



“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

**“UTILIZACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE
POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
“CASIGANA”, COMO ADITIVO PARA SUELOS DE CULTIVO”**

*Trabajo de investigación (Graduación), modalidad Trabajo Estructurado de
Manera Independiente (TEMI), previo a la Obtención del título de Ingeniera
Bioquímica*

Por: Fátima Elizabeth Ruiz Mora

Tutor: Roman Rodríguez, Dr. Rer. Nat., Ph.D

AMBATO – ECUADOR

2011

Roman Rodríguez, Dr. Rer. Nat., Ph.D

TUTOR DE TESIS

Certifica:

Que el presente trabajo investigativo: **“UTILIZACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO “CASIGANA”, COMO ADITIVO PARA SUELOS DE CULTIVO”**; desarrollado por Fátima Elizabeth Ruiz Mora, observa las orientaciones metodológicas de la investigación científica.

Que ha sido dirigida en su totalidad, cumpliendo con las disposiciones en la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Modalidad Tutorial.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la respectiva calificación.

Ambato, Noviembre del 2011.

.....

Roman Rodríguez, Dr. Rer. Nat., Ph.D

Tutor de Tesis

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“UTILIZACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO “CASIGANA”, COMO ADITIVO PARA SUELOS DE CULTIVO”**, por Fátima Elizabeth Ruiz Mora, egresada de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada y considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, Noviembre del 2011

EL TUTOR

.....

Roman Rodríguez, Dr. Rer. Nat., Ph.D

AUTORÍA

El presente Trabajo de Investigación “UTILIZACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO “CASIGANA”, COMO ADITIVO PARA SUELOS DE CULTIVO” es absolutamente original, auténtico y personal; en tal virtud el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Noviembre del 2011

.....

Fátima Elizabeth Ruiz Mora

CI. 180400451-1

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

Los miembros del Tribunal Calificador, de conformidad con las disposiciones reglamentarias vigentes en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, aprueban el presente Trabajo de Investigación bajo el tema "UTILIZACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO "CASIGANA", COMO ADITIVO PARA SUELOS DE CULTIVO "

Ambato, Noviembre del 2011

Para constancia firman:

.....

Ing. Romel Rivera

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Ing. Mario Manjarrez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

Dr. Ramiro Velasteguí

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, salud y sabiduría para poder llegar a cumplir una de mis metas.

A mis padres Martha y Julio, por su amor, apoyo y por ser los gestores de mis triunfos

A mi esposo Danilo, el compañero ideal, quien me dio la fuerza, valor espiritual y fue un pilar importante para poder culminar mi carrera profesional.

A mi hija Sarahí, el regalo más grande que la vida me dio y por ser el motivo para seguir adelante.

A toda mi familia por la confianza puesta en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, carrera de Ingeniería Bioquímica, por la oportunidad brindada para la consecución de mi título.

Al Dr. Roman Rodríguez, por su amistad y excelente colaboración tutorial dada al presente proyecto.

A la Dr. Soraya Alvarado, por la confianza y apoyo.

A la Dra. Janneth Díaz, por la apertura y apoyo al proyecto.

A la Ing. Katty Velasteguí, por la confianza puesta en mi persona.

Y a todos quienes colaboraron desinteresadamente por esta meta.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.Tema de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico	3
1.2.3 Prognosis	4
1.2.4 Formulación del problema.....	4
1.2.5 Preguntas directrices	4
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación	5
1.3 Justificación	5
1.4. Objetivos	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.....	7
2.2 Fundamentación filosófica	8
2.3 Fundamentación legal.....	9
2.4 Categorías fundamentales	12
2.4.1 Marco conceptual de la variable independiente	13
2.4.1.1 Lodos generados en la potabilización del agua	13
2.4.1.2 Características de los lodos	15
2.4.1.3 Fertilizante	15
2.4.1.4 Clasificación de los fertilizantes	17
2.4.2 Marco conceptual de la variable dependiente.....	20
2.4.2.1 Fertilidad del suelo	20

2.4.2.2 Características físicas:	20
2.4.2.3 Características químicas:	22
2.4.2.4 Características biológicas	24
2.4.2.5 Nutrición vegetal	25
2.4.2.6 Nutrientes.....	25
2.4.2.7 Maíz (Zea mays)	29
2.4.2.8 Brócoli.....	33
2.5 Hipótesis	35
2.6 Señalamiento de las variables	35

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación.....	36
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	37
3.3 Población y muestra	37
3.4 Operacionalización de variables	40
3.5 Plan de recolección de la información	41
3.6 Plan de procesamiento de la información	42
3.7 Métodos y técnicas de investigación.....	42
3.7.1 Análisis de Macro y Micro elementos en el Suelo y los lodos residuales.	42
3.7.1.1 Recolección de la muestra.....	42
3.7.1.2 Preparación de la muestra.	42
3.7.1.3 Solución extractante.....	43
3.7.1.4 Determinación de Nitrógeno Amoniacal.....	43
3.7.1.5 Determinación de fosforo	44
3.7.1.6 Determinación de potasio, calcio y magnesio	44
3.7.1.7 Determinación de microelementos (cobre – hierro – manganeso - zinc)	45
3.7.1.8 Determinación de ph.....	45
3.7.1.9 Determinación de materia orgánica (método de Walkley y Black)	45

3.7.2 Análisis de macro nutrientes y micronutrientes asimilables por la planta en los lodos residuales.	47
3.7.2.1 Determinación de nitrógeno total	47
3.7.2.2 Determinación de macro y micro nutrientes.....	49
3.7.2.3 Determinación del fosforo	49
3.7.2.4 Determinación de potasio, calcio y magnesio	50
3.7.2.5 Determinación de cobre, hierro, manganeso y zinc	50
3.7.2.6 Determinación de azufre	50
3.7.2.7 Determinación de boro.....	51
3.7.2.8 Preparación del terreno.....	51
3.7.2.9 Incorporación de lodos residuales y Fertilizante Químico	52
3.7.2.10 Muestreo	53
3.7.2.11 Determinación de peso fresco y seco.	53
3.7.2.12 Determinación de Aluminio	54

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados	55
4.1.1 Resultados de los análisis químicos del suelo	55
4.1.2 Resultados de los análisis químicos de los lodos residuales	56
4.1.3 Evaluación en el Brócoli de los Parámetros de Crecimiento altura, Calibre, número de hojas, peso fresco, peso seco y peso fresco al final de la experimentación.....	56
4.1.3.1 Evaluación de la Altura (cm)	56
4.1.3.2 Evaluación del Calibre (mm)	57
4.1.3.3 Evaluación del número de hojas	57
4.1.3.4 Evaluación del peso fresco y peso seco (kg)	57
4.1.4 Evolución en el maíz de los parámetros Altura, Calibre, Numero de Hojas, peso fresco, peso seco y peso fresco total al final de la experimentación.....	58
4.1.4.1 Evaluación de la Altura (cm)	58

4.1.4.2 Evaluación del calibre (mm).....	58
4.1.4.3 Evaluación del Número de Hojas.....	58
4.1.4.4 Evaluación del peso fresco y peso seco (kg)	58
4.2 Interpretación de datos	59
4.2.1 Evaluación del Brócoli.....	59
4.2.1.1 Altura (cm)	59
4.2.1.2 Calibre (mm)	59
4.2.1.3 Número de hojas.....	60
4.2.1.4 Peso fresco y peso seco (kg).....	60
4.2.2 Evolución en el maíz	61
4.2.2.1 Altura (cm)	61
4.2.2.2 Calibre (mm).	61
4.2.2.3 Número de Hojas	62
4.2.2.4 Peso fresco y peso seco (kg).....	62
4.2.3 Evaluación de aluminio al final del muestreo en las plantas de maíz y brócoli.	62
4.3 Verificación de hipótesis	63

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	64
5.2 Recomendaciones.	66

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos	67
6.2 Antecedentes de la propuesta	67
6.3 Justificación	71
6.4 Objetivos.....	72
6.5 Análisis de factibilidad.....	72

6.6 Fundamentación	73
6.7 Metodología	75
6.8 Administración	76
6.9 Arevisión de la evaluación	77

MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía
2. Anexos

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISIS QUÍMICOS Y NUTRICIONALES

Tabla 1. Reporte de análisis foliar de los lodos residuales.

Tabla 2. Reporte de los análisis de suelos y lodos residuales

Tabla 3. Reporte de los análisis de suelos y lodos residuales.

Tabla 4. Reporte de recomendación de fertilización

ANEXO B

DATOS DE LOS PARÁMETROS ALTURA, CALIBRE, NÚMERO DE HOJAS, PESO FRESCO, PESO SECO, PESO FRESCO TOTAL DEL MAÍZ Y BRÓCOLI

Tabla 5. Registro del mes de Febrero de Altura, calibre y Número de hojas para el Maíz

Tabla 6. Registro del mes de Marzo de Altura, calibre y Numero de hojas para Maíz

Tabla 7. Registro del mes de abril de Altura, calibre y Numero de hojas para Maíz

Tabla 8. Registro del mes de febrero de altura, calibre y numero de hojas para el brócoli

Tabla 9. Registro del mes de marzo de altura, calibre y numero de hojas para el brócoli

Tabla10. Registro del mes de abril de altura, calibre y numero de hojas para el brócoli

Tabla 11. Peso fresco – peso seco – maíz

Tabla 12. Peso seco y peso fresco brócoli

Tabla 13. Peso fresco total maíz

Tabla 14. Peso fresco total brócoli

ANEXO C

GRAFICAS – BRÓCOLI (*Brassica oleracea*)

Gráfica 1. Evaluación de la altura en los tres meses de experimentación.

Gráfica 2. Evaluación del calibre en los tres meses de experimentación.

Gráfica 3. Evaluación del número de hojas en los tres meses de experimentación.

Gráfica 4. Evaluación del peso fresco en los tres meses de experimentación.

Gráfica 5. Evaluación del Peso seco en los tres meses de experimentación

Gráfica 6. Evaluación total del peso fresco en los tres meses de experimentación.

ANEXO D

GRAFICAS – MAÍZ (*Zea mays*)

Gráfica 7. Evaluación de la altura en los tres meses de experimentación.

Gráfica 8. Evaluación del calibre en los tres meses de experimentación.

Gráfica 9. Evaluación del calibre en los tres meses de experimentación.

Gráfica 10. Evaluación del peso fresco en los tres meses de experimentación.

Gráfica 11. Evaluación del peso seco en los tres meses de experimentación.

Gráfica 12. Evaluación total del peso fresco en los tres meses de experimentación.

ANEXO E

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL MAÍZ (*Zea mays*).

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro ALTURA

Tabla 16. Prueba de Duncan al 95% de confianza para la ALTURA

Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para calibre

Tabla 18. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el CALIBRE

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) para NÚMERO DE HOJAS

Tabla 20. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el NUMERO DE
HOJAS

Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO FRESCO

Tabla 22. . Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO SECO

Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para PESO FRESCO TOTAL

Tabla 24. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO FRESCO
TOTAL

ANEXO F

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL Brócoli (*Brassica oleracea*)

Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para la ALTURA

Tabla 26. Prueba de Duncan al 95% de confianza para ALTURA

Tabla 27. . Análisis de varianza (ANOVA) el CALIBRE

Tabla 28. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el CALIBRE

Tabla 29. . Análisis de varianza (ANOVA) para el NÚMERO DE HOJAS

Tabla 30. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el número de hojas

Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO FRESCO

Tabla 32. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO FRESCO

Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO SECO

Tabla 34. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO SECO

Tabla 35. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO FRESCO TOTAL

Tabla 36. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO FRESCO TOTAL

Anexo G

Niveles de Aluminio

Tabla 37. Niveles de Aluminio

Grafico 13. Concentración de Aluminio comparados con los permitidos por la EPA

ANEXO H

IMÁGENES

Imagen 1. Molienda de las muestras para foliares

Imagen 2. Dispensador

Imagen 3. Equipo Kjeldahl

Imagen 4: Determinación de pH

Imagen 5: Equipo de digestión

Imagen 6-7: Espectrofotómetro de Absorción atómica

Imagen 8: Terreno donde se realizó la experimentación

Imagen 9: Preparación del terreno

Imagen 10: Copa de Inhoff

Imagen 11: Recolección de los lodos residuales

Imagen 12: Delimitación de los tratamientos

Imagen 13: Incorporación y homogenizado de los lodos residuales

Imagen 14: Identificación de los tratamientos

Imagen 15-16: Siembra del maíz

Imagen 17-18: Siembra del brócoli

Imagen 19: Riego por aspersion

Imagen 20: Incorporación del abono químico

Imagen 21: Inicio del Crecimiento del Maíz y Brócoli

Imagen 22: Brócoli - $3\text{Kg}/\text{m}^2$ - Febrero

Imagen 23: Brócoli - $3\text{Kg}/\text{m}^2$ - Marzo

Imagen 24: Brócoli - $3\text{Kg}/\text{m}^2$ - Abril

Imagen 25: Maíz- $3\text{Kg}/\text{m}^2$ - Febrero

Imagen 26: Maíz- $3\text{Kg}/\text{m}^2$ - Marzo

Imagen 27: Maíz - $3\text{Kg}/\text{m}^2$ - Abril

Imagen 28: Brócoli - $6\text{Kg}/\text{m}^2$ - Febrero

Imagen 29: Brócoli - $6\text{Kg}/\text{m}^2$ - Marzo

Imagen 30: Brócoli - $6\text{Kg}/\text{m}^2$ - Abril

Imagen 31: Maíz - $6\text{Kg}/\text{m}^2$ - Febrero

Imagen 32: Maíz - $6\text{Kg}/\text{m}^2$ - Marzo

Imagen 33: Maíz -6Kg/m² - Abril

Imagen 34: Brócoli - 9 Kg/m²- Febrero

Imagen 35: Brócoli - 9 Kg/m² - Marzo

Imagen 36: Brócoli - 9 Kg/m² - Abril

Imagen 37: Maíz - 9 Kg/m²- Febrero

Imagen 38: Maíz - 9 Kg/m² - Marzo

Imagen 39: Maíz - 9 Kg/m²- Abril

Imagen 40: Brócoli - 6 Kg/m² + 50% Químico - Febrero

Imagen 41: Brócoli - 6 Kg/m² + 50% Químico - Marzo

Imagen 42: Brócoli - 6 Kg/m² + 50% Químico - Abril

Imagen 43: Maíz - 6 Kg/m² + 50% Químico - Febrero

Imagen 44: Maíz - 6 Kg/m² + 50% Químico - Marzo

Imagen 45: Maíz - 6 Kg/m² + 50% Químico - Abril

Imagen 46: Brócoli - 100% Químico - Febrero

Imagen 47: Brócoli - 100% Químico - Marzo

Imagen 48: Brócoli - 100% Químico - Abril

Imagen 49: Maíz - 100% Químico - Febrero

Imagen 50: Maíz - 100% Químico - Marzo

Imagen 51: Maíz - 100% Químico- Abril

Imagen 52: Brócoli - Testigo -Febrero

Imagen 53: Brócoli - Testigo -Marzo

Imagen 54: Brócoli - Testigo - Abril

Imagen 55: Maíz - Testigo - Febrero

Imagen 56: Maíz - Testigo -Marzo

Imagen 57: Maíz - Testigo - Abril

Imagen 58: Toma General en el mes de Marzo

Imagen 59: Toma General en el mes de Abril

Imagen 60: Testigo (Suelo Virgen) - Abril

Imagen 61: Tratamientos con diferentes dosis de lodos residuales

Imagen 62: T5 (100 % Fertilizante Químico)

Imagen 63: T4 (6 kg/m² + 50% Fertilizante químico)

Imagen 64: Producción en el tratamiento 100% Fertilizante Químico

Imagen 65: Producción en el tratamiento 6 Kg/m² + 50% Fertilizante Químico

Imagen 66: Determinación del Calibre

Imagen 67: Secado a 60 °C en la Estufa

Imagen 68: Muestra después de 48 horas a 60 °C

Imagen 69: Pesado antes y después del secado

Imagen 70: Lavado de las muestras para determinación de Aluminio

Imagen 71: Maceración de las muestras para determinación de Aluminio

Imagen 72: Quema de las muestras para determinación de Aluminio

Imagen 73: Calcinación de las muestras para determinación de Aluminio

Imagen 74: Muestra Calcinada

Imagen 75: Filtrado para la determinación de aluminio

Imagen 76: Muestras para ser leídas en el Espectrofotómetro

RESUMEN EJECUTIVO

El proceso de potabilización de agua de la planta de tratamiento “Casigana”, de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA), genera un total de 196 ml de lodos residuales por litro de agua tratada, provenientes del proceso de coagulación-floculación, sedimentación y el retrolavado de los filtros, los mismos que son enviados a los cauces del río Ambato, afectando negativamente al medioambiente.

Con el objeto de determinar una alternativa para el uso de los lodos residuales, se realizó una experiencia utilizando los mismos como aditivo en suelos de cultivo, específicamente con maíz (*Zea mays*) y brócoli (*Brassica oleracea*) como plantas control.

Los objetivos específicos del trabajo de investigación permitieron caracterizar químicamente los lodos residuales, el suelo y determinar la influencia que presentan los lodos residuales en el crecimiento de los cultivos.

Inicialmente se efectuaron análisis químicos de los lodos residuales y del suelo virgen en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria (INIAP), en el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, obteniéndose bajas cantidades de macronutrientes y altas en micronutrientes para el primero (Tabla 1, 2 y 3) (Anexo A). En cuanto al suelo, no cuenta con las cantidades necesarias de macronutrientes y micronutrientes para el desarrollo óptimo de las plantas (Tabla 2 y 3) (Anexo A).

Posteriormente, se desarrolló el estudio de la influencia de los lodos en cultivos, en una parcela ubicada en la planta de tratamiento “Casigana”, cuya área fue de 18 m², dividida en 6 tratamientos con 3 réplicas cada uno y determinados por diferentes concentraciones de lodos residuales y fertilizante químico. Durante 3 meses, se tomaron datos de altura, calibre y número de hojas de 10 plantas por cada tratamiento.

Al comparar los resultados de los parámetros medidos (altura, calibre y número de hojas), se determinó que el mejor tratamiento para el maíz (Anexo C: Gráficas 7, 8 y 9) y brócoli (Anexo C: Gráficas 1, 2 y 3) fue el T4 (6 kg/ m² de lodos residuales + 50 % de Fertilizante químico). El T6 (testigo), fue el que menores resultados se obtuvieron.

Mediante el Análisis de varianza (Anexo E: Tabla 15, 16, 17, 18, 19, 20) entre los diferentes tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 (3 kg/m², 6 kg/m², 9 kg/m², 6 kg/m² + 50% de fertilizante químico, 100% Fertilizante químico y Testigo, respectivamente) en el maíz, se observa que existe diferencias significativas en los parámetros altura, calibre y número de hojas, destacando el T4 en todos los parámetros.

Cabe mencionar que al comparar el peso fresco y peso seco de los diferentes tratamientos de las plantas de Maíz no existió diferencias significativas, concluyendo que resulta indiferente aplicar cantidades mayores o menores de lodo residual, pues el aumento final de peso no varía (Tabla 21 y 22) (Anexo E).

En el Brócoli, en los parámetros peso fresco y peso seco existió diferencias significativas, estableciéndose como mejor tratamiento el T4 (6 kg/ m² de lodos residuales + 50 % de Fertilizante químico).

Debido a que en el proceso de potabilización del agua, en la etapa de coagulación-floculación, sedimentación y retrolavado de los filtros se utiliza Policloruro de Aluminio, fue necesario hacer una experimentación final acerca de la concentración de aluminio existente en las plantas de maíz y brócoli para su respectiva recomendación; obteniéndose concentraciones de entre 0.206 ppm a 0.42 ppm de Al³⁺ para el maíz y 0.25 ppm a 0.77 ppm de Al³⁺ para el brócoli para los tratamientos T1, T2 y T3. Al contrastar estos resultados con los permitidos por la Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos de Norteamérica

(EPA), la cual recomienda un límite de 0.05 a 0.2 mg/L para aluminio en el agua potable, se determinó que los cultivos no son aptos para el consumo humano (Anexo G:Tabla 37).

Debido a la cantidad de aluminio existente en los lodos residuales sería recomendable utilizar cultivos excluidos de Aluminio, tales como el rábano y el trigo.

También se podría extraer el Policloruro de Aluminio de los lodos residuales, y así reducir costos.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. TEMA DE INVESTIGACIÓN

UTILIZACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO “CASIGANA”, COMO ADITIVO PARA SUELOS DE CULTIVO

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

En el mundo, la utilización de los lodos residuales va en ascenso pues existen varias alternativas: recuperación de los aditivos colocados en el proceso de coagulación, mejorador de las propiedades del suelo, ya que puede reemplazar parcialmente el uso de fertilizantes comerciales, además de favorecer la asimilación de nutrientes incrementando la retención de agua. Esta es una alternativa tanto económica como ecológica de grandes beneficios, que puede contribuir en gran medida al saneamiento del entorno en el lugar de trabajo, ayudando así a disminuir los efectos nocivos que estos lodos producen al ser dispuestos a la intemperie (Mujica, et.al., 2009).

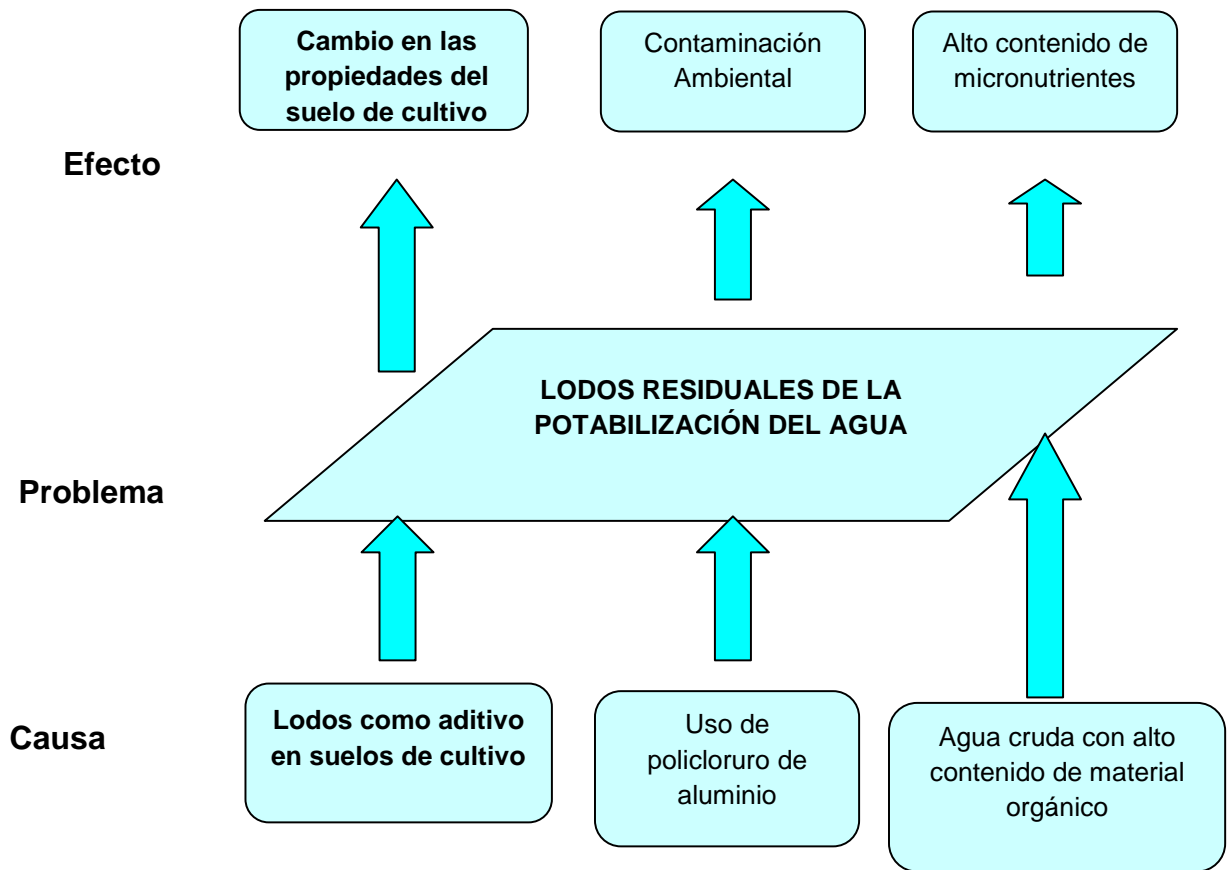
En el Ecuador existen un sinnúmero de plantas potabilizadoras de agua, las mismas que generan una gran cantidad de lodos residuales que son almacenados y descargados a los ríos produciendo la contaminación del ecosistema.

En la actualidad existe un mayor interés en la conservación del medio ambiente, es así que la Asociación Ecuatoriana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ha emitido leyes y normativas, como el Art. 16 de la LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL que prohíbe “descargar sin sujetarse a las correspondientes normas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos las aguas residuales que contengan contaminación que sean nocivas a la salud humana, a la fauna y a las propiedades”(AIDIS, 2009).

En Ambato, ciudad situada en el centro de Ecuador, las plantas potabilizadoras de agua generan una gran cantidad de lodos provenientes del proceso de potabilización, donde el volumen de dichos lodos representa una gran cantidad de sólidos y de reactivos adicionados, tal es el caso del policloruro de aluminio que, por sus componentes como son las sales de aluminio, puede afectar en la mayoría de los casos a los suelos ácidos, ya que las altas concentraciones de Aluminio en la solución del suelo, puede inhibir la absorción de calcio y magnesio por parte de las plantas (Bernier, et. al, 2006).

El presente estudio es una alternativa técnica para el tratamiento y disposición final de los lodos: su utilización como aditivo para el suelo de cultivo, pues al momento estos lodos son descargados al río Ambato afectando el entorno ambiental de la zona.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO



Relación causa efecto

Causa:

Lodos como aditivo en suelos de cultivo

Efecto:

Cambio en las propiedades del suelo de cultivo

Los lodos residuales provenientes de la potabilización del agua no son tratados y son desechados a los ríos produciendo la pérdida del ecosistema, por esta razón se considera la posibilidad de su uso como aditivo, mejorando así las propiedades del suelo para cultivo.

1.2.3 PROGNOSIS

Si no se lleva a cabo la presente investigación, los lodos generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento Casigana, continuaran contribuyendo de manera importante a la contaminación del ambiente, especialmente del recurso agua, como es el caso del rio Ambato.

Los lodos residuales al poseer una alta carga contaminante como patógena, metales pesados, sólidos y compuestos orgánicos, afectaran en gran medida la vida acuática y la vida de quienes utilizan el agua con diversos fines como la agricultura y consumo.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El empleo de los lodos residuales procedentes del proceso de potabilización del agua como aditivo en suelos de cultivo, ayudaran en un mejor desarrollo de las plantas de maíz (*Zea mays*) y brócoli (*Brassica oleracea*) en la ciudad de Ambato en el año 2011?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Cuáles serán las características químicas que presentan los lodos residuales generados en el proceso de potabilización del agua?

¿Cuáles serán las características químicas que presenta el suelo hacer utilizado en la presente investigación?

¿Cuál será la influencia que presentan los lodos residuales en el crecimiento de las plantas de maíz (*Zea mays*) y brócoli (*Brassica oleracea*)?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

CAMPO CIENTÍFICO: Ingeniería Ambiental

ÁREA: Biorremediación

ASPECTO: Lodos residuales

TEMPORAL: Septiembre 2010 – Julio 2011

ESPACIAL: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA), en la planta de tratamiento “Casigana”.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las empresas potabilizadoras de agua no tienen un mecanismo para la utilización o biorremediación de los lodos residuales, por esta razón es importante buscar opciones para su uso ya que en la actualidad su disposición final se realiza básicamente en rellenos sanitarios o sobre cuerpos de agua, causando un alto impacto en el ambiente dada su naturaleza química (Hernández, et.al., 2006).

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de un método alternativo para el uso de los lodos generados al final del proceso de potabilización de agua de la planta de tratamiento Casigana, mediante su incorporación como aditivo en suelos de cultivo.

Este estudio generará un aporte significativo en la conservación del medio ambiente, debido a la disminución de desechos que comúnmente son descargados a las fuentes de agua.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Utilizar los lodos generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento “Casigana”, como aditivo para suelos de cultivo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar químicamente los lodos residuales generados en el proceso de potabilización del agua por medio de espectroscopia de absorción atómica, fotolorimetría y destilación.
- Caracterizar químicamente el suelo virgen a ser utilizado, por medio de espectroscopia de absorción atómica, fotolorimetría y destilación.
- Determinar la influencia que presentan los lodos residuales en el crecimiento de las plantas de maíz (*Zea mays*) y brócoli (*Brassica oleracea*).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la potabilización del agua, específicamente en el proceso coagulación-floculación, sedimentación y el retrolavado de los filtros, se genera una gran cantidad de lodos residuales que son desechados afectando el entorno ambiental de la zona.

Los lodos al ser tratados se pueden disponer adecuadamente, utilizándolos como acondicionador de suelos por sus potenciales concentraciones de nutrientes como lo son: fósforo, nitrógeno, hierro, manganeso y zinc, los mismos que pueden ser de gran utilidad en el área agrícola, pues el nitrógeno es indispensable para la vida de las plantas, particularmente cuando se desea favorecer el desarrollo de hojas, por lo tanto es de gran valor para fertilizar pastos y lechugas. El fósforo es vital para muchas de las etapas de desarrollo en vegetales; ya que acelera la madurez y fortalece las raíces; también aumentan su capacidad de retención de agua, mejorando la calidad del cultivo, haciendo posibles las labores agrícolas en suelos pesados, además que disminuyen la erosión de los mismos (Mujica, et.al., 2009).

Al utilizar lodos de una depuradora como abono de plantas de lechuga (*Lactuca sativa L*), y ser comparado con testigos sometido a abono estándar, se duplica el peso individual de la planta, lo que se traduce en una duplicación del rendimiento por hectárea. Desde el primer

muestreo las plantas abonadas con lodos tienen un crecimiento significativamente mayor en altura respecto a las plantas de las parcelas testigo. Esta diferencia aumenta a lo largo de la evolución del cultivo, hasta que finalmente en el muestreo previo a la recolección, la altura de las plantas que han dispuesto de 60.000 kg/ha de lodos de depuradora es significativamente mayor que el resto, no siendo muy marcada la diferencia entre las dosis intermedias de 20.000 y 40.000 kg/ha. La cantidad de metales pesados en el tejido vegetal aumenta a medida que la dosis de fango aplicada es mayor (Mañas, et.al., 2009).

