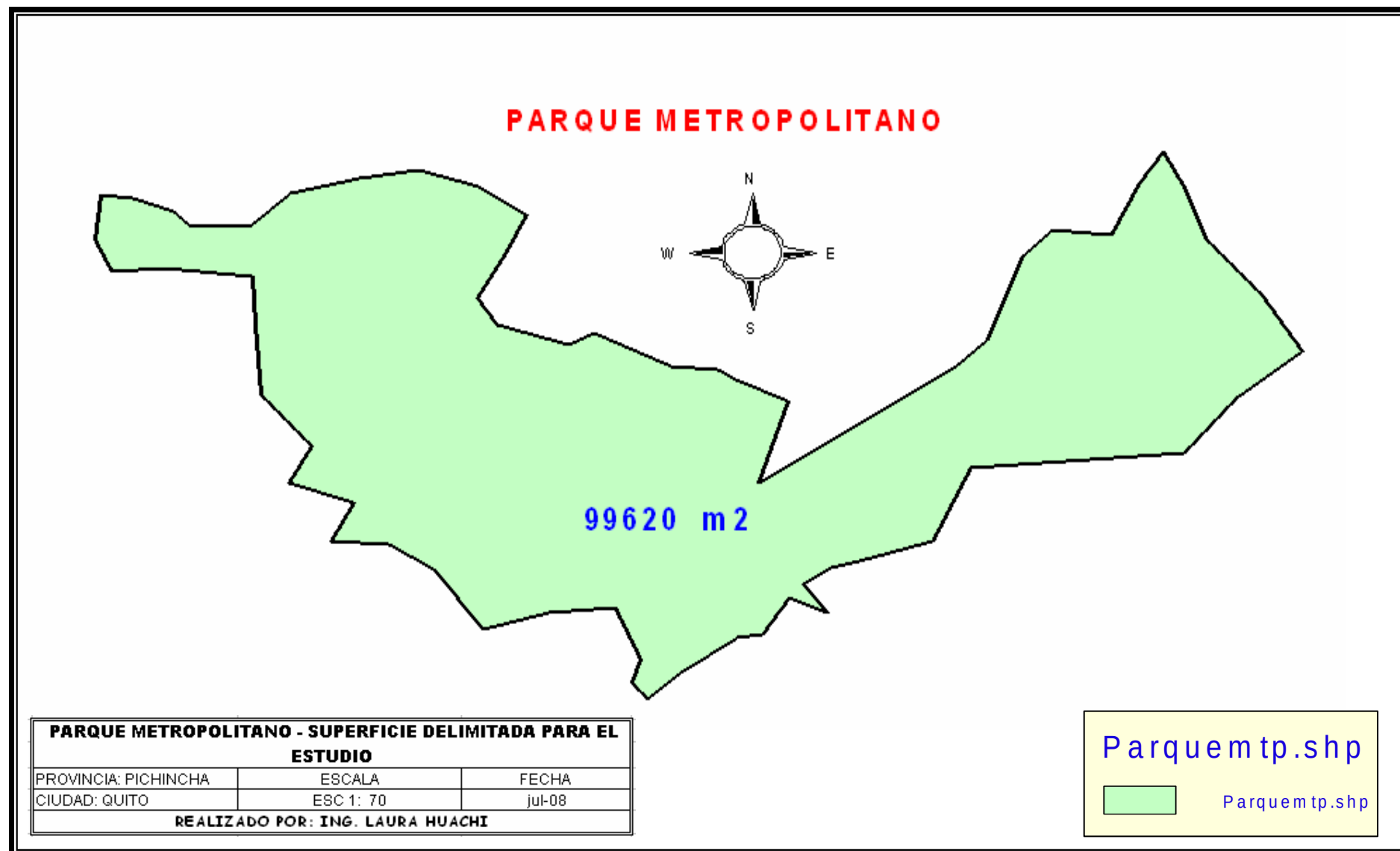
Mapa 1: Textura del suelo



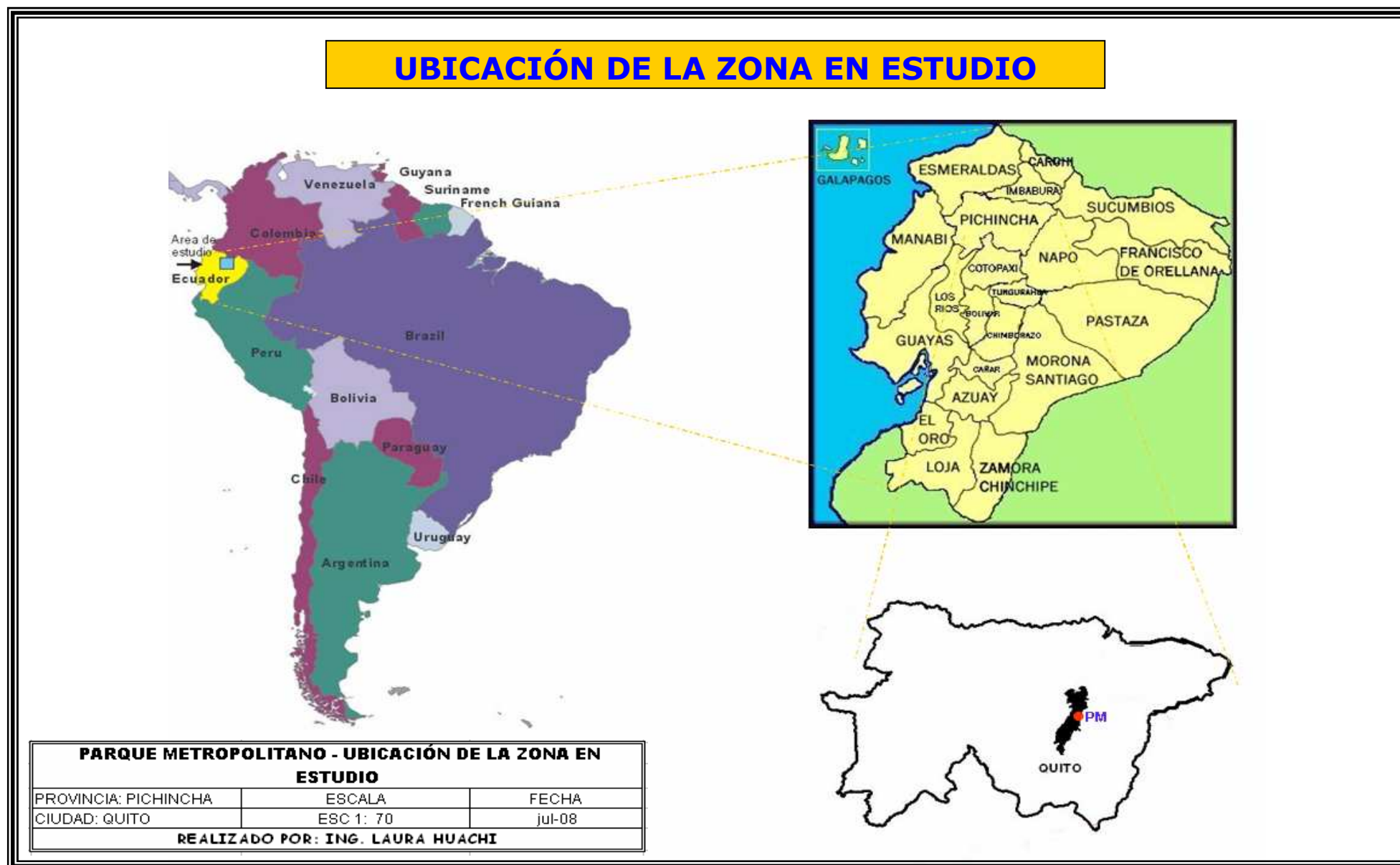
Mapa 2: Infraestructura y Distribución de Vegetación



