

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**TITULO DEL PROYECTO**

**" EFECTO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL SILICIO EN DIFERENTES DOSIS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) EN COMBINACIÓN CON DOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO"**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**ELABORADO POR:**

**MÓNICA ELIZABETH PEÑAFIEL VILLACRÉS**

**SANGOLQUI, 13 DE ABRIL 2009**

## RESUMEN

Con la finalidad de beneficiar a productores de papa china, de la Provincia de Pastaza; así como también, a los agricultores de las demás áreas amazónicas del Ecuador, con la introducción y fomento de tecnologías orgánicas en el manejo de la Papa china, cuyo cormo actualmente una amplia demanda en el consumo local e interés internacional especialmente por el tipo de almidón que es fácilmente asimilable por organismo humano. Determinó la necesidad de plantear un proyecto de investigación que complementan las aplicaciones de abono orgánico con productos silicatados, que tan buenos resultados se han obtenido en otras latitudes, y en otros cultivos para disminuir residuos tóxicos. La investigación se realizó en el Kilometro 16 Puyo- Macas, provincia de Pastaza, con dos niveles de abono orgánico "Bokashi" (40 t/ha y 60 t/ha) y cuatro dosis de sílice (5 kg/ha, 10 kg/ha, 15 kg/ha y 20 kg/ha).

Para la confiabilidad de los resultados de las 8 variables en estudio se utilizó, un Diseño de Bloques al Azar, en arreglo factorial  $2 \times 4 + 1$ ; los 9 tratamientos se evaluaron en parcelas distribuidas en repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales, los resultados, mostraron un efecto aditivo del abono orgánico y el sílice, en todas las variables en estudio. Se encontró que para rendimiento los mejores resultados correspondientes a aplicaciones 40 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de sílice, seguidos de 40 t/ha de abono orgánico más 5 kg/ha de sílice con relación al Testigo, al lograr incrementos de hasta 630%.

## SUMMARY

With the purpose of benefiting to producing of Chinese potato, of the Pastaza province; as well as, to the farmers of the other Amazon areas of Ecuador, with the introduction and development of organic technologies in the handling of Chinese potatoes, whose tuber actually has a wide demand in the local consumption and international interest especially for the type of starch that is easily assimilable for human organism. It determines the necessity to outline an investigation project that complement the applications of organic applications with silicates products that so good results have been obtained in other latitudes, and in other cultivations in order to diminish toxic residuals. This investigation carries out in the 16 Kilometer 16 Puyo – Macas, Pastaza province, with two levels of organic fertilize called "Bokashi" (40 t/ha and 60 t/ha) and four doses of silicate (5 kg/ha, 10 kg/ha, 15 kg/ha and 20 kg/ha).

For the dependability of the results of the 8 variables in study, a Design of Blocks at random, in factorial arrangement 2x4+1; the 9 treatments were evaluated in parcels distributed in repetitions, for a total of 27 experimental units, the results, showed an preservative effect of the organic fertilize and the silicate, in all the variables in study. It was found that the better results corresponding to applications 40 t/ha of organic fertilize more 10 kg/ha of silicate, followed by 40 t/ha of organic fertilize more 5 kg/ha silicate with relationship to the Witness, when achieving increments of up to 630%

## CERTIFICACION

Ing. Marco Barahona

Ing. Emilio Basantes

### **Certifican:**

Que el trabajo titulado “EFECTO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL SILICIO EN DIFERENTES DOSIS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) EN COMBINACIÓN CON DOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO”, realizado por Mónica Elizabeth Peñafiel Villacrés, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido al aporte de tipo investigativo, se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autoriza Mónica Elizabeth Peñafiel Villacrés, que lo entrega a la Ingeniera Patricia Falconí, en su calidad de Directora de la Carrera.

Sangolquí, 13 de Abril de 2009.

---

**Ing. MSc. Marco Barahona**  
DIRECTOR

---

**Ing. MSc. Emilio Basantes**  
CODIRECTOR

# DECLARACION DE RESPONSABILIDAD

Mónica Elizabeth Peñafiel Villacrés

## **Declaro que:**

El proyecto de grado denominado “EFECTO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL SILICIO EN DIFERENTES DOSIS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) EN COMBINACIÓN CON DOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que consta al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 13 de Abril de 2009

---

**Mónica Elizabeth Peñafiel Villacrés**

## AUTORIZACION

Yo, Mónica Elizabeth Peñafiel Villacrés

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “EFECTO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL SILICIO EN DIFERENTES DOSIS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) EN COMBINACIÓN CON DOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 13 de Abril de 2009

---

Mónica Elizabeth Peñafiel Villacrés

## **DEDICATORIA**

Al pequeño agricultor de mi país, que es uno de los pilares fundamentales del desarrollo local y nacional.

**Mónica Elizabeth Peñafiel V.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, dador de la vida.

A mis padres, por depositar su completa confianza en mí y por todo el apoyo en los momentos de éxitos, como de fracasos.

A mi hermano y familia en general, por demostrarme aprecio e interés por mi superación.

A los ingenieros Marco Barahona, Emilio Basantes y Gabriel Suárez, que me brindaron sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto.

A CODEAMA y al señor Lucas Paredes por fiarse plenamente en mis deseos sinceros de trabajo y progreso y, finalmente,

A la Pachamama, por sus infinitas bondades, por permitirme trabajar a su favor.

**Mónica Elizabeth Peñafiel V.**



EFFECTO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL SILICIO EN DIFERENTES DOSIS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) EN COMBINACIÓN CON DOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO

MÓNICA ELIZABETH PEÑAFIEL VILLACRÉS

REVISADO Y APROBADO:

.....  
Ing. M.Sc. PATRICIA FALCONI  
DIRECTOR DE CARRERA  
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

.....  
Ing. Agr. M.Sc. Marco Barahona  
DIRECTOR INVESTIGACIÓN

.....  
Ing. Agr. MSc. Emilio Basantes  
CODIRECTOR INVESTIGACION

.....  
Ing. Agr. M.Sc. Gabriel Suárez  
BIOMETRISTA

.....  
Ab. Carlos Orozco  
SECRETARIO ACADEMICO

EFFECTO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL SILICIO EN DIFERENTES DOSIS, EN EL CULTIVO DE LA PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) EN COMBINACIÓN CON DOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO

MÓNICA ELIZABETH PEÑAFIEL VILLACRÉS

APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION DEL INFORME TECNICO.

	CALIFICACION	FECHA
Ing. Agr. M.Sc. Marco Barahona DIRECTOR	_____	_____
Ing. Agr. MSc. Emilio Basantes CODIRECTOR	_____	_____

CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA SECRETARIA

.....  
Ab. Carlos Orozco  
SECRETARIO ACADEMICO

	<b>Pág.</b>
<b>INDICE</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
<b>A. Silicio.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Origen.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Silicio en las plantas.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Silicio aplicado en la agricultura.....</b>	<b>7</b>
El silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas.....	7
El silicio restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad para la producción.....	8
El silicio incrementa la resistencia del suelo contra la erosión del viento y agua.....	9
El silicio incrementa la resistencia a la sequía en las plantas.	9
El silicio neutraliza la toxicidad del aluminio en suelos ácidos mejor que el encalando.....	9
El silicio mejora la nutrición del fósforo en las plantas de un 40 a 60....	10
El silicio promueve la colonización por microorganismos simbióticos...	10
El silicio reduce la lixiviación de fósforo, nitrógeno y potasio, en las	

áreas de cultivo.....	11
El silicio incrementa la resistencia de la planta a la salinidad.....	11
El silicio protege a las plantas contra el ataque de enfermedades e insectos.....	11
El silicio restaura áreas contaminadas por metales pesados e hidrocarburos.....	12
El silicio mejora el empleo de biosólidos.....	12
El silicio tiene acción sinérgica con Ca, Mg, Fe, Zn y Mo.....	12
El silicio forma parte de la estructura de los tricomas.....	13
El silicio aumenta la productividad en la horticultura.....	13
<b>4. Fuente de Silicio utilizada.....</b>	<b>13</b>
4.1 Fossil Shell Agro.....	13
4.2 Características de Fossil Shell Agro .....	14
4.3 Estructura y Función.....	16
4.4 ¿Cómo actúa Fossil Shell Agro?.....	18
4.5 Aplicación y beneficios del Fossil Shell Agro.....	19
4.5.1 Foliar.....	19
4.5.2 Edáfica.....	19
<b>B. Materia Orgánica.....</b>	<b>20</b>
1. Propiedades Físico – Químicas de la Materia Orgánica.....	21
2. Relación entre la Materia Orgánica y los Microorganismos.....	23
3. Beneficios de la Materia Orgánica .....	24

<b>C. Abonos Orgánicos.....</b>	<b>26</b>
1. Tipos de abonos orgánicos.....	27
1.1 El Compost.....	27
1.1.1 Propiedades Generales del Compost.....	27
Mejora las propiedades físicas del suelo.....	27
Mejora las propiedades químicas.....	27
Mejora la actividad biológica del suelo.....	28
<b>1.1.2 Materiales para la elaboración.....</b>	<b>28</b>
Restos de cosechas.....	28
Abonos verdes.....	28
Las ramas de poda de los frutales.....	28
Hojas.....	28
Restos urbanos.....	29
Estiércol animal.....	29
Complementos minerales.....	29
Plantas marinas.....	29
Algas.....	29
<b>1.1.3 Condiciones para la elaboración del Compost.....</b>	<b>29</b>
La relación entre carbono y nitrógeno (C/N).....	30
El pH (acidez y alcalinidad).....	30
La humedad.....	30
La aireación.....	30
La temperatura.....	31

<b>1.1.4 Proceso de Compostaje.....</b>	<b>31</b>
Mesolítico.....	31
Termofílico.....	31
De enfriamiento.....	31
De maduración.....	32
<b>1.1.5 Elaboración del compost.....</b>	<b>32</b>
<b>1.1.6 Beneficios del Compost.....</b>	<b>33</b>
<b>1.2 Lombricultura (Humus de lombriz).....</b>	<b>34</b>
<b>1.2.1 Características de la Lombriz.....</b>	<b>34</b>
<b>1.2.2 Clasificación en el reino animal.....</b>	<b>34</b>
<b>1.2.3 Morfología.....</b>	<b>35</b>
<b>1.2.4 Alimentación.....</b>	<b>35</b>
<b>1.2.5 Tipos de alimentos.....</b>	<b>36</b>
<b>1.2.7 Factores para trabajar con lombrices.....</b>	<b>37</b>
Temperatura.....	37
Acidez o pH.....	37
Humedad.....	37
Relación C/N.....	37
<b>1.2.8 Enemigos.....</b>	<b>38</b>
<b>1.2.9 Productos de la lombriz.....</b>	<b>39</b>
1.2.9.1 Humus.....	39
1.2.9.2 La lombriz, su carne y la harina de lombriz.....	39
<b>1.3 Bokashi.....</b>	<b>40</b>

<b>1.3.1 Elaboración del Bokashi.....</b>	<b>40</b>
Etapa primera.....	40
Etapa segunda.....	40
<b>1.3.2. Condiciones para la Elaboración del Bokashi.....</b>	<b>42</b>
Temperatura.....	42
La humedad.....	42
La aireación.....	42
Tamaño de partículas de los ingredientes.....	43
Relación carbono-nitrógeno.....	43
<b>1.3.3 Residuos orgánicos.....</b>	<b>43</b>
Urbanos.....	44
Agroindustriales.....	44
Agropecuarios.....	45
Cuerpos de agua.....	46
Otros materiales.....	46
<b>1.3.4 Ingredientes Utilizados en el Bokashi.....</b>	<b>46</b>
El carbón.....	47
Los estiércoles.....	47
La cascarilla de arroz.....	47
Melaza, miel de caña o de panela.....	48
Carbonato de calcio (cal agrícola) .....	48
El agua.....	48
Procedimiento en la elaboración de Bokashi.....	49

Utilización del Bokashi.....	51
<b>D. Cultivo de Papa china.....</b>	<b>53</b>
<b>1. Origen, Historia y Geografía.....</b>	<b>53</b>
<b>2. Clasificación Botánica.....</b>	<b>53</b>
<b>3. Características de la planta.....</b>	<b>55</b>
Hojas.....	55
Flores.....	57
Semillas.....	58
Fruto.....	60
Cormo.....	60
<b>4. Clima y Suelo.....</b>	<b>64</b>
<b>5. Métodos de propagación.....</b>	<b>64</b>
Propagación sexual.....	64
Propagación asexual.....	65
<b>6. Preparación del Suelo.....</b>	<b>66</b>
<b>7. Siembra.....</b>	<b>66</b>
<b>8. Manejo de la plantación.....</b>	<b>66</b>
Combate de malezas.....	66
Aporques.....	67
Deshije.....	67
Control de enfermedades.....	67
<b>9. Cosecha.....</b>	<b>68</b>
<b>10. Post- cosecha.....</b>	<b>69</b>



Empaque.....	69
Almacenamiento.....	70
Transporte.....	70
<b>11. Formas de utilización.....</b>	<b>70</b>
<b>IV. Materiales y métodos.....</b>	<b>72</b>
<b>A. Localización Geográfica y Agroclimáticas.....</b>	<b>72</b>
<b>B. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>73</b>
<b>1. Materiales.....</b>	<b>73</b>
Para la elaboración de Bokashi.....	73
Aplicación de Silicio.....	74
Para el Cultivo de Papa china.....	74
De Oficina.....	75
<b>2. Localización y características de las unidades experimentales.....</b>	<b>76</b>
Diseño Experimental.....	76
Área de ensayo.....	76
Forma.....	76
Densidad de de Siembra.....	77
<b>3. Variables en estudio.....</b>	<b>78</b>
Prendimiento.....	78
Número de hojas.....	79
Altura de planta.....	79
Peso de cormos por planta.....	80
Categorización de cormos.....	80

Rendimiento de cormo por hectárea.....	81
<b>4. Análisis estadístico.....</b>	<b>81</b>
<b>5. Análisis de variancia.....</b>	<b>81</b>
<b>6. Metodología de la Investigación.....</b>	<b>82</b>
<b>Fase I. Elaboración de Bokashi.....</b>	<b>82</b>
<b>Fase II. Trabajo de Campo.....</b>	<b>88</b>
Aplicación de Bocashi y Silicio.....	88
Trasplante de Papa china.....	91
Cosecha de Papa china.....	93
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>95</b>
1. Altura de Planta.....	95
2. Número de Hojas.....	99
3. Peso de Cormos por Planta.....	102
4. Peso por Categorías.....	105
5. Rendimiento por Hectárea.....	109
6. Análisis Económico.....	112
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>116</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>118</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>119</b>

## LISTADO DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1.</b> Minerales mayores y Microelementos, que contiene el Fossil Shell Agro en porcentaje.....	19
<b>Tabla 2.</b> Denominación de <i>Colacasia esculenta</i> , sus nombres en diferentes partes del mundo.....	54
<b>Tabla 3.</b> Clasificación taxonómica de <i>Colacasia esculenta</i> (Taro o inhame).....	55
<b>Tabla 4.</b> Composición de 100 g de materia seca del cormo de papa china, según varios autores.....	62
<b>Tabla 5.</b> Tratamientos, el numero de tratamientos son nueve que resulta de dos niveles de abono orgánico con cuatro dosis de silicio más un testigo, la nomenclatura se la clasifica en la siguiente tabla.....	77
<b>Tabla 6.</b> Distribución de los tratamientos en el campo, donde se localizo la de la Finca San Lucas, Puyo. Provincia de Pastaza - 2008.....	78
<b>Tabla 7.</b> Esquema de Análisis de Variancia del diseño de bloques al azar en arreglo factorial 2x4+1.....	82
<b>Tabla 8.</b> Distribución de los materiales en capas para la elaboración de Bokashi en la Finca San Lucas, 2008.....	85
<b>Tabla 9.</b> Dosis de silicio, Fossil – Shel Agro- Mundo Verde, para la aplicación por tratamientos en el cultivo de papa china. Finca San Lucas. Puyo – Pastaza. 2008.....	91