En cuanto a lo que pretende la investigación, que es la utilización de lodos residuales como aditivo en suelos de cultivo, en el Ecuador no se ha encontrado trabajos similares.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El enfoque que orienta a la presente investigación se basa en un paradigma Positivista según:

Reichart y Cook (1986), este paradigma tiene como escenario la investigación de laboratorio a través de un diseño pre-estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientado a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencial e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados.

Kolakowski (1988), el positivismo es un conjunto de reglamentaciones que rigen el saber humano y que tiende a reservar el nombre de “ciencia” a las operaciones observables en la evolución de las ciencias modernas de la naturaleza.

Por consiguiente, el positivismo supone que la realidad está dada y que puede ser conocida de manera absoluta por el sujeto cognoscente, y por tanto es válido para “descubrir” esa realidad.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Hasta la expedición de la actual Constitución, los elementos de la naturaleza eran vistos únicamente como recursos supeditados de la explotación humana. Por consiguiente, eran valorados desde el punto de vista estrictamente económico. La Carta Magna da un giro radical en este ámbito, por lo que se entenderá el concepto de garantía de derechos de la naturaleza señalada en este objetivo en el marco del Capítulo II, Título VII, del Régimen del Buen Vivir de la Constitución de la República.

Comprometido con el Buen Vivir de la población, el Estado asume sus responsabilidades con la naturaleza. Asimismo, desde el principio de corresponsabilidad social, las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades, los diversos sectores privados, sociales comunitarios y la población en general deben cuidar y proteger la naturaleza (SENPLADES, 2009).

La ley que orienta a la presente investigación se cita a continuación:

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (Emitida por la Asociación Ecuatoriana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental).

Art. 16. Se prohíbe “descargar sin sujetarse a las correspondientes normas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar

en terrenos las aguas residuales que contengan contaminación que sean nocivas a la salud humana a la fauna y a las propiedades”.

Art. 17 Ministerios de Defensa según el caso, “elaborará proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas residuales de acuerdo con la calidad de agua que deberá tener el cuerpo receptor.”

Art. 18 le otorga al Ministerio de Salud Pública el mandato de “fijar el grado de tratamiento que deban tener los residuos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen” (AIDIS, 2009).

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

En la siguiente tabla obtenida del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) del Ecuador (2009), Libro VI, Anexo 1, tabla 6, se encuentran los valores máximos permisibles para aguas de uso agrícola.

TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico (total)	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1.0
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro (total)	B	mg/l	1.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0.1

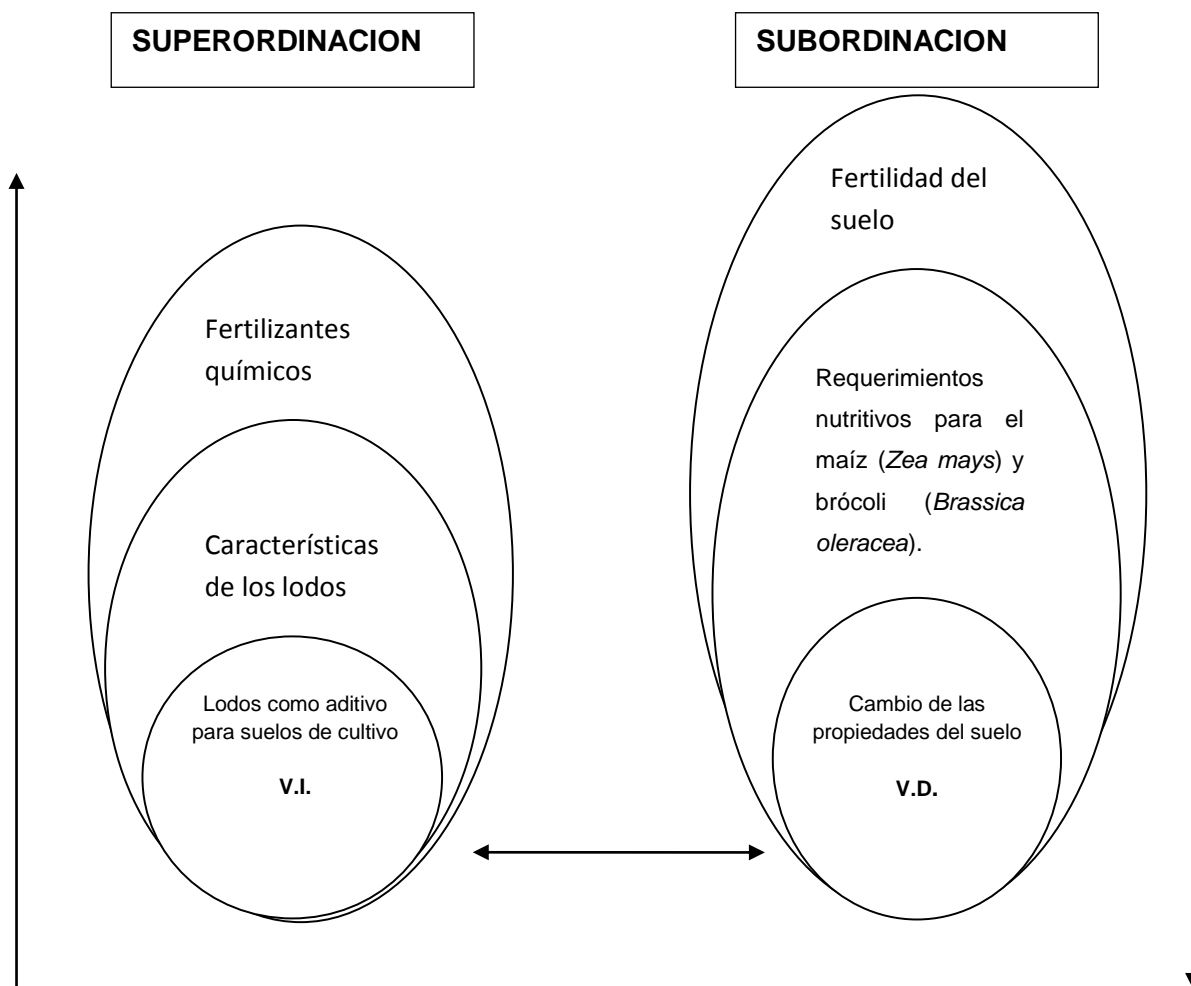
Cianuro (Total)	CN*	mg/l	0.2
Cobalto	Co	mg/l	0.05
Cobre	Cu	mg/l	2.0
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Litio	Li	mg/l	2.5
Materia flotante	visible	mg/l	ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.001
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0.2
Plata	Ag	mg/l	0.05
Potencial de hidrogeno	pH	mg/l	06-sep
Plomo	Pb	mg/l	0.05
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3000.0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			mínimo 2.0 m
Vanadio	V	mg/l	0.1
Aceites y grasas	sustancias	mg/l	0.3

	solubles en hexano		
Coliformes totales	nmp/100 ml		1000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2.0

Fuente: Texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), 2009.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Categorización de variables



Elaborado por: Fátima Ruiz

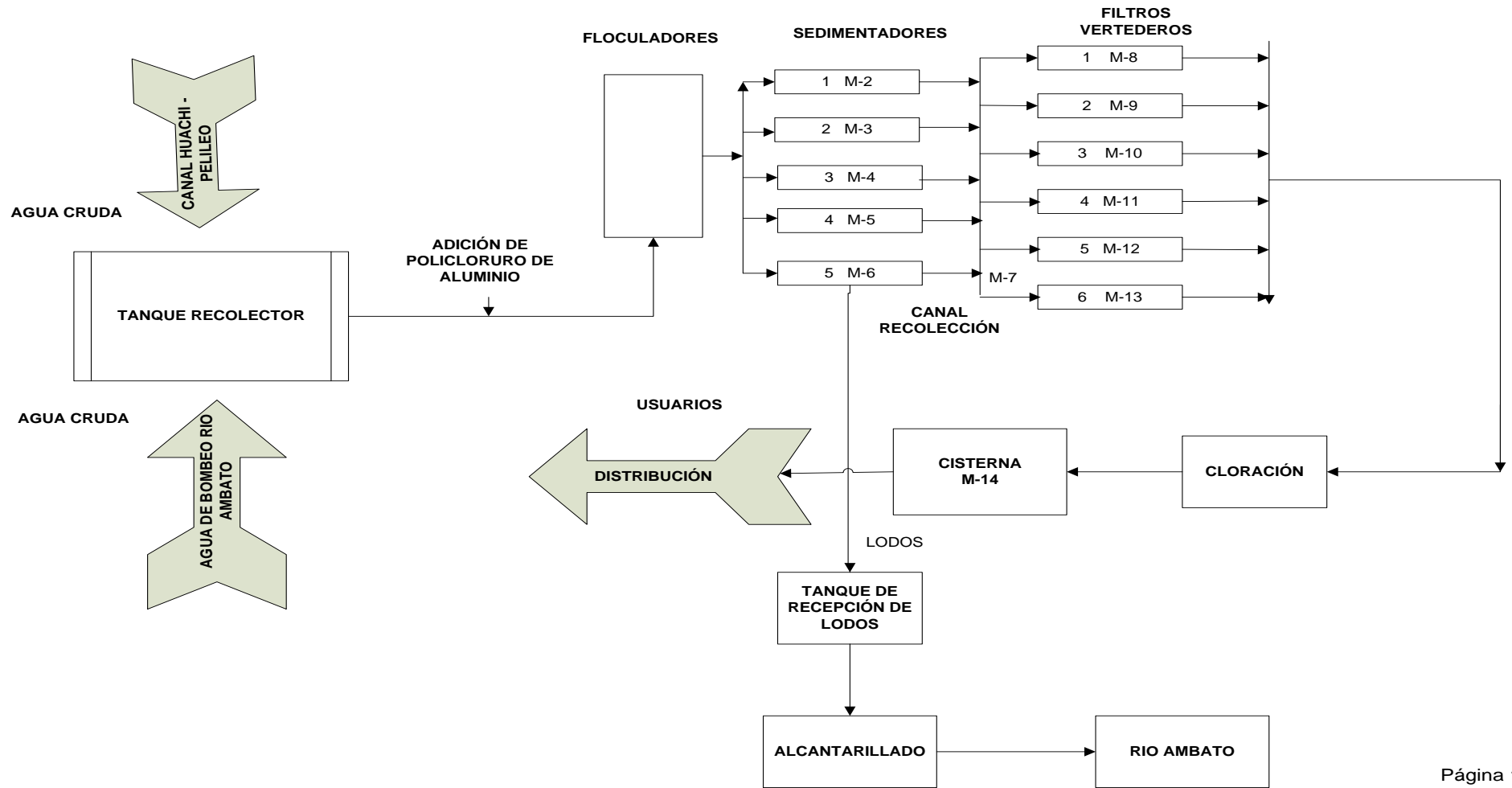
2.4.1 MARCO CONCEPTUAL DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

2.4.1.1 LODOS GENERADOS EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA

El proceso de potabilización del agua emplea diferentes dosis de sulfato de aluminio como coagulante. La dosificación del sulfato de aluminio depende del contenido de sólidos que el agua presenta al ingresar a la planta potabilizadora y cuya aplicación genera una importante cantidad de residuos semisólidos, generados en el proceso coagulación - floculación, sedimentación y retrolavado de los filtros, genéricamente conocidos como lodos residuales ricos en aluminio (Panizza; et. al., 2008).

En la Fig. 1 se describe el proceso de potabilización del agua hasta la obtención de los lodos residuales.

Fig. 1 DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA CASIGANA



Elaborado por: Fátima Ruiz

2.4.1.2 Características de los lodos

Las características químicas de los lodos de alúmina varían de una planta a otra, dependiendo de la calidad de agua cruda, del tratamiento recibido y de la época del año. Sin embargo, poseen características físicas similares: fluido no Newtoniano, voluminoso, de aspecto gelatinoso, compuesto principalmente por agua (más del 90%), hidróxido de aluminio, partículas inorgánicas (arcilla o arena), coloides, residuos de reactivos químicos añadidos durante el proceso de tratamiento, plancton y otra materia orgánica, siendo esencial el conocimiento de estas características para determinar su tratamiento y su disposición final (Sandoval; et. al., 2009).

2.4.1.3 FERTILIZANTE

Es un material orgánico y/o inorgánico, natural y/o sintético que suministra a las plantas elementos químicos necesarios para su normal crecimiento y rendimiento. En los fertilizantes deben distinguirse:

a. La unidad fertilizante.

La unidad fertilizante es la forma que se utiliza para designar al elemento nutritivo. Internacionalmente se establece la caracterización en la Tabla 1.

Así, 1 kg de la “unidad fertilizante” de nitrógeno corresponde a 1 kg de nitrógeno neto; 1 kg de la “unidad fertilizante” de potasio corresponde a 1 kg de óxido de potasio.

Tabla N°1 Caracterización de los fertilizantes químicos.

Elemento	Unidad fertilizante	Símbolo o fórmula
Nitrógeno	Nitrógeno	N
Fósforo	Anhídrido fosfórico	P ₂ O ₅
Potasio	Oxido de potasio	K ₂ O
Calcio	Calcio	Ca
Magnesio	Magnesio	Mg
Azufre	Azufre	S
Hierro	Hierro	Fe
Manganeso	Manganeso	Mn
Zinc	Zinc	Zn
Cobre	Cobre	Cu
Molibdeno	Molibdeno	Mo
Boro	Boro	B
Cloro	Cloro	Cl

Fuente: Navarro; 2007

Elaborado por: Fátima Ruiz

b. La concentración.

La concentración de un fertilizante es la cantidad del elemento nutritivo en su respectiva unidad realmente asimilable por la planta. Se expresa en % del total del peso del fertilizante. Así, el sulfato de amonio, $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$, posee un 21 % de nitrógeno (N), es decir 21 kg de unidad fertilizante por cada 100 kg de fertilizante (los 79 kg restantes lo componen el azufre, hidrógeno y oxígeno).

A partir de la concentración de un fertilizante y conociendo la necesidad en kg del elemento, se determina la cantidad de aplicación del mismo, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de fertilizante} = \frac{\text{Cantidad del elemento} \times 100}{\text{Concentración de fertilizante}}$$

(Navarro; 2007)

2.4.1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES

Teniendo en cuenta los elementos nutritivos principales que son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), los fertilizantes pueden clasificarse de la siguiente manera:

1). Abonos simples.

Los abonos simples solo contienen un elemento nutritivo. Ellos pueden ser:

- Abono simple nitrogenado.
- Abono simple fosfórico o fosfatado.
- Abono simple potásico.

2). Abonos compuestos.

Los abonos compuestos son los que contienen más de uno de los elementos nutritivos citados.

a). Mezclas.

Se llaman de mezcla cuando han sido obtenidos por una mezcla mecánica o manual (los elementos nutritivos están juntos pero en partículas distintas).

b). Complejos.

Se llaman complejos cuando los distintos elementos pertenecen a una misma fórmula química (los elementos nutritivos están juntos en una misma partícula). Que a su vez se clasifican en binarios y terciarios.

- Binarios.

Estos fertilizantes compuestos son binarios si poseen sólo dos elementos: N, y P, N y K , P y K.

- Terciarios.

Los terciarios poseen los tres elementos: N, P, K. Se expresan las concentraciones con las mismas unidades fertilizantes señaladas. Así, una que tenga un N-P-K de 10-30-10 significa que posee:

10 kg de nitrógeno neto (N).

30 kg de anhídrido fosfórico (P_2O_5).

10 kg de dióxido de potasio (K_2O) (Alvarado, et.al., 2000).

El uso de los Fertilizantes en la agricultura, debe ser parte de un Programa Integrado de Buenas Prácticas Agrícolas, tendiente a mejorar la producción de los cultivos, incrementar los rendimientos, generar alimentos en cantidad y calidad acorde a la demanda local y mundial actual. Algunas

de las características más importantes de los Fertilizantes pueden resumirse en:

- Provisión de nutrientes que los cultivos necesitan.
- Producción de más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad.
- Restitución de la baja fertilidad de los suelos que han sido esquilados por el uso intensivo y continuo para la agricultura. Situación que engloba también a los suelos que sufren monocultivos (CASAFE, 2009).

Los fertilizantes químicos incrementan impresionantemente el rendimiento de las plantas, ofrecen una gran cantidad de nutrientes fácilmente disponibles; este hecho hace el uso de fertilizantes nitrogenados altamente atractivos; pero esto también tiene sus limitaciones, de hecho la mitad de los fertilizantes nitrogenados aplicados se pierde mediante la escorrentía, la lixiviación y la volatilización.

También se producen impactos negativos en el suelo y en la salud de las plantas porque reduce la colonización de las raíces por parte de los hongos benéficos llamados mycorrhiza, la alta utilización de nitrógeno frena la fijación de nitrógeno por parte de las rizobias, la descomposición de la materia orgánica es acelerada lo cual conduce a la degradación de la estructura de estos y a una mayor vulnerabilidad a la sequía (IFOAM, 2009).

2.4.2 MARCO CONCEPTUAL DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

2.4.2.1 FERTILIDAD DEL SUELO

Decimos que un suelo es fértil cuando brinda a las plantas buenas condiciones para su desarrollo y el logro de buenas cosechas. Sin embargo, se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no sea capaz de producir buenas cosechas, entonces es un suelo fértil, no productivo.

La Fertilidad del Suelo depende de la interacción de las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos (Sánchez, 2007).

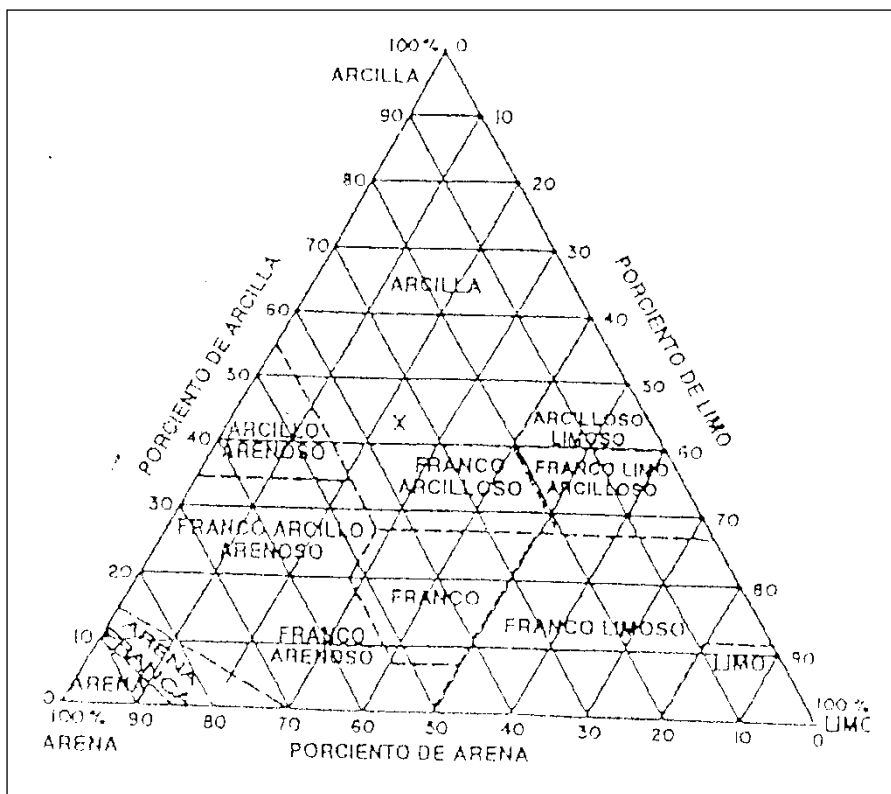
2.4.2.2 Características físicas:

La textura: es la proporción que existe entre la arena, el limo y la arcilla que conforman el suelo. Es importante conocer la textura de la parcela para saber cómo manejarla. Por ejemplo, un suelo de textura arenosa tendrá una escasa retención de agua y bajo aporte de nutrientes. En ese caso deberá incorporarse materia orgánica y regar poco pero más frecuente. La mejor textura es la del suelo franco, es decir la que presenta similar proporción entre esos tres elementos (Rucks, et.al., 2004).

En general se consideran doce clases texturales de los suelos, en función de los contenidos porcentuales de arena, limo y arcilla, estos se identifican en el conocido triángulo de texturas (Figura 2), estas clases son:

arena, arena franca, franco arenoso, franco, franco limoso, limoso, franco arcillo limoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso, arcillo arenoso, arcillo limoso, arcilloso (Córdova; 2009)

Fig. 2 Clasificación de texturas (según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). Pirámide para la clasificación de las partículas con diámetro inferior a 2 mm.



Fuente: Michel,et.al., 1998

La estructura: Con la excepción de la arena, las partículas del suelo normalmente no existen en forma individual, sino que se organizan en agregados, existiendo cuatro tipos de estructuras, basados en la forma y arreglo de los agregados: laminar, plasmática, en bloque y granular, siendo esta ultima la que tiene gran influencia en el crecimiento de las plantas,

principalmente debido a su efecto en las relaciones hídricas, aireación, transferencia de calor y restricción mecánica al crecimiento de las raíces (Michel, et.al., 1998).

2.4.2.3 Características químicas:

El pH del suelo mide la concentración del hidrogeno (H^+), lo cual a su vez define la acidez o alcalinidad de los suelos y ejerce un efecto sobre la disponibilidad de nutrientes como resultado de su impacto en la solubilidad de diferentes compuestos (Sierra, et.al., 2009).

Muchos suelos agrícolas se encuentran en un rango de pH de entre 5.5 y 8.0. El crecimiento de los cultivos en estos suelos está influido por los efectos favorables de la reacción cercana a la neutralidad, la nitrificación, la fijación simbiótica y la disponibilidad de los nutrientes vegetales. El rango óptimo de pH para la mayoría de los cultivos se encuentra entre 6.0 y 7.5 y entre 6.5 y 8.0 para las leguminosas y otros cultivos que prefieren los pH alcalinos. Un rango deseable para los suelos orgánicos se encuentra entre 5.0 y 5.5 (Michel, et.al., 1998).

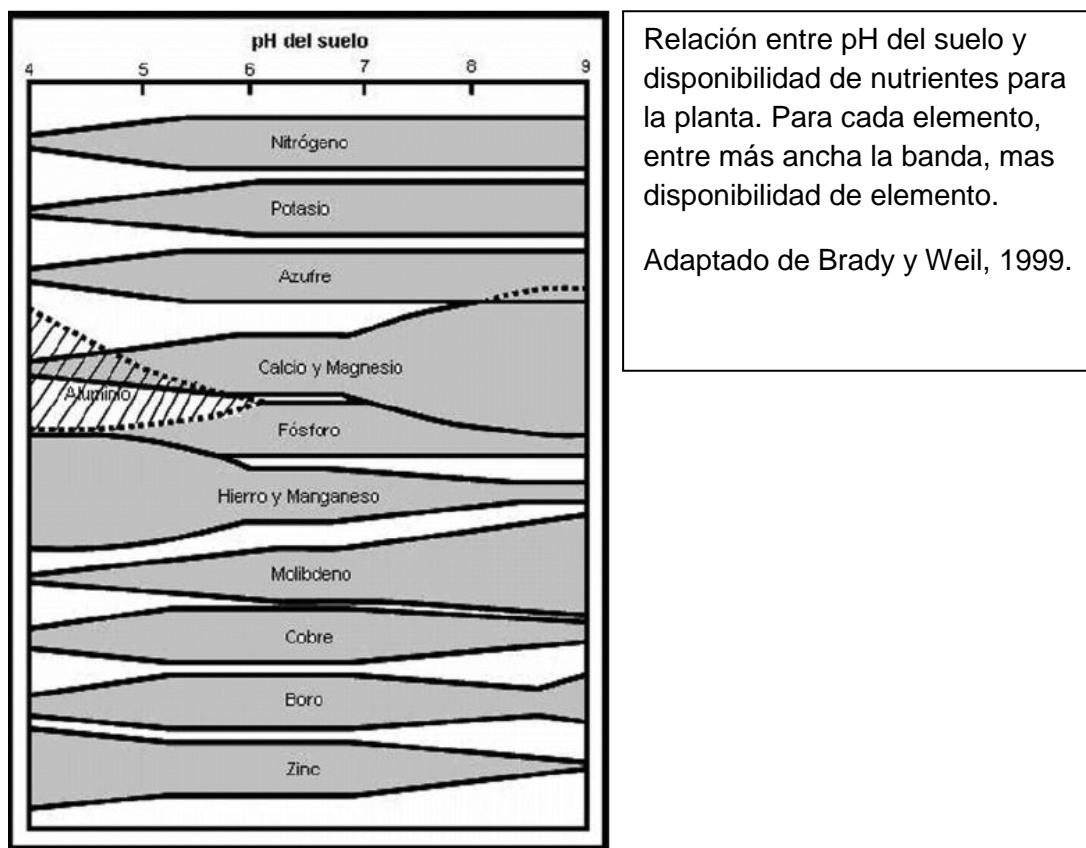
El principal efecto de un pH muy alto o muy bajo es que algunos nutrientes pueden estar disponibles en forma excesiva y ser tóxicos mientras que la disponibilidad de otros puede disminuir y aparecer como deficiencias del cultivo.

En los suelos ácidos, el aluminio y el manganeso pueden volverse muy solubles y tóxicos y, además, reducir la capacidad de la planta para absorber fósforo, calcio, magnesio y molibdeno. Especialmente en los suelos ácidos, el fósforo no está disponible para las plantas. Si el boro, el cobre y el zinc están presentes en el suelo, pueden presentar toxicidad a bajos pH. En

suelos medianamente alcalinos es posible encontrar deficiencia de boro, cobre y zinc y puede no estar disponible el fósforo (CIMMYT, 2011).

A continuación en la Figura 3 se indica la relación entre el pH del suelo y la disponibilidad de nutrientes para la planta (Michel, et.al., 1998).

Fig. 3 Relación entre pH del suelo y disponibilidad de nutrientes para la planta.



Fuente: Sierra, et.al; 2009

El grado de salinidad: nos muestra la cantidad de sales presentes en el suelo. Este dato se conoce midiendo la Conductividad Eléctrica (CE) que tiene la solución.

2.4.2.4 Características biológicas

La cantidad de seres vivos: se refiere al número y diversidad de organismos presentes en el suelo, como hongos, bacterias e insectos, que participan en el aporte y descomposición de materia orgánica y hacen posible la disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

La relación entre las plantas y microorganismos, está referido a la forma en que se relacionan las plantas con ciertos microorganismos de tal manera que ambos salgan favorecidos. A esta relación se le conoce como simbiosis. Un ejemplo es la asociación entre las leguminosas y la bacteria *Rhizobium*, mientras la planta le proporciona carbohidratos, la bacteria le brinda nitrógeno que ha fijado del aire (Michel, et.al., 1998).

El pH y los niveles de Al, hacen que la actividad de los microorganismos en el suelo disminuya, y por lo tanto, el aporte (mineralización) de N, azufre (S) y P, sea muy bajo, porque permanece acumulado en la materia orgánica en formas que no son absorbidas por las plantas. Se ha establecido que la acidificación puede afectar negativamente la fijación simbiótica por *Rhizobium* a tres niveles:

- Afectando el número y tipo de *Rhizobium*
- Disminuyendo la nodulación
- Disminuyendo la efectividad nodular (Nobile, 2006).

Todos los vegetales superiores tienen las mismas necesidades básicas para su desarrollo, aunque en proporciones o grados sumamente variables. Estas necesidades básicas son la luz, el calor, el agua, el aire y ciertos elementos nutritivos (Hernando; 1964).

2.4.2.5 NUTRICIÓN VEGETAL

La nutrición vegetal de las plantas es un aspecto muy importante, ya que de este depende el incremento de la producción agrícola. El objetivo de la nutrición es mantener o aumentar la productividad de los cultivos para satisfacer la demanda de alimentos y materias primas (Peralvo, 2008).

2.4.2.6 NUTRIENTES

Del total de elementos, el carbono, oxígeno e hidrógeno se obtienen del dióxido de carbono y del agua. Estos tres elementos son requeridos en grandes cantidades para la producción de celulosa o almidón. El resto de elementos se los denomina nutrientes minerales y se los divide en macronutrientes y micronutrientes.

Los macronutrientes son nutrientes esenciales necesarios en grandes cantidades, en este grupo se incluyen los nutrientes primarios que son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), los que son consumidos en cantidades relativamente grandes. El magnesio (Mg), azufre (S) y calcio (Ca) son nutrientes secundarios, estos son requeridos en menores cantidades, pero son esenciales en el crecimiento de las plantas (Peralvo, 2008).

El Nitrógeno es indispensable para la vida de la planta y un factor clave en la fertilización, este permite el desarrollo de la actividad vegetativa, en particular, causa un alargamiento de troncos, brotes y aumenta la producción de follaje y frutos, absorbido por las plantas deriva de la mineralización de la materia orgánica y la aplicación de fertilizantes, pero las legumbres como la soja, guisante, trébol, alfalfa son capaces de captar el nitrógeno por una asociación simbiótica con la bacteria *Rhizobium*.

El fósforo es un elemento que contribuye en la formación de yemas, raíces y a la floración así como a la lignificación. Una falta de fósforo tiene como resultado un ahogo de la planta, crecimiento lento, una reducción de la producción, frutos más pequeños y una menor expansión de las raíces.

El potasio juega un papel muy importante en las actividades fisiológicas como el control del turgor celular y la acumulación de hidratos de carbono, aumenta el tamaño de los frutos y tiene un efecto positivo en el color y fragancia de las flores, también hace a las plantas más resistentes a las enfermedades (HANNA; 1999).

El Magnesio (Mg), es el constituyente central de la clorofila e interviene también en reacciones enzimáticas relacionadas a transferencia de energía dentro de la planta.

El Azufre (S), constituye proteínas y participa en la formación de la clorofila.

El Calcio (Ca), es esencial para el crecimiento de las raíces y forma membranas. La mayoría de los suelos tienen suficiente disponibilidad de Calcio por lo cual generalmente su aplicación al suelo se relaciona más con la reducción de la acidez. Por este motivo, también se lo denomina, corrector de suelos (CASAFE; 2009).

Los microelementos o micronutrientes (mc) , considerados de esta manera porque la planta los toma en pequeñas cantidades, son: Sodio (Na), Cloro (Cl), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Molibdeno (Mo) y otros más específicos para algunos cultivos como el Boro (B) para el girasol (Michel,et.al., 1998).