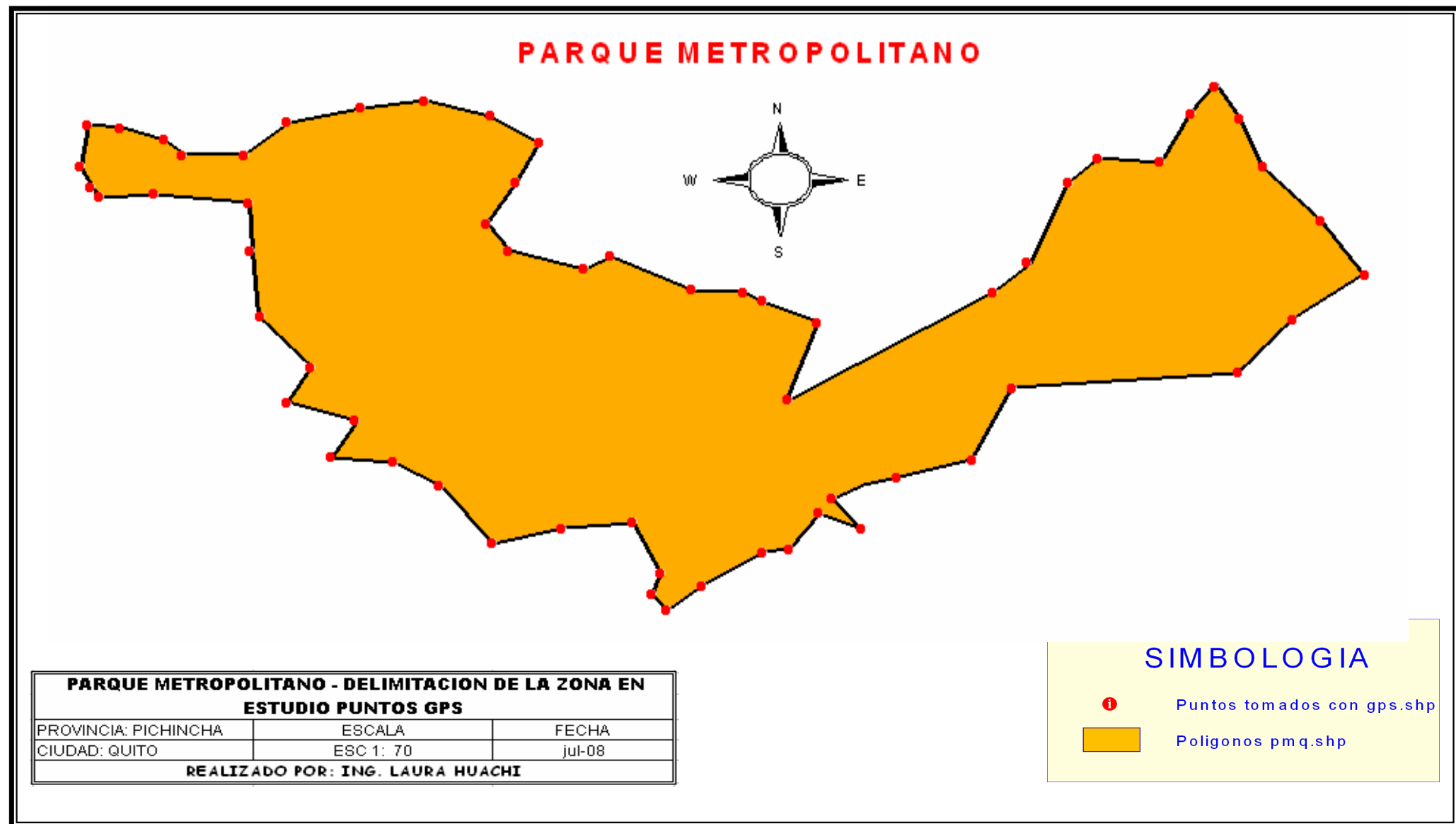
Mapa 3: Superficie Delimitada para el Estudio.