<b>LISTADO DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Resume de puñado en el Bokashi para comprobar el contenido de agua..	49
<b>Figura 2.</b> Posición predominante (forma) de la superficie del limbo foliar.....	56
<b>Figura 3.</b> Diseño de la Vena.....	57
<b>Figura 4.</b> La forma de la espata en la antesis masculina.....	58
<b>Figura 5.</b> Forma de la Semilla de Colacasia esculenta “taro”.....	59
<b>Figura 6.</b> Forma del corno que presenta Colacasia esculenta “taro”.....	61
<b>Figura 7.</b> Superficie de la piel del Corno de Colacasia esculenta.....	62
<b>Figura 8.</b> Ilustración de Colacasia esculenta.....	63
<b>Figura 9.</b> Representación de estolones de izquierda y derecha.....	63

<b>LISTADO DE FOTOGRAFIAS</b>	<b>Pág.</b>
<b>Fotografía 1.</b> Conteo de números de hojas de la planta de papa china, Finca San Lucas, 2008.....	79
<b>Fotografía 2.</b> Registro de altura de planta de papa china, Finca San Lucas, 2008....	79
<b>Fotografía 3.</b> Peso de cormos de primera, segunda, tercera categoría de la planta de papa china, Finca San Lucas, 2009.....	80
<b>Fotografía 4.</b> Diferencia del corno de primera y segunda categoría de papa china, Finca San Lucas, 2008.....	80
<b>Fotografía 5.</b> Corno de tercera categoría de papa china, Finca San Lucas, 2009.....	81
<b>Fotografía 6.</b> Elaboración de Bokashi con los materiales de la zona. Finca San Lucas, 2008.....	83
<b>Fotografía 7.</b> Picado de los materiales de maní forrajero y caña de azúcar, para la elaboración de Bokashi. Finca San Lucas, 2008.....	83
<b>Fotografía 8.</b> Distribución por capas de los materiales para la elaboración del Bokashi. Finca San Lucas, 2008.....	84
<b>Fotografía 9.</b> Protección del Bokashi con plástico por tres días, y voltear el mismo, todos los días. Finca San Lucas, 2008.....	84
<b>Fotografía 10.</b> Recolección de elaboración de Bokashi en sacos, Finca San Lucas, 2008.....	86
<b>Fotografía 11.</b> Pesado del Bokashi, para la primera aplicación del (80% de abono orgánico), de todos los tratamientos. Finca San Lucas, 2008.....	86

<b>Fotografía 12.</b> Pesado del Bokashi, para la segunda aplicación (20% de abono orgánico), para todos los tratamientos. Finca San Lucas, 2008.....	87
<b>Fotografía 13.</b> Selección del terreno y recolección de muestras de suelo, para el análisis. Finca San Lucas, 2008.....	88
<b>Fotografía 14.</b> Distribución de los tratamientos.....	88
<b>Fotografía 15.</b> Incorporación del Bokashi, según los tratamientos. Finca San Lucas, 2008.....	89
<b>Fotografía 16.</b> Aplicación edáfica del silicio en las diferentes dosis. Finca San Lucas,2008.....	90
<b>Fotografía 17.</b> Visita del Ing. Emilio Basantes, para el control de la Tesis en la Finca San Lucas, 2008.....	90
<b>Fotografía 18.</b> Hoyado para realizar la siembra, con las distancias respectivas. Finca San Lucas, 2008.....	92
<b>Fotografía 19.</b> Recolección y selección de plántulas vigorosas de papa china. Finca San Lucas, 2008.....	92
<b>Fotografía 20.</b> Trasplante de plántulas de papa china. Finca San Lucas, 2008.....	93
<b>Fotografía 21.</b> Retiro de los hijuelos de la planta de papa china. Finca San Lucas, 2009.....	93

<b>Fotografía 22.</b> Retiro completo de hijuelos de la planta de papa china. Finca San Lucas, 2009.....	94
<b>Fotografía 23.</b> Cosecha del cultivo de papa china. Finca San Lucas, 2009.....	94

## LISTADO DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Análisis de variancia para altura de planta de papa china, bajo el efecto del abono orgánico y sílice, en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza, 2009.....	96
<b>Cuadro 2.</b> Altura de la planta de Papa china, bajo el efecto de los dos niveles de abono orgánico.....	96
<b>Cuadro 3.</b> Altura de la planta de Papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.....	97
<b>Cuadro 4.</b> Efecto conjunto abono orgánico y sílice y su comparación con el testigo para la altura de la planta de papa china.....	97
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de variancia para número de hojas de la planta de Papa china, bajo el efecto de abono orgánico y sílice en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza, 2009.....	99
<b>Cuadro 6.</b> Número de hojas de la planta de papa china, bajo el efecto de los dos niveles de abono orgánico.....	100
<b>Cuadro 7.</b> Número de hojas en la planta de papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.....	100
<b>Cuadro 8.</b> Efecto conjunto abono orgánico en el número de hojas de la planta de Papa china.....	101
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de variancia para peso de cormo por planta de papa china, bajo el efecto del abono orgánico, y sílice, en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza. 2009.....	103
<b>Cuadro 10.</b> Peso de cormo por planta de Papa china, bajo el efecto de dos niveles de abono orgánico.....	103



<b>Cuadro 11.</b> Peso de cormos por planta de Papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.....	103
<b>Cuadro 12.</b> Efecto conjunto abono orgánico – sílice en el peso por planta de papa china bajo el efecto de niveles y dosis del abono orgánico y el silicio.....	104
<b>Cuadro 13.</b> Análisis de variancia para peso de cormos por categorías de Papa china, bajo el efecto de abono orgánico y sílice en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza. 2009.....	106
<b>Cuadro 14.</b> Peso de cormos por parcela en las tres categorías de Papa china, bajo el efecto de los dos niveles de abono orgánico.....	107
<b>Cuadro 15.</b> Peso de cormos por parcela en las tres categorías de Papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.....	107
<b>Cuadro 16.</b> Peso de cormos por parcela útil por categorías de Papa china, bajo el efecto de dosis de abono orgánico y el silicio.....	108
<b>Cuadro 17.</b> Análisis de variancia para peso de cormo en diferentes categorías por hectárea del cultivo de papa china, bajo el efecto de abono orgánico y sílice en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza. 2009.....	110
<b>Cuadro 18.</b> Rendimiento por hectárea en kg por categorías de cormos en el cultivo de papa china, bajo el efecto de dos niveles de abono orgánicos.....	110
<b>Cuadro 19.</b> Rendimiento por hectárea de cormos por categorías en Papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de silicio.....	111
<b>Cuadro 20.</b> Rendimiento por hectárea de cormos en las tres categorías de Papa china, bajo el efecto de diferentes dosis de abono orgánico y el silicio.....	111

<b>Cuadro 21.</b> Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los tratamientos en estudio del Proyecto de Tesis de Papa china <i>Colacasia esculenta</i> ...	113
<b>Cuadro 22.</b> Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio del proyecto de tesis de papa china <i>Colacasia esculenta</i> .....	113
<b>Cuadro 23.</b> Analisis marginal de los tratamientos no dominados.....	114

## LISTADO DE GRAFICOS

Pág.

<b>Grafico 1.</b> Efecto de los tratamientos en altura de planta de papa china, en cuatro evaluaciones.....	98
<b>Grafico 2.</b> Efecto de los tratamientos en el número de hojas de la planta de papa china, en cuatro evaluaciones.....	101
<b>Grafico 3.</b> Efecto de los tratamientos sobre el peso de corno por planta de papa china, en cuatro evaluaciones.....	105
<b>Grafico 4.</b> Efecto de los tratamientos en el peso de corno por parcela y por categorías de papa china, en cuatro evaluaciones.....	109
<b>Grafico 5.</b> Efecto de los tratamientos en el rendimiento por hectárea de cormos por categorías de papa china, en cuatro evaluaciones.....	112

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa china en el Ecuador, ocupa una superficie de 150 hectáreas, dentro de esta extensión se destaca la provincia de Pastaza especialmente en la parroquia Teniente Hugo Ortiz, con 100 hectáreas. Este hecho se refleja por el alto consumo de este cormo. En la amazonía ecuatoriana los últimos años se ha observado un incremento del 10% anual de la superficie, debido al interés del mercado internacional especialmente centro americano y asiático, (Freire, 2008).

Según Díaz (2008), el nombre científico de la papa china es *Colacasia esculenta*, también es conocida Taro, Wild Taro, Yam, Eddo, Dasheen, Chou de Chine, Madere, Caraiba, Tayaz, Inhame. El taro o Papa china, es una planta perenne de los trópicos y de zonas húmedas, perteneciente a la familia Aráceas y es consumida por el hombre desde tiempos remotos por el alto valor nutritivo de sus cormos, (Matehus, J. Romay, G y Santana, M. 2006).

El taro tiene una composición similar a la malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), pese a que son diferentes especies botánicas, por ello hay una gran confusión que a veces se observa, como es la similitud de sus hojas. El interés que ha despertado el cormo, de esta especie al igual que la yuca y malanga, en la agricultura Centroamérica, es asombroso; puede constatarse en Costa Rica por el tratamiento y selección que se le da

al taro, que es una fuente importante de riqueza para este país centro americano, (Díaz, 2008).

En Ecuador, el taro ha sido tradicionalmente un cultivo de subsistencia, y la producción que no es consumida por las familias de los productores, se está destinando en los últimos años a la exportación como productos de buena calidad y bien presentados, (Giacometti, D y León, J. 2008).

En Europa y Estados Unidos, se viene observando una demanda creciente, no solo por los numerosos migrantes de los países que lo producen, sino por los mismos europeos y estadounidenses que están empezando a apreciar el valor alimenticio y propiedades gustativas del taro, cuya delicadeza, sabores y aplicaciones superan en muchos casos a la popular patata, (Díaz, 2008).

Durante las últimas décadas y muy especialmente hace quince años, en América Latina, se han originado movimientos de sectores sociales, gremiales y de investigación, orientados a la producción, comercialización, consumo y exportación de alimentos libres de residuos tóxicos. Las propuestas de agriculturas alternativas al modelo productivo de la revolución verde, se trata de presentar en la presente investigación, con el empleo de la materia orgánica – M.O., como una alternativa importante en la producción; para la cual se describe su importancia y confirmación.

La materia orgánica contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas de los suelos que promueve una buena estructura, con la que mejora de labranzas, aireación y retención de humedad; y químicas al potenciar la actividad de la microflora y micro fauna que sirve como fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas, (Silva, 2008).

Una de las alternativas de la agricultura orgánica para el mejoramiento de los horizontes edáficos son los abonos orgánicos, los cuales al incorporar al suelo materia orgánica para descomposición generan nutrientes esenciales como: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; así como también mejoran y sostienen las condiciones físicas y químicas del suelo, (Ramirez, R y Restrepo, R. 2008).

Dentro de los preparados orgánicos está el bokashi, que es un abono orgánico que posee muchos nutrientes necesarios para que el crecimiento y desarrollo de diferentes cultivos; se obtienen a través de la combinación de materiales húmedos y secos que se mezclan en montículos para una fermentación controlada entre 10 a 15 días, (Reyes, 2009).

Con el fin de potenciar la aplicación de diferentes fuentes y los niveles de M.O, también en la agricultura biológica se considera la aplicación de ciertos activadores naturales o elementos esenciales para el funcionamiento adecuado de las plantas, como es el silicio –Si, cuyas características mas importantes se señala a continuación.

El silicio juega un papel muy importante en la planta, este elemento controla el desarrollo del sistema radicular, cuya función es la asimilación y distribución de nutrientes minerales; dentro de este proceso el silicio incrementan la resistencia de la planta al estrés abiótico, como: alta y baja temperatura, viento, alta concentración de sales y metales pesados, hidrocarburos, aluminio (Al), y biótico como insectos, hongos. etc, (Simsuin Cía. Ltda. 2009)

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

✓ Evaluar la aplicación de los dos mejores niveles orgánicos recomendados por la investigación en el cultivo de la papa china en combinación con cuatro dosis de aplicación de silicio edáfico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

✓ Determinar la mejor combinación entre los niveles de abono orgánico y las dosis de aplicación de silicio.

✓ Cuantificar el efecto de la aplicación de sílice en el rendimiento de la raíz.

✓ Observar el grado sanitario del cultivo de la papa china, con la aplicación de silicio.

- ✓ Valorar el o los mejores tratamientos más económicos y rentables para el agricultor



### III. REVISION DE LITERATURA

#### A. Silicio

##### 1. Origen

El silicio en el suelo procede de la degradación de las rocas ígneas; en ella se encuentra el sílice, ( $\text{SiO}_2$ ), como constituyente de muchos silicatos y minerales arcillosos. Su contenido es variable, después del oxígeno, el silicio es elemento más abundante en la litosfera, expresado como  $\text{SiO}_2$ , puede alcanzar en la capa arable rangos entre el 60 y 90%, (Navarro y Ginés. 2003).

Las plantas asimilan el silicio en forma de ácido silícico [ $\text{Si}(\text{OH})_4$ ], se transforma en óxido de silicio [ $\text{SiO}_2$ ] y en esta forma es transportado por la savia hacia las partes verdes de la planta, el silicio se encuentra con un pH entre 2 y 9. Como consecuencia de la transpiración, se concentra y polimeriza en forma de gel coloidal que queda localizado en capas por debajo de la epidermis y cristalizado en la superficie, (Vademecun, 2008).

##### 2. Silicio en las plantas

El silicio juega un papel importante en la planta. Este elemento controla el desarrollo del sistema radicular, la asimilación y distribución de nutrientes minerales, incrementa la resistencia de la planta al estrés abiótico (alta y baja temperatura, viento, alta

concentración de sales y metales pesados, hidrocarburos, aluminio (Al), etc.) y biótico (insectos, hongos, enfermedades), (Quero, 2008).

El interés del silicio en la nutrición vegetal no es tanto por su intervención en los procesos metabólicos sino por los efectos fisiológicos, es decir que la presencia de capas de gel coloidal de silicio en los vasos y debajo de la epidermis dan resistencia a los tallos frente al encamado. Las capas de gel y el depósito en las hojas reducen la evaporación lo que permite soportar sequías más prolongadas, actúan como aislante aumentando la resistencia del vegetal frente al frío a la vez que dificultan la penetración de los tubos germinativos y haustorios de los hongos o, los cristales, hacen desagradables a las hojas para los insectos masticadores, (Vademecun, 2008).

En los ecosistemas terrestres, el ciclo biogeoquímico del silicio es más intenso que el ciclo del fósforo (P) y del potasio (K). Las raíces aparentemente liberan enzimas (“Silicazas y Silicateinas”) y compuestos orgánicos (ácido cítrico y protones hidrógeno (H<sup>+</sup>), que solubilizan el silicio presente en las arcillas, que provienen de las rocas y minerales cuando son intemperizados por las condiciones del medio ambiente como lluvia, temperatura, viento, y las acciones mecánicas del manejo de suelos. Las raíces con alta capacidad de extraer silicio del suelo promoverán el mejor desarrollo de la canopía y en general de la planta. El silicio se encuentra presente en los tejidos de la planta en cuatro formas, que son la mineral, orgánica, polimérica y cristalina; esta última se encuentra en la superficie de las hojas, proporcionándole brillo y formando parte de la

estructura de los tricomas y fitolitos, los cuales caen al suelo promoviendo el reciclado, (Quero, 2008).