En la Tabla 2 se indican los elementos esenciales (macronutrientes y micronutrientes), formas de absorción y composición aproximada en las plantas.

Tabla Nº 2 Elementos esenciales, símbolo, formas de absorción y composición aproximada en las plantas

Elemento	Símbolo	Formas de Absorción	% en la planta
Carbono	C	CO ₂	40-50
Oxígeno	O	O ₂ y H ₂ O	42-44
Hidrógeno	H	H ₂ y H ₂ O	6-7
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ y NH ₄ ²⁻	1-3
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ y HPO ₄ ²⁻	0.05-1
Potasio	K	K ⁺	0.3-3
Calcio	Ca	Ca ²⁺	0.5-3.5
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	0.03-0.8
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	0.1-0.5
Hierro	Fe	Fe ²⁺	100-1000 ppm
Manganeso	Mn	Mn ²⁺	50-300 ppm
Cobre	Cu	Cu ²⁺	10-40 ppm
Zinc	Zn	Zn ²⁺	10-20
Boro	B	H ₂ BO ₃ ⁻	50-300 ppm
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁻	10-40 ppm
Cloro	Cl	Cl ⁻	
Sodio	Na	Na ⁺	

Fuente: Sánchez, 2007

Elaborado por: Fátima Ruiz

En la realidad muy pocos suelos reúnen todas las características ideales para un cultivo.

Por ejemplo los suelos varían en su contenido total y disponible de micronutrientes debido a las diferencias en los minerales de los cuales se derivan. A continuación se indican las cantidades totales y disponibles

relativas de micronutrientes presentes en la capa arable de un suelo en particular (Michel, et.al., 1998).

Tabla N°3 Cantidades totales y disponibles comúnmente en suelos

Elemento	Cantidades Totales		Cantidades Disponibles
	% en el suelo	Cantidad (ppm)	Cantidad (ppm)
Hierro (Fe)	3.5	35.000	2 a 150
Manganeso (Mn)	0.05	500	2 a 150
Boro (B)	0.002	20	0.1 a 5
Zinc (Zn)	0.001	10	1 a 20
Cobre (Cu)	0.0005	5	0.1 a 4
Molibdeno (Mo)	0.0001	1	0.05 a 0.5

Fuente: Michel, et.al; 1998

Elaborado: Fátima Ruiz

Los nutrientes son esenciales para tener éxito en la producción de diferentes cultivos como es el caso de:

2.4.2.7 MAÍZ (*Zea mays*)

Necesita para su desarrollo cantidades de elementos minerales como:

Tabla N° 4: Rangos de suficiencia de nutrientes

Cultivos		N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Al	Mo
		Porcentaje (%)							Partes por millón (ppm)						
Maíz (floración)	Desde	2,8	0,2	0,25	1,8	0,2	0,3	0,01	6	25	30	50	6	20	
	Hasta	3,5	0,5	0,4	3	0,5	0,7	0,03	20	50	100	250	20	300	

Fuente: Michel, et.al., 1998

Elaborado por: Fátima Ruiz

El cultivo varía en su respuesta a aplicaciones de un micronutriente determinado. Las categorías siguientes de la Tabla 5 se presentan como una guía de dicha respuesta cuando el nivel de uno o más de estos nutrientes resultan deficientes en el suelo (Michel, et.al., 1998).

Tabla N° 5: Respuesta del cultivo a los micronutrientes

Cultivo	Mn	B	Cu	Zn	Mo	Fe
Maíz	Media	baja	media	Alta	Baja	Media

Fuente: Michel, et.al., 1998

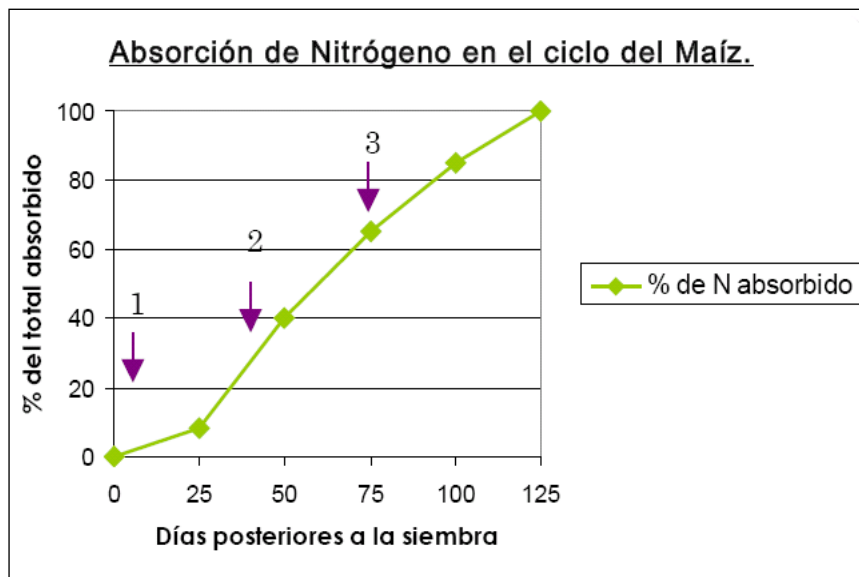
Elaborado por: Fátima Ruiz

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento del maíz, este participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta.

Su deficiencia provoca reducciones severas en el desarrollo del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar, que reducen la captación de la radiación solar.

El maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno a partir de seis a ocho hojas completamente expandidas, por lo que antes de comenzada esta etapa fenológica, el cultivo debería disponer de una oferta de nitrógeno adecuada para satisfacer su demanda para el crecimiento. La absorción de nitrógeno en el ciclo del maíz se muestra a continuación en la Figura 4 (Dotta, 2009).

Fig. 4 Absorción de Nitrógeno en el ciclo del Maíz



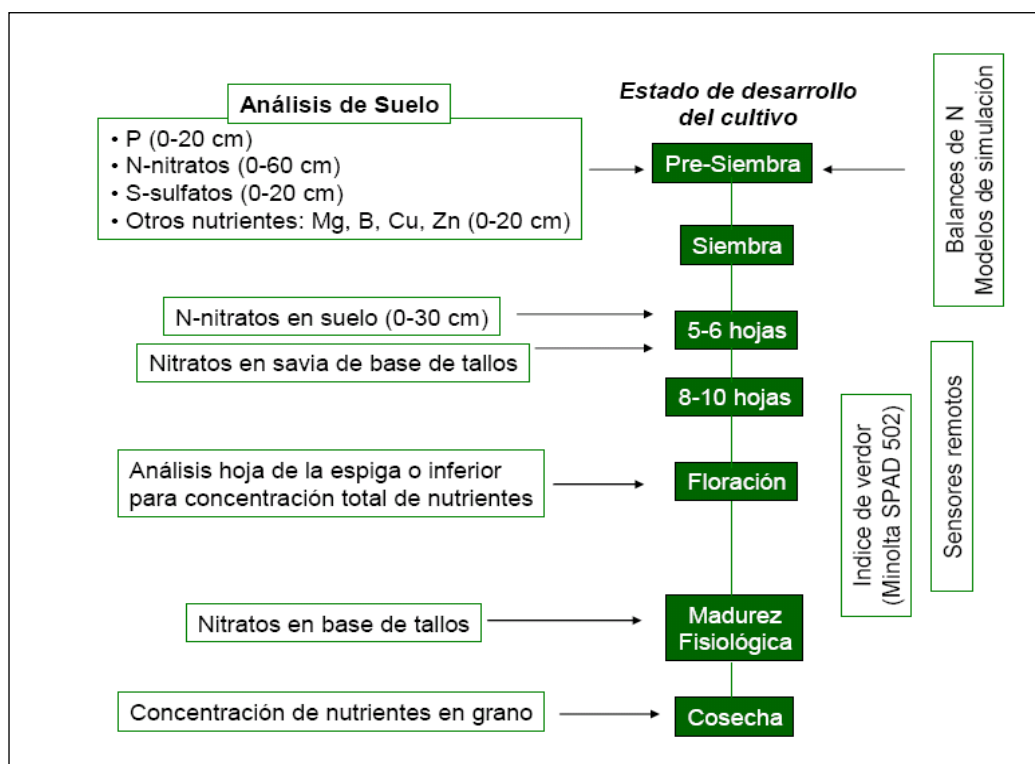
1, 2 y 3 = MOMENTOS DE APLICACIÓN

Fuente: Dotta, 2009

1. Aporte de Nitrógeno con la fertilización de arranque (18-46-00) más lo que aporta el suelo.
2. Aquí comienza un importante requerimiento de Nitrógeno por parte del cultivo (cuando está en seis hojas), que necesita ser satisfecho para mantener una alta tasa de producción de materia seca.
3. La demanda de Nitrógeno es aún alta, está próximo a panojamiento, (según las condiciones climáticas, híbrido, estado nutricional y riegos). El suelo ha agotado sus reservas y gran parte de lo aportado por la fertilización en 6 hojas ha sido absorbido, y perdido por lavados de riego. Lo que absorba en este momento va a ser destinado a definir el rendimiento y calidad del grano (Dotta, 2009).

La Figura 5 esquematiza las diferentes metodologías disponibles para evaluar la nutrición del cultivo de maíz desde pre-siembra a cosecha. En general, el análisis de suelo es la herramienta básica y fundamental para determinar los niveles de fertilidad de cada lote y diagnosticar la necesidad de fertilización. Los análisis vegetales permiten integrar los efectos de suelo y del ambiente sobre la nutrición de las plantas ampliando la base de diagnóstico, y son de particular importancia para nutrientes cuya dinámica en suelo es particularmente compleja, por ej. el caso de los micronutrientes. La información complementaria utilizada para el diagnóstico de la fertilización incluye las características climáticas de la zona, del suelo y su manejo, y del manejo del cultivo (García; 2005).

Fig. 5 Metodologías disponibles para evaluar la nutrición del cultivo de maíz desde pre-siembra a cosecha.



Fuente: .García; 2005

El maíz constituye una parte importante de la alimentación en el Ecuador, así como en sus diferentes actividades. El cultivo del maíz se lo realiza especialmente en la región andina (maíz blanco – suave) y en las provincias de Manabí, Loja y parte del Guayas (maíz amarillo - duro).

En lo relacionado a la industria, a partir del maíz se fabrica alimento balanceado destinado en un 80% para la industria avícola, el 15% para el camarón, mientras que el restante 5% se destina para ganadería bovina, ovina y otros animales.

En los últimos 5 años, las ventas globales al exterior generaron ingresos de divisas por 49 millones USD, siendo Colombia el principal destino de este grano. Ecuador es ya un suministrador significativo de maíz amarillo hacia ese mercado (Arcentales; et. al. ,2004).

2.4.2.8 BRÓCOLI (*Brassica oleracea*)

Es una planta similar a la coliflor, durante la fase de desarrollo normal es necesario que las temperaturas oscilen entre 20° C y 24 ° C y para poder inducir la fase de inducción floral necesita temperaturas entre 10 ° C y 15 ° C, la humedad relativa óptima esta entre 60 y 75 %., prefiere suelos ligeramente ácidos con pH entre 6.5 y 7 de textura media y con bajos contenido de sal, lo mismo que con el agua (AGROPYME, 2009).

Para la siembra la distancia entre surcos 0.7-1.00 metros. Distancia entre plantas 0.4-0.5 metros. Una hilera cuando es a 0.7m/cama. Dos hileras cuando es a 1.20m/cama (IICA; 2007).

Para su desarrollo necesita un suministro de micronutrientes como manganeso, boro, cobre, en mediana cantidad y molibdeno y hierro en cantidades altas, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla N° 6: Respuesta del cultivo a los Micronutrientes

Cultivo	Mn	B	Cu	Zn	Mo	Fe
Brócoli	media	Media	Media		Alta	Alta

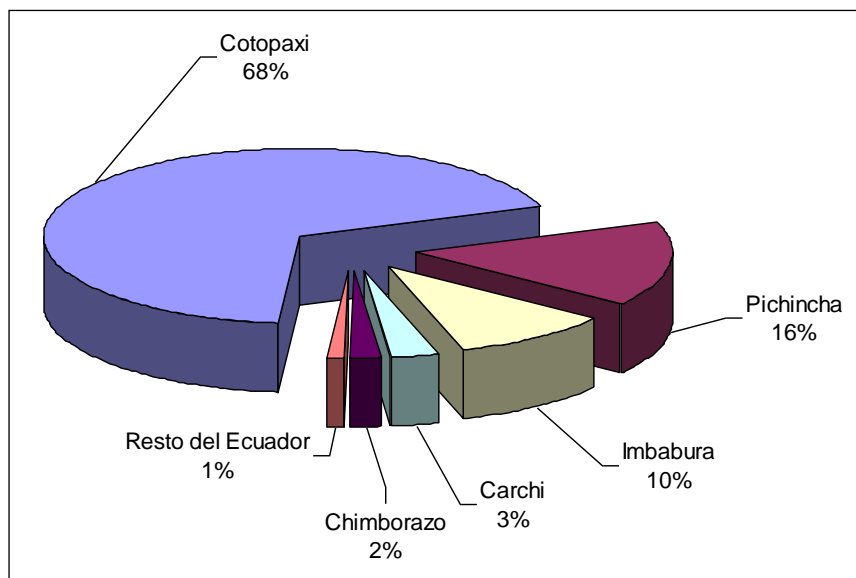
Fuente: Michel, et. al., 1998

Es un cultivo de reciente expansión en el Ecuador. La producción comercial comenzó en 1990. El 99.9% de la superficie sembrada se localiza en la Sierra, siendo las principales provincias productoras Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Esta última provincia se tiene en cuenta en el estudio ya que tiene 1679 toneladas producidas en solo 5 Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs).

Es importante destacar que el 68% de la producción de brócoli se encuentra en la provincia de Cotopaxi, habiéndose obtenido en el período del censo, cerca de 33.000 toneladas, siendo la producción total del país de

48.682 toneladas métricas. En la Figura 6 se representa la producción de brócoli por provincias (Junovich; et.al., 2004).

Fig. N° 6 PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI POR PROVINCIAS



Fuente: Junovich; et.al., 2004

El brócoli en Ecuador no es un cultivo estacional y mantiene sus rendimientos a lo largo del año. El período de producción tiene una duración de aproximadamente cuatro meses dependiendo de la variedad y zona de producción por lo que un cultivo rinde tres cosechas al año.

Según datos de las empresas procesadoras el 98 % de la producción de brócoli se exporta, mientras que apenas el 2% se comercializa en fresco dentro del país. El precio pagado al productor fluctúa entre 22 y 26 ctvs de dólar por plántula entregada a la planta procesadora, este rango comprende una penalización o un premio dependiendo de la calidad del producto (CORPEI; 2006).

2.5 HIPÓTESIS

2.5.1 Hipótesis de la Investigación

El empleo de los lodos residuales procedentes del proceso de potabilización del agua ayudarán en el mejoramiento del suelo para el óptimo desarrollo de las plantas de maíz (**Zea mays**) y brócoli (**Brassica oleracea**)

2.5.1.2 Hipótesis Nula

En los resultados de los factores de estudio no existe diferencia significativa en las respuestas experimentales

2.5.1.3 Hipótesis Alternativa

En los resultados de los factores de estudio existe diferencia significativa en las respuestas experimentales.

2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

Variable Independiente: Lodos como aditivo para suelos de cultivo

Variable Dependiente: Cambio de las propiedades del suelo

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Experimental

La presente investigación nos permitirá establecer si la utilización de los lodos como aditivo para suelo de cultivo, ayuda o no en el óptimo desarrollo de la planta.

Bibliográfica

La investigación se complementara mediante información bibliográfica con respecto a los nutrientes que requieren las plantas.

De campo

Se evaluara in situ, en el tiempo que dure la investigación, el óptimo crecimiento de las plantas con la adición de lodos residuales y fertilizante químico.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Exploratorio

Se estudiará una alternativa para la utilización de los lodos procedentes de una planta potabilizadora, mediante la determinación de las características físico – químicas del suelo y de los lodos, para así establecer su uso como aditivo para suelo de cultivo.

Descriptivo

Se caracterizarán los lodos residuales y el suelo donde se trabajara para conocer los nutrientes que disponemos, y de esta manera emitir criterios sobre el desarrollo de los diferentes tipos de plantas.

Asociación de variables

Los tratamientos a evaluar nos permitirán conocer las características con las que cuentan los lodos residuales frente a un abono químico y con ello evaluar si es o no viable como aditivo para suelos a partir de un determinado cultivo.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se plantea el análisis de un solo factor aleatorizado, en donde se puede comparan tres o más muestras independientes y analizar como varían los datos dentro de cada tratamiento T1, T2, T3, T4, T5 y T6, (3 kg/m², 6 kg/m², 9 kg/m², 6 kg/m² + 50% de fertilizante químico, 100% Fertilizante químico y Testigo).

3.3.1 Factores o niveles en estudio para la utilización de los lodos procedentes del proceso de potabilización del agua como aditivo para suelos de cultivo.

Tabla 9: Factores o niveles en estudio para el MAÍZ (*Zea mays*) y BRÓCOLI (*Brassica oleracea*).

Factores	Nivel
a. Suelo	a1. Con lodo 3 Kg./m ²
	a2. Con lodo 6 Kg./m ²
	a3. Con lodo 9 Kg./m ²
	a4. Con lodo 6 Kg./m ² y 50% fertilizante químico
	a5. Con 100% fertilizante químico
	a6. Suelo virgen

Elaborado por: Fátima Ruiz

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos resultantes de la combinación de los factores de estudio para la utilización de lodo residual procedente de la potabilización del agua como aditivo para suelo de cultivo de maíz (*Zea mays*) y brócoli (*Brassica oleracea*) son:

Tabla 10: Tratamientos de estudio

Tratamientos		Factores de estudio
#	Simbología	Suelo
1	a1	Sin lodo
2	a2	Con lodo 3 Kg./m ²
3	a3	Con lodo 6 Kg./m ²
4	a4	Con lodo 9 Kg./m ²
5	a5	Con lodo 6 Kg./m ² y 50 % fertilizante químico
6	a6	Con el 100% fertilizante químico

Elaborado por: Fátima Ruiz

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:

Variable Independiente: Lodos como aditivo para suelos de cultivo

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los lodos provenientes del tratamiento de agua potable tienen como destino final su aplicación como acondicionador de suelos, en función de las propiedades Físico - químicas que posee.	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento del agua - Acondicionador de suelos - Propiedades Físico - químicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de las plantas - Macronutrientes y micronutrientes 	<p>¿Los lodos residuales mejorarán las propiedades del suelo?</p> <p>¿Cuáles serán los macronutrientes y micronutrientes que poseen los lodos y el suelo a ser utilizado?</p>	Diseño experimental

Elaborado por: Fátima Ruiz

3.4.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE:

Variable Dependiente: Cambio de las propiedades del suelo

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La potencial utilización de los lodos hoy en día tiene grandes beneficios; ya que puede aumentar la capacidad de retención del agua y mejoran la calidad del cultivo, haciendo posibles las labores agrícolas en suelos pesados, además de disminuir la erosión de los mismos.	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad del cultivo - Labores agrícolas - Erosión del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> - Fertilizantes - Rentabilidad 	<p>¿Los lodos ayudarán a obtener una mejor calidad en los cultivos, disminuyendo la utilización de fertilizantes?</p> <p>¿Con la utilización de los lodos se obtendrá una mayor rentabilidad en los productos?</p>	Diseño experimental

Elaborado por: Fátima Ruiz

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la presente investigación se obtendrá como información final datos de altura, calibre, número de hojas, peso fresco, peso seco, peso fresco total como índices del crecimiento de las plantas de maíz y brócoli, y

finalmente estos valores serán tabulados con la finalidad de reportar los análisis estadísticos que requieran.

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se realizó un estudio estadístico de los respectivos valores obtenidos en la parte experimental mediante el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS.

El procesamiento de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Análisis crítico de los valores obtenidos
- Verificación de información errónea
- Determinación de la influencia de los factores en estudio en los parámetros de crecimiento de las plantas de maíz y brócoli en los diferentes tratamientos
- **Interpretación de datos**

Se utilizó para el procesamiento de la información programas computarizados tales como: Microsoft Office Word 2007, Microsoft Excel 2007 y STATGRAPHICS PLUS versión 4.0.

3.7 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.7.1. Análisis de Macro y Micro elementos en el Suelo y los lodos residuales

3.7.1.1. Recolección de la muestra. Se procede a recolectar del lugar de estudio, una muestra representativa para su respectivo análisis químico.

3.7.1.2. Preparación de la muestra. Esparcir la muestra de terreno en una bandeja de plástico (papel periódico). Eliminar los residuos grandes de plantas, rocas, piedras. Secar al aire. Una vez seca, moler la muestra y tamizarla a través de un tamiz de 2 mm y homogenizar.

3.7.1.3. Solución extractante.

1. Disolver 420 g de NaHCO_3 en agua destilada.
2. Disolver 37.2 g de E.D.T.A. en agua destilada.
3. Disolver 1 g de Superfloc 127 en 200 a 400 ml con agua destilada.
4. Mezclar las tres soluciones y llevar a un volumen de 10 litros con agua destilada. Llevar la solución a pH 8.5 con NaOH 10 N (ALVARADO; 2000).

3.7.1.4 Determinación de Nitrógeno Amoniacal

1. Tomar 2.5 ml de suelo, agregar 25 ml de solución extractante. Agitar 10 minutos y filtrar.
2. Tomar 2 ml del filtrado, agregar 8 ml de fenol básico y agregar 10 ml de NaClO. Dejar reposar por 3 horas sin exponerlo a la luz directa, para mantener por más tiempo el color estable.
3. Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto la solución patrón de 25 ug/ml de N y como cero la solución extractante, realice las mismas diluciones que el numeral 2.
4. Leer la absorbancia una longitud de onda de 630 nm.
5. Construir la curva de calibración utilizando las siguientes concentraciones: 0 - 62.5 – 125 – 187.5 – 250 ppm.
6. Interpolar los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración antes construida y reportar directamente en mg de N por 1000 ml de suelo (ppm) (Alvarado; 2000).

3.7.1.5 DETERMINACIÓN DE FOSFORO

1. Colocar 2.5 ml de suelo y 25 ml de la solución extractante, agitar por 10 minutos a una velocidad de 400 rpm y filtrar.
2. Tomar 2 ml de alícuota del filtrado, añadir 8 ml de agua destilada y 10 ml del reactivo del color para fósforo de molibdato de amonio. Dejar reposar 1 hora.
3. Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto la solución de 12 ug/ml de P y como cero la solución extractante, realizar las mismas diluciones del numeral 2.
4. Leer la absorbancia en el fotocolorímetro a una longitud de onda de 680 nm.
5. Construir la curva de calibración utilizando las siguientes concentraciones: 0 – 30 – 60 - 90 y 120 ppm.
6. Interpretar los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración antes construida y reportar directamente en mg de P por 1000 ml de suelo (Alvarado; 2000).

3.7.1.6. DETERMINACIÓN DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO

1. Tomar 2.5 ml de suelo y adicionar 25 ml de la solución extractante, agitar 10 minutos y filtrar.
2. Tomar 1 ml del filtrado, agregar 9 ml de agua destilada y añadir 15 ml de óxido de lantano al 1%.
3. Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto las soluciones patrones de 50 – 250 - 50 ug/ml de K, Ca y Mg respectivamente y como cero la solución extractora. Realizar las mismas diluciones del numeral 2.

4. Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

(Alvarado, 2000).

3.7.1.7. DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS (Cobre – Hierro – Manganeso - Zinc)

1. Tomar 2.5 ml de suelo y 25 ml de la solución extractante OLSEN. Agitar 30 minutos y filtrar.
2. Hacer la curva de calibrado utilizando como punto alto la solución de 4 – 10 – 5 - 3 ug/ml de Cu – Fe – Mn - Zn, y como cero la solución extractante.
3. Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica directamente del filtrado (Alvarado, 2000).

3.7.1.8 DETERMINACIÓN DE pH

1. Tomar 20 ml de suelo y agregar 50 ml de agua destilada, agitar por 5 minutos a 400 rpm, dejar en reposo por 30 minutos, luego leer en el potenciómetro previamente estandarizado.
2. Medir el pH mientras se agita la mezcla (Alvarado; 2000).

3.7.1.9 DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (Método de Walkley y Black)

1. La muestra de suelo debe estar molida y libre de raicillas y restos de materia orgánica grandes para el efecto la muestra deberá ser tamizada sobre papel encerado (tamiz de 0.25 mm).
2. Pesar de 0.1 g de suelo cuando existe mucha materia orgánica y 0.5 g cuando el suelo tiene poca materia orgánica.
3. Agregar 5 ml de dicromato de potasio 1 normal por muestra y añadir 10 ml de ácido sulfúrico concentrado al 97% por muestra.

4. Agitar muy suavemente durante un minuto a fin de homogenizar, evitando que la muestra se adhiera a las paredes.
5. Dejar en reposo durante 30 minutos. Luego de este tiempo agregar en el siguiente orden: 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico al 85% y 10 o 15 gotas de difenilamina.
6. Titular el exceso de dicromato por medio de la solución de sal de Morh de concentración 0.5 normal.
7. El viraje de color se hace del azul hasta verde, anotar el volumen consumido.
8. Siempre se analizará un blanco siguiendo el mismo procedimiento que con la muestra.

CÁLCULOS

$$MO = \frac{(V_o - V) \times N \times 0.39 \times 1.72 \times 1.1}{PM} ; \text{ donde:}$$

PM

V_o = Volumen gastado en la titulación del blanco

V = Volumen gastado en la titulación de la muestra

N = Normalidad exacta del sulfato del hierro

0.39 = Peso químico equivalente del carbono

1.72 = Constante de conversión de C a MO sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58% de C en la generalidad de suelos encontrados en el Ecuador

1.1 = Error de conversión de C a MO (10%)

PM = Peso de la muestra de suelo

F = Factor de corrección de la sal de Morh

$0.39 = 3 \times 100 \times 1,3/100$ (3 = peso equivalente del carbono)
(Alvarado; 2000).

3.7.2 Análisis de macro nutrientes y micronutrientes asimilables por la planta en los lodos residuales.

Recolección de la muestra. Se procede a recolectar del tanque de almacenamiento una muestra representativa.

Preparación de la muestra. Esparcir la muestra en una bandeja de plástico (papel periódico). Eliminar los residuos grandes de plantas, rocas, piedras. Secar al aire. Una vez seca, moler la muestra y tamizarla a través de un tamiz de 2 mm y homogenizar.

3.7.2.1 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL

DIGESTIÓN

1. Pesar en un frasco micro-Kjeldahl 0.2 g de material vegetal molido y tamizado en una malla No. 40, adicionar 1.1 g de mezcla de catalizadores.
2. Añadir 3 ml de ácido sulfúrico concentrado
3. Calentar en la unidad digestora a temperatura media alta (175 °C) hasta que el digestado se torne claro
4. Ebulir la muestra por 1 hora
5. Una vez completada esta etapa dejar enfriar el frasco y agregar suficiente agua para colocar el digestado en suspensión.
6. Dejar decantar las partículas de sílice, evitando la precipitación de cristales de sulfato de amonio.

DESTILACIÓN

1. Colocar en el tubo de salida del aparato de destilación, un matraz erlenmeyer de 125 ml, conteniendo 10 ml de la solución de H_3BO_3 y la mezcla de indicadores.

2. Adicionar cuidadosamente 10 ml de NaOH 10 N de modo que la sosa se deposite en el fondo de la cámara de destilación abriendo el grifo del embudo.
3. Contener casi 1 ml, en el embudo, lavar el embudo rápidamente con aproximadamente 15 ml de agua y cerrar el grifo del embudo.
4. Destilar hasta que el volumen alcance la marca de los 35 ml en el frasco receptor.

TITULACIÓN

1. Titular el destilado con ácido sulfúrico estandarizado.
2. El cambio de color de verde a rosado indica el punto final de la titulación.

CALCULO DEL PORCENTAJE DE N-NH₄ (NITRÓGENO AMONIAICAL)

$$\% N = \frac{(V_m - V_b) \times N \times 14}{P \times 10} ; \text{donde:}$$

$V_m =$ Volumen de ácido sulfúrico consumido en titular la muestra.

$V_b =$ Volumen de ácido sulfúrico consumido en titular el blanco.

$N =$ Normalidad exacta del ácido sulfúrico.

$14 =$ Peso equivalente del nitrógeno.

P = Peso de la muestra expresada en gramos.

10 = Factor para convertir a porcentaje (Alvarado; 2000).

3.7.2.2 DETERMINACIÓN DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES

1. Pesar 0.5 g de material vegetal seco y molido, colocar en un florín de 50 ml.
2. Agregar 4 ml de ácido nítrico concentrado y 2 ml de ácido perclórico (relación 2: 1), adicionar 3 ó 4 pepitas de cristal para reducir la formación de espuma y evitar que se forme bampin.
3. Colocar los florines en una plancha de digestión, precalentada a aproximadamente 100° C, esperar 15 minutos y elevar la temperatura a 200 ° C, esperar que todos los humos pardos del ácido nítrico se evaporen. Aumente luego la temperatura a 300 °C, después de unos 20 minutos a 400° C y observe el comienzo de la reacción del ácido perclórico.
4. Dejar enfriar y añadir 25 ml de agua desmineralizada, agitar la solución para lavar los lados del frasco y filtrar (Alvarado, 2000).

3.7.2.3 DETERMINACIÓN DEL FOSFORO

1. Tomar 0.5 ml de filtrado (digestión húmeda).
2. Agregar 4 ml de agua destilada y 0.5 ml del reactivo de Barton´s y agitar.
3. Realizar la curva de calibrado tomando 0.5, 1, 1.5 y 2 ml de la solución patrón de fósforo de 10 ppm, añadir 0.5 del reactivo para el desarrollo del color y completar todos los puntos de la curva con agua destilada hasta 5 ml. Agitar y esperar 10 minutos para el desarrollo de color (amarillo).

4. Leer en el fotocolorímetro a una longitud de onda de 400 nm.
5. Construir la curva de calibración con las siguientes concentraciones: 0 – 1 – 2 - 3 y 4 ppm de fósforo.
6. Interpolar los datos de absorbancia (Alvarado, 2000).