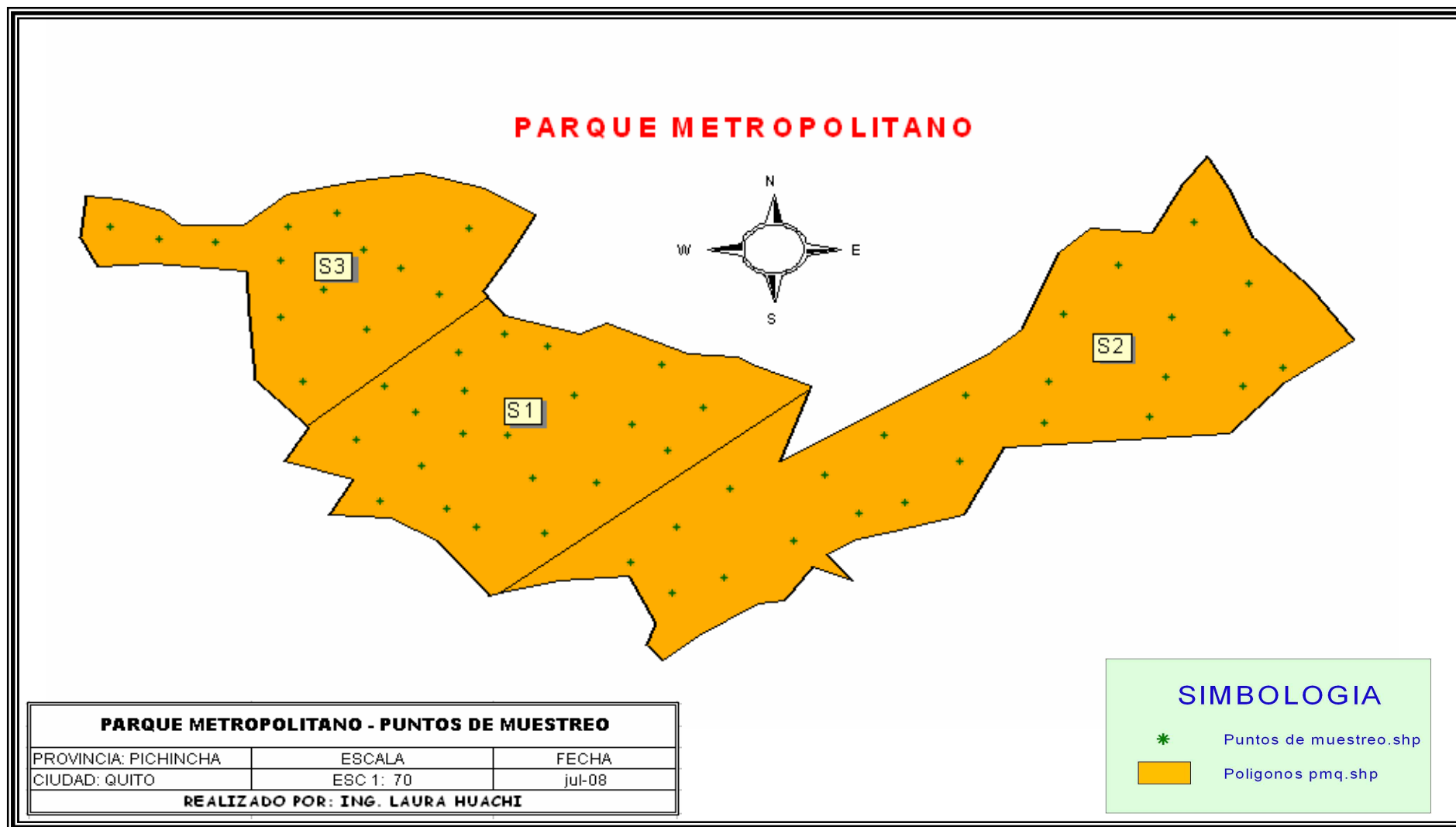
Mapa 4: Ubicación de la Zona en Estudio.



Mapa 5: Delimitación de la Zona en Estudio Puntos GPS.



Mapa 6: Puntos de Muestreo.



Anexo 3. Metodología del ensayo. Fotos. PMQ.2008

FOTOS DEL ENSAYO

a) Georeferenciamiento y muestreo



Uso del GPS



Hoyo de muestreo



Uso de herramientas



Etiquetado de muestras iniciales

b) Preparación de los suelos



Preparación de suelos recolectados



Suelos preparados

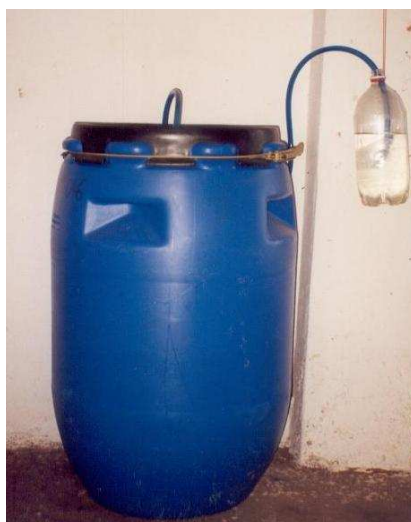


Ensacado de suelos

c) Preparación del purín de estiércol de caballo



Recolección y limpieza del estiércol



Biodigestor con estiércol, melaza y levadura



Equipos para medir pH y CE



Medición de parámetros en purín



Envasado del estiércol

d) Preparación de los suelos y levantamiento del ensayo



Limpieza de los suelos



Enfundado de suelos en vivero



Tratamiento identificados en campo

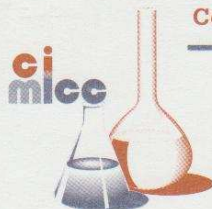


Recolección de los suelos inoculados



Muestras colectadas en coller

Anexo 4. Análisis de suelos y Análisis microbiológicos del suelo y purín de estiércol de caballo. PMQ. 2008



Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad

Quito, 22 de Mayo de 2008

Ingeniera
Laura Huachi
UISEK
Ciudad.-

Teléfono: 223-3688

REPORTE DE LABORATORIO REF: 8-05123/6

Muestras: Suelos
Envase: Fundas de plástico
Fecha entrega al Laboratorio: 09 de Mayo de 2008