### **3. Silicio aplicado en la agricultura**

El uso agrícola intensivo y extensivo del suelo, provoca el desequilibrio de nutrientes contenidos en el, dado que una parte significativa es removida por la cosecha, el desarrollo vegetativo del cultivo y de la maleza, la lixiviación y la erosión eólica e hídrica. El silicio, así como otros nutrientes, es extraído del suelo. La extracción de silicio activo de los suelos agrícolas por cada cosecha es en promedio de 40 a 300 kg/ha. Esto trae como consecuencia una disminución de silicio y un aumento del aluminio, causando un incremento en la acidez del suelo, (Quero, 2008).

Para Quero (2007), los beneficios de la mayor concentración de silicio en el suelo y suministro al suelo de minerales ricos en silicio a través de los procesos de fertilización, permiten una solución económica y rentable para la producción agrícola, destacando lo siguiente:

✓ **El silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas:**

La contribución por diferentes medios de silicio tiene un doble efecto en el sistema Suelo-Planta. Primeramente, la nutrición con silicio al cultivo refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el

crecimiento y producción de cosecha, la autoprotección contra enfermedades causadas por hongos y bacterias, el ataque de insectos y ácaros y de las condiciones desfavorables de clima, al estimular el desarrollo y actividad de estructuras poliméricas en la cutícula, los tricomas y fitolitos en la superficie de las hojas. En segundo lugar, el tratamiento del suelo con sustancias con silicio biogeoquímicamente activo optimiza la fertilidad del suelo a través de mejorar la retención y disponibilidad del agua, sus propiedades físicas y químicas y de mantener los nutrientes en forma disponible para la planta.

- ✓ **El silicio restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad para la producción:**

De 40 a 300 kg de silicio por hectárea de suelo cultivado, son extraídos anualmente por las cosechas. La falta de ácidos monosilícicos y la disminución de silicio amorfo conducen a la destrucción de los complejos órgano-minerales, se aceleran la degradación de la materia orgánica del suelo y se empeora la composición mineral. La aplicación de fertilizantes minerales con silicio es obligatoria para una agricultura sustentable y altamente efectiva en cualquier tipo de suelo, (Quero, 2007).

✓ **El silicio incrementa la resistencia del suelo contra la erosión del viento y agua:**

La aplicación de silicio mineral al suelo, remedia y restaura su estructura, incrementa la capacidad de retención de agua (de 30 a 100%) y la capacidad de intercambio catiónico, sobre todo en pH's mayor a 7.0. Se incrementa la estabilidad ante la erosión al promover la formación de agregados coloidales. El silicio ayuda al desarrollo del sistema radicular de la planta y puede incrementar la masa de raíces de un 50 a 200%, por lo que también estimula el amacoyamiento (mayor numero de tallos por semilla).

✓ **El silicio incrementa la resistencia a la sequía en las plantas:**

La fertilización con silicio puede optimizar el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40% y ampliar los intervalos del riego sin efectos negativos sobre las plantas. Adicionalmente al sistema irrigación-drenaje, la fertilización con minerales de silicio activo, permiten completar la rehabilitación de suelos afectados por sales, compactación y bajos niveles de pH.

✓ **El silicio neutraliza la toxicidad del aluminio en suelos ácidos mejor que el encalando:**

Existen cinco posibles mecanismos para la reducción de la toxicidad del aluminio por compuestos ricos en silicio; como la formación de ácidos silícicos, orto y meta, coloides,

polímeros de silicio y complejos aluminio-silicatos. El encalado tiene un solo mecanismo. Desafortunadamente la aplicación de encalado y de dolomita, fijan al fósforo y transforman al fósforo-disponible en no asimilable para la planta. Empleando materiales ricos en silicio para la reducción de la toxicidad del aluminio y optimización del pH, mejoran también la nutrición con fósforo, hierro, potasio y zinc, ya que el silicio activa el intercambio catiónico y la movilización de nutrientes, (Quero, 2007).

✓ **El silicio mejora la nutrición del fósforo en las plantas de un 40 a 60:**

La fertilización con minerales ricos en silicio promueve la transformación del fósforo no disponible para la planta en formas asimilables y previene la transformación de fertilizantes ricos en fósforo en compuestos inmóviles. Fertilizantes de lenta liberación se pueden fabricar con materiales ricos en silicio.

✓ **El silicio promueve la colonización por microorganismos simbióticos:**

El silicio mineral promueve la colonización de las raíces por algas, líquenes, bacterias y micorrizas, mejorando la fijación y asimilación de nitrógeno y fósforo entre otros minerales, (Quero, 2007).

- ✓ **El silicio reduce la lixiviación de fósforo, nitrógeno y potasio, en las áreas de cultivo:**

El silicio como mejorador, puede reducir la lixiviación de nutrientes en los suelos arenosos y guardarlos en una forma disponible para la planta, tales como coloides.

- ✓ **El silicio incrementa la resistencia de la planta a la salinidad:**

La fertilización con silicio puede aliviar el estrés causado por la salinidad en plantas cultivadas. Aunque existen pocas hipótesis que expliquen el efecto del silicio sobre el estrés salino.

- ✓ **El silicio protege a las plantas contra el ataque de enfermedades e insectos:**

La acumulación de silicio en los tejidos de la epidermis en forma polimérica, orgánica y cristalina, permite proteger y fortalecer mecánica y bioquímicamente a los tejidos de la planta. El silicio se ha empleado eficazmente para controlar numerosas enfermedades causadas por hongos y ataques de insectos, tanto como, los pesticidas y fungicidas, pero sin efectos negativos para el medio ambiente. La cantidad de tricomas se estimula de un 20 a un 80%, (Quero, 2007).

- ✓ **El silicio restaura áreas contaminadas por metales pesados e hidrocarburos:**

Los fertilizantes minerales ricos en silicio pueden neutralizar el efecto tóxico de metales pesados y restaurar la fertilidad de la tierra. En numerosos experimentos de invernadero y campo se demostró que materiales ricos en silicio pueden usarse como la parte integral de la nueva tecnología para la purificación y restauración de suelos contaminados con aceites y productos derivados de estos.

✓ **El silicio mejora el empleo de biosólidos:**

La mezcla de biosólidos como el estiércol de ganado y compostas con minerales ricos en silicio activo pueden transformar la presencia de contaminantes activos y tóxicos en materiales inertes. Además potencializa a los elementos minerales contenidos en ellos y reduce la lixiviación, (Quero, 2007).

✓ **El silicio tiene acción sinérgica con Ca, Mg, Fe, Zn y Mo:**

Los seis elementos presentan una acción sinérgica, optimizando el desarrollo del cultivo y producción de cosecha, también se mejora la vida media de las cosechas perecederas.

✓ **El silicio forma parte de la estructura de los tricomas:**



En plantas de fríjol, caña de azúcar, papa, chile, tomate, el silicio incrementa el número y tamaño de tricomas estructurales y glandulares, ya que forma parte de su estructura, y este puede ser el mecanismo por el cual el silicio mejora e incrementa la resistencia de los cultivos al ataque de insectos, hongos y bacterias.

✓ **El silicio aumenta la productividad en la horticultura:**

La agricultura mundial en la actualidad requiere anualmente de aproximadamente 800 mil toneladas de fertilizantes minerales ricos en silicio, para promover el desarrollo de una agricultura saludable y sustentable. Esto invariablemente ocurrirá en suelos con más de 700 ton/ha de silicio elemental y pH alrededor de 7.5, donde ocurre también un alta capacidad de intercambio catiónico.

#### **4. Fuente de silicio utilizada**

##### **4.1 Fossil Shell Agro**

Como se viene describiendo una de las alternativas para suplir las necesidades nutricionales edáficas es el uso de fertilizantes orgánicos, que aplicados eficientemente no solo permiten incrementar los rendimientos, sino que mejoran la calidad de los suelos, del desarrollo radicular, elevando el porcentaje de germinación y emergencia y mantienen el equilibrio biológico del suelo, para un mejor impacto en el ecosistema, (Mundo Verde, 2008).

En este contexto, el fertilizante orgánico Fossil Shell Agro provee los componentes necesarios para fortalecer y estimular el crecimiento de las plantas, su gran riqueza en minerales y microelementos, que generalmente están ausentes en suelos empobrecidos o agotados, penetran en el plasma de la planta circulando por su savia, nutriendo y fortaleciendo los tejidos. Su uso contribuye al desarrollo de una agricultura sostenible y conservación del medio ambiente.

El fertilizante orgánico Fossil Shell Agro, se puede aplicar de manera foliar o edáfica, posee además otros beneficios, tales como la protección al ataque de enfermedades, insectos y hongos; aporta con más de 14 nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta, restaura los suelos degradados e incrementa los niveles de fertilidad, neutraliza la toxicidad en suelos ácidos y salinos; y mejora la absorción de nutrientes de los cultivos, al mejorar el sistema radicular, (Mundo Verde, 2008).

#### **4.2 Características de Fossil Shell Agro**

Fossil Shell Agro, es un producto especial de microalgas de agua salada, refinada y con un alto nivel de pureza, posee minerales y microelementos muy importantes y básicos en el desarrollo nutricional de las plantas, los cuales consiguen suplir carencias en las desmineralizadas tierras de cultivos. Es totalmente inocuo para plantas, animales y seres humanos, (Mundo Verde, 2008).

El Fossil Shell Agro, es un biofertilizante elaborado a base de sustratos de una diminuta planta unicelular llamada diatomeas que existe desde hace aproximadamente 300 millones de años en los océanos. Ellas mantienen un pequeño caparazón a su alrededor, compuesto por silicatos que extraen del agua. Cuando las diatomeas mueren este microscópico caparazón quedaba depositado en el fondo de los antiguos océanos. A través de las eras estos caparazones se fueron acumulando en depósitos a veces con espesor de miles de metros. Cuando las aguas de los océanos retrocedieron, estos depósitos fueron eventualmente cubiertos.

Las caparazones se fosilizaron y comprimieron creando polvo de tiza de roca llamado tierra de diatomea.

Cuando la tierra de diatomea es extraída, molida, finamente triturada, pasada por una fina malla, y puesta en una centrífuga, esta se convierte en un fino talco. Este talco puede ser manejado en forma segura prácticamente sin el uso de guantes especiales tanto para fertilización de plantas, alimento de animales y control de insectos plagas, (Mundo Verde, 2008).

#### **4.3 Estructura y función**

Las diatomeas forman parte del Plancton marino derivado de la palabra griega “Plankton”, que significa “Hecho para maravillarse”, incluye todos los organismos, plantas y animales que son demasiado pequeños para controlar sus movimientos sobre distancias largas y son por lo tanto transportados por las corrientes. Estos organismos se dividen en dos grupos: los animales, o el zooplancton y las plantas, llamadas fitoplancton. El último grupo contiene cloroplasto, que contiene el pigmento verde de clorofila. Esto les permite fotosintetizarse, siendo este el primer paso de la larga cadena alimenticia que finaliza con el hombre, de hecho, ellos realizan el 80% de toda la fotosíntesis y son el principal abastecimiento de oxígeno en la tierra, (Mundo Verde, 2008).

Según Mundo Verde (2008), hasta la actualidad se han clasificado a más de 1500 especies conocidas de diatomeas y cada una tiene una estructura claramente diferente, desde una forma cilíndrica hasta una forma circular aplastada. La superficie de los esqueletos tiene pequeñas ranuras, hoyos y poros que crean unos diseños complejos y delicados.

Su composición exacta variara dependiendo de las concentraciones minerales que se encuentran en las aguas donde ellas se forman. En general, la mayoría de las muestras contendrán los elementos siguientes: silicio, sodio, boro, estroncio, vanadio, galio, titanio, aluminio, manganeso, magnesio, hierro, calcio, cobre, fósforo, circonio, molibdeno, zinc, azufre, cloro, potasio, pudiendo llegar a más de 14 elementos, ( Mundo Verde, 2008).

Pueden también tener pequeñas cantidades de plomo y arsénico pero estas no exceden 20 ppm.

Para sobrevivir y con la finalidad de mantener la especie, las diatomeas se multiplican cada 18 o 36 horas. Esta es una reproducción asexual que la alcanza dividiéndose por la mitad, y cada parte toma consigo una porción igual de protoplasma (la materia genética). Una vez separada, la Diatomea joven secreta un nuevo esqueleto que calza exactamente dentro del anterior.

Por este método su reproducción puede aumentar en decenas de miles en solo quince días. El sustrato de Diatomea es el resultado directo del pasado prolífico de estas algas. Al transcurrir el tiempo, miles de millones de organismos acuáticos muertos formaron gigantescos depósitos, algunos de hasta 200 metros de espesor, (Mundo Verde, 2008).

Complementando lo anterior, la misma fuente; señala lo que la capa sobre capa de sedimento se fue formando, las aguas primitivas vinieron y se fueron, pero los diminutos esqueletos permanecieron. Es este proceso de fosilización que determina parcialmente una característica clave de la tierra Diatomea, a saber su contenido cristal natural de la Sílice. Esto se debe a que el calor genera la reacción, que transforma la Sílice amorfa (no cristalizada), en forma de cristal y mientras más profundo sea el depósito, mayor será el peso ejercido durante el proceso de fosilización, lo cual lograra mayor calor. Adicionalmente, la actividad volcánica y tectónica juega un papel importante en la formación del cristal de sílice.

Otro factor que afecta el contenido de cristal natural de la Sílice es la Salinidad. Los peritos concuerdan que los depósitos de agua dulce tienen un porcentaje inferior a los depósitos de agua salada, una razón posible es la reacción química de las sales. El Fossil Shell Agro se origina del agua salada.

#### **4.4 ¿Cómo actúa Fossil Shell Agro?**

Fossil Shell Agro provee los elementos necesarios para fortalecer y estimular el crecimiento de las plantas, su gran riqueza en macro y microelementos, que generalmente están ausentes en suelos empobrecidos o agotados, penetran en el plasma de la planta, circulando por su savia, nutriendo y fortaleciendo los tejidos. Fossil Shell Agro, posee además un efecto fungicida, impidiendo la formación de mohos y carbones en las plantas. Otra interesante aplicación es para proteger granos y semillas de hongos, virus, insectos y bacterias. En este caso se aplica en polvo sobre los granos a conservar, notándose en las semillas una mejor germinación posterior al momento de la siembra, (Mundo Verde, 2008).

Galio, vanadio y titanio, son elementos vitales para el metabolismo de los tejidos, pero generalmente están ausentes en los suelos empobrecidos o agotados, el Fossil Shell Agro los contiene, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1. Minerales mayores y microelementos, que contiene el Fossil Shell Agro en porcentaje.**

Aluminio	5.59%	Boro	0.06%
Calcio	0.02%	Cobre	0.02%
Cloruros	0.067%	Estroncio	0.01%
Fósforo	0.04%	Galio	0.002%
Como (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Magnesio	0.3%
Hierro	2.26%	Potasio	0.16%
Manganeso	0.002%	Sulfatos y Sulfuros	0.06%
Sodio	5%	Titanio	2%
Sílice	84.4%	Zirconio	0.005%
Vanadio	0.002%	Zinc	0.002%

Fuente: Mundo Verde, 2008.

#### **4.5 Aplicación y beneficios del Fossil Shell Agro**

**4.5.1 Foliar:** Aplicaciones de 1.5 a 2 Kg/ha/mes, cubriendo uniformemente toda la planta: hojas (haz y envés), tallo, ramas, etc son los más eficientes. Entre los beneficios obtenidos de esta aplicación es la disminución del ataque de enfermedades, insectos y hongos; aporta con más de 30 nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta, e incrementa la concentración de la clorofila por unidad de área en los tejidos de las hojas.