3.7.2.4 DETERMINACIÓN DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO

1. Tomar 1 ml de filtrado y agregar 24 ml de agua destilada.
2. Tomar 2 ml de la solución anterior, agregar 8 ml de agua destilada y 10 ml de la solución de óxido de lantano.
3. Preparar la curva de calibración tomando como punto alto la solución patrón de 800 ppm de K, 500 ppm de Ca y 150 ppm de Mg; y como cero la solución HNO_3 0.1 N. Realizar las mismas diluciones de los numerales 1 y 2.
4. Analizar por absorción atómica (Alvarado, 2000).

3.7.2.5 DETERMINACIÓN DE COBRE, HIERRO, MANGANESO Y ZINC

1. Usando el filtrado original de la digestión húmeda analizar directamente por absorción atómica.
2. Hacer la curva de calibración tomando como punto alto la solución patrón de 2 ppm de Cu, 2 ppm de Zn, 5 ppm de Fe y 5 ppm de Mn; y como cero la solución de HNO_3 0.1 N (Alvarado, 2000).

3.7.2.6 DETERMINACIÓN DE AZUFRE

1. Del filtrado de la digestión húmeda tomar 0.5 ml.
2. Añadir 4 ml de agua destilada y agregar 0.5 ml del reactivo de desarrollo del color.
3. Preparar la curva de calibración tomando 0 - 0.5 - 1.5 - 2.5 y 3.5 ml del estándar de 10 ppm de azufre, luego añadir 0.5 ml del reactivo de desarrollo de color y completar con agua a 5 ml. Agitar y esperar 30 minutos antes de leer a una longitud de onda de 450 nm. (Alvarado, 2000).

3.7.2.7 DETERMINACIÓN DE BORO

a) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

1. Pesar 0.25 g de muestra de planta previamente molida en un crisol de porcelana de 50 ml.
2. Añadir 1 ml de solución que contenga 15 mg de $MgNO_3$ en 100 ml de Metanol.
3. Evaporar la muestra hasta secado en una plancha caliente a baja temperatura por ejemplo a $100^{\circ}C$ (10 min.).
4. Transformar a cenizas en una mufla a $450^{\circ}C$ por tres horas.
5. Sacar de la mufla, enfriar a temperatura ambiente, añadir 25 ml de una solución que contenga una parte de ácido acético glacial y 5 partes de agua.
6. Agitar para disolver la ceniza y filtrar en papel filtro Whatman No. 10 u otro semejante.

b) PROCEDIMIENTO

1. Tomar 1 ml de muestra (filtrado), agregar 8 ml de curcumina y mezclar perfectamente.
2. Agregar 2 ml ácido sulfúrico concentrado, mezclar y dejarlo reposar unos minutos bajo la Sorbona.
3. Tomar 2 ml de la mezcla de arriba y agregar 5 ml de metanol o etanol. Mezclar y dejar reposar durante treinta minutos. Leer el porcentaje de trasmittancia a 555 nm (Alvarado, 2000).

3.7.2.8 Preparación del terreno.

- Como primer paso se procedió con la limpieza del terreno ubicado en la planta de tratamiento “Casigana”, de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA), quitando piedras y maleza, dejando un total de $20\ m^2$ de terreno disponible.

- Para la realización de los respectivos tratamientos se dividió el terreno en 18 cuadrantes de 1 m², identificando las respectivas secciones mediante rotulación.

3.7.2.9 Incorporación de lodos residuales y Fertilizante Químico en cada tratamiento para la respectiva siembra de Maíz y Brócoli

- Primeramente, los lodos residuales fueron trasladados del tanque reservorio hacia el terreno de cultivo.
- Utilizando una balanza, se midió las cantidades de 3 kg/m², 6 kg/m², 9Kg/m² de lodos residuales que se incorporaron respectivos cuadrantes.
- Se realizó la homogenización del suelo con su respectiva cantidad de lodos residuales mediante un rastrillo
- Luego, se procedió con la respectiva siembra, utilizando para ello maíz INIAP 101 y el Brócoli plántulas de la variedad Legacy.
- Como sistema de riego se utilizó el método de aspersion.
- Para fines de comparación se realizaron 2 tratamientos utilizando Fertilizante químico (NITROFOSKA AZUL).
- En base a los análisis químicos que se realizó con anterioridad , se pidió una Recomendación de fertilización (Anexo A:Tabla. 4) para el maíz y brócoli, se efectuó los respectivos cálculos puesto que los mismos necesitan diferentes cantidades fertilizante químico, como se muestra en la Tabla 8 :

Tabla. 8: Cantidad de fertilizante Químico colocado en el Tratamiento T4 y T5

Cultivo	Tratamiento	Cantidad de NITROFOSKA AZUL (kg/planta)
MAÍZ	T4: 6 Kg/m ² de lodos residuales + 50% Fertilizante Químico	0.007625
	T5: 100% Fertilizante Químico	0.01525
BRÓCOLI	T4: 6 Kg/m ² de lodos residuales + 50% Fertilizante Químico	0.01637
	T5: 100% Fertilizante Químico	0.03275

Elaborado por: Fátima Ruiz

3.7.2.10 Muestreo

Para establecer comparaciones, por 3 meses se determinó altura, calibre, número de hojas, peso fresco y peso seco de cada tratamiento para el respectivo análisis estadístico.

3.7.2.11 Determinación de peso fresco y seco.

- De cada uno de los tratamientos se escogió 1 planta por tratamiento y por replica, a la misma que se retiró las hojas secas en caso de existir.
- Ya lista las plantas se pesaron cada una de ellas por separado descontando la raíz. (Peso fresco).
- Identificadas las plantas por tratamiento se colocó en una estufa a 60 °C por 48 horas.
- Después del tiempo establecido de volvió a pesar, obteniendo así el peso seco.

3.7.2.12 Determinación de Aluminio

1. Los vegetales fueron previamente lavados, cortados y secados a 60°C en la estufa hasta peso constante.
2. Las muestras secas fueron maceradas y pesadas (50g. aprox.), se colocaron 10g de esta muestra en crisoles de porcelana previamente identificados y lavados con HCl 5 % y agua bidestilada.
3. Se carbonizaron las muestras en flama hasta ausencia de humo.
4. Se calcinaron las muestras en una mufla a una temperatura de 600°C por 2 horas.
5. Las cenizas obtenidas de la muestra fueron tratadas con aproximadamente 5 mL de HCl 20% v/v y filtradas, recogiendo el filtrado en un matraz de aforación de 50 ml.
6. Como la técnica utilizada en EMAPA para la determinación de Aluminio, se procedió a la determinación de la cantidad de Aluminio existente en las plantas.
7. En los 50 ml de la muestra se colocó un sobre de ácido ascórbico para remover las interferencias y se agito por 5 min., a continuación se agregó un sobre de Aluminio para la intensidad de coloración.
8. De la solución anterior de cada una de las muestras se sacó 10 ml y se añadió el sobre Bleaching, que fue utilizado como blanco para estabilizar la muestra, agitando durante 15 min.

Con las soluciones listas se procedió a la lectura en el Espectrofotómetro de las cantidades de Aluminio (Al^{3+}) en mg/lit, los resultados se presentan a 522 nm

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1 Resultados de los análisis químicos del suelo

Un suelo es fértil cuando brinda a las plantas buenas condiciones para su desarrollo y el logro de buenas cosechas. Existen elementos que se los consideran esenciales ya que están involucrados directamente en la nutrición de la planta y en el que caso de que exista deficiencia de alguno de ellos, las plantas no podrán completar su vida, por lo que esta deficiencia podrá ser corregida suministrando ese elemento (AGRYTEC, 2008).

La realización de los análisis químicos (macronutrientes y micronutrientes) es de gran importancia para establecer la cantidad de nutrientes con los que cuentan la planta para su óptimo desarrollo.

El suelo utilizado en la presente investigación contiene cantidades bajas de materia orgánica y una textura franco arenoso lo cual indican una baja fertilidad (ya que son óxidos de hierro que han reaccionado con el agua y por lo tanto, tienen un déficit de drenaje) (Anexo A: Tabla. 2).

En lo referente a nutrientes químicos, el suelo no cuenta con la cantidad necesaria de macronutrientes para el crecimiento de la planta y

respecto a micronutrientes existió altas concentraciones en el K (Potasio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio) y Cu (Cobre) (Anexo A: Tabla. 3).

4.1.2 Resultados de los análisis químicos de los lodos residuales

Los resultados indican que los lodos residuales no cuentan con la cantidad necesaria de macronutrientes. Para el caso de nitrógeno total, el requerimiento del maíz esta entre 2.8 a 3.5 %, y los lodos residuales solo poseen el 0.14%. En micronutrientes, la cantidad existente sobrepasa lo requerido, como es el caso del Hierro que tiene una concentración de 13487.50 ppm y lo requerido por la planta es de 50 a 250 ppm (Anexo A: Tablas 1, 2 y 3.).

4.1.3 Evaluación en el Brócoli de los Parámetros de Crecimiento altura, Calibre, número de hojas, peso fresco, peso seco y peso fresco al final de la experimentación.

4.1.3.1 Evaluación de la Altura (cm)

En el primer muestreo, las plantas abonadas con 6 Kg/m² de lodos residuales tienen un crecimiento relativamente mayor en Altura con respecto a los otros tratamientos y la parcela Testigo. En el segundo muestreo, el tratamiento T4 (6 Kg/m² de lodos residuales + 50% de Fertilizante químico (NITROFOSKA AZUL), muestra un crecimiento mayor, hasta el último muestreo, donde el resultado indica el mayor crecimiento, seguido del tratamiento T5 (100% fertilizante químico) y el T3 (9 Kg/m² de lodo residual) (Anexo C: Grafica 1). Al final del muestreo no se observa ningún cambio en el T6 (testigo), estableciendo el tratamiento con menor altura.

4.1.3.2 Evaluación del Calibre (mm)

En el caso del calibre, como se muestra en la (Anexo C: Grafica 2), se observa que en el mes de Febrero, Marzo y Abril resalta el T4 (6Kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico).

Al comparar los tratamientos de 3 Kg/m², 6 Kg/m² y 9 Kg/m² de lodo residual, se puede apreciar que no existe variabilidad significativa en el primer muestreo, pero al tercer mes, resalta el T3 (9 Kg/m²). En el caso del Testigo no se aprecia ningún aumento en el calibre.

4.1.3.3 Evaluación del número de hojas

En el mes de febrero no se observa diferencias en los tratamientos, aunque en los meses de marzo y abril, el tratamiento T6 (6 Kg/m² de lodos residuales + 50% de fertilizante químico) es el mejor, siguiéndole el T5 (100% Fertilizante Químico) (Anexo C: Grafica. 3).

4.1.3.4 Evaluación del peso fresco y peso seco (kg)

Al evaluar el peso fresco y seco se observa una alta diferencia, donde el T4 (6 Kg/m² + 50% Fertilizante químico) es el que produce plantas con mayor peso (Anexo C: Gráficas 4 y 5).

Al final de la evaluación se determinó el peso fresco total de 10 plantas por replica, obteniendo una gran diferencia entre los tratamientos, sobresaliendo en mayor cantidad el T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) (Anexo C: Grafica 6).

4.1.4 Evolución en el maíz de los parámetros Altura, Calibre, Numero de Hojas, peso fresco, peso seco y peso fresco total al final de la experimentación

4.1.4.1 Evaluación de la Altura (cm)

En la (Anexo D: Gráfica 7) se puede apreciar que la mejor evolución de la altura del maíz corresponde al tratamiento T4 (6 Kg/m² de lodos residuales + 50% de fertilizante químico).

4.1.4.2 Evaluación del calibre (mm).

Desde el primer muestreo se pueden apreciar diferencias entre los tratamientos, sobresaliendo, en los dos últimos meses, el T4 (6 Kg/m² de lodos residuales + 50% de fertilizante químico) (Anexo D : Gráfica 8). Al comparar los utilizados lodos residuales como aditivo T1, T2, y T3 (3 Kg/m², 6 Kg/m² y 9 Kg/m²) con el T6 (testigo), se observa que el mejor fue el T3.

4.1.4.3 Evaluación del Número de Hojas

En lo referente al número de hojas de las plantas de maíz se observa diferencia entre los tratamientos, siendo el T4 (6 Kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) el mejor (Anexo D: Grafica 9).

4.1.4.4 Evaluación del peso fresco y peso seco (kg)

También se destacan los resultados obtenidos del peso fresco y seco de las plantas, sobresaliendo las plantas de la parcela T4 (6 Kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) quienes presentan un peso fresco y

seco significativamente más alto que en los demás tratamientos (Anexo D: Graficas 10,11).

Al final, se determinó el peso fresco del total de las plantas, identificando que el tratamiento T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% fertilizante Químico) obtuvo el mayor promedio, y al comparar los tratamientos utilizando lodos residuales, T1, T2 y T3 (3 kg/m², 6 kg/m² y 9 kg/m²) con el T6 (testigo) se puede apreciar que el T3 sobresale en mínima cantidad con los demás tratamientos (Anexo D: Grafica 12).

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.2.1 Evaluación del Brócoli

4.2.1.1 Altura (cm)

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza para establecer la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos. Los resultados indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos utilizados (Anexo F: Tabla. 25).

Puesto que existió diferencia significativa, se procedió a la realización de la prueba de comparación Duncan a un nivel de confianza del 95 %, escogiendo el mejor tratamiento T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) y no encontrando diferencias significativas en los tratamientos T1, T2 y T3 (3 kg/m², 6 kg/m² y 9 kg/m²)(Anexo F:Tabla. 26).

4.2.1.2 Calibre (mm)

Obtenidos los resultados se procedió a realizar el análisis de varianza, para determinar la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos, identificando que existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que el F calculado fue mayor al F de tablas a un nivel de confianza del 95 % (Anexo F: Tabla 27).

Ya que en el análisis de varianza se obtuvo diferencias significativas se procedió a efectuar la prueba de comparación Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, destacando el T4 (6 kg/m² + 50% Fertilizante químico) como el mejor tratamiento y no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a 3 kg/m², 6 kg/m² y 9 kg/m² respectivamente (Anexo F: Tabla 28).

4.2.1.3 Número de hojas

Para una mejor apreciación se efectuó el respectivo análisis de varianza, obteniendo un F calculado mayor al F de tablas, demostrando que existe diferencia significativa entre los tratamientos a un nivel de confianza del 95 % (Anexo F: Tabla 29),

Obtenido una diferencia significativa se efectuó la prueba de comparación Duncan a un nivel de confianza del 95 %, estableciendo al T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) como mejor tratamiento, y al comparar los tratamientos T1, T2 y T3 (3 kg/m², 6 kg/m² y 9 kg/m²), no existió diferencia significativa. El tratamiento T6 (testigo), con respecto a los demás tratamientos, fue el que menor número de hojas presentó (Anexo F: Tabla. 30).

4.2.1.4 Peso fresco y peso seco (kg)

En el análisis de varianza (ANOVA), se obtuvo como resultado diferencias significativas entre los tratamientos, ya que el F calculado fue mayor al F de tablas, a un nivel de confianza del 95%, por lo cual se aplica la prueba de comparación Duncan (Anexo F: Tablas 31).

Al realizar la respectiva prueba de comparación Duncan a un nivel de confianza del 95 %, se obtuvo el mejor tratamiento al Tratamiento T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico), no así encontrando diferencias en los tratamientos T1, T2, T3 y T6 (3 kg/m², 6 kg/m², 9 kg/m² y Testigo) (Anexo F: Tabla 32).

Al final de la evaluación se determinó el peso fresco total de 10 plantas por replica, en el (Anexo F:Tabla 35), se reportan los datos obtenidos del análisis de varianza del peso fresco total, la cual muestra diferencia significativa en razón de que F calculado es mayor que F teórico

Para este método es necesario realizar la prueba de comparación Duncan ya que existe diferencia significativa, siendo el T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) el mejor tratamiento, no obteniendo diferencias entre los tratamientos T1, T2 y T3 (3 kg/m², 6 kg/m² y 9 kg/m²) (Anexo F: Tabla 36).

4.2.2 Evolución en el maíz

4.2.2.1 Altura (cm)

El análisis de varianza (ANOVA) (Anexo E: Tabla 15), demuestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos a razón que el F calculado fue mayor al F tablas a un 95 % de confianza.

La prueba de comparación DUNCAN indica que el mejor tratamiento es el T4 (6 kg/m² + 50% Fertilizante químico) (Anexo E: Tabla 16),

Al comparar los tratamientos T1, T2, T3, que corresponden a 3 kg/m², 6 kg/m², 9 kg/m², de lodos residuales, respectivamente, se observó que no existe diferencia significativa, ya que los promedios de los tres tratamientos son similares. El tratamiento T6 (testigo) obtuvo el menor promedio siendo este el que tenía las plantas de maíz con la menor altura.

4.2.2.2 Calibre (mm).

El análisis estadístico (ANOVA), indica una diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo E: Tabla 17),

Al realizar la prueba de comparación Duncan a un nivel de confianza del 95% indica que el mejor tratamiento es el T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) (Anexo E: Tabla. 18), seguido del T5 (100 %

Fertilizante químico) y no encontrando diferencias significativas en los tratamientos utilizados solo lodos residuales T1, T2, T3, (3 kg/m², 6 kg/m², 9 kg/m²), el T6 (testigo) fue el menor de todos.

4.2.2.3 Número de Hojas

El análisis de varianza demuestra una diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo E: Tabla 19.) a razón que el F calculado fue mayor al F tablas a un 95 % de confianza. La prueba de comparación Duncan establece el mejor tratamiento al T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico) (Anexo E: Tabla 20). Al comparar los tratamientos a diferentes concentraciones de lodos residuales, sin la adición de fertilizante químico, se pudo observar que entre ellos no existen diferencias.

4.2.2.4 Peso fresco y peso seco (kg)

De acuerdo al análisis estadístico (Análisis de Varianza), no existieron diferencias significativas entre los tratamientos y por tanto, no se aplica la prueba de comparación Duncan (Anexo E: Tablas 21 - 22).

Al final, se determinó el peso fresco del total de las plantas, con los datos se realizó el análisis de varianza, reportado en la (Anexo E: Tabla 23), en el cual existió diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 %

Al realizar la prueba de comparación Duncan se demuestra que el mejor tratamiento es el T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% Fertilizante químico), y no identificando diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a 3 kg/m², 6 kg/m² y 9 kg/m² respectivamente. El tratamiento T6 (testigo) fue el que tuvo el menor promedio con respecto a los demás tratamientos. (Anexo E: Tabla 24),

4.2.3 Evaluación de aluminio al final del muestreo en las plantas de maíz y brócoli.

Ya que los lodos residuales contienen aluminio entre un rango de concentración de 39,15 mg/lit a 67.5 mg/lit Al³⁺ se determinó la cantidad de

Aluminio que bioasimilaron las plantas, ya que mientras más turbia es el agua más cantidad de Policloruro de Aluminio se utiliza. La Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos de Norteamérica. (EPA) recomienda un límite de 0.05 a 0.2 mg/L para aluminio en el agua potable. (Nuñez, et,al; 2011).

La concentración de aluminio en el brócoli se encontró entre un rango de 0.25 mg/Kg a 0.77 mg/Kg. De acuerdo a esto, no es apto para el consumo humano. (Anexo G: Tabla 37).

En lo referente al Maíz los tratamientos T2, (6 kg/m²) y T3 (9 kg/m²), sobrepasan los límites máximos permitidos por la EPA concluyendo que no son aptos para el consumo humano, el T1 y T4 correspondientes a 3 kg/m², 6 kg/m² + 50 % Fertilizante Químico respectivamente se encuentran dentro del límite máximo permitido, estableciendo que son aptos para el consumo humano.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En base al análisis estadístico se rechaza la Hipótesis Nula (Ho) que señalaba que “ en los resultados de los factores de estudio no existe diferencia significativa en las respuestas experimentales”

En consecuencia, se acepta la Hipótesis alternativa (Hi) que indicaba que “En los resultados de los factores de estudio existe diferencia significativa en las respuestas experimentales.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 5.1.1 Los lodos residuales poseen cantidades bajas de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y altas en micronutrientes (Zn, B, Cu, Fe y Mn), por lo que existe una limitación en cuanto al crecimiento de las plantas, por la falta de los primeros.
- 5.1.2 En el suelo donde se realizó la investigación las cantidades de macronutrientes y micronutrientes no son las necesarias para el crecimiento de las plantas.
- 5.1.3 El mejor tratamiento en el maíz fue el T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% fertilizante químico) para todos los parámetros (altura, calibre y Numero de hojas, no encontrando así diferencias significativas en los tratamientos T1 (3 kg/m²), T2 (6 kg/m²) y T3 (9 kg/m²) de lodos residuales. Cabe mencionar que al comparar el peso fresco y peso seco de los diferentes tratamientos no existió diferencias significativas.
- 5.1.4 En el Brócoli el mejor tratamiento fue el T4 (6 kg/m² de lodos residuales + 50% fertilizante químico), seguido por el T5 (100 %

Fertilizante químico) en todos los parámetros Altura, Calibre, Numero de Hojas, peso fresco y peso seco. El tratamiento T6 (Testigo) fue el que menores resultados se obtuvieron.

5.1.5 El abonado en plantas de maíz y brócoli con lodos residuales procedentes de la potabilización del agua, respecto a testigos sometidos sin ningún aditivo, ayudan en el crecimiento de las plantas. De todos modos, resulta indiferente aplicar más de 3 kg/m^2 ya que se comprobó estadísticamente que con los tratamientos de 3 kg/m^2 , 6 kg/m^2 y 9 kg/m^2 no existe diferencia significativa en el aumento final de peso fresco.

5.1.6 Asimismo, la cantidad de aluminio en el tejido vegetal aumenta a medida que la dosis de fango aplicada es mayor, y al ser comparada con La Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos de Norteamérica. (EPA) el cual recomienda un límite de 0.05 a 0.2 mg/L para aluminio en el agua potable, se concluye que el maíz con concentraciones de entre 0.206 ppm a 0.42 ppm de Al^{3+} (a excepción del tratamiento T4: $6 \text{ kg/m}^2 + 50\%$ Fertilizante químico) y el brócoli con 0.25 ppm a 0.77 ppm de Al^{3+} no son aptos para el consumo humano.

5.2 RECOMENDACIONES.

- 5.2.1 Es muy importante realizar un pre tratamiento de los lodos residuales generados en el proceso de potabilización de agua, antes de ser descargados al río, por la carga de Aluminio que estos contienen, ya que el mismo es dañino para el ambiente.
- 5.2.2 Sería muy viable extraer el Policloruro de Aluminio coagulante utilizado en el proceso de potabilización del agua, de los lodos residuales, y por ende, reducir costos al disponer del coagulante. Concomitantemente se dispondría de un abono rico en micronutrientes, pero con bajo contenido de aluminio.
- 5.2.3 Los lodos residuales se podrían utilizar en cultivos de plantas excluidoras de Aluminio, tales como el rábano y el trigo, como lo indica la respectiva propuesta, capítulo VI, del presente estudio.

CAPITULO VI PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- **Beneficiarios:** El sector agrícola
- **Ubicación:** Ambato – Ecuador
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 8 meses
- **Inicio:** Agosto del 2011
- **Final:** Abril del 2012
- **Equipo técnico responsable:** Egda. Fátima Ruiz, Dr. Roman Rodríguez
- **Costo:** \$ 1875

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En Colombia, los suelos ácidos se hallan distribuidos prácticamente en todo el territorio pero, en la región de los llanos Orientales, la Selva Amazónica, la Costa Pacífica y ciertas zonas de la región Andina se encuentra la mayor concentración en estos suelos.

La fijación del aluminio se reconoce como una de las mayores limitantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas en los suelos

mencionados, en algunos casos se presentan porcentajes de saturación de aluminio mayores a 90. Ante esta situación y la necesidad de obtener rendimientos satisfactorios, se ha recurrido a diversas alternativas para disminuir y evitar la acción nociva del aluminio. Dentro de estas alternativas está el uso de variedades tolerantes al aluminio y a la baja disponibilidad de nutrientes, el encalado y la adición de diversos materiales orgánicos como residuos de cosecha, excrementos de animales, abonos verdes, entre otros, en los que se ha demostrado que la materia orgánica ejerce control sobre la actividad del aluminio en la solución del suelo.

Con respecto a las plantas hay evidencias que indican que las tolerantes pueden ser capaces de reducir la absorción del aluminio por la raíz o tener medios para detoxificar el aluminio luego de haberlo absorbido.

El encalado ha sido el mecanismo más utilizado con lo que se busca , principalmente subir el pH del suelo, bajar la solubilidad del aluminio y suministrar cal al suelo; sin embargo el transporte de cal y las labores de su incorporación al suelo para que actúe a profundidad puede hacerla una técnica muy costosa. Además, los altos niveles de encalado pueden producir efectos negativos en el crecimiento de las plantas y en las propiedades del suelo ya que pueden inducir deficiencias de fósforo, reducción en la absorción de Zn, B y Mn y disminución en el contenido de Mg en las plantas.

La incorporación de materiales orgánicos como abonos verdes aumenta el contenido de fósforo disponible y de magnesio intercambiable del suelo, incrementado así la producción (NARVAEZ, 2011).

La gran capacidad de fijación de fósforo y las limitaciones de acidez de los Andisoles del sur de Chile hace necesaria la aplicación de altas dosis de fertilizantes fosfatados para lograr una producción económicamente rentable. Por tal motivo y teniendo en cuenta de que las reservas de materia prima de los fertilizantes fosfatados (fosfatos de roca) no alcanzan para más de 180 años, los esfuerzos se han dirigido hacia la selección de plantas que

sean capaces de adquirir el máximo de nutrientes desde el suelo y/o hacer más eficiente su uso al interior del vegetal.

Es de amplio conocimiento que los principales factores limitantes del crecimiento de plantas en suelos ácidos son la fitotoxicidad de Al y la deficiencia del P. La fitotoxicidad de Al involucra un efecto mortal directo del ion aluminio en el crecimiento de las plantas y una reducción de la disponibilidad de fosfato del suelo, causado por la precipitación del fosfato de aluminio. Sin embargo, para disminuir los problemas de fitotoxicidad a Al y la consiguiente reducción en la productividad del cultivo, el mejoramiento genético se considera como alternativa, buscando tolerancia a mayores niveles de Al en el suelo.

Se realizaron dos experimentos en solución nutritiva, utilizando veintiocho cultivares de trigo en el primero y cuatro en el segundo (Dalcahue., Yecora Rojo, Pankul y Puken). En el primero, se evaluó la tolerancia a aluminio y protones en solución nutritiva en presencia de tres niveles de Al (0, 100 y 200 mM) y dos pH (4.8 y 6.0), manteniendo las plantas por un periodo de 21 días en cámara de crecimiento. En el segundo ensayo las plantas se mantuvieron por un periodo de 31 días en ausencia y presencia de aluminio (100 mM), se privaron de P durante 24 horas y se colocaron nuevamente 8 horas en solución con P determinándose al cabo de este tiempo, la disminución de P de la solución cada media hora, con el objetivo de calcular los parámetros cinéticos V_{max} y K_m y evaluar la respuesta en términos de absorción y eficiencia de utilización de P de cultivares tolerantes y sensibles a Al.

Entre los cultivares clasificados como tolerantes a la fitotoxicidad de Al se destacaron Crak, Yecora Rojo, Dalcahue y Taita, considerándose como sensibles a los cultivares Antilhue, Perquenco y Pankul. Los cultivares Metrenco, Puken y Tukan fueron severamente afectados por los H^+ .

Los cultivares Dalcahue y Yecora Rojo, tolerantes a aluminio, presentaron absorción de P que no fue modificada significativamente por la presencia de Al en la solución nutritiva; sin embargo, en los cultivares

sensibles los parámetros de absorción fueron sensiblemente modificados (GALLARDO, et. al, 2011).

Al evaluar la tolerancia al aluminio en 125 clases de bromo (*Bromus valdivianus Phil.*) colectadas en Chile, se pudo evaluar los parámetros de crecimiento (largo radical y largo aéreo) y la tolerancia a distintos niveles de aluminio en solución, y proceder a un ordenamiento y selección de acuerdo al nivel de tolerancia o susceptibilidad. A través de la selección preliminar se pudo clasificar como accesiones tolerantes sólo al 4,8% de las accesiones de *Bromus valdivianus Phil.*, lo que indica que la presencia de mecanismos de adaptación al aluminio son de escasa frecuencia. El efecto fitotóxico del Al^{3+} en cuanto a longitud aérea y radical, y producción de materia seca, estuvo relacionada con el nivel de Al^{3+} al que las plantas fueron sometidas y en menor medida a las características particulares de las accesiones, esto puede indicar que los niveles de, aluminio utilizados pudieron ser demasiado altos para que se expresen diferencias a nivel de accesiones. La concentración de Al^{3+} , tanto aéreo como radical, se relacionó con la concentración de Al^{3+} en las soluciones aplicadas y con el aumento de la concentración de Al^{3+} en solución. La proporción entre la concentración de Al^{3+} , radical y aéreo, indica que el *Bromus valdivianus* sólo tendría mecanismos de tolerancia por exclusión del Al^{3+} , o tolerancia interna a nivel radical (NOBILE, 2006).

En el Ecuador no se tiene antecedentes investigativos sobre la presente temática, por lo que sería importante realizar más investigaciones afines con este trabajo. Por ejemplo, la utilización de los lodos residuales como aditivo para suelos en plantas exclusoras de aluminio, sería una alternativa muy viable que permitiría reducir la contaminación ambiental que los mismos generan.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La protección medioambiental es uno de los mayores retos con que se enfrenta hoy el mundo. En todos los niveles, el medio ambiente se encuentra seriamente amenazado. Un ejemplo claro ocurre con el inadecuado tratamiento de los lodos residuales cargados de Aluminio, producidos en el proceso de potabilización del agua, ya que los mismos son descargados hacia los sistemas hídricos sin un previo tratamiento.

Existen tratamientos utilizados para disminuir la carga contaminante de los lodos residuales, como la separación del coagulante (policloruro de aluminio) de los lodos residuales, pero los mismos son costosos, ya que existe un aumento de servicios de operación (mano de obra), consumo de productos químicos y la necesidad de unidades extras en la planta de potabilización (Gallo, et.al, 2003)

Por esta razón se propone su utilización en plantas exclusoras de aluminio, como en trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*), soja (*Glycine max*) y rábano (*Raphanus sativus*) las cuales acumulan el Al en el suelo de la rizosfera por las precipitaciones y la formación de complejos y, finalmente, excluir al Aluminio de las raíces (Nobile, 2006).