PARAMETROS	Unid.	Jardín Kikuyo	Bosque	Vivero	Estiércol + Aserrín
		Nº 8-05123	Nº 8-05124	Nº 8-05125	Nº 8-05126
Análisis Microbiológico:					
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	6.3×10^6	7.1×10^6	7.4×10^6	2.1×10^7
Mohos	UFC/g	8.8×10^3	1.4×10^4	1.0×10^4	4.5×10^4
Levaduras	UFC/g	2.0×10^2	2.0×10^2	1.0×10^3	5.0×10^3
Coliformes Totales	UFC/g	6.5×10^3	1.2×10^4	5.4×10^3	1.1×10^3
Coliformes totales	NMP/g	9.3×10^3	1.1×10^4	4.6×10^3	1.1×10^3
<i>E. coli</i>	UFC/g	<10	1.5×10^2	4.8×10^2	2×10^3
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.0×10^6	1.1×10^6	1.5×10^5	2.0×10^6
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	1.3×10^5	1.1×10^5	4.6×10^4	4.8×10^5

El laboratorio no es responsable por la interpretación que se le de a los resultados, ni por la representabilidad de la muestra respecto al lote del cual fue tomado.

Atentamente,

Dra. Betty Caicedo Atiaga
Directora Técnica
CIMICC



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Vía Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS



Remitente: Señora. Laura Huachi.

Localización: PICHINCHA-QUITO-BELLAVISTA.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Mayo 09 de 2008.

Fecha de informe: Tumbaco, Mayo 19 de 2008.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
562	Estiercol de Caballo más Aserrín	8.92	31.60 C % =	1.58 18.33	145	76.7	16.9	7.24	21	13	5	14.4	Orgánica.

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM	
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3	Bajo
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6	Medio
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1	Alto

RECIBIDO...
 FECHA: 16-05-08
 RUBEN...

Jefe de Laboratorio



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO (Sierra)

TUMBACO, 09 DE Mayo de 2008.

# LAB	# CAMPO	BORO (B) P.P.M	AZUFRE (S)	C.E (COND.EL) dS/m 25°C
562	Estiercol de Cab.+ Aserrín.	0.28	35	0.86 En Extrato de Saturación.

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

BORO:

< 1	BAJO
1 - 2	MEDIO
> 2	ALTO

AZUFRE:

< 12	BAJO
12 - 24	MEDIO
> 24	ALTO

	NO SALINO(NS)	LIG. SALINO(LS)	SALINO(S)	MUY SALINO(MS)
C.E. (dS/m)	< 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 8.0

Tumbaco, Mayo 19 de 2008.

[Firma]



LABORATORIO DE
SUELOS
TUMBACO



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Vía Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS



LABORATORIO DE
SUELOS
TUMBACO

Remitente: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.

Localización: PICHINCHA - QUITO - GUAPULO.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Julio 28 de 2008.

Fecha de informe Tumbaco, Agosto 06 de 2008.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M. O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
1797	RI-M10:S2d0	7.80	2.83	0.14	17.5	0.40	7.65	2.64	102.8	11	9.4	2.4	Fo Ac Arn.
1798	M11:S2d2	7.61	2.63	0.13	19.5	0.30	6.5	2.22	79	7.8	9.3	2	" " "
1799	M12:S1d1	6.69	3.21	0.16	9.5	0.15	5.8	2.47	131.3	11.2	9.1	2	" " "
1800	M13:S2d1	6.52	3.21	0.16	10.5	0.15	4.95	2.22	156.1	12	9.5	2.1	" " "
1801	M14:S1d2	7.48	2.55	0.13	14.5	0.25	6.05	2.30	84.6	11	9.8	2	" " "
1802	M15:S3d1	6.36	3.08	0.15	15	0.25	5.4	2.22	126.2	13	10.6	2.5	" " "
1803	M16:S1d0	6.59	3.66	0.18	26	0.35	6	2.06	131.2	10.4	11	5.3	Fco Arenoso
1804	M17:S3d0	6.73	3.78	0.19	29	0.35	6.8	2.39	136.1	12.6	11.1	7	" "
1805	RI-M18:S3d2	6.50	3.42	0.17	10.5	0.20	4.65	2.14	142.4	11.8	8.6	2	Franco.

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1
									Bajo
									Medio
									Alto

El resultado de estos análisis se puede reproducir totalmente, no de forma parcial.


Jefe de Laboratorio



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO (Sierra)

TUMBACO, 28 DE Julio de 2008.

# LAB	# CAMPO	BORO (B) P.P.M	AZUFRE (S)	C.E (COND.EL) dS/m 25°C
1797	RI-M10:S2d0	0.37	32	0.28
1798	M11:S2d2	0.28	38	0.35
1799	M12:S1d1	0.29	30	0.42
1800	M13:S2d1	0.22	25	0.31
1801	M14:S1d2	0.35	22	0.25
1802	M15:S3d1	0.30	34	0.27
1803	M16:S1d0	0.31	17	0.26
1804	M17:S3d0	0.30	29	0.26
1805	RI-M18:S3d2	0.31	25	0.35

En Extracto de
Saturación.

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

BORO:

< 1	BAJO
1 - 2	MEDIO
> 2	ALTO

AZUFRE:

< 12	BAJO
12 - 24	MEDIO
> 24	ALTO

	NO SALINO(NS)	LIG. SALINO(LS)	SALINO(S)	MUY SALINO(MS)
C.E. (dS/m)	< 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 8.0

Tumbaco, Agosto 06 de 2008.

El resultado de estos análisis se puede reproducir totalmente, no de forma parcial.





SESA
ECUADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Vía Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS INFORME DE ANALISIS



SESA
ECUADOR
LABORATORIO DE
SUELOS
TUMBACO

Remitente: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Julio 28 de 2008.

Localización: PICHINCHA-QUITO-GUAPULO.