**4.5.2 Edáfica:** Incorporaciones al suelo 10 kg por ha una vez por ciclo; en plantaciones permanentes, es necesario aplicar de 10 a 20 gr por árbol, a 30 o 50 cm del tronco 2 veces por año. Entre los beneficios se puede describir que, restaura los suelos degradados e incrementa sus niveles de fertilidad, incrementa la nutrición del P entre 40 y 60%, e incrementa la eficiencia de roca fosfórica de 100 a 200%, reduce la lixiviación de P, N y K en su cultivo, neutraliza la toxicidad en suelos ácidos y salinos; y mejora la capacidad de absorción de los suelos.

## **B. Materia Orgánica**

La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la composición de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, que es incitada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos, da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados, (López. 2003).

En cuanto a su origen la M.O. es Vegetal y Animal, al inicio la materia orgánica es descompuesta por bacterias y hongos que se especializan en degradar y pulverizar hasta proporcionar al medio mineral como nitrógeno, azufre, fosforo y dióxido de carbono, (Rodale, 1973).

La composición materia orgánica en un suelo medio es: un 10% de carbohidratos; un 10% de compuestos nitrogenados incluyendo (proteínas, péptidos, aminoácidos,



aminoazúcares, purinas, pirimidinas, etc); un 15% de grasas, ceras, resinas y un 65% de sustancias húmicas, recalca que los porcentajes son variables y altamente dependientes de numerosos factores externos e internos, (Schnitzer, 1990).

El manejo de la materia orgánica en los suelos es de capital importancia para sistemas de producción orgánica de los cultivos. El contenido de materia orgánica en los suelos varía mucho dependiendo de las condiciones climáticas, prácticas de cultivo, rotación de las cosechas y la adición de los abonos frescos: desechos animales, residuos de cosechas y otros materiales orgánicos. Cuando se añade fertilizantes al suelo sin la adición de componentes carbonados orgánicos, frecuentemente la tierra se deteriora. Los niveles deseables de materia orgánica en los suelos de cultivo varían desde el 2% en zonas áridas, al 5% y más en los valles fértiles, (Suquilanda, 1996).

La relación C/N en la materia orgánica, está comprendida entre 30 y 40, que equivale a proporciones de nitrógeno entre 1.8 – 1.2%, la cantidad de nitrógeno es suficiente para asegurar la descomposición por los microorganismos, (Océano, 2000)

## **1. Propiedades Físico – Químicas de la Materia Orgánica**

La composición química de la materia orgánica es muy heterogénea; la cantidad de compuestos químicos que se presentan es infinita y sufren una serie de cambios y transformaciones, que les otorga las propiedades físico-químicas, de acuerdo a Luzuriaga (2001):

- ✓ Resistencia a la descomposición: se debe a la presencia de lignina, la cual, a pesar de que por sí mismo no es inerte, si tiene la propiedad de conferir estabilidad a otros constituyentes vegetales, cuando entran en combinación con ellos.
  
- ✓ Oxidación química: consiste en la absorción del oxígeno atmosférico en medio alcalino, los productos resultantes de esta oxidación son las quinonas y si la oxidación sigue el producto final es el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la cual origina el color negro de los suelos fuertemente alcalinos.
  
- ✓ Intercambio catiónico: según aumente la descomposición de la materia orgánica hace que el intercambio catiónico aumente, lo cual indica la formación o exposición de grupos reactantes.
  
- ✓ Interacción con minerales arcillosos: la velocidad de descomposición del material orgánico del suelo se retarda considerablemente cuando se adiciona al sistema un mineral arcilloso.
  
- ✓ Influencia sobre la estructura del suelo: McHenry y Russell, citados por Luzuriaga (2001), opinan que el efecto que pueda tener la fracción orgánica en la estructura del suelo provee de centros de orientación para la formación de los agregados; además, al descomponerse la materia orgánica, produce compuestos químicos del tipo de los mucílagos que actúan como cementantes.

## 2. Relación entre la Materia Orgánica y los Microorganismos

Para Basantes (2003), de la degradación mecánica y física de los restos vegetales y animales se produce el ataque de microorganismos, los que por medio de sus jugos digestivos y enzimas, destruyen los compuestos orgánicos y dan lugar a la liberación de minerales.

El mismo autor señala que, para el proceso de oxidación de la materia orgánica participan los siguientes grupos de microorganismos:

- ✓ Microflora: algas, diatomeas, bacterias aeróbicas, (*Basillus sp*, *Pseudomonas sp*) y anaeróbicas (*Clostridium sp*) Actinomicetos (*Streptomicetes*, *Nocardia sp*); hongos: ascomicetos (*Aspergillus sp*, *Penicillum sp*), hifomicetes (*Dematiacem sp*, *Fusarium sp*, *Cladosporium sp*, *Hormodendrum sp*); bacidiomicetes.
  
- ✓ Microfauna protozoaria: Rizopodos, flagelados, ciliados
  
- ✓ Microfauna de animales superiores: Nematodos, lombrices, hormigas, térmitas, colembolas.

Luzuriaga (2001), señala que los microorganismos en el suelo intervienen en varios procesos importantes para mantener el equilibrio natural de un sistema Suelo-Planta, excluyendo a los patógenos:

1. Meteorización de las rocas.
2. Formación de humus.
3. Formación de los agregados del suelo.
4. Mineralización del nitrógeno, fósforo y azufre
5. Liberación del potasio y fósforo de los minerales arcillosos.

### **3. Beneficios de la Materia Orgánica**

De acuerdo con Basantes (2003), los beneficios de la materia orgánica, en los suelos agrícolas, son las siguientes:

- ✓ Mejora la estructura de los suelos, dándole forma granular al producir los agregados, que dan buenas condiciones de aireación, humedad, mayor capacidad de intercambio catiónico y disminuye la plasticidad del suelo.

- ✓ Ayuda al desarrollo de la microflora y la microfauna, que forma parte del complejo húmico – coloidal, y produce al final un conjunto de propiedades físicas favorables para los vegetales.
  
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de agua, mejora el drenaje de suelos de textura fina y aumenta la distribución del agua en el perfil. A través de los coloides orgánicos ayuda a retener el agua en suelos arenosos.
  
- ✓ Al mejorar el drenaje y estructura del suelo intensifica la aireación y favorece el crecimiento radicular.
  
- ✓ Aumenta la capacidad de intercambio catiónico, especialmente para los suelos arenosos y suelos altamente meteorizados, con arcillas 1:1.
  
- ✓ Aumenta la superficie específica, elevando la superficie de exposición a los suelos. El humus tiene 700 m<sup>2</sup>/g, en tanto que la caolinita tiene de 5 a 10 m<sup>2</sup>/g de superficie específica.
  
- ✓ Es fuente de nutrientes: N, P, S y oligoelementos, disponibles para las plantas.
  
- ✓ La materia orgánica interviene por su poder amortiguador en la estabilización de la acidez del suelo.

- ✓ Facilita la asimilación del fosforo
  
- ✓ Atenúa la retrogradación del potasio
  
- ✓ Es fuente de gas carbónico
  
- ✓ Aumenta la actividad biológica del suelo

### **C. Abonos orgánicos**

Es importante conocer las exigencias de las plantas y los frecuentes defices de elementos nutritivos en los suelos, si se quiere obtener el máximo aprovechamiento por los cultivos, para la cual es necesario suministrar elementos que precisen para completar su alimentación; y este es el objeto de abonos orgánicos, (Dominguez,1968).

Preparar y laborar el suelo de una manera adecuada, y una fertilización orgánica satisfactoria con humus de lombriz, compost, abono verde y abonos líquidos, se tiene un medio de cultivo optimo para la siembra y producción como lo señala, (Albornoz, 2000).

Se puede describir a los abonos, como aquellas sustancias químicas minerales u orgánicas que contienen uno o varios de los elementos nutritivos que necesitan las plantas para su crecimiento y desarrollo, (Domínguez, 1968).

## 1. Tipos de abonos orgánicos

### 1.1 El Compost

Es un proceso biológico y dinámico en el cual interviene una población mixta de microorganismos propios de la descomposición, la parte orgánica es los residuos de origen animal o vegetal, el cual tiene como base el humus que mejora y fertiliza el suelo; es un producto estable, de olor agradable, (IIRR Y AVRC, 1997).

#### 1.1.1 Propiedades Generales del Compost:

ESTRUCPLAN ON LINE (2000), define a las propiedades generales del compost, son las siguientes:

***Mejora las propiedades físicas del suelo:*** la materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

**Mejora las propiedades químicas:** aumenta el contenido en macronutrientes y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

**Mejora la actividad biológica del suelo:** actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

### 1.1.2 Materiales para la elaboración

Según Info Agro 2007, para la elaboración de compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de.

- ✓ **Restos de cosechas:** se utiliza como acolchado, los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc; son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos de vegetales adultos como troncos, ramas, tallos etc, son menos ricos en nitrógeno.
- ✓ **Abonos verdes:** siegas de césped, malas hierbas, etc.
- ✓ **Las ramas de poda de los frutales:** Es preciso triturarlas antes de su incorporación al compost, debido a que los trozos grandes alargan la descomposición.



- ✓ **Hojas:** tardan de 6 meses a 2 años en descomponerse, por lo que recomiendan mezclar con otros materiales en pequeñas cantidades.
  
- ✓ **Restos urbanos:** son procedentes de restos de cocinas como los restos de hortalizas y frutas, restos de animales de mataderos, etc.
  
- ✓ **Estiércol animal:** lo más importantes son el estiércol de vaca y; de gallinaza, conejina, de caballo, de oveja y los purines, entre otros.
  
- ✓ **Complementos minerales:** Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras, aquí se encuentran las enmiendas calizas y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo.
  
- ✓ **Plantas marinas:** son plantas que apoyan con N, C, P, oligoelementos y biocompuestos, son biofertilizantes de gran interés.
  
- ✓ **Algas:** son ricas en agentes antibacterianos, antifúngicos y nutrientes para la fabricación de compost.

### **1.1.3 Condiciones para la elaboración del Compost**

El compostaje que se elabora depende de una serie de condiciones sobre el lugar donde se elija, para que actúe en un ambiente agradable especialmente en los microorganismos y macroorganismos y la forma más cómoda apetecible, para Abarataldea (2005), e Info Agro (2007), son las siguientes condiciones que requiere el compostaje:

- ✓ **La relación entre carbono y nitrógeno (C/N):** teóricamente C/N de 25 – 35 es la adecuada para el compost, pero esta varía en función de las materias primas. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica y si una relación C/N es muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco.
- ✓ **El pH (acidez y alcalinidad):** influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos, en general los hongos toleran un margen de pH entre 5 – 8, mientras que la bacterias tienen menor capacidad de tolerancia pH de 6 -7.5.
- ✓ **La humedad:** el grado de humedad al inicio del compost está entre 30 y 80 %, según se vaya descomponiendo llega a situarse entre 40 y 60 %. El exceso de humedad ocasiona compactación de los materiales, falta de aireación y por lo tanto putrefacción y lixiviados (liquidados), mientras que la falta de humedad vuelve lento el proceso de descomposición y también puede producir compactación.
- ✓ **La aireación:** que se produzca en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno), garantiza un buen compost, la relación óptima de oxígeno para la descomposición

es el 10% de aire en el volumen total de lo que se composta. Una aireación excesiva desecara los restos y una insuficiente aireación producirá putrefacción y elementos tóxicos lixiviados y malos olores.

- ✓ **La temperatura:** para la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas la temperatura optima es de 35 – 55 °C, mientras que ha temperaturas muy altas, muchos microorganismos benéficos para el proceso mueren y otros no actúan.

#### **1.1.4 Proceso de Compostaje**

Según Alacannabis (2008) e Info Agro (2007), describen el proceso de composting o compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

- ✓ **Mesolítico:** La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Debido a la consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- ✓ **Termofílico:** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias

esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

- ✓ **De enfriamiento:** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
  
- ✓ **De maduración:** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

### **1.1.5 Elaboración del compost**

La elaboración del compost puede ser de dos maneras sobre la superficie o bajo la superficie, los materiales deben estar bien mezclados y homogenizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos vegetales, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales, (Reyes, 2009).

La altura de la compostera es de 1 a 1.5 m de altura, la cual debe tener los materiales como aserrín, hojas secas, verdes, tiernas, malas hierbas, desechos de cocina, estiércol (gallinaza), tierra negra o cal y colocar agua hasta que obtenga una humedad adecuada, (Reyes, 2009).

Una vez formado el montículo, es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost, el montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa por parte de los microorganismos descomponedores; se voltea cuando ha transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días, esto dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Trascurrido 2 – 3 meses se obtendrá un compost joven, (Info Agro, 2007).

El compost se debe dejar reposar entre 15 días y un mes antes de usarlo. Se debe almacenar en un lugar seco y aireado, por lo que puede guardarse todo el tiempo que quiera, (Amigos de la Tierra, 2008).

### **1.1.6 Beneficios del Compost**

Según Amigos de la Tierra, (2008), describen los beneficios del compost; de la siguiente manera:

- ✓ Efectos en la estructura de la tierra
  
- ✓ Soluciona el problema de la generación de residuos
  
- ✓ Efectos sobre los nutrientes de la planta

- ✓ Efectos sobre la salud del suelo
  
- ✓ Beneficios económicos

## **1.2 Lombricultura (Humus de lombriz)**

La lombricultura es la crianza intensiva de lombrices en cautiverio, capaces de transformar los desechos vegetales y animales en humus, rico en microorganismos, (IIRR Y AVRC, 1997).

### **1.2.1 Características de la Lombriz**

Se le conoce como lombriz roja Californiana por su color y porque en es en ese Estado de los Estados Unidos, donde se determinaron sus cualidades y se establecieron los primeros criaderos, (MAG CHILE, 2006).

### **1.2.2 Clasificación en el reino animal**

**Reino:** *Animal*

**Tipo:** *Anélido*

**Clase:** *Oligoqueto*

**Orden:** *Opisthoro*

**Familia:** *Lombricidae*

**Género:** *Eisenia*

**Especie:** *E. foetida*

### **1.2.3 Morfología**

Es una especie que en estado adulto llega a medir unos diez cms. de largo por unos 4 mm de diámetro, con una forma tubular simétrica que hace difícil la determinación de cuál es la parte anterior o posterior, (Bollo, 1996).

Es hermafrodita insuficiente y se reproduce con mucha rapidez, llegando a duplicar la población en tres meses. No contrae ni trasmite enfermedades y vive aproximadamente un promedio de quince años en cautiverio, (MAG CHILE, 2006).

Cuenta con cinco corazones y seis pares de riñones y en su primer tercio se aprecia un ensanchamiento de su cuerpo llamado clitelo, órgano fundamental en el proceso de reproducción, (Bollo, 1996).

Según el mismo autor, su voracidad para comer todo tipo de materia orgánica la hace ideal para la labor que se la utiliza, ya que come su propio peso diario, es decir un gramo.

#### **1.2.4 Alimentación**

El alimento que se les proporcionará será materia orgánica parcial o totalmente descompuesta, describe MAG CHILE, (2006), si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75° C), matarán a las lombrices.

#### **1.2.5 Tipos de alimentos**

Los alimentos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacando entre otros, los siguientes según, (MAG CHILE, 2006) e (Martínez, 1996):

- ✓ Restos de serrerías e industrias relacionadas con la madera.
  
- ✓ Desperdicios de mataderos.
  
- ✓ Residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas.
  
- ✓ Estiércol de especies domésticas.



- ✓ Frutas y tubérculos no aptos para el consumo humano o vegetal.
  
- ✓ Fangos de depuradoras.
  
- ✓ Basuras.

### **1.2.6 Suministro de alimentos**

En condiciones térmicas óptimas se deben añadir entre 20 y 30 kg de alimento por lecho, en una capa de 5-10 cm. cada 10-15 días, cuyo principal objetivo es mejorar la aireación y en el supuesto de que alguna porción del alimento no estuviera totalmente fermentada, (Cueva y Salazar, 2000).