El objetivo de utilizar los lodos residuales como aditivo en plantas exclusoras de Aluminio, es aprovechar las propiedades que tienen dichos lodos para el desarrollo de las plantas, para de este modo hacer frente al problema medioambiental que ocasionan dichos desechos.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

6.4.1.1 Utilizar los lodos residuales generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento “CASIGANA”, en cultivos excluidores de Aluminio.

6.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar física y químicamente los lodos residuales generados en el proceso de potabilización del agua por medio de espectrofotometría, calcinación y filtración.
- Determinar la influencia que presentan los lodos residuales en el desarrollo de las planta de trigo (*Triticum aestivum*) y rábano (*Raphanus sativus*)
- Determinar los niveles de Aluminio bioacumulados en las plantas.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El proyecto de investigación es de tipo experimental, ya que con ello se constituye en un referente para la utilización de los lodos residuales en cultivos de Trigo (*Triticum aestivum*) y rábano (*Raphanus sativus*).

El análisis de factibilidad además incluye el carácter económico, ya que se reducirán costos, pues podrán disminuir la utilización de fertilizantes; por otro lado abarca el aspecto ambiental, ya que contrarrestará el problema medioambiental que ocasionan la cantidad de lodos residuales que son descargados en los ríos.

Tabla 1: Análisis económico de la Propuesta

RECURSOS HUMANOS	EMAPA	GRADUANDO
Tutor	200	
Graduado		125
Recursos Físicos		
Análisis Físico – Químicos	1000	
Material de Escritorio		150
Recursos Económicos		
Transporte		200
Publicaciones		50
Imprevisto		150
Subtotal	1200	675
TOTAL	1875	

Elaborado por: Fátima Ruiz

6.6 FUNDAMENTACIÓN

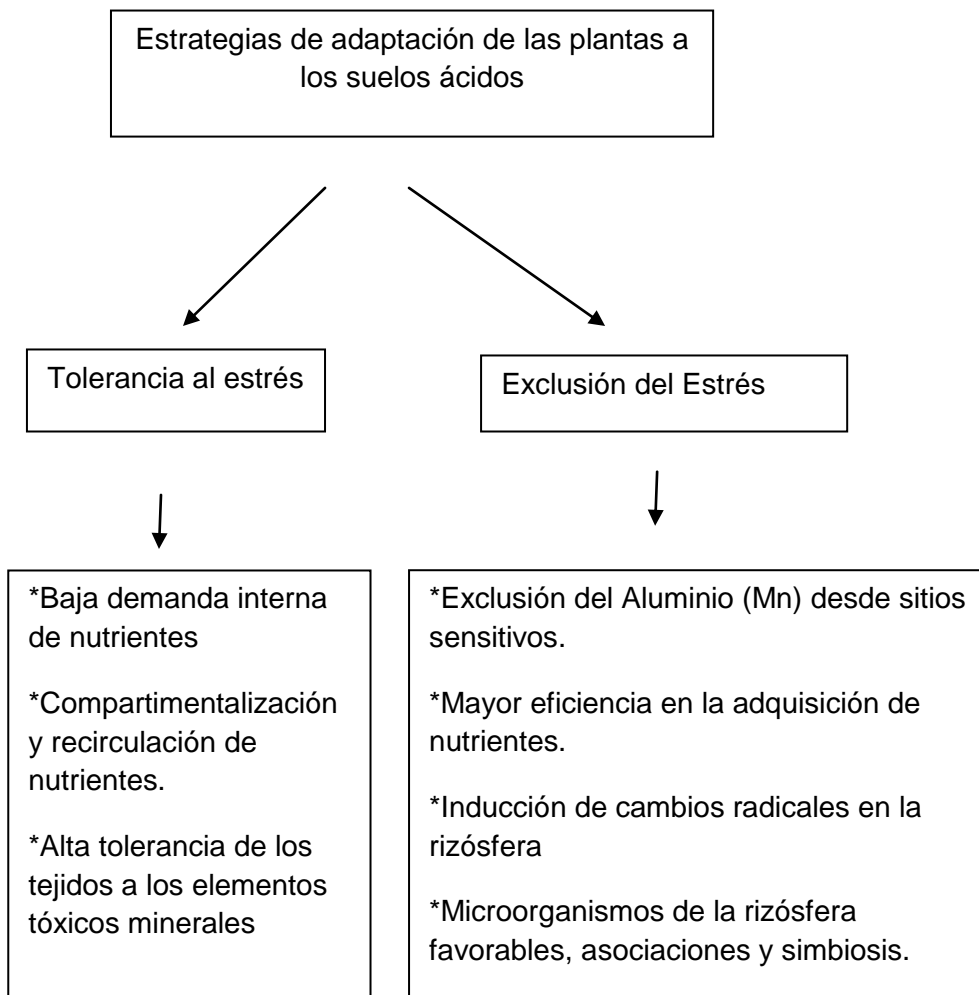
6.6.1 Lodos residuales del proceso de potabilización del agua

La potabilización de agua es la aplicación de una serie de procesos de tratamiento para producir agua que no contenga contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no cause efectos nocivos al ser humano. Las fuentes de aguas superficiales son, por lo general, más turbias que las aguas subterráneas y contienen un mayor número de sólidos suspendidos y bacterias, por lo que es necesario aplicar coagulantes para remover los contaminantes en suspensión, generando como resultado residuos o lodos, que, en caso de no darles una disposición final adecuada, contribuyen de manera importante a la contaminación de la atmósfera, de las aguas y de los suelos, afectando los ecosistemas del área de disposición. (CERÓN, et. al, 2010).

6.6.2 Plantas Tolerantes al Aluminio

Los cultivos tolerantes tienen la capacidad de detonar, bajo condiciones de estrés, una serie de mecanismos fisiológicos específicos, lo que les permite funcionar normalmente. Se agrupa estos mecanismos en dos tipos, el primero, como de exclusión, exclusión del estrés o que dejan fuera de la raíz al Al, y el segundo, como mecanismos de inclusión, tolerancia al estrés o que lo incluyen dentro de la planta. Los componentes más importantes de las adaptaciones a la tolerancia y exclusión se muestran en el diagrama 1 (Nobile, 2006).

Diagrama 1: Estrategias de Adaptación de las plantas a los suelos ácidos.



6.7 METODOLOGÍA

Tabla 2. Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Utilización de los lodos residuales generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento "CASIGANA", en plantas excluidoras de Aluminio	Revisión bibliográfica	Investigadora	Humanos Técnicos Económicos	\$300	1 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Análisis Físicos y Químicos	Investigadora	Humanos Técnicos Económicos	\$ 1000	3 meses
1. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Ensayo del efecto que produce los lodos residuales en el crecimiento de las plantas de trigo y rábano.	Investigadora	Humanos Técnicos Económicos	\$ 200	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Recomendación para el consumo humano	Constatación de los niveles de Aluminio en el Trigo y rábano.	Investigadora	Humanos Técnicos Económicos	\$ 200	2 meses

Elaborado por: Fátima Ruiz, 2011

6.8 ADMINISTRACIÓN

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del estudio Dr. Román Rodríguez y el Egda. Fátima Elizabeth Ruiz Mora, que una vez concluido se constituirá en un referente para investigaciones afines al tema tratado.

Tabla 3. Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Niveles de crecimiento de la plantas	Ineficiente utilización de los lodos del proceso de potabilización, en plantas exclusoras de Aluminio.	Caracterizaciones físicas y químicas de los lodos residuales y del suelo a ser utilizado,	Caracterizar físico, química los lodos del proceso de potabilización y del suelo previo a la investigación. Determinación cantidades optimas Aluminio en las plantas.	Investigador: Fátima Ruiz, Dr. Román Rodríguez.

Realizado por: Fátima Ruiz, 2011

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

- Se determinará mediante la medición de los parámetros altura, calibre y número de hojas de cada una de las plantas y por tratamiento.
- Se investigara la cantidad de aluminio (Al^{3+}) que ha bio- asimilado las plantas para una previa comparación con los máximos permitidos por la Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos de Norteamérica (EPA) el cual recomienda un límite de 0.05 a 0.2 mg/L para aluminio en el agua potable.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, Soraya. 2000

Metodologías de análisis físico químico de suelo, aguas y foliares. Tercera Aproximación.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y aguas.

Quito – Ecuador

ALVARADO, Soraya; CÓRDOVA, Juan y LÓPEZ, Magdalena. 2000

Fertilizantes químicos, abonos orgánicos y enmiendas

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Quito – Ecuador

AGROPYME. 2009

Perfil del mercado del Brócoli .Tegucigalpa - Honduras.

Acceso: 14-ago.-2009

ARCENALES, Evelin; TORRES, Luis y TOBALINA, Constantino. 2004

*Análisis de la cadena productiva y comercializadora del maíz como fuente de exportación.*ESPOL

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3924/1/6451.pdf>

f

Acceso: 14-ago.-2009

Asociación Ecuatoriana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS).
2009

*LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL.*

(D. S. 374 de Mayo de 1976. Modificada por la Ley de Gestión
Ambiental, aprobada el 22 de julio de 1999)

Acceso: 27-ago-2009

BERNIER, Rene y ALFARO, Marta. 2006

Acides de los suelos y Efectos del encalado

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno – Chile.

Acceso: 20- sep. -2011

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). 2009

Fertilizantes. Argentina

<http://www.casafe.org/usep/Fertilizantes.pdf>

Acceso: 31-jul- 2009

CORPORACIÓN DE PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES E
INVERSIONES

(CORPEI). 2006

Brócoli. Perfiles del producto.

Acceso: 14-ago.-2009

CORDOVA, Juan y VALVERDE, Franklin. 2000

El Suelo

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Quito – Ecuador

DOTTA, Juan y ANCIÁ, Virginia (CORFO). 2009

Fertilización en Maíz

<http://www.corforiocolorado.gov.ar/archivos/fertilizacionmaiz.pdf>

Acceso: 14-ago.-2009

FENG , Jian Ma; RYAN, Peter R. y DELHAIZE, Emmanuel. 2001

Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids.

Faculty of Agriculture, Kagawa University. Australia.

Acceso:20 –Marzo- 2011

GARCIA, Fernando. 2005

Criterios para el Manejo de la Fertilización del Cultivo de Maíz.

Argentina

<http://www.ppi->

[ppic.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/AF32AD3F0759FAF4032570810](http://www.ppic.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/AF32AD3F0759FAF4032570810)

[0748359/\\$file/FGarcia+-+Soja+CriteriosFertilizaci%C3%B3n.pdf](http://www.ppic.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/AF32AD3F0759FAF40325708100748359/$file/FGarcia+-+Soja+CriteriosFertilizaci%C3%B3n.pdf)

Acceso: 14-ago.-2009

GALLO, Julián Alberto y URIBE, Juan Carlos. 20030

Reutilización de lodos de planta de potabilización en el tratamiento de aguas residuales.

Universidad Nacional de Colombia. Departamento de ingeniería Química.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1215/1/julianalbertogalloramirez.juanca>
[rlosuribehurtado.2003.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1215/1/julianalbertogalloramirez.juanca)

Acceso: 03-oct-2011

HANNA Instruments.1999

Manual de Análisis de Suelo

http://www.hannaarg.com/productos/Catalogo/Test-kits/Combi-agri/m_3896.pdf

Acceso: 18-ago-2009

HERNANDO, Valentín. 1964

Fertilidad del suelo

Barcelona; Imprenta Hispano América S.A.; Pág. 12-37.

HERNÁNDEZ, Darwin; VILLEGAS, Juan David; CASTAÑO, Juan Mauricio y PAREDES, Diego. 2006

Aprovechamiento de lodos aluminosos generados en sistemas de potabilización, mediante su incorporación como agregado en materiales de construcción.

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/750/75050810.pdf>

Acceso: 3-ago-2009

Instituto de la Potasa y el Fósforo. 2002

Nutrientes Orgánicos e Inorgánicos

[http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/19A45417446F5A0686256CAA00726D86/\\$file/Nutrientes+inorg%C3%A1nicos+y+org%C3%A1nicos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/19A45417446F5A0686256CAA00726D86/$file/Nutrientes+inorg%C3%A1nicos+y+org%C3%A1nicos.pdf)

Acceso: 20-ago-2009

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2007

Guía Práctica de Exportación de BROCOLI a los Estados Unidos.
Nicaragua

<http://www.bio-nica.info/Biblioteca/IICA2007BrocoliExportacion.pdf>

Acceso: 15-ago.-2009

IFOAM, Manual de Capacitación en Agricultura Orgánica para los Trópicos. 2009

Nutrición de las plantas

Acceso: 20-ago-2009

JUNOVICH, Amalia y ALVEAR, Luciana. 2004
EL BRÓCOLI ANTE EL TLC. PROYECTO SICA
http://www.sica.gov.ec/agronegocios/acceso_a_mercados/tlc_usa/tlc_brocoli.pdf

Acceso: 15-ago.-2009

MANGAN, Frank y BORTEN, Meter. 2009
La Importancia de la Fertilidad de Suelos en Cultivar Vegetales
http://www.umassvegetable.org/growers_services/pdf_files/la_importancia_fertilidad_suelos_cultivar_vegetales.pdf

Acceso: 20-ago-2009

MAÑAS, Pilar; CASTRO, Elena; SÁNCHEZ, Juan Carlos y De Las HERAS, Jorge. 2009
Uso de lodos digeridos procedentes de una Estación Depuradora de Aguas Residuales de Albacete. España

http://www.institucional.us.es/ciberico/archivos_acrobat/porto1pilarnas.pdf

Acceso: 3-ago-2009

MARTINEZ, José.1982

Análisis químico de suelos

Cuarta Edición, Barcelona – España; Imprenta juvenil S.A.; Pág. 254-266

MICHEL, Ricardo; LARGE, Richard. 1998

Manual agronómico de análisis de suelos y plantas

Laboratorios A-L de México, S.A de C.V; Pág. 4-5,66-67, 97,113

MUJICA, Viky; PÉREZ, Cathy; LEDEZMA, Gaudy; ORTEGA, Mario.
2009 *Propuesta Técnica para el Tratamiento y Disposición Final de los Lodos Provenientes de una Planta Potabilizadora*. Venezuela
http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/VE05190_Mujica.pdf
Acceso: 3-ago-2009

NAVARRO, Marco Antonio.2007
Suelos y Fertilizantes. Manual de Practicas. México.
<http://www.cobachsonora.edu.mx:8080/wb3/work/sites/COBACH/resources/LocalContent/82/2/Suelos%20y%20fertilizantes.%20Manual%20de%20practicass.pdf>
Acceso: 14-ago-2009

NOBILE TONEATTI, Marcelo José. 2006
EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A ALUMINIO EN 125 ACCESIONES DE BROMO (Bromus valdivianus Phil.)
Universidad AUSTRAL de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Graduandos. VALDIVIA – CHILE
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/egt664e/doc/egt664e.pdf>
Acceso: 10 – junio - 2011

PANIZZA, Amalia; ALDAMA, Alejandro; CHACALO, Alicia; VACA, Mabel; GRABINSKY, Jaime; MÁRQUEZ, Ciro y DURÁN, Carmen.
2008
Evaluación del compost elaborado a partir de lodos con alto contenido de sulfato de aluminio. México
http://antiguo.itson.mx/drn/Revista/Vol_4_2008/Art_34_Panizza.pdf
Acceso: 3-ago-2009

PERALVO, Daniela. 2008

Importancia de la Nutrición vegetal

Agronegocios y tecnología de la red (AGRITEC)

http://agrytec.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=315

Acceso: 12-ago-2009

RAMÍREZ, Rosa; CHANTAL, Nathalie; HERNÁNDEZ, Sandra; ESPEJEL, Fabricio; RODRÍGUEZ, Arturo y ROJAS, Marcelo.2006

Aprovechamiento de los lodos generados en la plantapotabilizadora Los Berros, sistema Cutzamala, PrimeraEtapa

http://proyectos.iingen.unam.mx/Proyectos_2005_2006/07/7.3.4.pdf

Acceso: 3-ago-2009

Sánchez, J. 2007

Fertilidad del Suelo y Nutrición Mineral de las plantas.FERTITEC

<http://www.fertitec.com/PDF/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

Acceso: 12-ago-2009

SANDOVAL, Luciano; MOTELLANO, Leticia; DOMÍNGUEZ, Alejandra, SÁNCHEZ, Laura, SANTANA, Ma. De Lourdes y MORÁN, Mario. 2009

Estudio piloto para reducir el volumen de lodos de plantas potabilizadoras.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/005.pdf>

Acceso: 3-ago-2009

SANDOVAL, Luciano; MOTELLANO, Leticia; DOMÍNGUEZ, Alejandra, SÁNCHEZ, Laura, SANTANA, Ma. De Lourdes y MORÁN, Mario. 2009

Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

<http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/tratagua/peru/mexapa045.pdf>

Acceso: 3-ago-2009

SIERRA, Alejandra; SIMONNE, Eric y TREADWELL, Danielle. 2009

Principios para el manejo de nutrientes en la producción de plantas.

[http://laflor.ifas.ufl.edu/Principios.y.pr%C3%A1cticas.para.nutrientes.p](http://laflor.ifas.ufl.edu/Principios.y.pr%C3%A1cticas.para.nutrientes.pdf)

[df](http://laflor.ifas.ufl.edu/Principios.y.pr%C3%A1cticas.para.nutrientes.pdf)

Acceso: 18-ago-2009

L. Rucks ; F. García. ; A. Kaplán ; J. Ponce de León. y M. Hill. 2004

Propiedades Físicas del suelo

Universidad de la república; Dpto. suelos y aguas. Montevideo – Uruguay.

<http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICAS/fisicas.pdf>

Acceso: 12-ago-2009

TORRA, A; VALERO, J; BISBAL, J y TOUS, F; 1998

Policloruro de aluminio en el proceso de potabilización de aguas superficiales. Tecnología del Agua

Acceso: 31-jul-2009

2. ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISIS QUÍMICOS Y NUTRICIONALES

Tabla 1: Reporte de análisis foliar de los lodos residuales



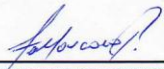
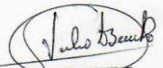


	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693																																
REPORTE DE ANALISIS FOLIARES																																	
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : FATIMA RUIZ Dirección : AMBATO Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : EMAPA Provincia : TUNGURAHUA Cantón : AMBATO Parroquia : Ubicación :																																
DATOS DEL LOTE Cultivo : S/N Area : Edad del Cultivo : Identificación : 1 F Lodos POTABILIZACION	PARA USO DEL LABORATORIO N° Reporte : 6.942 N° Muestra Lab. : 14323 Fecha de Muestreo : 12/07/2009 Fecha de Ingreso : 24/07/2009 Fecha de Salida : 31/07/2009																																
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Elemento</th> <th style="text-align: left;">Contenido (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N</td><td>0.14</td></tr> <tr><td>P</td><td>0.06</td></tr> <tr><td>K</td><td>0.12</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>0.99</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>0.48</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.04</td></tr> <tr><td>Cl</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Elemento	Contenido (%)	N	0.14	P	0.06	K	0.12	Ca	0.99	Mg	0.48	S	0.04	Cl		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">INTERPRETACION</th> </tr> <tr> <td style="width: 33%; height: 60px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">SUFICIENTE</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </thead> </table>	INTERPRETACION						BAJO	SUFICIENTE	ALTO							
Elemento	Contenido (%)																																
N	0.14																																
P	0.06																																
K	0.12																																
Ca	0.99																																
Mg	0.48																																
S	0.04																																
Cl																																	
INTERPRETACION																																	
BAJO	SUFICIENTE	ALTO																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Elemento</th> <th style="text-align: left;">Contenido (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>B</td><td>110.00</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>42.60</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>32.90</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>13487.50</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>312.70</td></tr> <tr><td>Mo</td><td></td></tr> <tr><td>Na</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Elemento	Contenido (ppm)	B	110.00	Zn	42.60	Cu	32.90	Fe	13487.50	Mn	312.70	Mo		Na		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">INTERPRETACION</th> </tr> <tr> <td style="width: 33%; height: 60px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">SUFICIENTE</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </thead> </table>	INTERPRETACION						BAJO	SUFICIENTE	ALTO							
Elemento	Contenido (ppm)																																
B	110.00																																
Zn	42.60																																
Cu	32.90																																
Fe	13487.50																																
Mn	312.70																																
Mo																																	
Na																																	
INTERPRETACION																																	
BAJO	SUFICIENTE	ALTO																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Elemento</th> <th style="text-align: center;">Nivel Adecuado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>P</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>K</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Ca</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Mg</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>S</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Cl</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> </tbody> </table>	Elemento	Nivel Adecuado (%)	N	-	P	-	K	-	Ca	-	Mg	-	S	-	Cl	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Elemento</th> <th style="text-align: center;">Nivel Adecuado (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>B</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Zn</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Cu</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Fe</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Mn</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Mo</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Na</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> </tbody> </table>	Elemento	Nivel Adecuado (ppm)	B	-	Zn	-	Cu	-	Fe	-	Mn	-	Mo	-	Na	-
Elemento	Nivel Adecuado (%)																																
N	-																																
P	-																																
K	-																																
Ca	-																																
Mg	-																																
S	-																																
Cl	-																																
Elemento	Nivel Adecuado (ppm)																																
B	-																																
Zn	-																																
Cu	-																																
Fe	-																																
Mn	-																																
Mo	-																																
Na	-																																
 RESPONSABLE LABORATORIO	 LABORATORISTA																																

Tabla 2: Reporte de los análisis de suelos y lodos residuales

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693												
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS													
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : FATIMA RUIZ Dirección : AMBATO Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : EMAPA Provincia : TUNGURAHUA Cantón : AMBATO Parroquia : Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 12/07/2009 Fecha de Ingreso : 24/07/2009 Fecha de Salida : 06/08/2009											
N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
73845	1 F LODOS POTABIL	7,1 PN	31,00 M	6,90 B	14,00 M	0,08 B	2,60 M	1,80 A	2,6 B	3,1 M	92,4 A	33,6 A	0,60 B
73846	2 F SUELO DE CULTIVO	8,5 AI	5,60 B	7,70 B	9,00 B	1,30 A	16,10 A	6,10 A	1,8 B	4,8 A	7,1 B	1,9 B	0,60 B

INTERPRETACION			
pH		Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro
LAc	= Liger. Acido	LAI	= Lige. Alcalino
PN	= Prac. Neutro	AI	= Alcalino
	RC		= Requieren Cal
		B	= Bajo
		M	= Medio
		A	= Alto
		T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA			
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina





 _____ RESPONSABLE LABORATORIO	 _____ LABORATORISTA
--	--


Tabla 3: Reporte de los análisis de suelos y lodos residuales.

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693												
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS													
<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : FATIMA RUIZ Dirección : AMBATO Ciudad : Teléfono : Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : EMAPA Provincia : TUNGURAHUA Cantón : AMBATO Parroquia : Ubicación :	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 12/07/2009 Fecha de Ingreso : 24/07/2009 Fecha de Salida : 06/08/2009											
N° Muest.	meq/100ml	dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
Laborat.	Al+H Al Na	C.E.	M.O.	Mg K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
73845			1,70 B	1,44	22,50	55,00	4,48						
73846			0,50 B	2,64	4,69	17,08	23,50						


INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo M = Medio T = Tóxico	NS = No Salino S = Salino LS = Lig. Salino MS = Muy Salino	B = Bajo M = Medio A = Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica M.O. = Materia Orgánica RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Pasta Saturada M.O. = Dicromato de Potasio Al+H = Titulación NaOH





RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

Tabla 4: Reporte de recomendación de fertilización

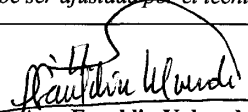
 INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Panamericana sur Km. 1, Apartado 17-01-340 Telefax: 2690-694 Email: dmsasc@iniapsc.gov.ec Quito-Ecuador	 DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS INIAP-ERSC
--	---	---

RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACION

Nombre del Propietario: FATIMA RUIZ
Fecha: 26 de enero de 2011

MUESTRA No.	CULTIVO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	FERTILIZANTE Fuente	CANTIDAD Sacos de 50kg	EPOCA Y FORMA DE APLICACIÓN
		kg/ha						
73846	MAÍZ	100	80	0	20			NOTA: Realizar los cálculos de fertilizantes de acuerdo a las fuentes a usar y el área de aplicación. El N fraccionar para dos o tres aplicaciones.
	BRÓCOLI	250	120	60	30			

OBSERVACIONES: La recomendación de fertilización se realiza en base al análisis químico del suelo, sin considerar la condición física y climática de la zona en cuestión, por lo tanto esta se constituye en una guía de fertilización que debe ser ajustada por el técnico de la zona.


 Ing. Agr. Franklin Valverde
RESPONSABLE DE LA RECOMENDACION

ANEXO B

DATOS DE LOS PARÁMETROS ALTURA, CALIBRE, NÚMERO DE HOJAS, PESO FRESCO, PESO SECO, PESO FRESCO TOTAL DEL MAÍZ Y BRÓCOLI

Tabla 5: Registro del mes de Febrero de Altura, calibre y Número de hojas para el Maíz

T1: 3kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
21,6	6	9	16,5	3,4	5	17,2	4	5
23,2	5	6	13,7	4	5	13,6	4	5
10,7	4,6	5	16,4	2,4	5	14,5	3	4
15,4	4,6	4	12,1	3	4	10,4	4,4	4
15,1	4,5	5	11,6	3,2	4	14,4	4	4
12,9	3,3	5	11,9	3,4	5	12,8	4,5	4
14,4	5,3	6	11,4	2,5	4	19,1	6	6
16,9	3,5	5	20,4	4,3	5	16,3	4,1	5
11	3,5	4	21,1	5	5	14,1	3	4
12,5	4	4	14,8	5	5	12,3	2,4	4
T2: 6 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	Mm		cm	mm				
22,3	6,4	6	10,7	4,5	5	5,9	3,3	5
14,3	4,3	5	13	4,6	6	18,5	3,5	5
11,4	3,2	5	16,3	3,7	5	21,5	5	6
11,5	3	5	24,6	3,7	5	15	3,2	5
23,1	8	6	18,4	3,5	5	13,9	3,3	5
10,9	2,6	5	12,9	3,5	5	18,5	3,4	5
24,6	6,4	5	12,8	3	5	12	3	4
20,5	3,5	5	15,7	3,2	5	9	2,7	4
16,7	5	5	16,1	3,2	5	17,7	3	4
20,5	3,5	5	15,7	3,2	5	8,5	2,3	4

T3: 9 kg/m ²								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
9	2	4	26,9	4,7	6	17,3	4,6	5
8,6	3	4	25,1	5,5	6	15,1	4	6
13,3	3,4	5	19,5	3,3	5	13,9	4	5
22,5	4,3	5	31,7	5,4	6	23,7	4,6	6
14,9	3,4	5	14,5	3,5	6	20,4	4	5
19	5	6	31,5	6	5	13,7	4	6
17	4	5	18	4	6	23,5	4,6	5
12,6	3,1	4	21,9	5	5	19,9	4	6
15	3,3	5	22,3	5,2	5	17	4,3	5
14,5	3	5	18,7	3,6	6	17,9	2,5	4
T4: 6 kg/m ² +50 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
18,9	3,3	5	22,3	4,4	6	13,6	3	5
13,5	3,3	5	24,9	4,7	5	16,8	2,6	5
11,4	3,5	5	18	3,5	5	12	3,4	5
16,9	4,3	5	19,9	4,5	4	18	4,1	5
20,8	4,3	6	17,6	3,3	5	16,8	4,3	5
20,4	3,5	5	18,4	3,5	6	18,5	3,5	5
13	3,4	4	13,4	2	5	13,5	5	5
21	3,6	5	19,4	3,4	4	14,3	3,2	4
17	3,6	5	13,6	3,4	5	22	4,2	4
20,6	4,5	6	26,9	4	5	19,9	3,6	4
T5: 100 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
20,1	4,5	5	12	3,2	4	18,8	4	5
17,3	4	5	14	3	5	18,5	3	4
21,6	4,5	6	8,2	2,8	4	11,8	3,3	5

12	2,6	4	18,4	2,7	4	9	3	4
9,1	2,2	4	18,6	3,3	5	14	3	5
22,6	3	5	16,6	3,4	5	11,5	2	4
14,9	3	4	15,3	3	5	11,7	3,4	4
13,3	2	4	14,9	3,3	5	15,3	3,4	5
14,9	2,7	4	19	3,6	5	13,9	3,5	5
25,5	4,7	6	20	2,5	3	16,8	2,7	5
T6: TESTIGO								
R1			R2			R3		
		NUMERO DE HOJAS			NUMERO DE HOJAS			NUMERO DE HOJAS
ALTURA	CALIBRE		ALTURA	CALIBRE		ALTURA	CALIBRE	
cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
13,2	2	4	10,4	2,3	4	10,5	2	4
12,6	2	4	8,3	3	4	9,1	2	3
14,5	2	4	9,4	1,6	3	7,2	2	3
19,8	2,6	5	8,3	2,4	4	7,2	2	3
18	4	4	14,3	2,5	3	14,7	2,5	4
17,5	3,8	4	9,4	2	3	9,5	2,7	3
19,5	3,4	5	16,4	2,3	4	8,2	2,3	4
20,5	3,5	5	17,8	3	4	14	2,7	4
10	2,6	4	12,3	1,7	4	13,3	3	4
14,2	2,5	4	17,7	3	4	16,8	3	4

Tabla 6 : Registro del mes de Marzo de Altura, calibre y Numero de hojas para Maíz

T1: 3kg/m2								
R1			R2			R3		
		NUMERO DE HOJAS			NUMERO DE HOJAS			NUMERO DE HOJAS
ALTURA	CALIBRE		ALTURA	CALIBRE		ALTURA	CALIBRE	
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
60	9	7	38,6	6,9	6	38,3	5,6	4
50,2	7	6	46,1	6,4	6	34,4	5,5	5
93	15	8	47,2	4,8	5	43,1	5,5	5
47,2	7,7	7	44,2	6	5	39,7	4,9	5
53,6	7,8	8	37,5	5,8	4	47,7	5	6
45,1	6	5	44,5	6	6	36,8	4,7	5
64,7	10,5	4	28	5	4	37,1	5,8	6