Fecha de informe: Tumbaco, Agosto 06 - 2008

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
1788	RII-M1:S1d0	6.29	3.35	0.17	12	0.25	4.85	2.31	157.1	10.3	9.4	2.3	Fo Ac Arn
1789	" -"2:S2d2	6.46	3.81	0.19	36	0.25	5.45	1.82	179.4	17.4	9.5	5.8	Fco Arenoso
1790	" -"3:S2d1	7.25	2.23	0.11	16	0.20	6.25	2.39	93.1	10.8	9.2	2	Fo Ac Arn
1791	" -"4:S3d1	6.53	3.46	0.17	9	0.15	4.2	1.96	157.3	13.3	9.1	2.2	Fo Arenoso
1792	" -"5:S3d0	7.32	2.43	0.12	13.5	0.40	6.8	1.98	87	8.2	9	2	" "
1793	" -"6:S3d2	7.62	2.45	0.12	15.5	0.35	6.5	2.22	79.5	8.4	8.4	2	" Arc "
1794	" -"7:S1d1	6.95	4.52	0.23	28	0.35	6.85	2.47	196	17.5	9.3	5.1	" " "
1795	" -"8:S2d0	6.69	3.29	0.16	25	0.40	6.55	2.39	126.4	11.2	9.3	5	" " "
1796	" -"9:S1d2	6.69	3.75	0.19	28	0.25	7.15	2.55	140	13	10.3	5.1	" " "

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM	
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3	Bajo
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6	Medio
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1	Alto

El resultado de estos análisis se puede reproducir totalmente, no de forma parcial.

Jefe de Laboratorio



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO (Sierra)

TUMBACO, 28 DE Julio de 2008.

# LAB	# CAMPO	BORO (B) P.P.M	AZUFRE (S)	C.E (COND.EL) dS/m 25°C
1788	RII-M1:S1d0	0.18	19	0.42
1789	M2:S2d2	0.27	21	0.45
1790	M3:S2d1	0.20	20	0.40
1791	M4:S3d1	0.30	23	0.35
1792	M5:S3d0	0.28	22	0.38
1793	M6:S3d2	0.30	25	0.45
1794	M7:S1d1	0.31	27	0.38
1795	M8:S2d0	0.28	20	0.23
1796	RII M9:S1d2	0.32	35	0.18

En Extracto de
Saturación.

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

BORO:

< 1	BAJO
1 - 2	MEDIO
> 2	ALTO

AZUFRE:

< 12	BAJO
12 - 24	MEDIO
> 24	ALTO

C.E. (dS/m)	NO SALINO(NS) < 2.0	LIG. SALINO(LS) 2.0 - 3.0	SALINO(S) 3.0 - 4.0	MUY SALINO(MS) 4.0 - 8.0
-------------	------------------------	------------------------------	------------------------	-----------------------------

Tumbaco, Agosto 06 de 2008.

El resultado de estos análisis se puede reproducir totalmente, no de forma parcial.



LABORATORIO DE
SUELOS
TUMBACO



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Via Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS INFORME DE ANALISIS



Remitente: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.

Localización: PICHINCHA - QUITO - GUA

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Julio 28 de 2008.

Fecha de informe: Tumbaco, Agosto 06 de

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
1806	RIII-M19:S3d1	7.57	2.93	0.15	15	0.25	6.4	2.22	80.7	7.4	9.1	2	Fco Arenoso
1807	M20:S1d2	6.68	3.05	0.15	9	0.20	5.1	2.30	129.4	12	9.8	2	" "
1808	M21:S2d2	6.72	3.02	0.15	8	0.25	4.35	2.06	148	14	10.4	2	" Ac "
1809	M22:S1d0	7.53	2.90	0.14	24	0.35	6.9	2.30	77.2	9.2	9	2.2	Fo Arenoso
1810	M23:S2d0	7.34	2.62	0.13	12	0.20	6.3	2.14	93	10.8	10.1	2	" "
1811	M24:S1d1	6.71	4.07	0.20	33	0.30	6.85	2.22	154	16.3	10.6	5.6	" "
1812	M25:S3d0	6.28	3.52	0.18	8.5	0.15	4.45	2.14	149.4	11	9.5	2	Fo Ac "
1813	M26:S3d1	6.56	3.99	0.20	31	0.25	7.05	0.30	138.3	11	11	5	" " "
1814	RIII-M27:S2d1	6.53	4.21	0.21	30.5	0.35	6.35	2.06	142	12	10	6	" " "

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM	
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3	Bajo
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6	Medio
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1	Alto

El resultado de estos análisis se puede reproducir totalmente, no de forma parcial.

Jefe de Laboratorio



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO (Sierra)

TUMBACO, 28 DE Julio de 2008.

# LAB	# CAMPO	BORO (B) P.P.M	AZUFRE (S)	C.E (COND.EL) dS/m 25°C
1806	RIII-M19:S3d1	0.36	20	0.31
1807	M20:S1d2	0.29	21	0.28
1808	M21:S2d2	0.32	28	0.22
1809	M22:S1d0	0.35	22	0.55
1810	M23:S2d0	0.31	15	0.35
1811	M24:S1d1	0.30	19	0.20
1812	M25:S3d0	0.28	22	0.22
1813	M26:S3d1	0.29	24	0.27
1814	RIII-M27:S2d1	0.28	18	0.30

En Extracto de Saturación.

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

BORO:

< 1	BAJO
1 - 2	MEDIO
> 2	ALTO

AZUFRE:

< 12	BAJO
12 - 24	MEDIO
> 24	ALTO

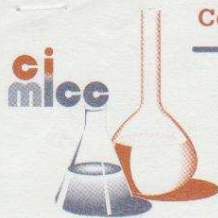
	NO SALINO(NS)	LIG. SALINO(LS)	SALINO(S)	MUY SALINO(MS)
C.E. (dS/m)	< 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 8.0

Tumbaco, Agosto 06 de 2008.

El resultado de estos análisis se puede reproducir totalmente, no de forma parcial.