### **1.2.7 Factores para trabajar con lombrices**

Los principales factores a considerar para trabajar con lombrices describe Martínez (1999), siendo los más importantes:

- ✓ **Temperatura:** la temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz son los 25°C; en condiciones controladas, esta es fácil de mantener, sin embargo, cuando se trabaja al aire libre se debe de tener un buen control, alcanzarla y mantenerla.
  
- ✓ **Acidez o pH:** el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a

ocasionar su muerte. El método más eficiente para medir el pH es utilizando la misma lombriz, ella indicará si el material está o no listo para poder vivir en él.

- ✓ **Humedad:** la lombriz necesita de mucha humedad, ésta es requerida para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada es del orden de 75 a 80%.
- ✓ **Relación C/N:** Esta relación es básica para obtener el proceso de transformación en un tiempo corto; depende del balance entre el carbono y el nitrógeno. Se recomienda que inicialmente sea de 25-30 para terminar entre 14 y 20.

### **1.2.8 Enemigos**

La mayor parte de los enemigos de las lombrices proliferan en el criadero por descuido del lombricultor, según los autores, (Cueva y Salazar, 2000) y (MAG CHILE, 2006):

Los depredadores directos más frecuentes son los pájaros (cuervos, mirlos, tordos...), que escarban la tierra con sus patas y pico. La medida de control más eficaz es el cubrimiento del lecho con ramas o mallas antigranizo; además, con esta medida se evita la evaporación y se mantiene la humedad.

Como medida preventiva para eliminar las ratas y ratones, se recomienda las desratizaciones en puntos estratégicos de las instalaciones y además de medidas higiénicas.

Los topos son los peores enemigos de las lombrices, ya que practican túneles profundos a modo de excavadora. Se combaten protegiendo los lechos con materiales que impidan su acceso: ladrillos, mallas metálicas, etc.

La presencia de escarabajos, moscas, ciempiés, ácaros y hormigas es indeseable, pues compiten por el consumo de alimento.

## **1.2.9 Productos de la lombriz**

**1.2.9.1 Humus:** El humus de lombriz, es el producto que sale del tubo digestivo del anélido. Es limpio, suave al tocarlo y no se fermenta ni se pudre, es liviano y se asemeja al café molido, es rico en sustancias nutritivas, compuestos nitrogenados, calcio potasio, fosforo y otros minerales, (FEPP, 2003).

El humus es materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos, que se encuentran químicamente estabilizada, por lo que

regula dinámicamente de la nutrición vegetal del suelo. Es un mejorador de las características físico – químicas del suelo, (IIRR Y AVRC, 1997).

El humus de lombriz debe también su valor a la flora bacteriana que contiene; un kilogramo de humus de lombriz equivale aplicar 25 kilogramos de estiércol, (FEED, 2003).

#### **1.2.9.2 La lombriz, su carne y la harina de lombriz**

- ✓ **La Lombriz:** los altos índices reproductivos de las lombrices que como mínimo duplican su población en un año ponen en claro la posibilidad de explotar este excedente población vendiendo los animales de cría intensiva, (Cueva y Salazar, 2000).
- ✓ **Carne de lombriz:** Se trata de una carne roja, siendo una fuente de proteínas de bajo costo, de la que se obtiene harina con un 73% de proteína y una gran cantidad de aminoácidos esenciales. La carne de lombriz se emplea tanto en la alimentación humana como en la animal. Aunque su riqueza mineral es inferior a las harinas de pescado y su contenido en fibra es muy reducido, (MAG CHILE, 2006).
- ✓ **Harina de lombriz:** Si la cosecha de lombriz se destina a la producción de harina, es necesario separar las lombrices de su medio empleando una malla de alambre tejido y posteriormente someterlas a baños especiales para eliminar bacterias y hongos

indeseables. Por último son secadas al sol y molidas. El resultado final es un polvo de color amarillento que contiene de 60-82% de proteína animal. Son necesarios de 8-10 kg de lombrices vivas para producir 1 Kg de harina, (Cueva y Salazar, 2000).

### **1.3 Bokashi**

La palabra “Bokashi” es un término del idioma japonés, que significa abono fermentado, con el cual se da una idea muy clara, de la importancia de la participación de las poblaciones de microorganismos eficientes nativos del suelo, temperaturas controladas, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, (Sasaki, Alvarado y Likam, 1994).

El manual del cultivo de marihuana (2006) describe la diferencia entre "Bokashi" y "Compost". Donde el objetivo principal del uso del "compost" es suministrar la nutrición inorgánica a los cultivos. En la preparación del "compost" se produce una liberación de minerales en forma disponible y la eliminación de los patógenos que podrían estar en la materia orgánica fresca y causar daño al cultivo; es por esta razón que se recomiendan temperaturas relativamente altas arriba e 50 °C hasta 70 °C para asegurar que mueran los microorganismos patogénicos.

El objetivo principal del "bokashi" es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo; pero también perseguimos la nutrición del cultivo y supe alimentos (materia orgánica) para organismos en el suelo. El suministro deliberado de

microorganismos benéficos asegura la fermentación rápida y una mayor actividad para eliminar los organismos patogénicos, con una combinación de la fermentación alcohólica y una temperatura hasta 50 - 55 °C.

### **1.3.1 Elaboración del Bokashi por etapas, según INFOJARDIN (2008):**

**Etapa primera:** corresponde a la fermentación de los componentes del abono cuando la temperatura puede alcanzar hasta 70-75° C por el incremento de la actividad microbiana. Posteriormente, la temperatura del abono empieza a bajar por agotamiento o disminución de la fuente energética.

**Etapa segunda:** es el momento cuando el abono pasa a un proceso de estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan mayor dificultad para degradarse a corto plazo para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización.

### **1.3.2. Condiciones para la Elaboración del Bokashi**

Según Restrepo, (1996), los principales factores que se deben tener muy en cuenta para la elaboración del bokashi son:

- ✓ **Temperatura:** se da en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono debe tener el sustrato temperaturas superiores a 50°C.

- ✓ **La humedad:** determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación cuando está fabricando el abono. Tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono, la humedad optima oscila entre un 50 y 60 % del peso, (Restrepo, 1996).
  
- ✓ **La aireación:** la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, es necesario para la fermentación aeróbica del abono, dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno. Si en caso de exceso de humedad los micro poros presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad.
  
- ✓ **Tamaño de partículas de los ingredientes:** la disminución del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiado partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal, (Restrepo, 1996).

De acuerdo a Restrepo (1996), **el pH:** para la elaboración del abono es un pH de 6 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbiana en la descomposición de los materiales.

- ✓ **Relación carbono-nitrógeno:** La relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación.

Suquilanda (2008), señala una serie de materiales para la elaboración del Bokashi; y los más importantes son:

### **1.3.3 Residuos orgánicos**

Los procesos que involucran biomasa generan residuos orgánicos. Los residuos o desechos orgánicos se pueden agrupar en cuatro categorías:

#### **1. Urbanos**

- ✓ Basuras ( residuos de cocina, papeles), está mezclado con metales y lo difícilmente descomponible (plásticos, vidrios, latas)
- ✓ Materiales resultantes del mantenimiento de zonas verdes (cortes de prados, ramas de árboles y arbustos).



- ✓ Los lodos de las plantas depuradoras de las aguas servidas.

## **2. Agroindustriales**

- ✓ Industria del azúcar: cachaza, bagazo y bagacillo.
- ✓ Industria del café: cáscara y pergamino
- ✓ Industria palmicultora: ráquis, fibra, afrecho, lodos
- ✓ Molinería de arroz: cascarilla y polvillo
- ✓ Camales: contenido ruminal, y otros
- ✓ Industria de champiñones: champiñonaza
- ✓ Industria de jugos y frutas: cáscaras, y semillas
- ✓ Industria maderera: cortezas, astillas, aserrín y virutas
- ✓ Industria cervecera: lodos
- ✓ Industria del coco: fibra de coco

### **3. Agropecuarios**

- ✓ Bovinaza
  
- ✓ Gallinaza/ pollinaza
  
- ✓ Porquinaza
  
- ✓ Otros: equinaza, ovinaza, caprinaza, conejaza, cuyaza, etc.
  
- ✓ Pulpa de café
  
- ✓ Cáscara de cacao
  
- ✓ Hojas, vástagos y ráquis de musáceas
  
- ✓ Vainas de leguminosas
  
- ✓ Capacho y tuza de maíz
  
- ✓ Desechos florícolas

#### **4. Cuerpos de agua**

- ✓ Malezas acuáticas flotantes: jacinto de agua, azolla-anabaena
  
- ✓ Algas filamentosas
  
- ✓ Agua limpia

#### **5. Otros materiales**

- ✓ Levadura para pan (granulada o en barra)
  
- ✓ Fondos de estanques piscícolas

**Herramientas:** palas, baldes plásticos, termómetro, manguera para el agua, mascarilla para protección contra el polvo, guantes y botas.

#### **1.3.4 Ingredientes Utilizados en el Bokashi**

El mismo Suquilanda, (2008), explica los principales aportes de algunos de los ingredientes utilizados en la fabricación del bokashi:

##### **1.3.4.1 El carbón**

Mejora las características físicas del suelo, propiciando su aireación, absorción de humedad y calor. Su porosidad beneficia la actividad macro y micro biológica de la tierra, actuando como una esponja capaz de absorber, retener, filtrar y liberar gradualmente nutrimentos útiles para la plantas, disminuyendo la pérdida por lavado de estos en el suelo.

#### **1.3.4.2 Los estiércoles**

Constituyen la principal fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. La calidad de estas fuentes de nutrimentos dependen de su origen, de la alimentación que reciban los animales y de el destino que se de a éstos.

#### **1.3.4.3 La cascarilla de arroz**

Cumple el papel de mejoradora de las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de la humedad y la filtración de los nutrimentos. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que posibilita y estimula el desarrollo uniforme y abundante de las raíces de las plantas. Por otra parte la cascarilla de arroz, es una fuente rica en sílice, lo que imprime en los vegetales una mayor resistencia contra el ataque de insectos plaga, nematodos y microorganismos patógenos.

#### **1.3.4.4 Melaza, miel de caña o de panela**

Fuente de energía para la fermentación de los ingredientes que se emplean en la fabricación del bokashi, favorece la multiplicación de la actividad microbiónica. Es rica en nutrimentos tales como potasio, calcio, magnesio, contiene oligoelementos como el boro.

Para facilitar una aplicaci3n homogénea de la melaza en la fabricaci3n del abono fermentado, se la debe diluir en parte del volumen de agua que se utilizará al inicio de la fabricaci3n del bokashi.

#### **1.3.4.5 Carbonato de calcio (cal agrícola)**

La finalidad de este ingrediente es neutralizar los excesos de acidez que suelen presentarse durante el proceso de fermentaci3n. Alternativamente al uso de la cal agrícola, se puede utilizar ceniza vegetal, con lo que también se incorpora el elemento potasio.

#### **1.3.4.6 El agua**

Tiene la funci3n de homogenizar todos los ingredientes utilizados en la fabricaci3n del bokashi, creando las condiciones ideales para un buen desarrollo de la actividad y reproducci3n microbiónica. Para la elaboraci3n de abonos orgánicos fermentados se recomienda no utilizar agua que contenga cloro.

Tanto el exceso como la falta de humedad son perjudiciales para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. La forma más práctica de probar el contenido de humedad, es a través de la prueba del puñado, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad de la mezcla y apretarla. No deberán salir gotas de agua de los dedos pero se deberá formar un terrón quebradizo en la mano. Cuando se tiene un exceso de humedad, lo más recomendable es aumentar la cantidad de cascarilla de arroz o de café a la mezcla, (Restrepo, 1996).



Medición de la Humedad

**Fuente:** Proceso de Descomposición, 2008.

**Figura 1.** Resume de puñado en el Bokashi para comprobar el contenido de agua.

### 1.3.5 Procedimiento en la elaboración de Bokashi

Hacer una mezcla homogénea de todos los componentes exponen CONACYT (2007) y Restrepo (2001).

1er. paso. La melaza se mezcla con el pulque por separado y se diluye.

2do. paso. Se mezcla la pila y comienza a aplicarse esta mezcla a la pila paulatinamente.

3er. paso. Se repite el paso anterior hasta lograr una mezcla homogénea humedeciéndola con agua, hasta alcanzar punto de humedad deseado.

4to. paso. Colocar la mezcla en un lugar protegido y aislado, mezclarlo 2 veces al día para airearla (por la mañana y por la tarde).

5to. paso. La mezcla termina cuando todos los componentes están distribuidos homogéneamente y se ha alcanzado la humedad en ella, de tal forma que al apretar con un puño la mezcla no escurra agua y la humedad se sienta entre los dedos.

6to. paso. Después de este punto no se debe humedecer nunca más. La mezcla debe apilarse en un lugar protegido del sol y del agua, para que no interrumpa la fermentación. La pila debe tener una altura de 50 cm, para favorecer la fermentación se recomienda taparla con un plástico.

7mo. Paso. El Bokashi termina su fermentación entre 15 y 20 días, dependiendo de los materiales usados y la temperatura ambiental.

8vo. paso. El Bokashi está listo cuando el material se enfría y está seco, por lo que al alcanzar este estado puede procederse a su aplicación.

### **1.3.6 Utilización del Bokashi**

La cantidad de abono que aplica a los diferentes cultivos está condicionada principalmente por varios factores; por ejemplo la fertilidad original del suelo, en clima y la exigencia nutricional del cultivo. Sin embargo, existen estas recomendaciones, (GANADOR, 2008):

1. En los semilleros se puede mezclar con tierra cernida y con carbón vegetal pulverizado en proporción de 60% a 90% de tierra y 40% a 10% de bokashi.
2. Abonado directo en la base del hoyo donde se coloca la planta, una vez que se transplante, teniendo cuidado de cubrir el bokashi con un poco de tierra para que la raíz de la planta no quede en contacto directo con el abono ya que así se puede quemar.
3. Abonado a los lados de las plantas. Este sistema sirve para hacerle una segunda y tercera abonada de mantenimiento a los cultivos.



4. Abonado directo a los surcos donde se irá a establecer el cultivo que se quiere sembrar. Independientemente de la forma como lo utilicemos, el Bokashi siempre se debe cubrir con tierra para que no se pierda y así obtener mejores resultados.

5. Dosis sugeridas:

-Hortalizas de hoja: de 10 a 30 gramos, en la base.

-Hortalizas de tubérculo o que forman cabeza hasta 80 gramos.

-Tomate y pimentón de 100 a 120 gramos.

-En hortalizas de ciclo corto (ej: rábano), con una sola aplicación es suficiente.

En especies semestrales pueden hacer 2 aplicaciones, máximo tres. No hay que perder de vista de la dosis a aplicar no es algo fijo, depende de la fertilidad original del suelo donde se va a cultivar, del clima imperante y de las necesidades específicas de nutrición del cultivo que tengan. Por eso es muy importante que con creatividad e iniciativa, de las personas que experimenten hasta determinar lo que es más apropiado.

## **D. Cultivo de Papa china**

### **1. Origen, Historia y Geografía**

La historia de *Colacasia esculenta*, puede remontarse hasta las culturas neolíticas más primitivas. El centro de origen fue en el sudeste asiático y a partir de aquí se disperso hacia el este de la India, África, zonas del Mediterráneo y más tarde a las Américas. En 1910, se introdujo en la Florida y otros sureste estados de los EE.UU, (Matthews, 1995).

Esta planta, como se indica, tiene innumerables nombres vulgares en los trópicos, pero se verá en la variación “tallus” (tallas, tales y taloes) es la más importante, de la cual se deriva el nombre hawaiano: “taro”, (Montaldo, 1991).