36,6	5,2	5	44,3	5,5	6	36,8	5,6	6
57,6	8,4	7	30,2	4	4	34,7	4,4	5
45,6	6,3	6	43,7	5,2	6	28,5	3,9	5
T2: 6 kg/m²								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
40,1	9	7	40,9	5,5	5	46,4	9,4	6
45,6	7	5	37,3	5,4	5	29,8	4	5
53,7	5	5	43,4	6,3	5	28,7	4,5	4
32,7	5	6	42,2	6	6	46,8	7	5
34,8	5,4	5	29,8	6,4	5	44,3	5,7	5
44,6	6,2	6	58,6	7,6	6	43,2	5,4	5
53,3	8,4	7	48,7	7	6	40,1	5,6	5
29,8	6,4	5	45,2	9	6	49,5	8,5	5
33,3	5,6	5	50,3	7,2	6	27,6	5,3	4
45,6	5,7	5	41,8	5	5	48,03	6,3	6
T3: 9 kg/m²								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
29,2	4	5	56,8	9,5	5	35,2	5	5
20,7	5	5	65,9	13,2	6	69,8	10,6	5
43,1	6,6	5	65,7	10,3	6	52,5	7,7	5
40	6	5	60,3	8,9	6	36,3	6	5
49,3	7,7	5	72,8	10,2	7	51	7,7	6
51,3	7,8	5	68,2	11,4	6	45,4	7	5
50,5	7,4	5	45,3	7	6	44,4	6	5
39,3	5,6	5	75,2	13	7	61,2	8,6	5
52,3	8,8	6	62,3	8,6	7	30,6	3,5	5
47,2	8	6	58,2	9,8	6	50,6	8	6
T4: 6 kg/m² +50 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	

59,2	10	7	80,8	15	7	96,3	17,5	7
77,4	14,6	7	86,2	17	6	83,5	16,2	7
55,3	10	5	71,2	9	8	74,4	13,3	7
60,4	10,3	6	91,1	15	6	83,3	14,7	7
77,7	12,4	6	96,5	15	6	73,6	15	7
61,3	8,2	5	84,3	12,3	6	80,3	13,7	6
78,7	12,7	7	86,3	15	6	100,23	12	8
76,2	12,4	7	93,7	16,6	7	84,3	17	7
60,2	10,1	6	73,3	10,9	7	71,2	12,3	7
77,5	12,2	6	84,1	11,9	6	64	10	6
T5: 100 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
76,3	10	6	72,5	9	6	71,5	8	6
68,1	10	5	80,7	16,2	7	71,1	10	6
70,4	11	6	29	5,8	5	76,8	14	5
73,8	11,6	6	23,8	7	5	66,2	10	6
90,6	14,6	7	72	11,3	6	76,3	10	6
68,7	9	5	71	8,5	6	76,4	9,4	6
66	9	6	59,6	7	5	30,5	4,5	5
65	8,9	6	52,3	6,5	5	63,5	8	5
73,5	13,4	6	70	11	6	56,5	6,6	5
65,3	12	6	50	10,5	5	56,3	6,8	5
T6: TESTIGO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
40,2	5,3	6	48,2	6,4	6	23	3	4
31,1	2	5	32,2	4	6	14,8	2	2
26,6	3	5	27,3	3,4	5	16,6	3	4
40,4	6	5	33,1	4	5	18,1	3	4
29,1	3,6	5	23,2	3	5	13,6	2	3
38,1	5,5	5	28,6	3,6	5	18	2,4	4
41,1	4,5	5	40,2	4,4	4	29,8	4,6	5
33,2	4,3	5	26,7	3	4	16,3	3	4
37,3	4,9	5	18,2	2,9	3	17,9	3	4

37	4,5	5	17,9	2,5	3	12,9	2	3
----	-----	---	------	-----	---	------	---	---

Tabla 7 : Registro del mes de abril de Altura, calibre y Numero de hojas para Maíz

T1: 3kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
154,3	25	8	56,4	9	6	56,3	8,6	5
64,6	11	5	61,9	9,4	6	61,8	9,5	5
132,5	24	8	64,7	11,2	5	64,3	6,2	6
129,8	18	7	62,6	8	6	48,4	6,4	5
91,5	12	6	60,8	7,5	5	45,9	8,2	6
94,3	15	6	64,2	8,4	5	62	9	6
95,1	16	6	51,8	10	5	70	7,7	5
100,3	16,2	6	63,4	7,4	6	75,4	7	5
83,4	12	6	58,3	8,5	6	48	9	5
79,3	11,3	5	58,8	7,7	6	69,2	10	6
T2: 6 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	
78,2	7	7	48,4	6,4	5	59,4	12	5
72	9,3	7	52,3	8,4	6	70	9	5
65,2	8,6	5	69,2	9,2	5	68	10	5
62,3	9,5	5	77,3	9,3	6	57,4	9	5
56	12,3	6	77	12,6	6	65,3	12	6
81	10	7	90,3	11,4	6	66,2	12	7
82	8,5	6	46	10	6	55	6,6	5
66,2	10,3	5	63	9	6	55,6	8	5
65,3	13,3	6	77,3	14	7	57	12,3	5
81,5	11,3	7	82,8	12	6	62,3	10,4	6
T3: 9 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
Cm	Mm		cm	mm		cm	mm	

67,3	12	6	89	17,4	6	87	15,4	6
82,3	13	7	98	19	6	86,3	13,5	6
82	12	6	132,8	21	8	90	14,6	7
86,8	14,4	7	100	16	7	93	14	6
80	10,6	5	91	14,5	6	94,8	13,5	6
66,2	9,4	5	82	11,7	6	78,4	12	6
80	10	5	73	10,5	6	112	15	7
92,3	13,4	5	73	10	6	79	13	6
59	11	5	88	10,5	6	67,8	11,2	6
54	9,4	6	66,8	9,4	6	52	9	5
T4: 6 kg/m2 +50 % FERTILIZANTE QUIMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
140	15	8	156	17,5	7	147	19,8	8
120	17,9	8	179	17,5	7	178,9	20	8
122,8	16,4	7	163	17	8	190	22	9
144,2	19	9	135	13,6	7	156	15,6	7
123	20,8	9	123	14	8	176	25,4	8
133	16,7	7	170,4	20	8	156	20	7
138	18	7	140	17,6	6	173	20	8
174,5	19	8	184	19	7	144	17	7
153,6	19,5	8	152	15,5	8	175	22,6	7
123	21,9	8	177	19	8	181	22	8
T5: 100 % FERTILIZANTE QUIMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
158	21,3	7	140	17	7	100	10,4	6
112	17	6	130	12	6	177	21,4	7
153	19	8	145,5	22	7	140	22	7
154	17	7	156,4	21,4	6	117	16,4	6
165,5	24	8	176	23	8	139	21,2	6
155	20	6	146	17,3	6	87	12,5	7
143	19	7	132	11,5	6	122,6	17,7	6
167	13,4	5	156	18,6	7	149	17,5	6
155	15,2	7	135	19	6	140	22	7
135	18,3	7	159	18	6	116	16,2	6
T6: TESTIGO								

R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
48	6,4	5	38	5	7	29	4	5
61	8	6	26	3,4	5	35	4	5
42	5,3	6	56	6	6	29	3	5
55	9	6	44	7,4	5	28	3,4	5
60,3	8	5	23	2,5	4	30	4	5
53,6	7	6	41	5	5	40	4,4	5
60	6	5	76	9	7	37	5	7
44	6,4	6	53	7	6	24	3,4	5
55	7,4	6	46	4	5	55	7,4	6
39	5	6	42	6	6	46	6	5

Tabla 8 : Registro del mes de FEBRERO de Altura, calibre y Numero de hojas para EL BROCOLI

T1: 3kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
6,6	2,7	6	7,6	3,2	7	11,5	3,2	6
9,1	3,3	7	6,7	2,3	5	9,6	4	6
11,6	3,3	6	10,1	4,1	7	13,4	3,4	7
12,1	4	6	12,1	3	6	9,6	2,5	6
6,3	4	6	11,3	2,3	5	10,1	3,1	8
10,6	2,4	6	8,5	2,4	6	8,4	2,2	6
12,8	3,5	7	8,9	3,5	7	9,7	4	7
9,9	3,3	7	9,2	3	5	15	4	5
11,4	2,5	7	8,4	2	5	13,3	2,1	6
10,4	2,5	5	13,3	3,4	5	9,5	3	6
T2: 6 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
10,5	3	7	11	3	6	10,5	3	6
9,1	2,5	5	13,7	3,7	7	12,6	3,7	7

12,4	3	6	12,5	3,3	6	12,5	3,3	6
9,2	2,5	7	10,1	3,3	6	10,5	2,9	7
4,9	2,5	4	8,3	1,9	6	8,9	1,7	6
8,9	2,5	6	15,1	4,4	7	14,9	4,4	7
9,6	2,3	6	11,5	3,4	6	11,5	3,4	6
7,1	4	6	15,3	4,4	6	15,3	4	6
7	2	6	16,9	5,5	7	16,7	5	7
7,3	2,3	6	10,9	3	6	10,9	3	6

T3: 9 kg/m2

R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
7,5	2	6	12	3,1	6	8,5	3,4	5
9	3	6	10,5	3	7	9	2,7	5
7,5	3	6	8,9	2	6	8,4	3	6
5,5	2,5	7	10,1	2,4	6	9,7	2,4	7
8,4	5	7	17,4	3	7	10,6	4,4	6
7,5	4	6	9,7	2,6	6	13	2,9	6
8,4	4	6	12,3	3,6	6	7,5	1,9	6
6,4	2,3	6	10,3	4,5	6	8,7	3,3	5
5,5	3	7	11,4	3,3	6	7,9	3	6
11	4	6	9,7	2,6	6	8	1,4	5

T4: 6 kg/m2 +50 % FERTILIZANTE QUÍMICO

R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
12	3,7	7	11	3,2	6	8	2,2	5
7,5	2,5	6	12,5	4,6	6	9,1	2,7	6
12,5	4	8	12	3,4	7	8,5	2	5
6,4	2	5	10	4	6	7,1	2,4	6
6,2	4	6	13,7	4,4	7	8,8	3	5
5,5	2	6	10,3	2,3	6	8,8	2,4	6
9	4,4	6	9,7	2,7	7	11,4	3	6
11,3	4,2	7	11	4	6	8,9	2,4	6
9,8	2,5	5	9,6	3	5	10,9	3,3	6
13,9	4,4	7	14,7	4,6	7	7,2	2,6	6

T5: 100 % FERTILIZANTE QUÍMICO

R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE

		HOJAS				HOJAS				
cm	mm			cm	mm			cm	mm	
7,6	3	4		8,7	2,5	6		8,8	1,7	5
14,6	3	5		9,5	3	6		5,4	1,9	6
10,2	2,2	6		9,5	2,4	6		6,9	1,6	5
9	2,3	6		9,4	1,5	6		5	1,4	3
6,3	2,2	5		9,4	1,6	5		6,4	1,6	5
10,6	2,8	5		6	2,3	5		7	1,3	5
7,9	2,2	5		8,5	2,1	6		7,3	2	3
7,2	2,5	5		9,9	2,6	5		8,9	1,6	5
7,2	3	5		7,4	2,2	7		7,6	2	5
12,4	3,5	6		7,7	2	6		8,9	2,2	5
T6: TESTIGO										
R1			R2			R3				
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS		
cm	mm		cm	mm		cm	mm			
7,8	2	3	9,1	2	4	8,3	2	4		
8,8	2	4	8,2	2	4	7,3	1,5	3		
11,6	2,6	5	8,9	2	4	8,9	1,7	4		
8,1	2	4	7	2,3	4	8,9	2	4		
7,1	2,5	5	7,6	2	3	8,6	1,4	4		
7,9	1,6	2	8,8	2	4	8,8	1,6	2		
8	1,5	3	8,6	1,6	4	7	2	2		
9,9	2	4	8,1	1,6	5	8,8	1,5	3		
7,8	1,6	4	8	2,6	5	7,8	1,5	4		
6,5	1,9	3	8,2	1,6	4	6,6	1,4	2		

**Tabla 9 : Registro del mes de marzo de Altura, calibre y Numero de hojas para
EL BRÓCOLI**

T1: 3 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
14	4	7	10,5	4	6	14,5	4,5	7
8,8	4,4	5	15,4	7,6	7	11,1	3,6	5

15,1	4,6	7	13,5	4,4	6	11,6	3,3	6
15,7	5,3	6	12,5	3,5	6	13	4,2	7
16,9	6,5	6	13,2	4,5	6	11,1	3,9	7
14	4,4	6	14,4	5,4	6	16,5	5	8
11	3	5	13,2	4,2	6	14	5	6
12,4	3,4	5	17	5,8	7	15,6	5,3	7
18,3	5,1	6	13	4,4	6	16,7	4,3	8
19,6	6,9	7	12,8	3,5	6	18,6	7	8
T2: 6 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
10,3	4,2	5	13,9	5	6	11,5	4,5	6
11,6	4,4	6	16,4	5,5	8	10,9	4	6
12,5	4,3	6	14,6	5	6	12,8	4,7	7
11,4	4,7	7	16	6	7	9,6	3,5	5
13,6	4,5	6	16	4,8	5	12,8	5	6
14,4	4,4	6	18,5	7	7	12,5	4,3	6
10,6	3,4	7	16,5	6,2	6	13,6	4	6
10,7	3,4	6	18	6,5	7	14,5	5	6
10,9	5,3	7	26,4	8,6	6	12,4	4	5
22,1	2,6	7	19,1	7	6	10,9	5,3	7
T3: 9 kg/m2								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
18,8	5	7	15,6	5	6	15,1	6	6
16,4	6,4	6	18,5	6,1	6	19,4	5	6
16,1	6	7	12,3	5	6	19,4	6,2	7
17,2	6	7	11,9	5	6	15	4,4	7
12,5	3,4	6	22	6,3	7	27,4	5,3	6
13,4	5,4	5	11,5	4	6	13,4	7,6	7
16,9	6,5	6	11,7	3,6	5	14,9	5	5
16,9	7	7	14,8	5,3	7	15	6	6
16,7	6	7	16,7	5,4	6	18,9	5,9	6
11,8	3,4	6	16,5	5,2	6	19	4,8	6
T4: 6 kg/m2 +50 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE

		HOJAS				HOJAS				
cm	mm			cm	mm			cm	mm	
35,2	12	9		41,6	15,1	9		38	10,5	6
38,1	13,8	11		44,1	14,4	9		38,5	10,2	7
30,9	11,6	9		41,6	12,6	8		35,7	10	7
29,6	7,6	7		43,3	13,2	8		43,4	10	7
24,8	10	7		43,8	15,4	9		42,9	12,3	8
29,9	10	7		46,8	17,7	8		37,8	11,2	7
28,6	9,6	8		46,7	18	8		35,1	10,9	7
40,2	17	9		41,8	18	8		40,8	11,5	8
33	13,5	7		43,5	15,1	9		37,9	10,4	7
39,3	14,6	8		46,5	17,5	8		34,9	10,5	7
T5: 100 % FERTILIZANTE QUÍMICO										
R1			R2			R3				
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS		
cm	mm		cm	mm		cm	mm			
27,2	6	6	31,7	10,2	6	28,4	7,5	6		
29,6	9	6	28,3	8	6	25,7	10	6		
36,4	11	7	36,1	10	6	25,2	7	6		
27,8	10	7	29	8	5	24,6	8	7		
29	8	6	29,8	9	6	31,3	9,6	7		
27,3	8,6	6	33,6	9,4	6	24,8	9	7		
30,5	9	6	34,3	10	7	27,6	8	6		
30,9	10	7	35,6	10	7	25,5	10	6		
28,8	8	6	28,9	8	5	25,4	7	6		
27,2	8,6	6	29,5	9	6	24,8	8	7		
T6: TESTIGO									R3	
R1			R2			R3				
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS		
cm	mm		cm	mm		cm	mm			
8,5	2,3	3	11,6	2,6	5	8,8	2,6	5		
11,1	2,5	4	7,9	2	4	7	2	4		
16,2	4,7	5	9	1,7	5	9,4	2,3	5		
10,2	3	4	8,1	2	4	8,6	3	4		
10,4	3,3	4	10,5	3,2	5	8,5	2	4		
9,6	3	3	9	2,3	4	6,7	2	2		
9,5	3	3	10,5	2,5	4	8,2	2	3		
6,7	2	2	9,4	2,3	4	9,1	2,5	4		
6,5	2	2	10,8	3,6	5	5	2	4		

6,7	2	2	8,4	3,6	4	6	2	4
-----	---	---	-----	-----	---	---	---	---

Tabla 10 : Registro del mes de ABRIL de Altura, calibre y Numero de hojas para EL BRÓCOLI

T1: 3 kg/m ²								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
16	9,6	5	7,3	5	5	13	5,5	7
16,2	8,4	5	11,6	6	6	12,9	5,5	6
8,7	5,3	5	12,2	6	9	16,4	8,4	6
15,3	7,3	5	15,8	7,5	8	13,1	5,5	7
18,1	8,5	7	17,8	8,6	8	19,2	7,4	7
14,3	7,2	6	13,3	7,4	7	11	5	6
22,4	10,5	9	11,2	9	8	23,4	10,4	9
19,3	9	5	18,2	8,6	7	22,3	7,6	8
14,2	7	6	22,3	11,4	12	19	8	7
10,8	4,6	6	14,7	9,4	8	14,2	6,6	5
T2: 6 kg/m ²								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
13,6	6,3	7	20	7	8	10	4,3	6
13,3	6	7	17,3	9,2	8	12,3	6,5	8
9,7	5,5	5	16	8	6	12,4	7	4
12,3	5,5	6	21	9	8	12,7	6,3	6
11,7	5,2	6	16,8	8,7	8	15,3	7	8
15,6	6,4	8	21	8,5	9	10,9	5,4	6
13,8	6,5	6	18	8,5	7	14,8	7	8
12,7	4,8	7	29	10	9	13	8,2	7
13,3	5,4	8	30,8	15	11	15,3	8	8
11,8	6	7	19,7	10	9	13,8	7	7
T3: 9 kg/m ²								

R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
18,8	8	7	12,5	5	4	15,8	8	7
20,9	10,6	8	24,8	10	8	18	9	9
18,3	10	8	18,8	8,4	9	17	7	7
19	9	9	13,6	5,3	6	28,3	11	10
14,3	6,4	5	28,5	11,6	8	21,3	10	10
20,3	8	6	14,8	7,3	7	18,8	9,6	7
18,8	8	9	14	8	8	17,7	7,3	6
16,7	8	6	20	8,7	6	31	16	11
13,1	6,3	6	18	9	6	22	13,4	11
11,7	6	6	13,7	6,4	7	19,7	13	11
T4: 6 kg/m2 +50 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	Nº DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	Nº DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	Nº DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
45	21	11	59	25	15	55,3	22,5	18
49	27	12	66	30	17	56,5	27	11
56	29	16	58	32	17	52	29,4	15
56,6	23,4	15	59,3	29	15	55,5	24	13
56	29	16	51	29	15	48,4	26,2	13
55	30,5	15	56	26	15	55	24,4	13
48	19	11	56	26	14	56	30	14
59	28,5	15	53	23	15	53	29	12
49	28	15	64	28	14	45	22	11
55	25,3	15	45	21	13	55	25	13
T5: 100 % FERTILIZANTE QUÍMICO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
38,6	18	9	58,8	22	12	55	24	13
36,8	17,6	10	54,3	24,5	13	55,3	24,5	13
29,4	14	10	54	22	13	54	21	14
46,6	21	12	57,3	26,6	12	52	20	4
41,3	16,4	10	54,2	20,5	13	48	16	11

47,7	28	11	52	22	12	53,8	15	12
46,3	26,5	14	54	24,4	13	57	26	12
48	26,5	13	53	22,4	12	54	20	13
55	25,6	12	49	20,4	12	51,5	21	12
60,1	20,4	10	45	20	12	52,6	22,8	13
T6: TESTIGO								
R1			R2			R3		
ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	CALIBRE	NUMERO DE HOJAS
cm	mm		cm	mm		cm	mm	
10	3	5	4	2,6	5	9,8	3	5
16,5	6	7	10	2,7	3	16,3	6	7
11	4,4	5	10	2,7	4	10,5	4,4	5
12	4	6	9,8	2,3	5	12,5	4	6
10	2,4	5	10	2,4	5	10,8	2,9	5
11	2	6	9,8	3	6	11	2	6
13	3,2	6	10,2	3	5	9,9	2,7	4
9	2,2	5	8	2	3	9,4	2,8	5
9,2	2	5	8	2	4	9	2,6	5
11	4,3	5	8	2,7	3	9,5	3	6

Tabla 11. PESO FRESCO – PESO SECO – MAÍZ

MUESTREO	TRATAMIENTOS	REPLICAS	PESO FRESCO (kg)	PESO SECO (kg)
FEBRERO	T1: 3 kg/m ²	R1	0,00271	0,00017
		R2	0,00336	0,000215
		R3	0,00243	0,00031
	T2 : 6 kg/m ²	R1	0,00197	0,00029
		R2	0,00338	0,00037
		R3	0,00526	0,00058
	T3: 9 kg/m ²	R1	0,00175	0,0002
		R2	0,0033	0,0004
		R3	0,00185	0,0002
	T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante químico	R1	0,0025	0,00037
		R2	0,00201	0,00023
		R3	0,00176	0,0002
	T5: 100 % Fertilizante Químico	R1	0,00254	0,00032
		R2	0,00158	0,0002
		R3	0,00143	0,00016

		R1	0,0011	0,00016	
		R2	0,00108	0,00012	
	T6: Testigo	R3	0,0065	8,00E-05	
MARZO	T1: 3 kg/m ²	R1	0,0052	0,00074	
		R2	0,00454	0,00066	
		R3	0,02685	0,00491	
	T2 : 6 kg/m ²	R1	0,01011	0,00135	
		R2	0,01776	0,00205	
		R3	0,01096	0,00184	
	T3: 9 kg/m ²	R1	0,05482	0,00669	
		R2	0,04004	0,0057	
		R3	0,00818	0,00124	
	T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante químico	R1	0,07478	0,00832	
		R2	0,11448	0,01812	
		R3	0,06525	0,00769	
	T5: 100 % Fertilizante Químico	R1	0,03948	0,00451	
		R2	0,04884	0,00619	
		R3	0,06405	0,00768	
	T6: Testigo	R1	0,00231	0,00039	
		R2	0,00219	0,00037	
		R3	0,00112	0,00022	
	ABRIL	T1: 3 kg/m ²	R1	0,03398	0,00741
			R2	0,03299	0,00493
			R3	0,03583	0,00642
		T2 : 6 kg/m ²	R1	0,09769	0,0591
			R2	0,11208	0,01644
			R3	0,03887	0,006
T3: 9 kg/m ²		R1	0,25138	0,06254	
		R2	0,04418	0,00717	
		R3	0,09907	0,01597	
T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante químico		R1	0,28967	0,013787	
		R2	0,22124	0,07795	
		R3	0,68691	0,3121	
T5: 100 % Fertilizante Químico		R1	0,035493	0,007253	
		R2	0,41583	0,11192	
		R3	0,38327	0,06238	
T6: Testigo		R1	0,01119	0,00145	
		R2	0,02649	0,00295	
		R3	0,00965	0,00123	

Tabla 12. PESO SECO Y PESO FRESCO BRÓCOLI

MUESTREO	TRATAMIENTOS	REPLICAS	PESO FRESCO (kg)	PESO SECO (kg)
FEBRERO	T1: 3 kg/m ²	R1	0,00292	0,00047
		R2	0,00221	0,0004
		R3	0,0041	0,00062
	T2 : 6 kg/m ²	R1	0,00679	0,00162
		R2	0,00731	0,00167
		R3	0,0112	0,00179
	T3: 9 kg/m ²	R1	0,0188	0,00471
		R2	0,02373	0,00614
		R3	0,006168	0,00208
	T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante químico	R1	0,00283	0,00047
		R2	0,00108	0,0002
		R3	0,0031	0,00051
	T5: 100 % Fertilizante Químico	R1	0,01451	0,00342
		R2	0,0103	0,00262
		R3	0,00705	0,00168
	T6: Testigo	R1	0,00544	0,00172
		R2	0,02681	0,00689
		R3	0,0694	0,01254
MARZO	T1: 3 kg/m ²	R1	0,00453	0,00065
		R2	0,00182	0,00038
		R3	0,00268	0,00043
	T2 : 6 kg/m ²	R1	0,03357	0,00577
		R2	0,00815	0,00174
		R3	0,01745	0,00381
	T3: 9 kg/m ²	R1	0,01709	0,00471
		R2	0,06384	0,01388
		R3	0,05861	0,01333
	T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante químico	R1	0,00346	0,00041
		R2	0,00262	0,00038
		R3	0,00537	0,00071
	T5: 100 % Fertilizante Químico	R1	0,12791	0,01251
		R2	0,182	0,01896
		R3	0,016607	0,01633
	T6: Testigo	R1	0,83891	0,20292
		R2	1,2286	0,1726
		R3	0,59683	0,07526

ABRIL	T1: 3 kg/m ²	R1	0,00318	0,00046
		R2	0,00372	0,00052
		R3	0,00125	0,00019
	T2 : 6 kg/m ²	R1	0,12058	0,01373
		R2	0,06574	0,00765
		R3	0,08985	0,01122
	T3: 9 kg/m ²	R1	0,97978	0,192
		R2	0,43464	0,05971
		R3	0,18735	0,03301
	T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante químico	R1	0,00075	0,00014
		R2	0,00053	0,00012
		R3	0,00089	0,00018
	T5: 100 % Fertilizante Químico	R1	0,00244	0,00075
		R2	0,00251	0,00077
		R3	0,00127	0,00037
	T6: Testigo	R1	0,00214	0,00071
		R2	0,0048	0,00136
		R3	0,00123	0,00065

Tabla 13. PESO FRESCO TOTAL MAÍZ

3 kg / m ²			6 kg / m ²			9 kg / m ²		
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0,27988	0,02208	0,03874	0,06593	0,0813	0,05357	0,05796	0,13343	0,07294
0,09255	0,03867	0,03869	0,06891	0,01636	0,01546	0,00952	0,18432	0,0584
0,05154	0,0201	0,02058	0,01632	0,04143	0,02331	0,01471	0,157	0,1697
0,10137	0,02479	0,02862	0,02678	0,08122	0,02999	0,07184	0,05687	0,045
0,02855	0,02681	0,04452	0,04944	0,03859	0,0284	0,02875	0,12911	0,12391
0,011405	0,03855	0,02668	0,1674	0,0277	0,06258	0,09137	0,02985	0,0939
0,0344	0,07735	0,02066	0,04221	0,02466	0,05129	0,08998	0,0677	0,02493
0,16026	0,0255	0,0138	0,03744	0,07233	0,02109	0,02994	0,11867	0,08416
0,06731	0,02707	0,03802	0,06648	0,07815	0,01658	0,06541	0,10691	0,11191
0,0503	0,02731	0,03829	0,09675	0,04302	0,02355	0,04931	0,082	0,02066
6 kg / m ² + 50 % Fertilizante Químico			100 % Fertilizante Químico			Testigo		
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0,29183	0,19071	0,24243	0,16231	0,27336	0,23151	0,00373	0,00286	0,01369
0,21775	0,16943	0,49211	0,23228	0,08485	0,32477	0,00824	0,00725	0,00628
0,38877	0,16273	0,25826	0,24553	0,28182	0,19125	0,01576	0,01885	0,01227

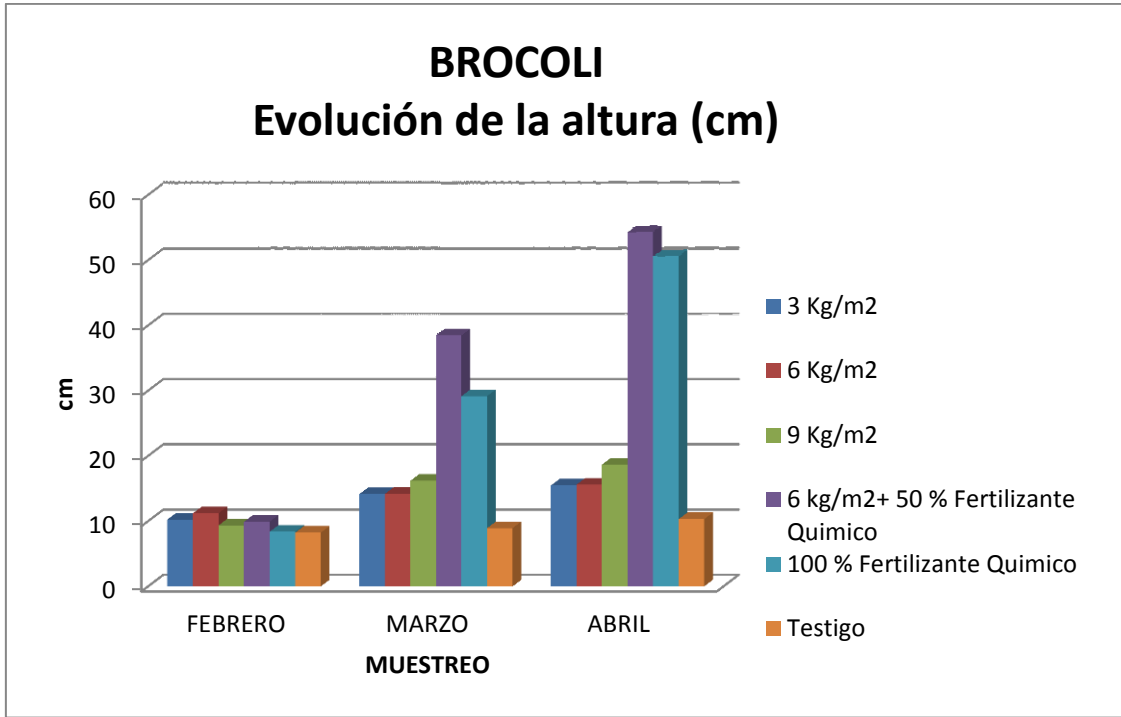
0,45912	0,31287	0,12719		0,29689	0,16355	0,19693		0,01366	0,01111	0,0105
0,24766	0,34103	0,31572		0,23696	0,21099	0,23498		0,04892	0,02379	0,00735
0,04638	0,40094	0,25215		0,1708	0,12857	0,32013		0,01812	0,01522	0,02837
0,31447	0,28831	0,25691		0,42086	0,09589	0,14889		0,01379	0,00591	0,000682
0,24578	0,28827	0,20361		0,19003	0,33536	0,27093		0,00774	0,03787	0,00676
0,23883	0,26009	0,29614		0,05599	0,14015	0,40081		0,00293	0,00602	0,03148
0,4084	0,18264	0,144		0,3918	0,29982	0,11042		0,01429	0,00235	0,00486