[Firma manuscrita]



Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad

Página 1 de 3

Quito, 28 de Agosto de 2008

Ing. Laura Huachi
UISEK
Ciudad.-

Teléfono: 223-3688

REPORTE DE LABORATORIO

REF: 8-08202/29

Muestras: Suelos (27/08/2008)
Envase: Fundas de plástico
Fecha entrega al Laboratorio: 28 de Julio de 2008

PARAMETROS	Unid.	#1 S1d0	#2 S2d2	#3 S2d1	#4 S3d1	#5 S3d0
		Nº 8-07202	Nº 8-07203	Nº 8-07204	Nº 8-07205	Nº 8-07206
Análisis Microbiológico:						
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	8.6×10^6	1.9×10^7	1.4×10^7	3.5×10^6	2.6×10^6
Mohos	UFC/g	2.9×10^4	2.7×10^4	2.6×10^4	3.5×10^4	2.8×10^4
Levaduras	UFC/g	$<10^3$	2.0×10^3	8.0×10^3	3.0×10^3	1.0×10^4
Coliformes Totales	UFC/g	2.8×10^4	1.2×10^4	8.6×10^4	3.5×10^3	2.5×10^3
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	8.0×10^2	$<10^2$	$<10^2$	3×10^2	$<10^2$
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.0×10^6	1.0×10^6	1.0×10^6	1.0×10^6	4.0×10^5
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	3.2×10^5	3.2×10^5	1.3×10^5	1.0×10^5	1.5×10^5
Actinomicetos	UFC/g	5.0×10^5	3.0×10^5	$<10^5$	6.0×10^5	6.0×10^5

PARAMETROS	Unid.	#6 S3d2	#7 S1d1	#8 S2d0	#9 S1d2	#10 S2d0
		Nº 8-07207	Nº 8-07208	Nº 8-07209	Nº 8-07210	Nº 8-07211
Análisis Microbiológico:						
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	2.8×10^6	3.1×10^6	1.7×10^6	2.7×10^6	6.2×10^6
Mohos	UFC/g	1.5×10^4	5.8×10^4	1.8×10^4	3.1×10^4	2.5×10^4
Levaduras	UFC/g	8×10^3	4.0×10^3	$<10^3$	1.0×10^3	$<10^3$
Coliformes Totales	UFC/g	1.0×10^4	1.7×10^4	3.5×10^3	1.8×10^4	5.5×10^3
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.0×10^6	1.5×10^6	8.0×10^5	1.2×10^6	1.1×10^6
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	1.4×10^5	1.9×10^5	2.6×10^5	1.3×10^5	4.7×10^5
Actinomicetos	UFC/g	5.0×10^5	4.0×10^5	1.0×10^5	1.0×10^5	6.0×10^5

PARAMETROS	Unid.	#11 S2d2	#12 S1d1	#13 S2d1	#14 S1d2	#15 S3d1
		Nº 8-07212	Nº 8-07213	Nº 8-07214	Nº 8-07215	Nº 8-07216
Análisis Microbiológico:						
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	5.6x10 ⁶	3.9x10 ⁶	5.1x10 ⁶	6.9x10 ⁶	5.1x10 ⁶
Mohos	UFC/g	1.6x10 ⁴	4.1x10 ⁴	1.9x10 ⁴	2.8x10 ⁴	2.6x10 ⁴
Levaduras	UFC/g	1.0x10 ³	<10 ³	<10 ³	<10 ³	4.0x10 ³
Coliformes Totales	UFC/g	3.2x10 ³	2.8x10 ⁴	3.3x10 ⁴	2.1x10 ³	7.4x10 ³
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10 ²	1.0x10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.0x10 ⁶	8x10 ⁵	7.0x10 ⁵	8.0x10 ⁵	1.0x10 ⁶
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	1.2x10 ⁵	1.0x10 ⁵	1.0x10 ⁵	2.1x10 ⁵	1.8x10 ⁵
Actinomicetos	UFC/g	3.0x10 ⁵	2.0x10 ⁵	<10 ⁵	<10 ⁵	5.0x10 ⁵

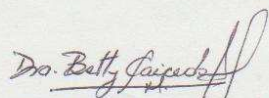
PARAMETROS	Unid.	#16 S1d0	#17 S3d0	#18 S3d2	#19 S3d1	#20 S1d2
		N° 8-07217	N° 8-07218	N° 8-07219	N° 8-07220	N° 8-07221
Análisis Microbiológico:						
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	6.5x10 ⁶	3.8x10 ⁶	6.7x10 ⁶	2.7x10 ⁶	2.5x10 ⁶
Mohos	UFC/g	3.6x10 ⁴	3.4x10 ⁴	2.8x10 ⁴	3.1x10 ⁴	2.2x10 ⁴
Levaduras	UFC/g	1.0x10 ³	1.0x10 ³	1.0x10 ⁴	5.0x10 ³	6.0x10 ³
Coliformes Totales	UFC/g	2.5x10 ⁴	3.4x10 ³	8.1x10 ³	4.5x10 ³	3.8x10 ³
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	5.0x10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.0x10 ⁶	8.0x10 ⁵	1.0x10 ⁶	1.1x10 ⁶	8.0x10 ⁵
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	5.1x10 ⁵	2.4x10 ⁵	4.8x10 ⁵	1.5x10 ⁵	1.5x10 ⁵
Actinomicetos	UFC/g	5.0x10 ⁵	3.0x10 ⁵	2.0x10 ⁵	1.0x10 ⁵	2.0x10 ⁵