El taro se puede confundir con otras plantas en la Florida, que tiene grandes hojas en forma de flecha, como el oreja de elefante (*Xanthosoma sagittifolium*) y el arums (*Peltandra* spp), mientras que el taro se puede distinguir por la fijación de la hoja del peciolo, (Florida Department of Environmental Protection, 2008).

### **2. Clasificación Botánica**

La clasificación mas especifica del taro es complicada por el hecho de que como en otras plantas propagadas vegetativamente, hay una gradación continua de

características. Sin embargo es de conocimiento general que *Colocasia esculenta* es la especie de taro más cultivada, (Onwueme, 1978).

De acuerdo Díaz (2008), el nombre científico de la papa china *Colocasia esculenta*, se conoce en diferentes partes del mundo, como se muestra; en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Denominación de *Colocasia esculenta*, sus nombres en diferentes partes del mundo.

<b>DENOMINACIONES</b>	
<b>Inglaterra</b>	Taro, Wild Taro, Yam, Eddo, Dasheen
<b>Francia</b>	Taro, Chou de Chine, Colocasie, Medére
<b>Alemania</b>	Taro, Blattwurz, Kolocasie, Echyeslattwurz
<b>Holanda</b>	Taro, Eddoe
<b>Portugal</b>	Colcas, Inhame, Colocasia, Tayaz, Caraiba
<b>China</b>	Woo Tau
<b>Indonesia</b>	Beti
<b>Filipinas</b>	Abalong
<b>India</b>	Arbi, Arum
<b>Malasia</b>	Keladi
<b>Otras</b>	Taro, Ocumo, Malanga, Tannia, Yautia, Oreja de elefante, Dasheen, Tiquisque, Cocoyan, Mafafa, Gualusa, malagay, Papa china, Pie de Elefante

Fuente: Díaz, 2008.

**Tabla 3.** Clasificación taxonómica de *Colacasia esculenta* (Taro o inhame)

<b>Clasificación Taxonómica de <i>Colacasia esculenta</i></b>	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Alismatales
<b>Familia:</b>	Araceae de las monocotiledóneas
<b>Género:</b>	<i>Colacasia</i>
<b>Especie:</b>	<i>Colacasia esculenta</i>

Fuente: Hao, (2006)

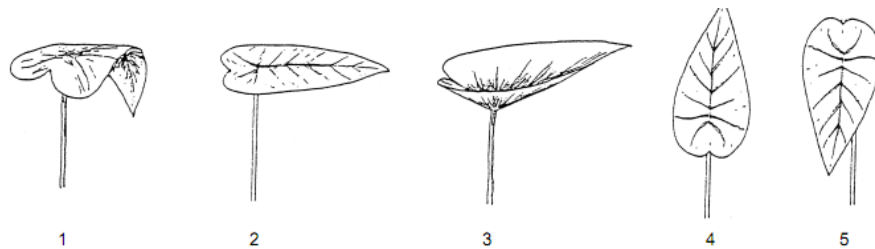
### **3. Características de la planta**

*Colacasia esculenta* es una planta herbácea perenne, caracterizada por su rizoma tuberoso, que forma un cormo de aspecto escamoso e espesor variable, que nacen en rosetas, el final de largos peciolo, (Hao, 2006).

**Hojas:** las hojas son peltadas de 60 cm de largo y 50 cm de ancho, en forma de flecha, con una superficie oscuro terciopelo verde; peciolo grandes, suculentos, que pueden ser verdes o violetas, (Florida Department of Environmental Protection, 2008).

Según, Plan Genetic Resources, (1997), las hojas jóvenes completamente abiertas se presentan en:

1. Inclínada
2. Horizontal
3. En forma de copa
4. Erecta, ápice hacia arriba
5. Erecta, ápice hacia abajo



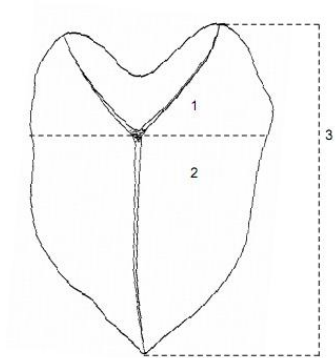
**Fuente:** Plan Genetic Resources, 1997

**Figura 2.** Posición predominante (forma) de la superficie del limbo foliar.

El taro, el peciolo de la hoja adjunta a varias pulgadas de la base de la “V” de la hoja, mientras que a otras especies el peciolo se adjunta directamente en la base, (University of Florida, 2008).

El diseño de la vena, Plan Genetic Resources, 1997, la forma de las venas en la superficie inferior de la hoja:

1. Diseño V ( en un espacio a “V”)
2. Diseño I (con forma de “I”)
3. Diseño Y (con forma de “Y”)



**Fuente:** Plan Genetic Resources, 1997

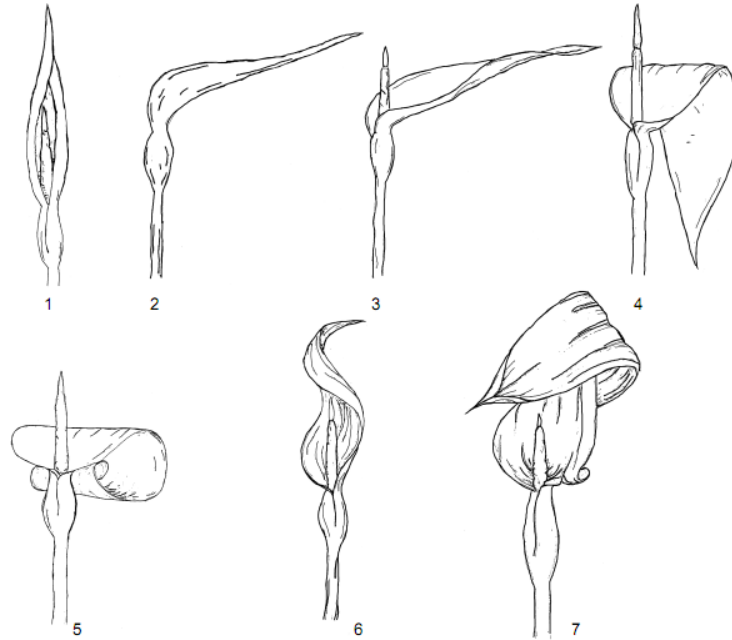
**Figura 3.** Diseño de la Vena

**Flores:** La inflorescencia en un tallo carnoso, peciolos más cortos que la hoja, la parte carnosa está envuelto en el tallo por una larga bráctea de color amarillo (espata). Flores diminutas, densamente concurrido en la parte superior del tallo carnoso, con flores femeninas y masculinas por abajo y encima de las flores, Hao (2006). Flores en

espándice, unisexuales, pistiladas en la base del espándice y flores estaminadas en el extremo, con un grupo de flores estériles entre ambas zonas, (Montaldo, 1999).

De acuerdo con Plan Genetic Resources 1997, demuestra en la siguiente figura de la forma de la espata en la antesis masculina.

1. Encapuchada
  
2. Carenada
  
3. Aplanada
  
4. Completamente abierta e inclinada
  
5. Enrollada hacia atrás
  
6. Sinuosa
  
7. Enrollada y sinuosa



**Fuente:** Plan Genetic Resources, 1997

**Figura 4.** La forma de la espata en la antesis masculina.

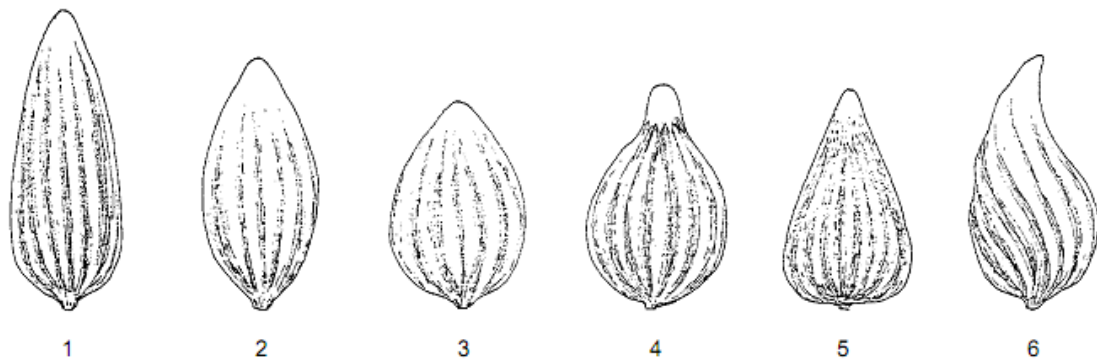
**Semillas:** Esta planta generalmente no produce semillas, quizá debido a que, por selección clonal, a través de cientos de años de cultivo sólo se hayan seleccionado los clones infértiles, o bien a que como la cosecha se hace antes de año, las inflorescencias no tienen la oportunidad de formarse, (Montaldo, 1991).

La forma de la semilla, se presenta en la siguiente figura, de acuerdo Plan Genetic Resources (1997).

1. Alargada



2. Elíptica
3. Ovalada
4. Con forma de “Cuello de Botella”
5. Cónica
6. Sinuosa



**Fuente:** Plan Genetic Resources, 1997.

**Figura 5.** Forma de la Semilla de *Colocasia esculenta* “taro”

**Fruto:** son pequeñas bayas uniloculares, que se encuentran en grupos en el tallo carnoso, (Florida Department of Environmental Protection, 2008).

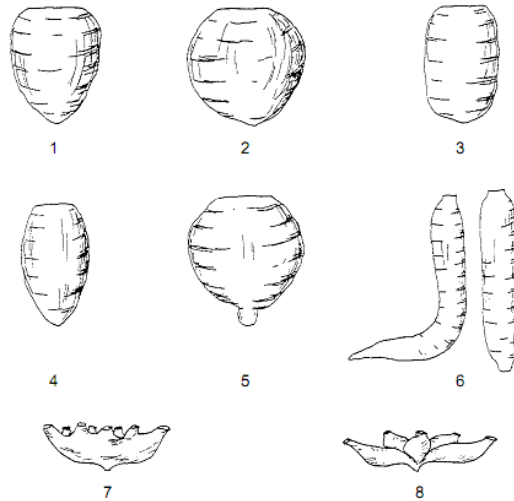
**Cormo:** El cormo tiene una cascara gruesa y rugosa, de color marrón casi negro, siendo rodeado por un espeso revestimiento fibroso (raíces), fácilmente removible durante la

cosecha. Resultantes del engrosamiento rizoma subterráneo, puede alcanzar cuando el agua sea abundante y el suelo suelto, puede ser esférica o alargada, con un peso que oscila entre 30 y 450 gr. El color de su carne, suele ser de blanco nieve, en algunos tipos puede encontrarse rosado – amarillento y incluso anaranjado, el sabor es parecido al de la patata, Díaz (2008). Después de la cocción, la superficie del corno expuesta al aire se ennegrece rápidamente por la oxidación, Hao (2006).

De acuerdo Plan Genetic Resources, (1997), la forma del corno que presenta *Colacasia esculenta* “taro”, es:

1. Cónica
2. Redonda
3. Cilíndrica
4. Elíptica
5. Con forma de campanilla
6. Alargada
7. Plana y multifasetica

## 8. Agrupada

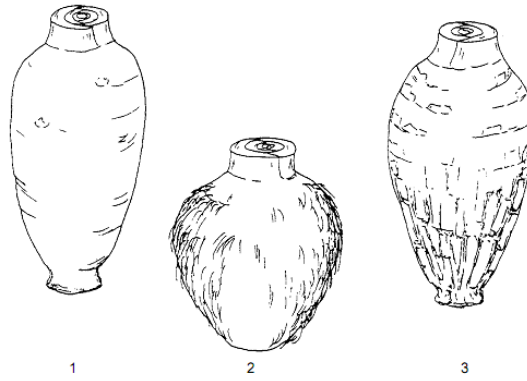


**Fuente:** Plan Genetic Resources, 1997

**Figura 6.** Forma del cormo que presenta Colocasia esculenta “taro”

La superficie de la piel del cormo se clasifica, por:

1. Lisa
2. Fibrosa
3. Escamosa



Fuente: Plan Genetic Resources, (1997).

Figura 7. Superficie de la piel del Cormo de *Colocasia esculenta*

Tabla 4. Composición de 100 g de materia seca del cormo de papa china, según varios autores.

Componente	Unidad	Collazos	Jacoby1/	Montaldo
		et al. (1975)	(1975)	(1975)
Agua	gr	72.2	72.4	72.6
Calorías	cal	112.0	105.0	100.0
Proteína	gr	1.8	2.4	2.0
Grasas	gr	1.5	0.2	0.2
Carbohidratos	gr	23.5	24.1	24.3
Fibra	gr	0.4	--	0.6
Ceniza	gr	1.0	--	0.9
Calcio	mg	3.0	22.0	14.0
Fósforo	mg	30.0	--	43.0
Hierro	mg	0.7	0.8	1.3
Vitaminas	mg	--	--	--
Tiamina	mg	0.09	0.09	0.13

Riboflavina	mg	0.03	0.03	0.02
Niacina	mg	0.44	0.50	0.40
Acido ascórbico	mg	3.10	10.00	3.00

1/ Citado por Montaldo y Pinedo (1975)

Todas las partes de la planta son comestibles, pero como todas las aráceas, contienen oxalato de calcio lo cual limita el consumo de algunas variedades, también la pulpa contiene un principio de acre que genera ácido cianhídrico, pero que puede eliminarse por lavado y cocción, (Montaldo, 1991).



**Fuente:** Univ. Of Florida, Canter for Aquactica and Invaside Plants, 2008.

**Figura 8.** Ilustración de *Colocasia esculenta*



**Fuente:** Plan Genetic Resources, 1997

**Figura 9.** Representación de estolones de izquierda y derecha

#### **4. Clima y Suelo**

El taro es una planta netamente tropical, este cultivo requiere de un rango de temperaturas entre 25 y 30 °C y las temperaturas menores a 18 °C influyen negativamente en la germinación, (MAG, Costa Rica, 1991).

Para obtener máximos rendimientos necesita de abundante agua, entre 1500 y 2000 m/año, bien distribuidas todo el año. El período crítico para mantener la humedad es durante los cinco primeros meses de desarrollo; pasado este tiempo, el exceso de humedad puede ocasionar pudrición de los cormos, (Montaldo y Pinedo, 1975), requiere abundante luz para obtener mayor producción, un período de 12 horas con luz es adecuado.

Este cultivo puede crecer en todo tipo de suelo, pero los mejores resultados se obtienen en suelos profundos, drenados, de textura franca y con pH entre 5.5 – 6.5 como óptimo, (MAG, Costa Rica, 1991).

## **5. Métodos de propagación**

### **Propagación sexual**

Las plantas aráceas producen flores y semillas, aunque esto no es común en todas las plantaciones. Las condiciones para la formación de flores en estas plantas no están clarificadas, para este cultivo cualquier factor que conduzca a incrementar el florecimiento, germinación de semillas y últimamente la hibridación, puede ser de mucho significado para su mejoramiento, una de las alternativas es el ácido giberélico para la floración de *Colocasia esculenta*. (Onwueme, 1978),

### **Propagación asexual**

La propagación vegetativa utilizando la parte subterránea de la planta (cormos), es la más común en este cultivo.

El material de siembra comercial puede ser: a) cormos pequeños, b) cortes de sección de cormos grandes, c) cormos laterales, d) secciones cortadas de cormos laterales grandes, e) cortes del tallo que consiste en la porción apical del cormo y de la porción

basal del peciolo (15 – 25 cm). Las semillas de cormos producen rendimientos más altos que los cormos laterales, mientras que los cortes de tallo producen aun mas que los cormos, posiblemente debido a un mayor número de raíces y mayor desarrollo foliar en comparación a los otros dos tipos de “semilla”, Onwueme (1978), este método de propagación no es efectivo debido a que hay que mantener los genotipos libres de enfermedades.