Tabla 14. PESO FRESCO TOTAL BRÓCOLI

3 kg / m ²				6 kg / m ²				9 kg / m ²		
R1	R2	R3		R1	R2	R3		R1	R2	R3
0,01208	0,02094	0,02599		0,00689	0,03704	0,00594		0,0259	0,02048	0,01656
0,01803	0,01733	0,01192		0,01145	0,03661	0,01008		0,03418	0,03072	0,15279
0,00494	0,03339	0,00795		0,00707	0,02615	0,02017		0,0071	0,00911	0,03647
0,01814	0,03447	0,02457		0,01199	0,05001	0,01042		0,00765	0,01068	0,00388
0,0244	0,01184	0,01576		0,0058	0,07364	0,00529		0,01764	0,03224	0,0042
0,01371	0,01862	0,07446		0,01175	0,03095	0,0218		0,02833	0,00458	0,02607
0,00313	0,01167	0,00724		0,01397	0,15552	0,01422		0,01047	0,06336	0,01532
0,02715	0,01969	0,00912		0,00922	0,01666	0,011		0,03553	0,03862	0,07604
0,01194	0,02722	0,01716		0,00365	0,05541	0,00485		0,0109	0,01232	0,04436
0,07613	0,0209	0,03362		0,01222	0,05538	0,00891		0,03721	0,00818	0,02256
6 kg / m² + 50 % Fertilizante Químico				100 % Fertilizante Químico				Testigo		
R1	R2	R3		R1	R2	R3		R1	R2	R3
0,54977	0,33176	0,22207		0,75606	0,45302	0,72219		0,00372	0,00295	0,00119
0,67042	0,59711	0,91903		0,35994	0,57951	0,46054		0,00184	0,00293	0,00391
1,18934	0,49433	0,53648		0,426	0,43038	0,51736		0,00064	0,00323	0,00003
0,36568	0,70314	0,4045		0,5119	0,23051	0,31953		0,00208	0,00215	0,0137
0,95347	0,33286	0,48479		0,20607	0,5614	0,75606		0,0017	0,0016	0,00168
0,35918	0,5175	0,71049		0,9333	0,66901	0,35994		0,00402	0,00148	0,00204
0,88967	0,48599	0,51093		0,13055	0,51023	0,42622		0,00538	0,00264	0,0033
0,83848	0,47938	0,41823		0,23876	0,50468	0,51194		0,00501	0,00146	0,00379
0,25244	0,35416	0,59663		0,46172	0,61916	0,20407		0,00403	0,00675	0,00162
0,62438	1,22275	0,49433		0,40822	0,94333	0,22051		0,00188	0,00138	0,0014

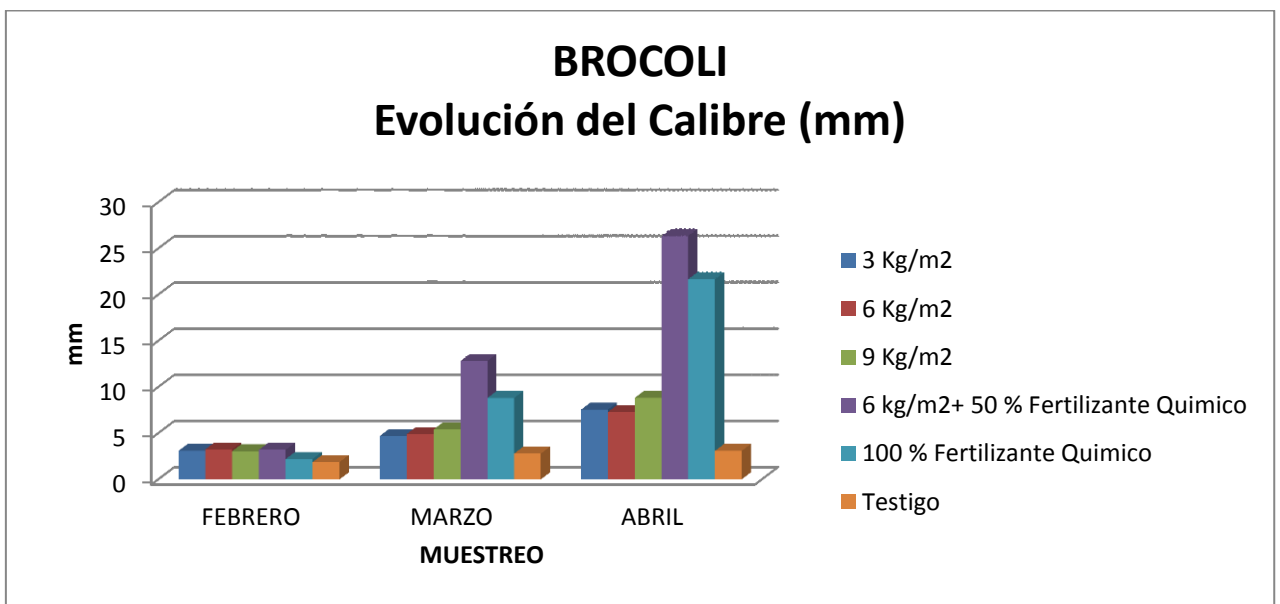
ANEXO C
GRAFICAS – BRÓCOLI (*Brassica oleracea*)

Gráfica 1. Evaluación de la altura en los tres meses de experimentación.



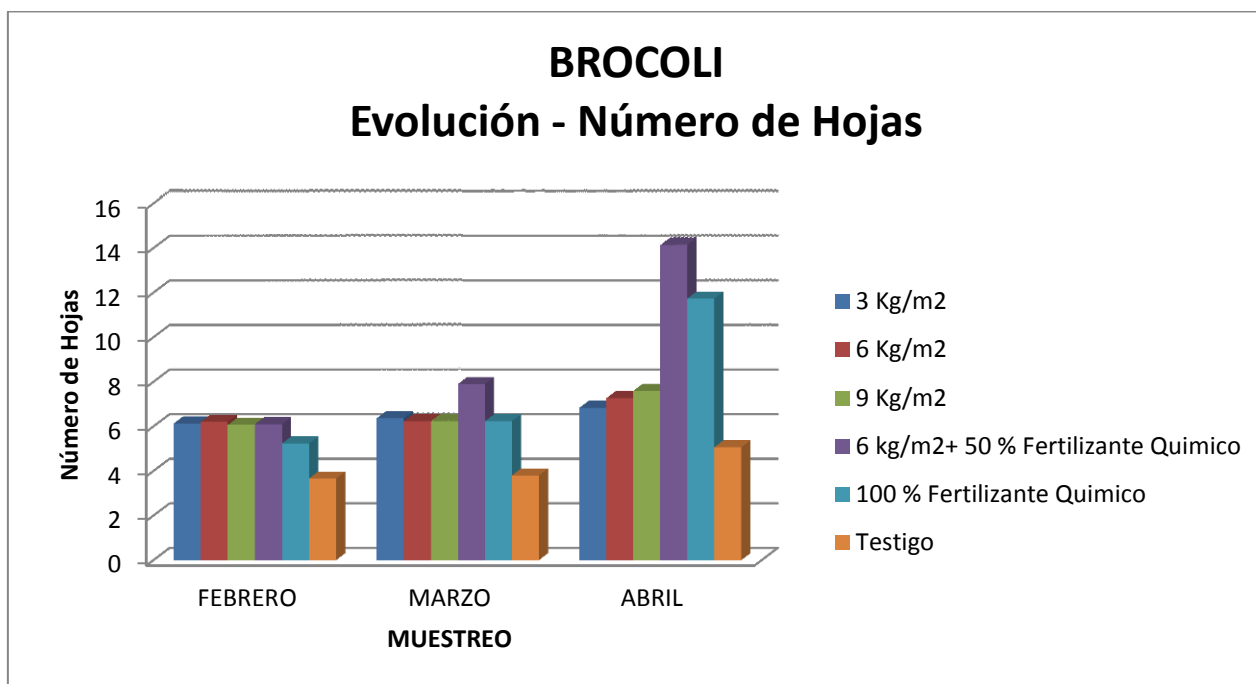
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 2. Evaluación del calibre en los tres meses de experimentación.



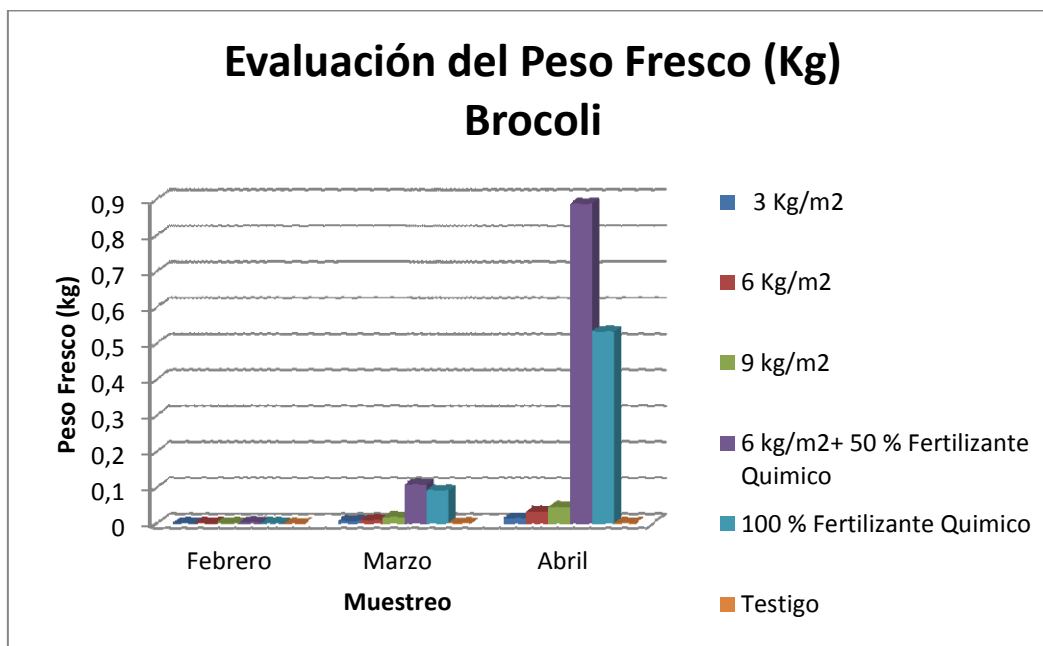
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 3. Evaluación del número de hojas en los tres meses de experimentación.



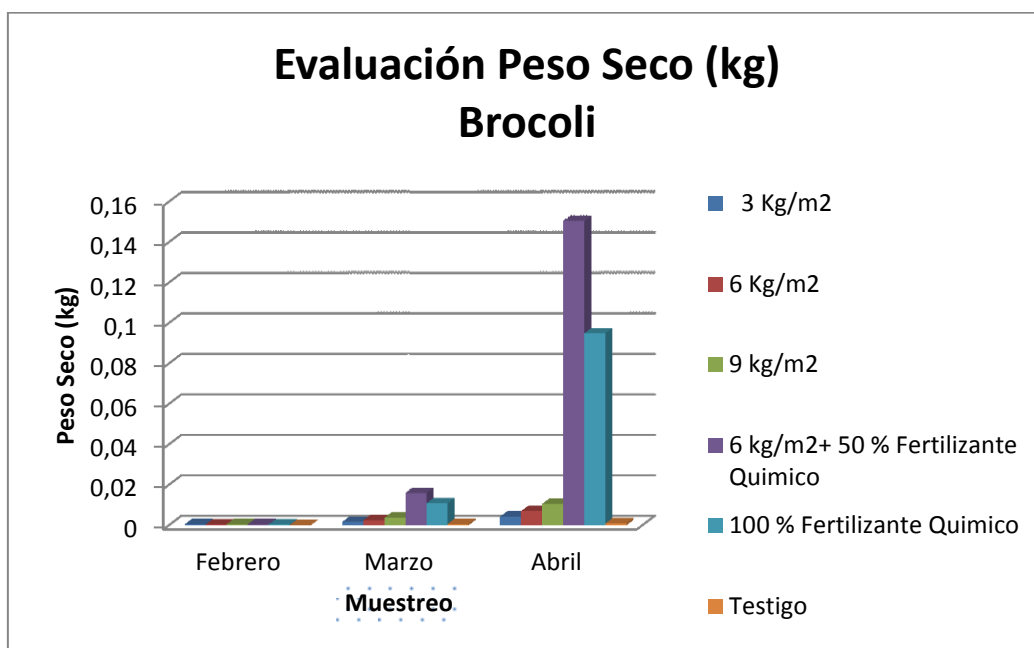
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 4. Evaluación del peso fresco en los tres meses de experimentación.



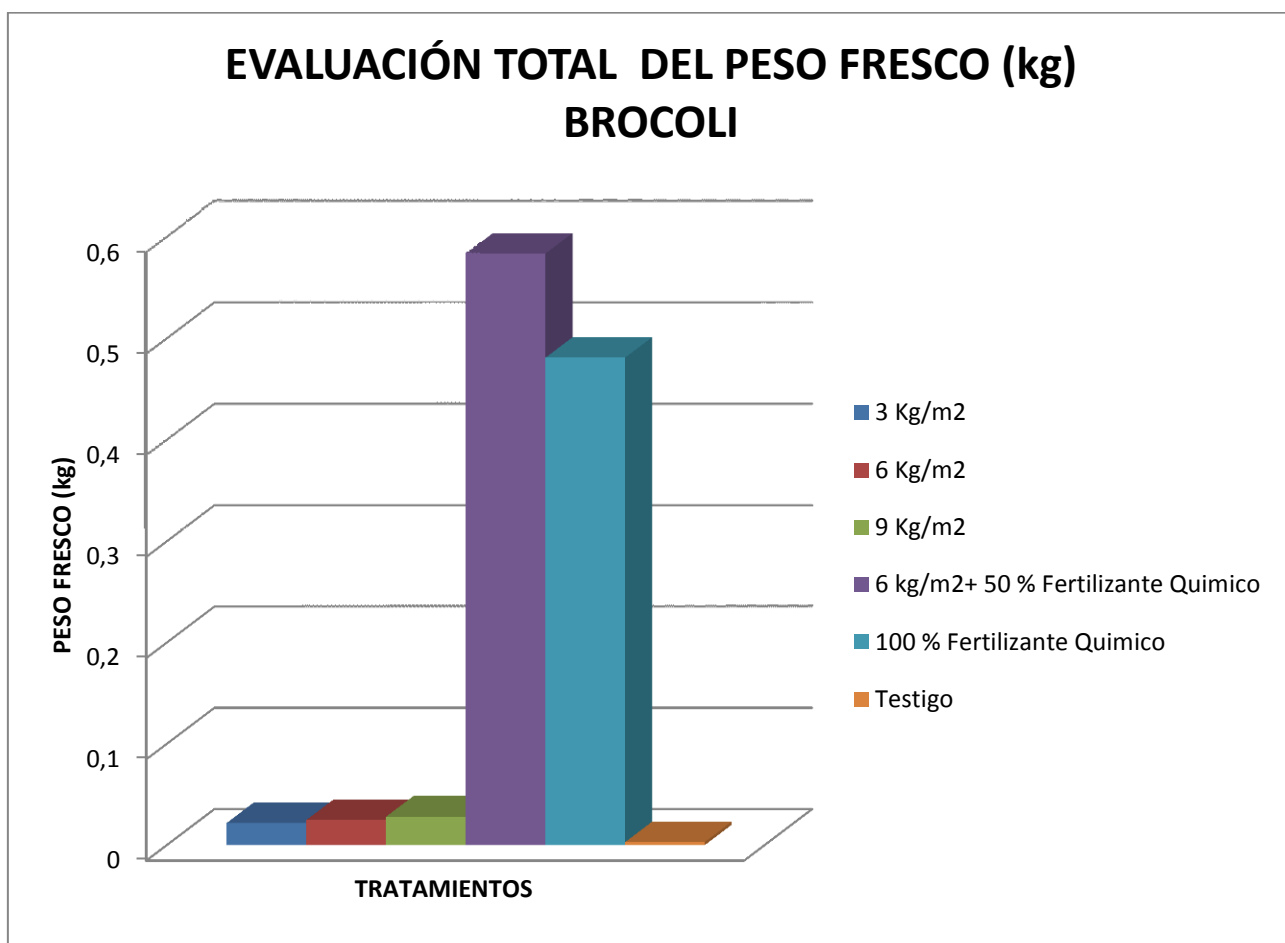
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 5. Evaluación del Peso seco en los tres meses de experimentación.



Elaborado por: Fátima Ruiz

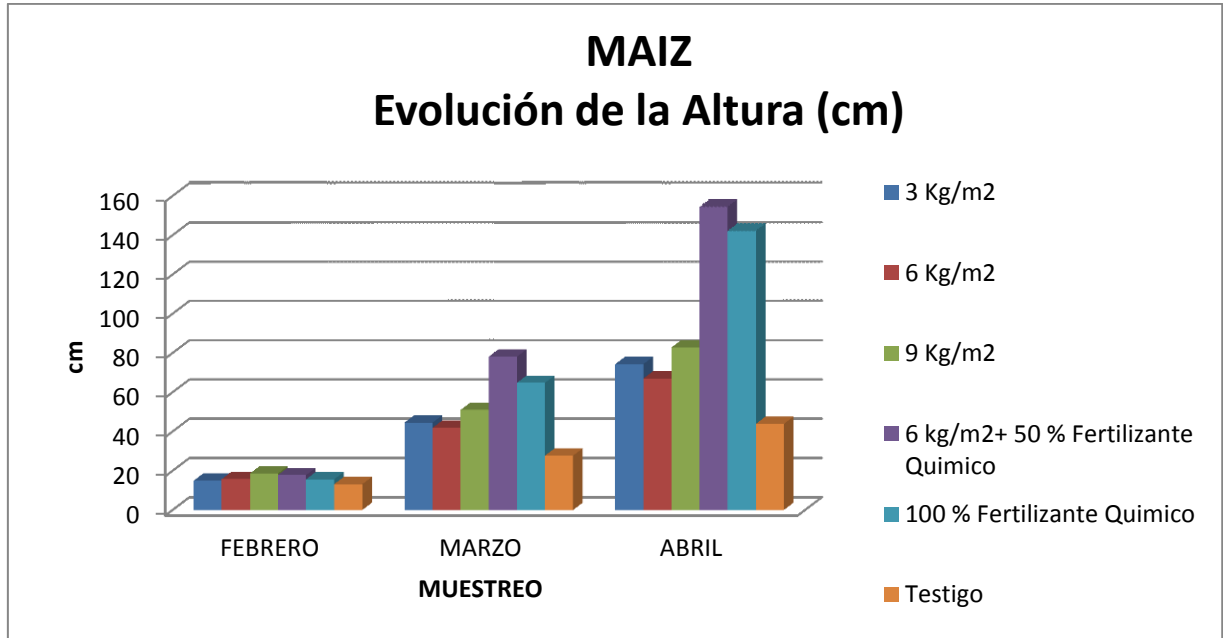
Gráfica 6. Evaluación total del peso fresco en los tres meses de experimentación.



Elaborado por: Fátima Ruiz

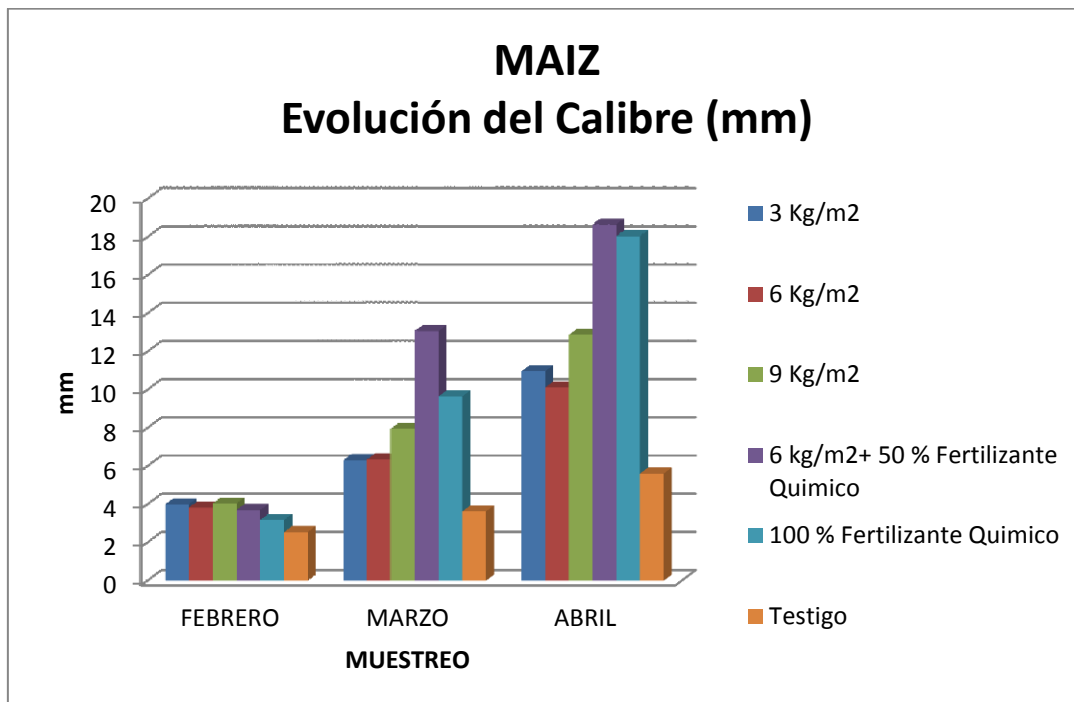
ANEXO D
GRAFICAS – MAÍZ (*Zea mays*)

Gráfica 7. Evaluación de la altura en los tres meses de experimentación.



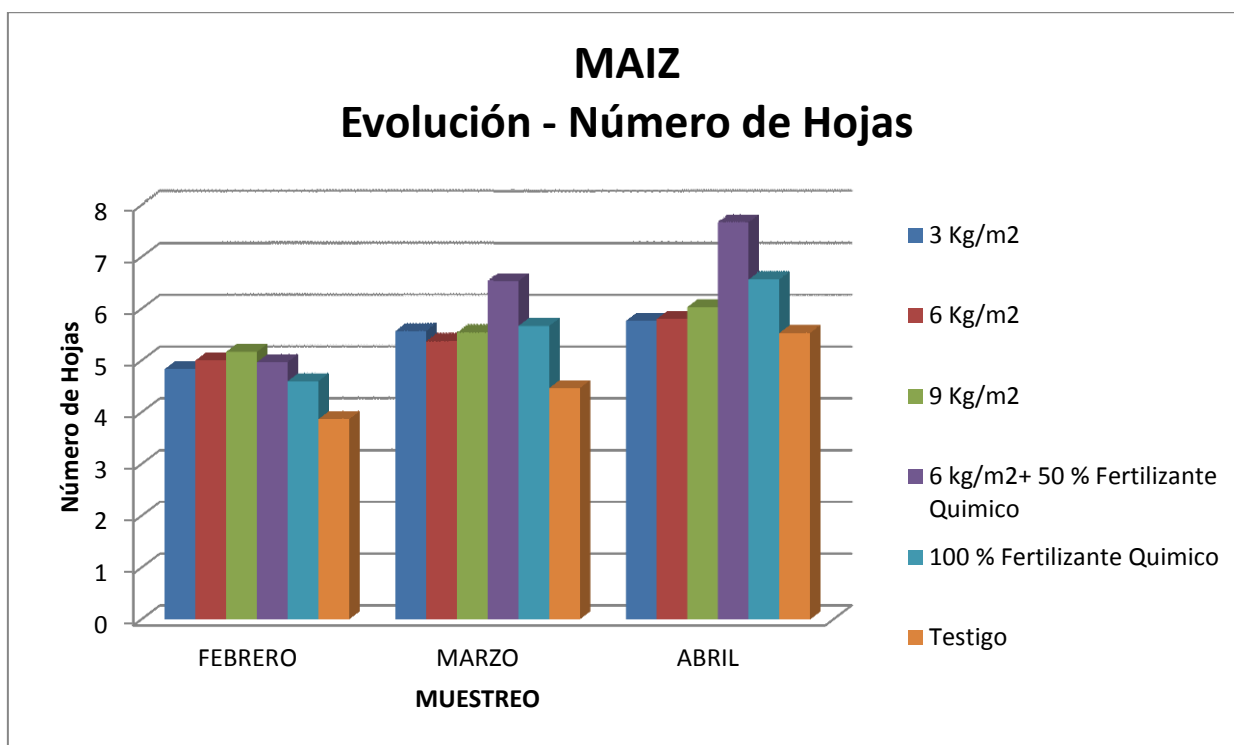
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 8. Evaluación del calibre en los tres meses de experimentación.



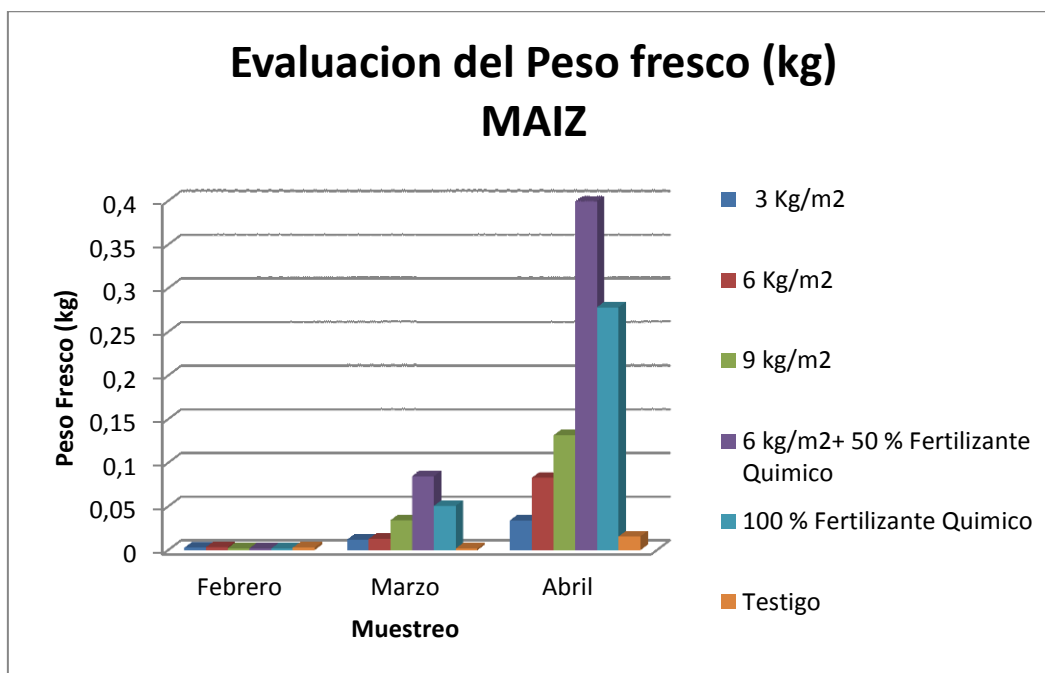
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 9. Evaluación del calibre en los tres meses de experimentación.



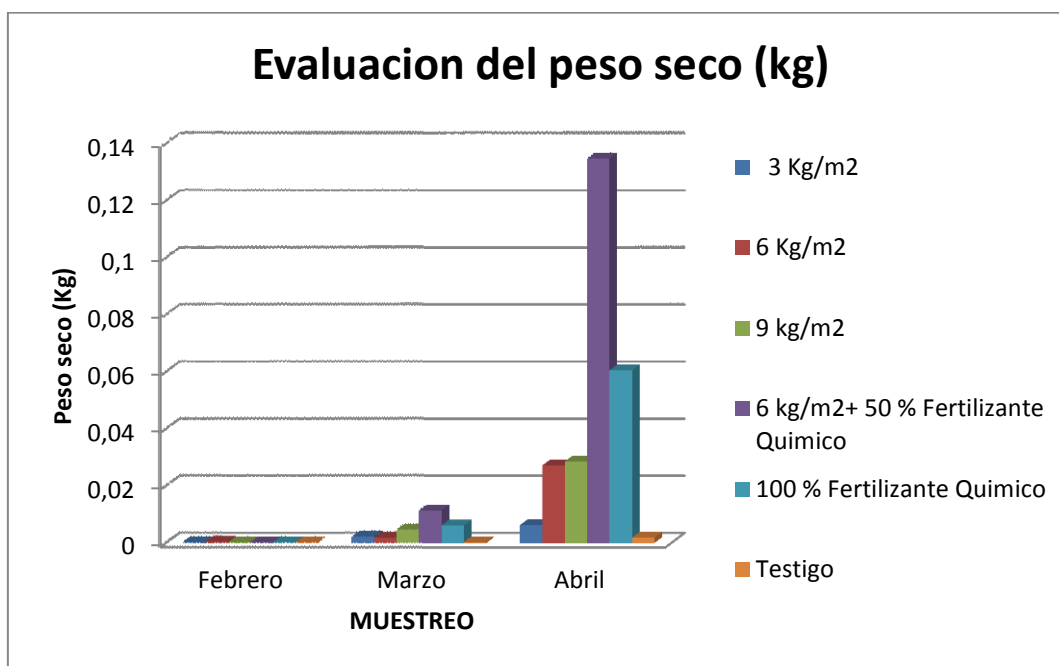
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 10. Evaluación del peso fresco en los tres meses de experimentación.