PARAMETROS	Unid.	#21 S2d2	#22 S1d0	#23 S2d0	#24 S1d1	#25 S3d0
		N° 8-07222	N° 8-07223	N° 8-07224	N° 8-07225	N° 8-07226
Análisis Microbiológico:						
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	3.4x10 ⁶	4.5x10 ⁶	6.5x10 ⁶	4.6x10 ⁶	4.5x10 ⁶
Mohos	UFC/g	1.3x10 ⁴	3.5x10 ⁴	2.2x10 ⁴	2.8x10 ⁴	2.9x10 ⁴
Levaduras	UFC/g	<10 ³	<10 ³	1.0x10 ³	<10 ³	1.0x10 ³
Coliformes Totales	UFC/g	2.6x10 ³	7.0x10 ³	8.5x10 ³	3.6x10 ³	9.4x10 ³
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10 ²	1.0x10 ²	7.0x10 ²	<10 ²	<10 ²
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.0x10 ⁶	1.1x10 ⁶	1.2x10 ⁶	1.1x10 ⁶	7.0x10 ⁵
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	1.0x10 ⁵	2.4x10 ⁵	5.2x10 ⁵	1.8x10 ⁵	1.8x10 ⁵
Actinomicetos	UFC/g	1.0x10 ⁵	1.0x10 ⁵	4.0x10 ⁵	4.0x10 ⁵	5.0x10 ⁵

PARAMETROS	Unid.	#26 S3d2	#27 S2d1	#28 Frasco
		Nº 8-07227	Nº 8-07228	Nº 8-07229
Análisis Microbiológico:				
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	4.5x10 ⁶	2.6x10 ⁶	4.7x10 ⁷
Mohos	UFC/g	1.4x10 ⁴	3.3x10 ⁴	4.1x10 ⁴
Levaduras	UFC/g	<10 ³	1.0x10 ³	1.0x10 ⁴
Coliformes Totales	UFC/g	2.8x10 ³	3.9x10 ³	4.1x10 ⁴
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10 ²	<10 ²	5.0x10 ²
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	8.0x10 ⁵	1.1x10 ⁶	1.2x10 ⁷
Esporas aerobias Mesófilas	UFC/g	1.9x10 ⁵	1.9x10 ⁵	1.5x10 ⁶
Actinomicetos	UFC/g	1.0x10 ⁵	<10 ⁵	<10 ⁵

El laboratorio no es responsable por la interpretación que se le de a los resultados, ni por la representabilidad de la muestra respecto al lote del cual fue tomado.

Atentamente,


 Dra. Betty Caicedo Aliaga
 Directora Técnica
 CIMICC

Anexo 5. Especies sugeridas para el PMQ en función del tipo de suelo, altitud y ventajas de las especies.
ESPECIES RECOMENDADAS PARA RECUPERACION DE SUELOS ALTURAS MAS DE 2800m

Nombre científico	Nombres comunes	Hábito de crecimiento	Ventajas de implementar especies en el PMQ
<i>Cedrela montana</i>	Cedro, cedro andino, cedro colorado	Árbol	Adicionalmente presta un servicio ambiental y estético, por ello se lo planta en los parques urbanos
<i>Morus spp.</i>	Morera	Árbol	La hoja de morera tiene más nitrógeno que la alfalfa (14% y 7% respectivamente) utiliza para alimento humano en forma similar a la col, rellena con carne y arroz. Sus hojas ayudan a disminuir molestias producidas por Diabetes. Sirve como forraje.
<i>Delostoma integrifolium</i>	Yalomán en Pichincha, Imbabura, Carchi Chicharrón en Chimborazo y Bolívar Gayllac en Cañar Guaylo en Loja	Árbol	Una planta ornamental muy utilizada en parques y avenidas en ciudades de la Sierra. En el campo la flor tiene uso en la medicina aborígen, está catalogada con la característica térmica de “caliente”. Hervida y aplicada en forma de baños cura los sarpullidos y afecciones de la piel. En infusión se la bebe para calmar las molestias de la gripe.
<i>Tecoma stans</i>	Cholán, Fresno	Árbol	Como laxante para el estreñimiento, como diurético para facilitar la orina, como antiurico sórico para curar la gota, como febrífugo para eliminar o reducir la fiebre, como emoliente para ablandar y rebajar las hinchazones, como sedante para calmar los cólicos. La especie seguirá utilizándose en los parques y avenidas de las ciudades dada su rusticidad y

			adaptación a sitios altos donde otros árboles ornamentales no prosperan.
<i>Physalis peruviana</i>	Cereza de judas, topo-topo (Venezuela); uvilla (Ecuador); cereza del Perú (México), guchuva, tomate, vejigón, topetorope (Colombia)	Arbusto	Fruta apetecida por su alto contenido de ácido ascórbico y, además de su consumo en fresco, se usa para preparar dulces, en almíbar, salsas, cremas y también en repostería. En medicina se emplea como purificador sanguíneo para eliminar parásitos de las vías digestivas; aplicando externamente su jugo cura las cataratas oculares.
<i>Persea americana</i> Mill	Aguacate	Árbol	
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Árbol	chicha de jora”. En medicina las hojas molidas se aplican como desinflamante y combinadas con grasa sirven para contener las hemorragias. La infusión de hojas tiernas se toma contra el reumatismo y los resfríos. Aporta gran cantidad de nitrógeno al suelo ya que sus raíces están asociadas a un hongo que lo produce.
<i>Myrcianthes spp</i>	Arrayán.	Árbol	Algunas especies de arrayán corren peligro de extinción en su hábitat porque se las explota para madera, leña y carbón.
<i>Prunus serotina</i>	Capulí	Árbol	Este árbol tiene algunas utilidades: sirve de cortinas rompevientos, puede ser plantado como cercas vivas, permite controlar la erosión, es de utilidad en la carpintería, su madera es utilizada como carbón y leña. El capulí se adapta a todos los suelos pero prefiere los secos y arenosos. Se lo puede propagar por semilla, estaca o plántula.
<i>Inga spp.</i>	Guaba de Pájaro, Guama, Guabo,	Árbol	Su follaje y fruto tienen valor alimenticio para el ganado, las hojas que se caen sirven como