Los cormos a emplearse como semilla deben provenir de plantas vigorosas que no presentan síntomas de enfermedades, (Montaldo y Pienedo, 1975).

## **6. Preparación del Suelo**

Para un buen desarrollo de los cormos, se requiere una buena preparación del terreno, involucra limpiar, arar y rastrear dos veces y alomillada, esta última labor es indispensable para un buen desarrollo de los cormos, (MAG, Costa Rica, 1991).

## **7. Siembra**

La siembra y distanciamientos, es enterrando la semilla entre 7 a 10 cm de profundidad. Cuando se siembra en áreas planas, el distanciamiento puede ser de 1.0 x 1.0 m. Cuando se mecaniza y se hacen surcos, estos pueden estar a 1.0 hasta 1.5 m y la



distancia entre plantas puede ser de 1.0 a 0.8 m y hasta 0.6 m, (Montaldo y Pinedo, 1975), cabe recalcar que la mejor distancia optima de siembra, entre surcos es de 1.20 m y entre plantas de 50 a 60 cm.

## **8. Manejo de la plantación**

### **Combate de malezas**

Las malezas son sensibles a la competencia de malezas durante los primeros tres o cuatro meses de crecimiento , cuando las hojas empiezan a expandirse. Se puede emplear mezclas de herbicidas como atracina (Gesaprim; 2-2.5 l/ha) y pendimentalina (Prowl; 2.5-5 l/ha) o atracina (Gesaprim; 2-2.5 l/ha) y alaclor (Lazo 2 l/ha) en preemergencia. (MAG, Costa Rica, 1991).

### **Aporques**

Las labores de cultivo consisten en un aporque manual a los 120 días después de la siembra. Los aporques tienen que hacerse en forma simultánea que las fertilizaciones. Los aporques tienen doble finalidad, la primera evitar que se desarrollen macollos por la germinación de los cormelos y la segunda aumenta la producción de tubérculos de papa china hasta en un 80%, (Mosquera, E y Cardenas D, 2008).

### **Deshije**

De acuerdo a MAG Costa Rica (1991), cuando el cormo germina nacen varios brotes; es muy recomendable dejar sólo el brote más vigoroso, práctica que se realiza después del tercer mes.

### **Control de enfermedades**

En general como son plantaciones relativamente nuevas es poca la presencia de enfermedades fungosas e insectos afectando al cultivo de la papa china; sin embargo las enfermedades más comunes que se presentan son: hongo (*Phytophthora colocasiae*, *P. palmivora*), produce la pudrición de la blanda de los cormos, añublo foliar causado por *Fusarium solani* y *Pseudomonas* y fumagina producida por *Capnodium* sp. También se presenta bacteriosis (*Xantomonas* sp.) atacando al follaje de las hojas (amarillamiento), por lo que se considera adecuado aplicar un producto bactericida por lo menos una vez, de acuerdo a las necesidades del cultivo. Adicionalmente, existen en menor escala plagas como la cochinilla harinosa y el gusano cogollero, (Mosquera, E y Cardenas D, 2008).

### **9. Cosecha**

Según Mosquera, E y Cardenas, D (2008), la cosecha se realiza desde los 6 a 7 meses de la siembra de la plántula y en cormo a los 9 meses. La planta está lista para ser cosechada cuando las hojas inferiores se tornan amarillentas y cuando los cormelos se

cierran en la parte superior. La cosecha de cormelos de la papa china puede ser diferida hasta por tres meses, esto facilita al productor para adecuarse a la demanda del mercado.

Los cormos se extraen del suelo, se dejan secar para eliminar la tierra, se separan por la parte más delgada o pedúnculo y se guardan. La falta de lavado y desinfección de los tubérculos conduce a pérdida por ataque de hongos, pero el principal problema que se presenta durante el almacenaje es el brotamiento, (Montaldo y Pinedo, 1975).

Los cormos pueden almacenarse por varios meses; la pérdida de peso (en un período hasta de ocho meses) fluctúa entre 7 y 24% de acuerdo con la especie. La mejor manera de almacenar los cormos en el campo es enterrándolos. Para almacenar cormos para semilla, éstos deben ser tendidos en el suelo en capas finas o en montículos a la temperatura ambiente (25 a 30 °C). Aunque el cormo se puede almacenar por varios meses, es conveniente controlar periódicamente las condiciones de humedad y temperatura. Cuando los cormos quedan expuestos al sol durante mucho tiempo se desarrollan lesiones negruzcas en el interior de ellos, (Lozada. A, 2005).

## **10. Post- cosecha**

### **✓ Empaque**

Luego de cosechada la papa china (taro), se procede al empaque en canastillas para que sea transportado a la empacadora; en dónde se lo almacena en un cuarto frío y proceden a lavarlo manualmente en agua con en tinas grandes, para después ser desinfectadas con sitrex (orgánico) en inmersión, así mismo en tinas, en dónde entran de 200 a 280 gavetas, luego se lo seca con cubículos aéreos en dónde se airean y pierden su humedad durante cuatro días. El corno debe ser empacado en cajas de plancha de fibra ventiladas totalmente telescopiables de doble pared de cartón corrugado que contengan tiene 42 libras netas, cuya medida de la caja es 48cm de largo X 40cm de ancho X 27cm de alto, (Guaman, 2008).

#### ✓ **Almacenamiento**

Después las cajas son transportadas en rodillos hacia la bodega. Es muy sensible a daños por enfriamiento, presentando descomposición por humedad y por la presencia de altas temperaturas, (Guaman, 2008).

Presenta buenas condiciones de conservación al ambiente natural, lo mismo ocurre a bajas temperaturas. En ambiente natural (26 °C y 76% de humedad relativa), la brotación comienza a las seis semanas.

## ✓ Transporte

La papa china (taro) se transporta en furgones refrigerados manteniendo la temperatura y humedad relativa mencionada, (Guaman, 2008).

### **11. Formas de utilización**

Casi toda la totalidad de producción de taro es utilizada para alimentación humana, en general consumido directamente en forma de vegetal cocido, el cormo se utilizan de manera similar a la papa, en la alimentación directa después de cocinados, en puré, en sopas y guisos. Se consume frito, forma en la que se preparan hojuelas crocantes. También se prepara una chicha o "masato" de taro.

En Africa, el taro se usa en la preparación de "fufu", alimento tradicional en estos pueblos, que consiste en una masa elástica elaborada con ñame cocido, molido y amasado en un mortero de madera, (Montaldo y Pinedo, 1975).

Contiene fósforo, hierro, calcio, vitaminas B1 y B5, y es un cormo, raíz, no como muchos imaginan, (A Fresca, 2007).

Además de la alimentación, el taro es utilizado en la cura de varias enfermedades, incluyendo el reumatismo, artritis, ácido úrico, la inflamación, todas las infecciones (Forúnculo, quistes sebáceos, los huesos, hemorroides, sinusitis, apendicitis), los virus y

micosis, (A Fresca, 2007). También nos protege de las enfermedades transmitidas por mosquitos como el paludismo, el dengue y la fiebre amarilla.

De acuerdo Jardineiro. net (2007), se usa en forma medicinal para ser suministradas a las persona; cuya acción son las siguientes:

- **Indicaciones:** Desnutrición, convalecencia, debilidad, anemia, osteoporosis, crecimiento, reumatismo.
- **Propiedades:** Antiinflamatoria, diurética, energética, mineralizante.
- **Partes usadas:** Hojas, flores, tallos y rizomas, siempre cocidos para uso interno o rallado crudo para el edema reumático.

#### **IV. MATERIALES Y METODOS**

##### **A. Localización Geografía y Agroclimática**

El proceso de investigación en su etapa de campo se llevó a cabo en la Finca San Lucas que mantiene la siguiente ubicación geográfica y agroclimática:

**Provincia:** Pastaza

**Cantón:** Puyo

**Finca:** Lucas San Lucas

**Sector:** Km 16 Vía Puyo – Macas “La Esperanza”

**Altitud:** 980 m.s.n.m

**Temperatura:** 20. 7 °C

**Luminosidad:** 1107 horas luz/año

**Humedad Relativa:** 80%

**Suelo:** Franco arcilloso

**pH:** 5.7

## **B. Materiales y Métodos**

### **1. Materiales**

#### **1.1 Para la elaboración de Bokashi**

✓ Aserrín

- ✓ Balde
  
- ✓ Desperdicios Orgánicos
  
- ✓ Cal
  
- ✓ Caña de Azúcar picada
  
- ✓ Ceniza
  
- ✓ Gallinaza
  
- ✓ Levadura
  
- ✓ Maní forrajero
  
- ✓ Palos
- ✓ Plásticos

## **1.2 Aplicación de Silicio**

- ✓ Agua



✓ Balanza

✓ Bomba de Mochila

✓ Sílice edáfico: Fossil Shell Agro en drenhs

### **1.3 Para el Cultivo de Papa china**

✓ Abono Orgánico

✓ Azadones

✓ Estacas

✓ Fundas

✓ Flexometro

✓ Material Vegetativo, plántulas de Papa china

✓ Pala

✓ Piola

✓ Sílice edáfico: Fossil Shell Agro en drenhs

✓ Libro de Campo

✓ Tableros de identificación para los tratamientos

#### **1.4 De Oficina**

✓ Calculadora

✓ Cámara de Fotográfica

✓ Computadora

✓ Papelería

✓ Software estadístico "INFOSTAT"

## **2. Localización y Características de las Unidades Experimentales**

La investigación se realizó en la Finca Lucas, que tiene como especialidad el cultivo de la papa china.

## **2.1 Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en arreglo factorial  $2 \times 4 + 1$ , para un total de 8 tratamientos más un testigo con tres repeticiones, que dio un total de 27 unidades experimentales.

## **2.2 Área de ensayo**

El área total: 610.08 metros cuadrados.

El área neta: 421.2 metros cuadrados.

El total de unidades experimentales: 15,6 metros cuadrados.

## **2.3 Forma**

Cada unidad que se experimentó fue rectangular, con una superficie de 15.60 metros cuadrados (5.2 m x 3 m), cada repetición fue separada por un 1m.

**Tabla 5.** Tratamientos, Niveles y Dosis de Aplicación además de la desagregación de los dos niveles de abono orgánico y cuatro dosis de silicio más el testigo.

<b>Tratamientos</b>	<b>Niveles y Dosis de aplicación</b>	<b>Abono Orgánico</b>	<b>Producto Fossil Shell Agro</b>
<b>T1</b>	A1S1	40 t/ha	5 kg/ha
<b>T2</b>	A1S2	40 t/ha	10 kg/ha
<b>T3</b>	A1S3	40 t/ha	15 kg/ha
<b>T4</b>	A1S4	40 t/ha	20 kg/ha
<b>T5</b>	A2S1	60 t/ha	5 kg/ha
<b>T6</b>	A2S2	60 t/ha	10 kg/ha
<b>T7</b>	A2S3	60 t/ha	15 kg/ha
<b>T8</b>	A2S4	60 t/ha	20 kg/ha
<b>T9</b>	Testigo	Testigo	Testigo

**Elaborado:** Mónica Peñafiel

## **2.4 Densidad de de Siembra**

La distancia de siembra fue de 0.70 metros entre plantas y 1m entre hileras, para una población de 486 plantas para el proyecto, se conservo una reserva del 10%

para una potencial resiembra, lo cual no fue necesario debido a que se logro un 100% de prendimiento.

**Tabla 6.** Distribución de los tratamientos en el campo, de la Finca San Lucas, Puyo. Provincia de Pastaza - 2008.

<b>T4</b>	<b>T9</b>	<b>T6</b>
<b>T1</b>	<b>T6</b>	<b>T3</b>
<b>T9</b>	<b>T4</b>	<b>T8</b>
<b>T5</b>	<b>T7</b>	<b>T2</b>
<b>T3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>
<b>T6</b>	<b>T5</b>	<b>T1</b>
<b>T8</b>	<b>T1</b>	<b>T9</b>
<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T7</b>
<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T5</b>

**Elaborado:** Mónica Peñafiel

### 3. Variables en estudio

- ✓ **Prendimiento:** Se conto el número de plantas prendidas a los 15 días del trasplante y se trasformo a porcentaje.
- ✓ **Número de hojas:** se registro cada 45 días a partir del trasplante, en cinco plantas tomadas al azar en la parcela útil, las cuales fueron debidamente marcadas.



**Fotografía 1. Conteo de números de hojas de la planta de papa china, Finca San Lucas, 2008.**

- ✓ **Altura de planta:** se anoto en cm con un flexometro; desde la inserción del pseudo tallo en el cormo primario hasta la inserción del limbo con el pecíolo de la hoja bandera, en las cinco plantas marcadas; la variable se registró cada 45 días.



**Fotografía 2. Registro de altura de planta de papa china, Finca San Lucas, 2008.**

- ✓ **Peso de cormos por planta:** se pesó los cormos de cada planta marcada dentro de la parcela útil.



**Fotografía 3. Peso de cormos de primera, segunda, tercera categoría de la planta de papa china, Finca San Lucas, 2009.**

- ✓ **Categorización de cormos:** se tomó todos los datos de los pesos del cormo por planta marcada y se evaluó los tratamientos clasificando los cormos en primera, segunda y tercera.



**Fotografía 4. Diferencia del cormo de primera y segunda categoría de papa china, Finca San Lucas, 2008.**



**Fotografía 5. Cormo de tercera categoría de papa china, Finca San Lucas, 2009.**

- ✓ **Rendimiento de cormo por hectárea:** se registró el peso total de los cormos de la parcela útil, de transformo a hectárea para conocer si el silicio cumple con las expectativas de la investigación.

#### **4. Análisis estadístico**



Se trabajo con la prueba de Duncan al 5% y al 1%, para determinar el grado de confianza de las variables en estudio.

## 5. Análisis de variancia

El esquema del análisis estadístico se muestra en la Tabla 7, donde se muestra las fuentes de variación y los grados de libertad.

**Tabla 7.** Esquema de Análisis de Variancia del diseño de bloques al azar en arreglo factorial 2x4+1

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	26
Repeticiones	2
Tratamientos	(8)
Abono Orgánico (A)	1
Niveles de Silicio (S)	3
A x S	3
Testigo vs Resto	1
Error	16

**Elaborado:** Mónica Peñafiel

## 6. Metodología de la Investigación

### Fase I. Elaboración de Bokashi

El bokashi se elaboro en un lugar fresco, con suelo bien drenado, bajo una cubierta de plástico y con los materiales de la zona.



**Fotografía 6. Elaboración de Bokashi con los materiales de la zona.  
Finca San Lucas, 2008.**

Todos los materiales se llevaron a lugar de elaboración, primero se pico el maní y la caña de azúcar; estos productos se distribuyeron en capas hasta terminar el material seleccionado, se muestra en la Tabla 8.



**Fotografía 7. Picado de los materiales de maní forrajero y caña de azúcar, para la elaboración de Bokashi. Finca San Lucas, 2008.**



**Fotografía 8. Distribución por capas de los materiales para la elaboración del Bokashi. Finca San Lucas, 2008.**

Una vez formado el montículo, se dejó tres días cubierto con plástico, para que se concentre calor, pasadas el tiempo indicado se comenzó a remover la mezcla todos los días, para la obtención del bokashi; esta labor se practicó durante un mes, por a las condiciones climáticas de la zona.