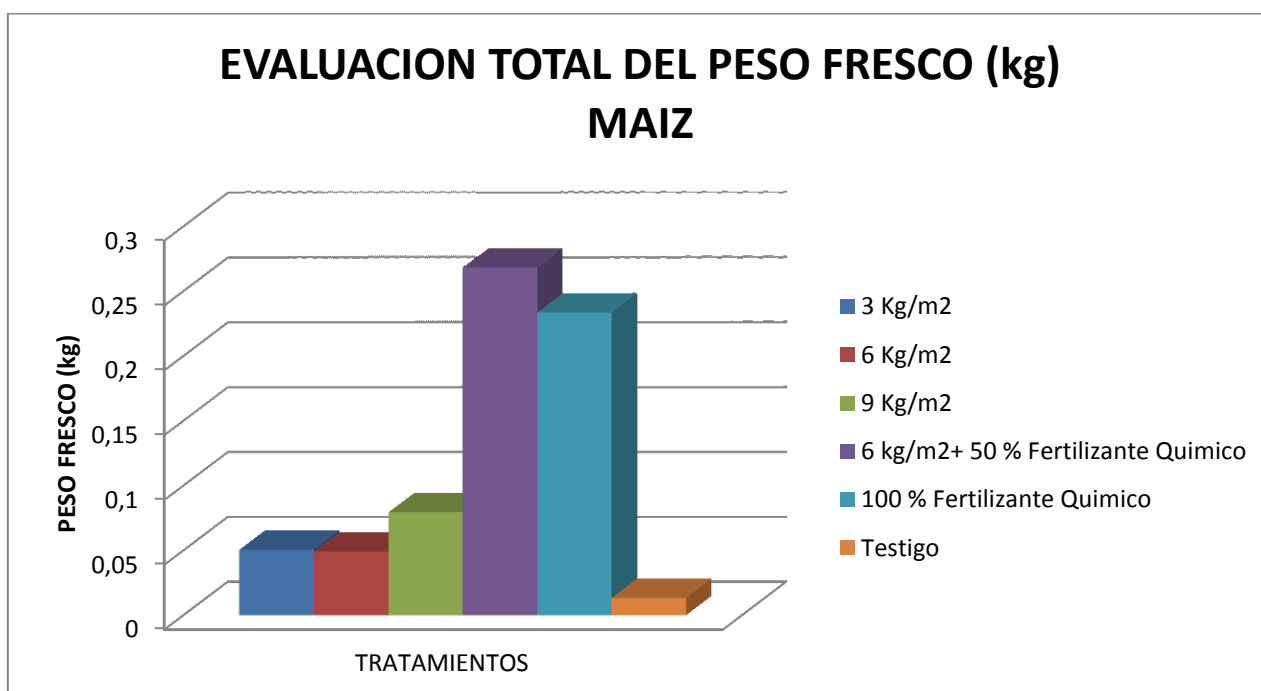
Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 11. Evaluación del peso seco en los tres meses de experimentación.



Elaborado por: Fátima Ruiz

Gráfica 12. Evaluación total del peso fresco en los tres meses de experimentación.



Elaborado por: Fátima Ruiz

ANEXO E

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL MAÍZ (*Zea mays*).

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro ALTURA

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	196857,0	5	39371,3	26,82	2.227	0,0000
Error	783898,0	534	1467,97			
Total (Corr.)	980755,0	539				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 16. Prueba de Duncan al 95% de confianza para la ALTURA

TRATAMIENTOS	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	90	28,2356	A
T2: 6 kg/m ²	90	41,5348	B
T1: 3 kg/m ²	90	44,5844	B
T3: 9 kg/m ²	90	50,8144	B
T5: 100% Fertilizante Químico	90	74,1589	C
T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante Químico	90	83,3803	C

Contraste	Diferencias
1 - 2	3,04967
1 - 3	-6,23
1 - 4	*-38,7959

1 - 5	*-29,5744
1 - 6	*16,3489
2 - 3	-9,27967
2 - 4	*-41,8456
2 - 5	*-32,6241
2 - 6	*13,2992
3 - 4	*-32,5659
3 - 5	*-23,3444
3 - 6	*22,5789
4 - 5	9,22144
4 - 6	*55,1448
5 - 6	*45,9233

* Denota una diferencia significativa

Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para calibre

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	3485,23	5	697.047	30.88	2.227	0,0000
Error	12053,2	534	22.5716			
Total (Corr.)	15538.4	539				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 18. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el CALIBRE

TRATAMIENTOS	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	90	3,92889	A
T2: 6 kg/m ²	90	6,76889	B
T1: 3 kg/m ²	90	7,09333	BC
T3: 9 kg/m ²	90	8,29556	C
T5: 100 % Fertilizante Químico	90	10,2911	D
T4: 6 kg/m ²			
+ 50 % Fertilizante Químico	90	11,8056	E

Contraste	Diferencia
1 - 2	0,324444
1 - 3	-1,20222
1 - 4	*-4,71222
1 - 5	*-3,19778
1 - 6	*3,16444
2 - 3	*-1,52667
2 - 4	*-5,03667
2 - 5	*-3,52222
2 - 6	*2,84
3 - 4	*-3,51
3 - 5	*-1,99556
3 - 6	*4,36667

4 - 5 *1,51444

4 - 6 *7,87667

5 - 6 *6,36222

* Denota una diferencia significativa

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) para NÚMERO DE HOJAS

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	144,326	5	28,8652	28,40	2.227	0,0000
Error	542,667	534	1,01623			
Total (Corr.)	686,993	539				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 20. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el NUMERO DE HOJAS

Tratamientos	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	90	4,62222	A
T1: 3 kg/m ²	90	5,38889	B
T2: 6 kg/m ²	90	5,38889	B
T3: 9 kg/m ²	90	5,57778	B
T5: 100 % Fertilizante Químico	90	5,61111	B
T4: 6 kg/m ²			
+ 50 % Fertilizante Químico	90	6,38889	C

Contraste	Diferencia
1 - 2	0,0
1 - 3	-0,188889
1 - 4	*-1,0
1 - 5	-0,222222
1 - 6	*0,766667
2 - 3	-0,188889
2 - 4	*-1,0
2 - 5	-0,222222
2 - 6	*0,766667
3 - 4	*-0,811111
3 - 5	-0,0333333
3 - 6	*0,955556
4 - 5	*0,777778
4 - 6	*1,76667
5 - 6	*0,988889

*** Denota una diferencia significativa**

Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO FRESCO

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	0,164739	5	0,0329479	2,33	2.4096	0,0568
Error	0,679085	48	0,0141476			
Total (Corr.)	0,843824	53				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 22. . Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO SECO

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	0,0142119	5	0,00284238	1,35	2.4096	0,2598
Error	0,101066	48	0,00210553			
Total (Corr.)	0,115277	53				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para PESO FRESCO TOTAL

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	1,69252	5	0,338505	81,68	2.27096	0,0000
Error	0,721127	174	0,00414441			
Total (Corr.)	2,41365	179				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 24. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO FRESCO TOTAL

TRATAMIENTOS	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	30	0,0133551	A
T2: 6 kg/m ²	30	0,0489413	B
T1: 3 kg/m ²	30	0,0504798	B
T3: 9 kg/m ²	30	0,0793387	B
T5: 100% Fertilizante químico	30	0,228281	C
T4: 6 kg/m ² + 50% Fertilizante químico	30	0,268151	D
Contraste	Diferencia		
1 - 2	0,0015385		
1 - 3	-0,0288588		
1 - 4	*-0,217671		
1 - 5	*-0,177801		
1 - 6	*0,0371248		
2 - 3	-0,0303973		
2 - 4	*-0,21921		
2 - 5	*-0,17934		
2 - 6	*0,0355863		
3 - 4	*-0,188812		
3 - 5	*-0,148942		

3 - 6	*0,0659836
4 - 5	*0,03987
4 - 6	*0,254796
5 - 6	*0,214926

* Denota una diferencia significativa

ANEXO F

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL Brocoli (*Brassica oleracea*)

Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para la ALTURA

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	46328,0	5	9265,59	74,41	2.227	0,0000
Error	66498,3	534	124,529			
Total (Corr.)	112826,0	539				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 26. Prueba de Duncan al 95% de confianza para ALTURA

Tratamientos	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	90	9,15667	A
T1: 3 kg/m ²	90	13,28	B

T2: 6 kg/m ²	90	13,65	B
T3: 9 kg/m ²	90	14,7356	B
T5: 100% Fertilizante Químico	90	29,34	C
T4: 6 kg/m ²			
+ 50 % Fertilizante Químico	90	34,2133	D

Contraste	Diferencia
1 - 2	-0,37
1 - 3	-1,45556
1 - 4	*-20,9333
1 - 5	*-16,06
1 - 6	*4,12333
2 - 3	-1,08556
2 - 4	*-20,5633
2 - 5	*-15,69
2 - 6	*4,49333
3 - 4	*-19,4778
3 - 5	*-14,6044
3 - 6	*5,57889
4 - 5	*4,87333
4 - 6	*25,0567
5 - 6	*20,1833

*** Denota una diferencia significativa**

Tabla 27. . Análisis de varianza (ANOVA) el CALIBRE

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	8189,35	5	1637,87	51,66	2.227	0,0000
Error	16929,3	534	31,7028			
Total (Corr.)	25118,6	539				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 28. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el CALIBRE

Tratamientos	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	90	2,49222	A
T2: 6 kg/m ²	90	5,13556	B
T3: 9 kg/m ²	90	5,75333	B
T1: 3 kg/m ²	90	5,97778	B
T5: 100 % Fertilizante Químico	90	10,88	C
T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante Químico	90	14,1033	D
Contraste	Diferencia		
1 - 2	0,842222		
1 - 3	0,224444		
1 - 4	*-8,12556		

1 - 5	*-4,90222
1 - 6	*3,48556
2 - 3	-0,617778
2 - 4	*-8,96778
2 - 5	*-5,74444
2 - 6	*2,64333
3 - 4	*-8,35
3 - 5	*-5,12667
3 - 6	*3,26111
4 - 5	*3,22333
4 - 6	*11,6111
5 - 6	*8,38778

* Denota una diferencia significativa

Tabla 29. . Análisis de varianza (ANOVA) para el NÚMERO DE HOJAS

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	1363,85	5	272,769	55,54	2.227	0,0000
Error	2622,54	534	4,91112			
Total (Corr.)	3986,39	539				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 30. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el número de hojas

Tratamientos	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	90	4,18889	A
T1: 3 kg/m ²	90	6,09444	B
T2: 6 kg/m ²	90	6,21111	B
T3: 9 kg/m ²	90	6,63333	B
T5: 100% Fertilizante Químico	90	7,73333	C
T4: 6 kg/m ² + 50% Fertilizante Químico	90	9,37778	D

Contraste	Diferencia
1 - 2	-0,116667
1 - 3	-0,538889
1 - 4	*-3,28333
1 - 5	*-1,63889
1 - 6	*1,90556
2 - 3	-0,422222
2 - 4	*-3,16667
2 - 5	*-1,52222
2 - 6	*2,02222
3 - 4	*-2,74444
3 - 5	*-1,1
3 - 6	*2,44444

4 - 5 *1,64444

4 - 6 *5,18889

5 - 6 *3,54444

* Denota una diferencia significativa

Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO FRESCO

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	0,877224	5	0,175445	3,45	2.4096	0,0096
Error	2,44213	48	0,0508777			
Total (Corr.)	3,31936	53				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 32. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO FRESCO

TRATAMIENTOS	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	9	0,00184	A
T1: 3 kg/m ²	9	0,00924756	A
T2: 6 kg/m ²	9	0,0156133	A
T3: 9 kg/m ²	9	0,0230822	A
T5: 100 % Fertilizante Químico	9	0,209566	AB
T4: 6 kg/m ² + 50% Fertilizante Químico	9	0,33359	B

Contraste	Diferencias
1 - 2	-0,00636578
1 - 3	-0,0138347
1 - 4	*-0,324342
1 - 5	-0,200318
1 - 6	0,00740756
2 - 3	-0,00746889
2 - 4	*-0,317976
2 - 5	-0,193952
2 - 6	0,0137733
3 - 4	*-0,310507
3 - 5	-0,186483
3 - 6	0,0212422
4 - 5	0,124024
4 - 6	*0,33175
5 - 6	0,207726

*** Denota estadísticamente diferencia significativa**

Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO SECO

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	0,0238232	5	0,00476463	2,84	2.4096	0,0253
Error	0,0806339	48	0,00167987			
Total (Corr.)	0,104457	53				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

Tabla 34. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO SECO

TRATAMIENTOS	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	9	0,000561111	A
T1: 3 kg/m ²	9	0,00216667	A
T2: 6 kg/m ²	9	0,00333889	A
T3: 9 kg/m ²	9	0,00496667	A
T5: 100 % Fertilizante Químico	9	0,0353878	AB
T4: 6 kg/m ²			
+ 50% Fertilizante Químico	9	0,0555644	B

Contraste	Diferencia
1 - 2	-0,00117222
1 - 3	-0,0028
1 - 4	*-0,0533978

1 - 5	-0,0332211
1 - 6	0,00160556
2 - 3	-0,00162778
2 - 4	*-0,0522256
2 - 5	-0,0320489
2 - 6	0,00277778
3 - 4	*-0,0505978
3 - 5	-0,0304211
3 - 6	0,00440556
4 - 5	0,0201767
4 - 6	*0,0550033
5 - 6	0,0348267

*** Denota estadísticamente diferencia significativa**

Tabla 35. Análisis de varianza (ANOVA) para el PESO FRESCO TOTAL

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tablas	Probabilidad
Tratamientos	10,6933	5	2,13867	117,86	2.27096	0,0000
Error	3,15733	174	0,0181456			
Total (Corr.)	13,8507	179				

Estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$)

Elaborado por: Fátima Ruiz

**Tabla 36. Prueba de Duncan al 95% de confianza para el PESO FRESCO
TOTAL**

Tratamientos	Observaciones	Promedios	Grupos Homogéneos
T6: Testigo	30	0,00298433	A
T1: 3 kg/m ²	30	0,021783	A
T2: 6 kg/m ²	30	0,024802	A
T3: 9 kg/m ²	30	0,028115	A
T5: 100 % Fertilizante Químico	30	0,48107	B
T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante Químico	30	0,583643	C

Contraste	Diferencia
-----------	------------

1 - 2	-0,00301833
1 - 3	-0,00633133
1 - 4	*-0,561859
1 - 5	*-0,459287
1 - 6	0,0187993
2 - 3	-0,003313
2 - 4	*-0,558841
2 - 5	*-0,456268
2 - 6	0,0218177
3 - 4	*-0,555528
3 - 5	*-0,452955

3 - 6	0,0251307
4 - 5	*0,102573
4 - 6	*0,580659
5 - 6	*0,478086

*** Denota estadísticamente diferencia significativa**

Anexo G

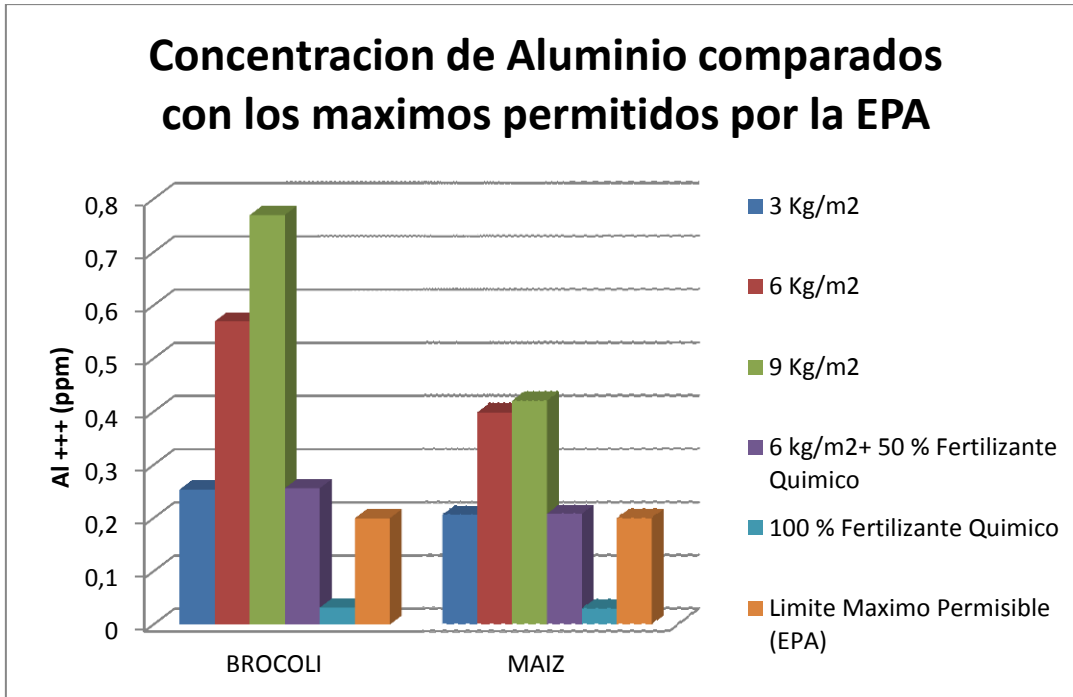
Niveles de Aluminio

Tabla 37. Niveles de Aluminio

Tratamientos	Niveles de aluminio Al+++/BRÓCOLI (ppm)	Niveles de aluminio Al+++/MAÍZ (ppm)	Límite Máximo Permisible por la Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos de Norteamérica (EPA)
T1 : 3 kg/m ²	0.2542	0.20631	0,05-0,2 ppm
T2: 6 kg/m ²	0.5701	0.3989	
T3: 9 kg/m ²	0.77	0.4205	
T4: 6 kg/m ² + 50 % Fertilizante Químico	0.2563	0.2083	
T5; 100 % Fertilizante Químico	0.041	0.03	

Elaborado por: Fátima Ruiz

Grafico 13. Concentración de Aluminio comparados con los permitidos por la EPA



Elaborado por: Fátima Ruiz

ANEXO H
IMÁGENES



Imagen 1. Molienda de las muestras para foliares



Imagen 2 : Dispensador



Imagen 3 : Equipo Kjeldahl

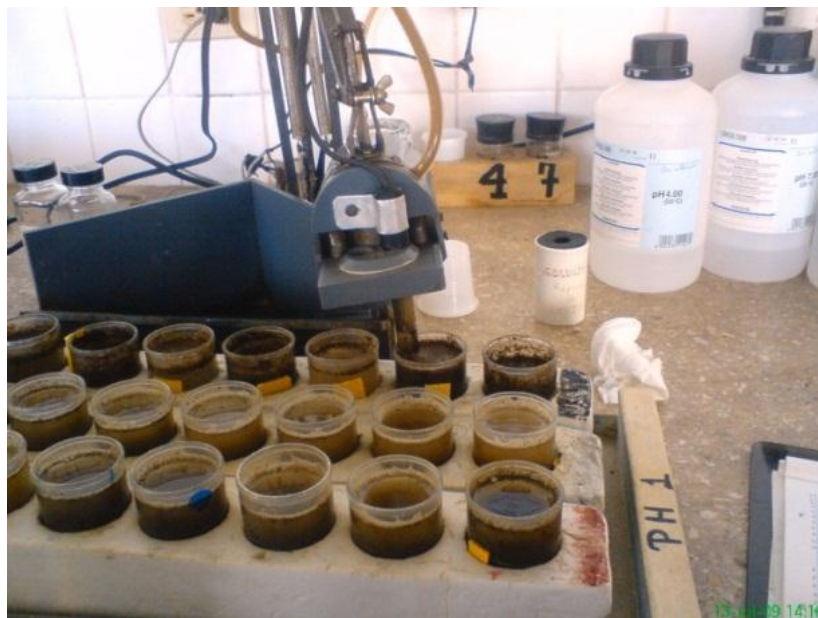


Imagen 4: Determinación de pH



Imagen 5: Equipo de digestión



Imagen 6-7 : Espectrofotómetro de Absorción atómica



Imagen 8: Terreno donde se realizó la experimentación



Imagen 9: Preparación del terreno



Imagen 10: Copa de Inhoff



Imagen 11: Recolección de los lodos residuales



Imagen 12 : Delimitación de los tratamientos



Imagen 13: Incorporación y homogenizado de los lodos residuales



Imagen 14: Identificación de los tratamientos



Imagen 15-16: Siembra del maíz



Imagen 17-18: Siembra del brócoli



Imagen 19: Riego por aspersion



Imagen 20: Incorporación del abono químico



Imagen 21: Inicio del Crecimiento del Maíz y Brócoli



Imagen 22 : Brócoli - 3Kg/m²

Febrero



Imagen 23: Brócoli -3Kg/m²

Marzo



Imagen 24: Brócoli - 3Kg/m²

Abril



Imagen 25 : Maíz- 3Kg/m²

Febrero

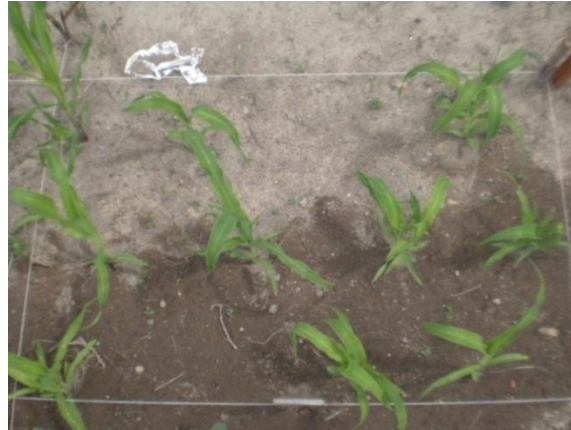


Imagen 26: Maíz- 3Kg/m²

Marzo



Imagen 27 : Maíz - 3Kg/m

Abril



Imagen 28: Brócoli - 6 Kg/m²

Febrero



Imagen 29: Brócoli - 6 Kg/m²

Marzo



Imagen 30: Brócoli - 6 Kg/m²

Abril



Imagen 31 : Maíz - 6 Kg/m²

Febrero



Imagen 32: Maíz - 6Kg/m²

Marzo



Imagen 33: Maíz -6Kg/m²

Abril



Imagen 34 : Brócoli - 9 Kg/m²

Febrero



Imagen 35 : Brócoli - 9 Kg/m²

Marzo



Imagen 36 : Brócoli - 9 Kg/m²

Abril



Imagen 37 : Maíz - 9 Kg/m²

Febrero

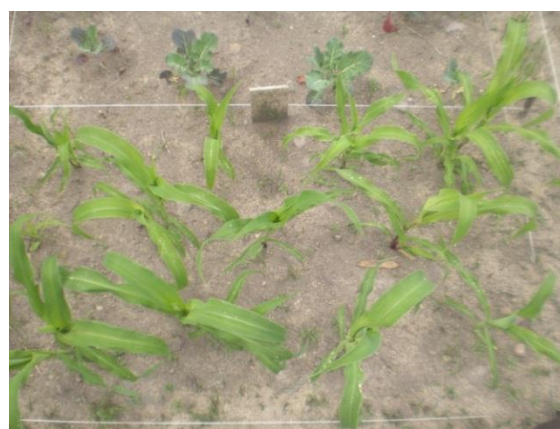


Imagen 38 : Maíz - 9 Kg/m²

Marzo



Imagen 39: Maíz - 9 Kg/m²

Abril



Imagen 40: Brócoli - 6 Kg/m² + 50% Químico
Febrero



Imagen 41 : Brócoli - 6 Kg/m² + 50% Químico
Marzo



Imagen 42 : Brócoli - 6 Kg/m² + 50% Químico
Abril



Imagen 43 : Maíz - 6 Kg/m² + 50% Químico
Febrero



Imagen 44: Maíz - 6 Kg/m² + 50% Químico
Marzo



Imagen 45: Maíz - 6 Kg/m² + 50% Químico
Abril



Imagen 46: Brócoli - 100% Fertilizante Químico

Imagen 47: Brócoli - 100% Fertilizante Químico

Imagen 48: Brócoli - 100% Fertilizante Químico

Febrero

Marzo

Abril



Imagen 49: Maíz - 100% Fertilizante Químico

Imagen 50: Maíz - 100% Fertilizante Químico

Imagen 51: Maíz - 100% Fertilizante Químico

Febrero

Marzo

Abril



Imagen 52: Brócoli – Testigo

Febrero



Imagen 53: Brócoli - Testigo

Marzo



Imagen 54: Brócoli - Testigo

Abril



Imagen 55: Maíz – Testigo

Febrero



Imagen 56: Maíz - Testigo

Marzo



Imagen 57: Maíz - Testigo

Abril



Imagen 58: Toma General en el mes de Marzo



Imagen 59: Toma General en el mes de Abril



Imagen 60: Testigo (Suelo Virgen)



Imagen 61: Tratamientos con diferentes dosis de lodos residuales



Imagen 62: T5 (100 % Fertilizante Químico)



Imagen 63: T4 (6 kg/m² + 50% Fertilizante químico)



Imagen 64: Producción en el tratamiento 100% Fertilizante Químico



Imagen 65: Producción en el tratamiento 6 Kg/m² + 50% Fertilizante Químico



Imagen 66: Determinación del Calibre

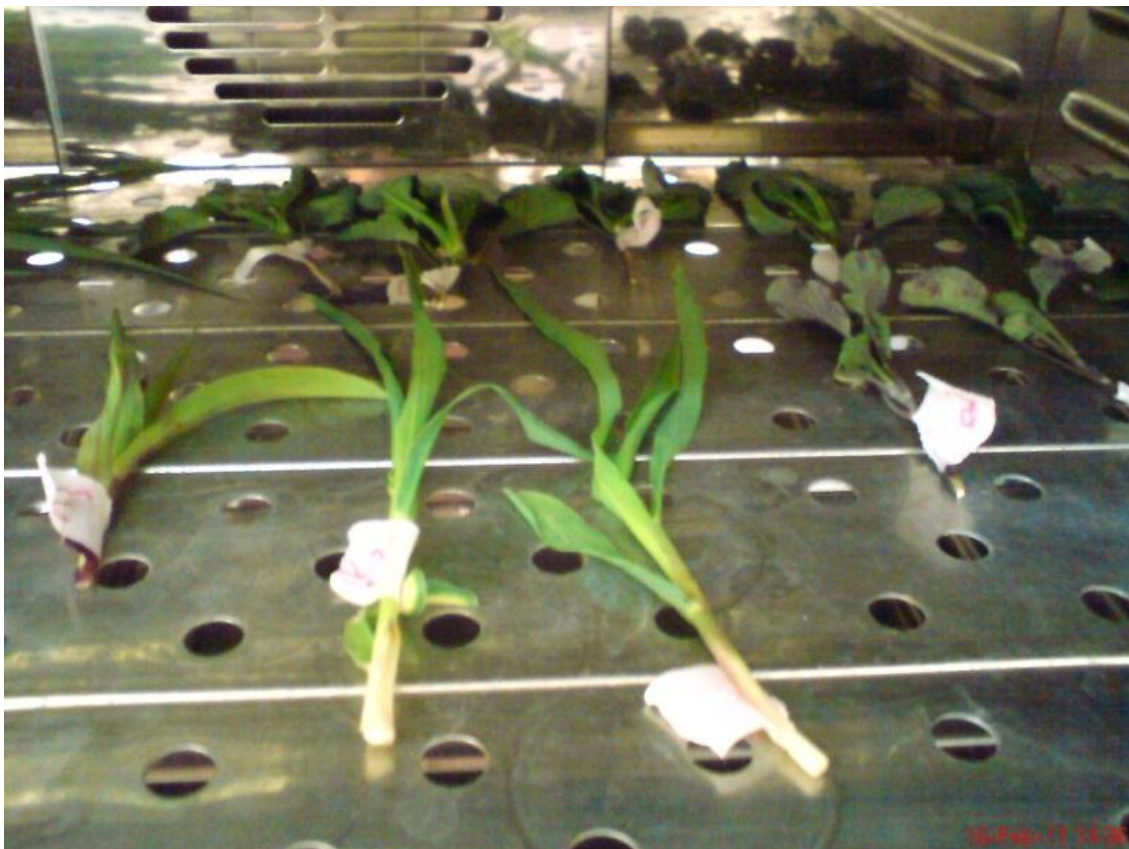


Imagen 67: Secado a 60 °C en la Estufa



Imagen 68 : Muestra después de 48 horas a 60 °C



Imagen 69: Pesado antes y después del secado



Imagen 70: Lavado de las muestras para determinación de Aluminio



Imagen 71: Maceración de las muestras para determinación de Aluminio



Imagen 72: Quema de las muestras para determinación de Aluminio



Imagen 73: Calcinación de las muestras para determinación de Aluminio



Imagen 74: Muestra Calcinada

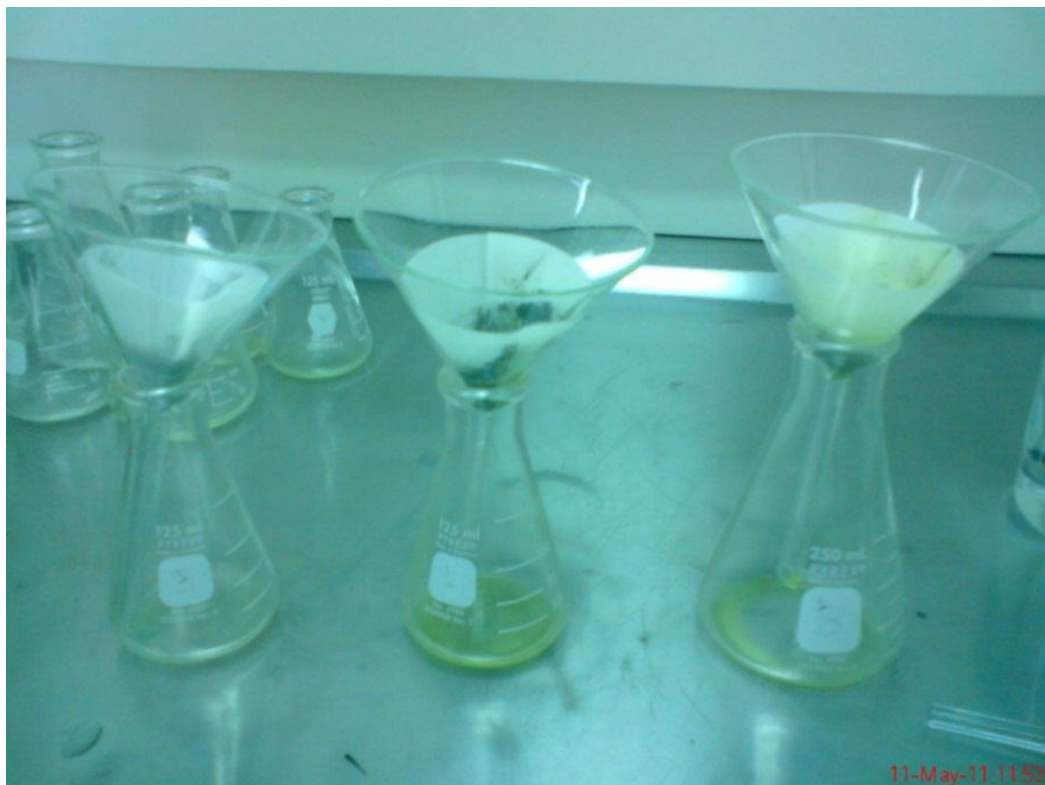


Imagen 75: Filtrado para la determinación de aluminio



Imagen 76: Muestras para ser luidas en el Espectrofotómetro