	Pacay		abono verde, y el fruto sirve para alimento humano. Las semillas pueden comerse siguiendo la siguiente receta: las semillas se cocinan y luego se muelen. La masa resultante se condimenta con cebolla, pimienta y sal. Se le agrega huevo revuelto y se hacen tortitas que se fríen. También pueden conservarse desecadas como cualquier cereal para consumirse después
<i>Cassia spp</i>	Mil-mil, Llin-llin		Esta planta crece en suelos erosionados, se recomienda para dar cobertura de protección a terrenos sin vegetación o degradados. Son resistentes a las heladas, inapetecidas por el ganado y tienen un valor decorativo por sus flores amarillas durante todo el año. Crecen rápido y son fáciles de propagar.
<i>Schinus molle</i>	Molle, muelle, tancar		Los frutos maduros se frotan en agua caliente para extraer la parte dulce, se cierne y el líquido resultante se hace reposar y se toma como bebida. En medicina se utilizan las hojas y flores en forma de cataplasmas calientes contra el reumatismo y dolores musculares e hinchazones. Las hojas frotadas sobre la piel sirven como repelente de insectos. Las hojas, ramas, corteza y raíces en cocimiento se utilizan para el teñido de color amarillo pálido de tejidos de algodón y lana. Además se utilizan las hojas para la extracción de un aceite esencial aromatizante en la industria dentrífica, en perfumería y en jabonería.
<i>Oreopanax spp</i>	Pumamaqui, Mano o garra de Puma	Árbol	Este árbol tiene un gran valor ornamental, su madera blanca es flexible y muy utilizada para la elaboración de cucharas, bateas, juguetes de madera. Son vulnerables a las heladas y crecen en suelos húmedos.
<i>Sambucus spp</i>	Sauco Blanco, Tilo	arbusto	Su inflorescencia es de color blanco con cantidad de flores pequeñas. Sus frutos son bayas pequeñas de color negro que suelen madurar en los meses de marzo a mayo; sirven como alimento a las aves. El tilo es utilizado como árbol ornamental y medicinal. Las flores en infusión sirven para aliviar la gripe y curar la tos; esta infusión además sirve para

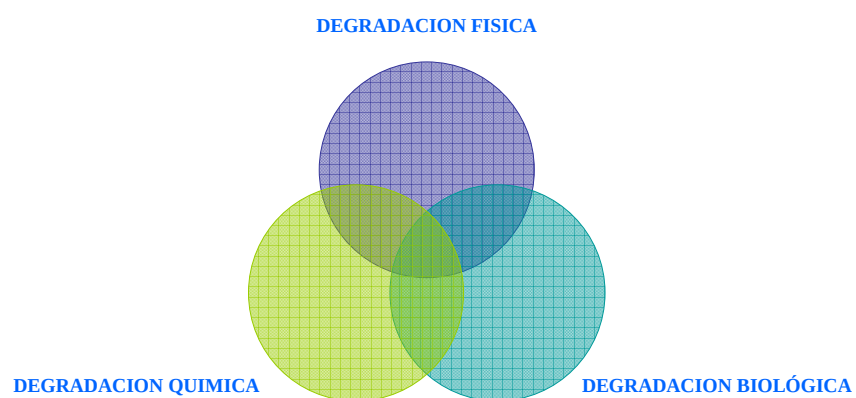
			curar el dolor de estómago; junto con hojas de toronjil se toma para curar el estado nervioso de las personas.
<i>Polylepis spp.</i>	Yagual, quiñual	Árbol	Leña, postes de cerca
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Árbol	Leña, tintura, genera alimentos, ayuda en mejoramiento del suelo.
<i>Buddleja incana</i>	Quishuar	Árbol	Leña, barrera rompevientos, mejora estructura de suelo,

Cada especie descrita anteriormente aportaría un sin número de beneficios y ventaja tanto para el parque como para la gente que lo visita. A demás de estas especies de árboles y arbustos se puede incluir especies ornamentales (flores y follajes para incrementar la biodiversidad y mejorar el paisaje del parque)

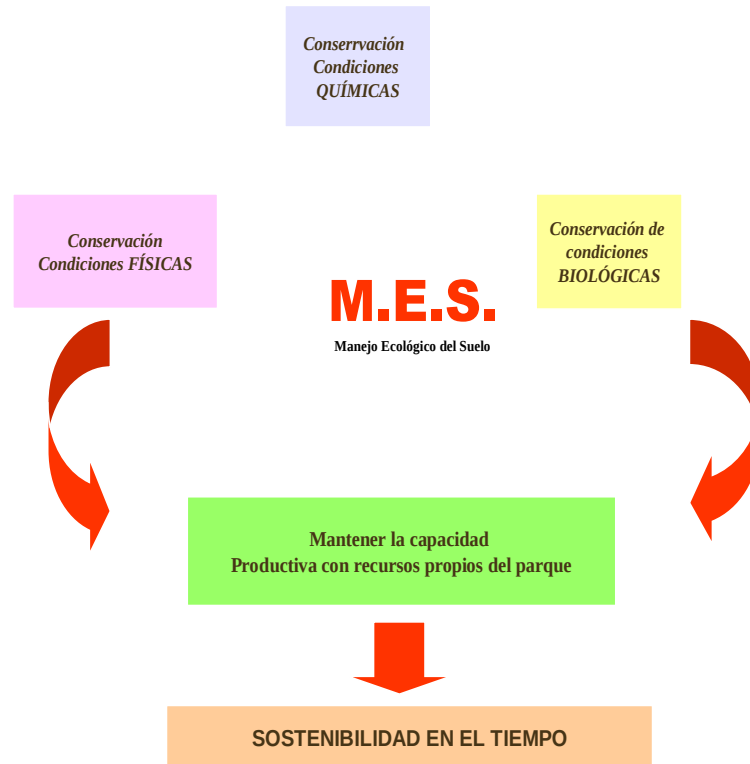
BIBLIOGRAFÍA

1. BRANDBYGE, J, HOLM, L. 1992. Reforestación de los Andes Ecuatorianos con especies Nativas. Editado por el CESA. Quito- Ecuador. 90pp.
2. GALLOWAY, G. 1986. Guía sobre la repoblación forestal en la sierra ecuatoriana. Proyecto DINAF/AID. 198pp.

DEGRADACION DEL SUELO



MANEJO ECOLÓGICO DEL SUELO



PRODUCCION DE BIOINSUMOS CON RESIDUOS DEL PMQ