**Fotografía 9. Protección del Bokashi con plástico por tres días, y voltear el mismo, todos los días. Finca San Lucas, 2008.**

**Tabla 8.** Distribución de los materiales en capas para la elaboración de Bokashi en la Finca San Lucas, 2008.

<b>Capas</b>	<b>Materiales</b>	<b>Cantidades</b>
Diecinueveava	Cal	Espolvorear
Dieciochoava	Levadura	Una (12 litros de agua diluida en una levadura)
Diecisieteava	Gallinaza	14 sacos
Dieciseisava	Ceniza	1 saco
Quinceava	Caña de Azúcar picada	1 saco
Catorceava	Desperdicios orgánicos	12 sacos
Treceava	Aserrín	15 sacos
Doceava	Maní Forrajero picado	5 sacos
Onceava	Cal	Espolvorear

Decima	Levadura	Una (12 litros de agua diluida en una levadura)
Novena	Gallinaza	13 sacos
Octava	Ceniza	1 saco
Séptima	Caña de Azúcar picada	1 saco
Sexta	Desperdicios Orgánicos	13 sacos
Quinta	Levadura	Una (12 litros de agua diluida en una levadura)
Cuarta	Cal	Espolvorear
Tercera	Aserrín	15 sacos
Segunda	Maní forrajero picado	5 sacos
Primera	Gallinaza	13 sacos

**Elaborado:** Mónica Peñafiel

A los 10 y 24 días de elaboración, se suministro dos barras adicionales de levadura diluidos en 12 litros de agua cada una; debido a necesidades de humedad y potencializadores para acelerar el proceso de descomposición.

Se cosecharon 37 sacos de 90 libras de bokashi, para un total de 1513.64 kilogramos.





**Fotografía 10. Recolección de elaboración de Bokashi en sacos, Finca San Lucas, 2008.**

Se peso el abono orgánico “Bokashi”, y se distribuyeron para los tratamientos respectivamente: 600 Kg para T1, T2, T3 y T4; y 900 Kg para T5, T6, T7 y T8, todo para el ciclo del cultivo.



**Fotografía 11. Pesado del Bokashi, para la primera aplicación del (80% de abono orgánico), de todos los tratamientos. Finca San Lucas, 2008.**



**Fotografía 12. Pesado del Bokashi, para la segunda aplicación (20% de abono orgánico), para todos los tratamientos. Finca San Lucas, 2008.**

## **Fase II. Trabajo de Campo**

Seleccionado el terreno de 18.6 m x 32.8 m, se tomo muestras de suelo a tres bolillo con una pala de desfonde; se muestrearon cinco sitios y se obtuvieron diez libras de suelo; se mezclaron, y se formo un kilo para dejar en los laboratorios, para los análisis respectivos: en el laboratorio de Santa Catalina INIAP, Km 14 ½ Panamericana Sur, se dejo la muestra de bokashi y en el SESA, en la vía Interoceánica Km 14 Granja del MAG Tumbaco. Quito – Ecuador, se dejo la muestra del suelo; los resultados de los análisis se localiza en el Anexo A y B.



**Fotografía 13. Selección del terreno y recolección de muestras de suelo, para el análisis. Finca San Lucas, 2008.**

### **Aplicación de Bokashi y Silicio**

Se levantaron las parcelas, para recibir los tratamientos; estas fueron rectangulares de 5.2 m x 3 m, los caminos fueron de 0.60 m y 1 m, entre parcelas y repeticiones respectivamente.



**Fotografía 14. Distribución de los tratamientos.**



El área total = 610.08 m<sup>2</sup>

El área neta = 421.2 m<sup>2</sup>

Se incorporo el 80% del Bokashi una semana antes del trasplante, que constituye la dosis de la primera aplicación; el fin, es que el suelo y el bokashi se mezclen adecuadamente y esté listo para la plantación. En el T1, T2, T3 y T4 se incorporo 50 Kg/parcela útil y para T5, T6, T7 y T8 es de 75 Kg/parcela útil. La segunda aplicación se completo a dos meses: 20% del bokashi, para T1, T2, T3 y T4 fue de 12.4 Kg/parcela útil y para T5, T6, T7 y T8 fue de 18.6 Kg/parcela útil.



**Fotografía 15. Incorporación del Bokashi, según los tratamientos. Finca San Lucas, 2008.**

La aplicación de silicio, se realizo una semana antes del trasplante a drenhs, con una bomba de fumigar; el producto se peso con la balanza en gramos para cada tratamiento.



**Fotografía 16. Aplicación edáfica del silicio en las diferentes dosis. Finca San Lucas, 2008.**



**Fotografía 17. Visita del Ing. Emilio Basantes, para la control de la Tesis en la Finca San Lucas, 2008.**

**Tabla 9. Dosis de silicio, Fosil – Shel Agro- Mundo Verde, para la aplicación por tratamientos en el cultivo de papa china. Finca San Lucas. Puyo – Pastaza. 2008.**

Tratamientos	Dosis
T1	7.8 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
T2	15.6 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
T3	23.4 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
T4	31.2 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
T5	7.8 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts

<b>T6</b>	15.6 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
<b>T7</b>	23.4 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
<b>T8</b>	31.2 g de sílice/parcela útil en 1.248 lts
<b>T9</b>	<b>Ninguna</b>

**Elaborado:** Mónica Peñafiel

### **Trasplanté de Papa china**

Con un espeque se procedió hacer el hoyado para trasplantar las plántulas de papa china; el marco de plantación plantas fue 0.70 cm y entre surcos de 1m.



**Fotografía 18. Hoyado para realizar la siembra, con las distancias respectivas. Finca San Lucas, 2008.**

A cada tratamiento correspondió 18 plantas, con 27 tratamientos, se necesitó un total de 486 plántulas.



Las plántulas se multiplicaron en la misma finca, las cuales se seleccionaron según el vigor.



**Fotografía 19. Recolección y selección de plántulas vigorosas de papa china. Finca San Lucas, 2008.**

El porcentaje de prendimiento fue del 100%, las hojas verdaderas se presentaron en los primeros quince días.



**Fotografía 20. Trasplante de plántulas de papa china. Finca San Lucas, 2008.**

## Cosecha de Papa china

Se retiro los hijuelos de cada planta de papa china, a los diez días antes de la cosecha, para favorecer el engrose del cormo.



**Fotografía 21. Retiro de los hijuelos de la planta de papa china. Finca San Lucas, 2009.**



**Fotografía 22. Retiro completo de hijuelos de la planta de papa china. Finca San Lucas, 2009.**

La cosecha de Papa china comenzó a los siete meses; dentro de cada tratamiento se clasifico en primera, segunda y tercera categoría.



**Fotografía 23. Cosecha del cultivo de papa china. Finca San Lucas, 2009.**

## **V. RESULTADOS Y DISCUSION**

Con el fin de conocer el efecto aditivo de las dos factores en estudio y su influencia en el rendimiento y calidad de la Papa china, se evaluó 8 variables, cuyo detalle en orden fenológico y agronómico fueron:

### **1. Altura de Planta**



Al realizar el análisis de variancia para altura de planta de papa china, no se encontró diferencias estadísticas para repeticiones en cada una de las evaluaciones, a excepción de lo establecido a los 45 días que si manifestó diferencias a nivel del 5 %. Los tratamientos se diferencian estadísticamente en todas las evaluaciones a nivel del 5 % a los 45 días y en el resto de evaluaciones a nivel del 1 %. Al desglosar los grados de libertad para tratamientos no se encontró diferencias estadísticas entre los niveles de abono orgánico y las dosis de sílice, así como para su interacción; mientras que al comparar el testigo versus el resto de tratamientos, se encontró diferencias estadísticas al 1 % en cada una de las evaluaciones, (Cuadro 1).

La altura de planta de papa china, fue incrementándose de 32.84 cm a los 45 días hasta alcanzar 67.42 cm, a los 180 días, con un coeficiente de variación entre 9.55 % a 14.62 %, (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Análisis de variancia para altura de planta de papa china, bajo el efecto del abono orgánico y sílice, en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza, 2009.**

FUENTES DE VARIACION	GL	ALTURA (cm)			
		Días de evaluación			
		45	90	135	180
<b>TOTAL</b>	26				
<b>REPETICIONES</b>	2	102.97*	16.99 <sup>ns</sup>	24.26 <sup>ns</sup>	84.86 <sup>ns</sup>
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	72.68*	148.13**	305.4**	418.13**
<b>ABONO ORGANICO (A)</b>	1	3.70 <sup>ns</sup>	1.82 <sup>ns</sup>	1.06 <sup>ns</sup>	15.14 <sup>ns</sup>



<b>SILICE (S)</b>	3	17.25 <sup>ns</sup>	15.62 <sup>ns</sup>	27.07 <sup>ns</sup>	68.85 <sup>ns</sup>
<b>AxS</b>	3	1.29 <sup>ns</sup>	12.38 <sup>ns</sup>	15.42 <sup>ns</sup>	26.96 <sup>ns</sup>
<b>TESTIGO VS RESTO</b>	1	522.11 <sup>**</sup>	10099.27 <sup>**</sup>	2314.64 <sup>**</sup>	3042.45 <sup>**</sup>
<b>ERROR</b>	16	23.05	23.1	31.80	57.14
<b><math>\bar{X}</math> (cm)</b>		32.84	45.33	59.05	67.42
<b>CV (%)</b>		14.62	10.6	9.55	11.21

En el Cuadro 2, se presenta los promedios de altura de la planta en papa china, donde se aprecia claramente ningún efecto entre niveles de abono orgánico.

**Cuadro 2. Altura de la planta de papa china, bajo el efecto de los dos niveles de abono orgánico.**

<b>ABONO ORGANICO</b>	<b>ALTURA (cm)</b>			
	<b>Días de evaluación</b>			
	<b>45</b>	<b>90</b>	<b>135</b>	<b>180</b>
<b>A1 (40 t/ha)</b>	34.00	47.32	62.12	70.38
<b>A2 (60 t/ha)</b>	34.79	47.87	62.54	71.97

El Cuadro 3, muestra los promedios para altura de planta de papa china con las dosis de silicio, las cuales no se diferenciaron estadísticamente a lo largo de todas las evaluaciones; sin embargo, la mayor altura en forma aritmética fue para S2, que corresponde a 10 kg/ha de silicio/ha.

**Cuadro 3. Altura de la planta de papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.**

<b>SILICE</b>	<b>ALTURA (cm)</b>			
	<b>Días de evaluación</b>			
	<b>45</b>	<b>90</b>	<b>135</b>	<b>180</b>
<b>S1 (5 kg/ha)</b>	35.83	46.50	59.98	67.77

<b>S2 (10 kg/ha)</b>	35.87	49.75	65.13	75.78
<b>S3 (15 kg/ha)</b>	33.17	47.89	62.30	71.27
<b>S4 (20 kg/ha)</b>	32.70	46.23	61.91	69.90

El mejor comportamiento para altura de planta de todos los tratamientos con abono orgánico y sílice, con respecto al testigo se observa claramente la prueba de Duncan al 5 %, al ocupar el primer rango, mientras que, el testigo se encuentran en segundo rango con las menores alturas, (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Efecto conjunto abono orgánico y sílice y su comparación con el testigo para la altura de la planta de papa china.**

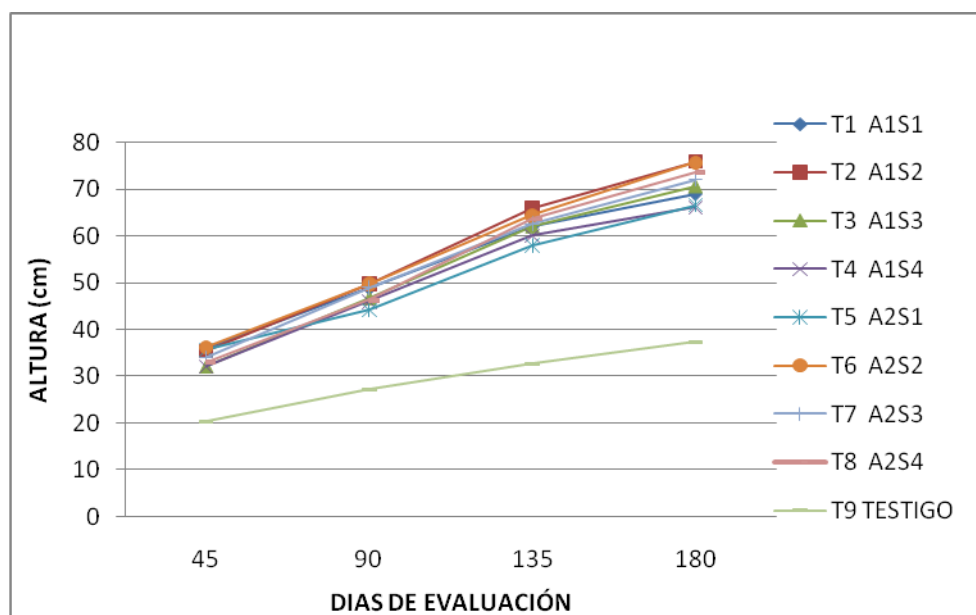
TRATAMIENTOS	ALTURA (cm) Días de evaluación			
	45	90	135	180
<b>T1 A1S1</b>	36.00 a	48.80 a	62.00 a	68.93 a
<b>T2 A1S2</b>	35.53 a	49.77 a	65.93 a	75.87 a
<b>T3 A1S3</b>	32.20 a	46.81 a	62.07 a	70.60 a
<b>T4 A1S4</b>	32.27 a	46.09 a	60.15 a	66.13 a
<b>T5 A2S1</b>	35.67 a	44.19 a	57.95 a	66.60 a
<b>T6 A2S2</b>	36.21 a	49.73 a	64.32 a	75.69 a
<b>T7 A2S3</b>	34.13 a	48.97 a	62.53 a	71.93 a
<b>T8 A2S4</b>	33.13 a	46.37 a	63.67 a	73.67 a
<b>T9 TESTIGO</b>	20.40 b	27.29 b	32.87 b	37.40 b

En el Grafico 1, se aprecia claramente el efecto positivo del abono orgánico y sílice, sobre altura de la planta en todas las evaluaciones con relación al testigo.

El comportamiento de los tratamientos orgánicos se determinó que los factores que influyen en la absorción de nutrientes por la planta de papa china, son: un suelo con textura adecuada, adición de abonos de abonos orgánicos y sílice y un manejo adecuado del cultivo (control de malezas, aporques, etc); además, se corrobora a lo

expresado por Pazmiño (2007), que en su investigación con abonos orgánicos, en plantaciones comerciales de banano, utilizando productos de fácil elaboración y aplicación, mencione efectos positivos en los parámetros de crecimiento y nutricionales de la planta.

Con respecto al sílice, Portaluppi (2007), gerente técnico de Agroperfect, sostiene que este elemento captura minerales en exceso como aluminio y cobre para facilitar la absorción de otros nutrientes. Esto permite un mayor crecimiento de la planta; además, el mineral neutraliza la acidez de suelo (pH), de 4,5 a 6,7, (El Comercio, 2007).



**Grafico 1. Efecto de los tratamientos en altura de planta de papa china, en cuatro evaluaciones.**

## 2. Número de Hojas

En el análisis de variancia para número de hojas de la planta de papa china, no se encontró diferencias estadísticas para las repeticiones en cada una de las evaluaciones establecidas; mientras que, para tratamientos se encontró diferencias estadísticas a nivel del 1% a los 90 y 135 días y al nivel del 5% a los 180 días, a los 45 días no se detectó diferencias significativas. Al desglosar los grados de libertad para tratamientos no se encontró diferencias significativas para los factores abono orgánico y sílice, así como también para su interacción. Únicamente al comparar el testigo versus el resto de tratamientos diferencias estadísticas fueron a nivel de 1%, (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Análisis de variancia para número de hojas de la planta de papa china, bajo el efecto de abono orgánico y sílice en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza, 2009.**

FUENTES DE VARIACION	GL	NUMERO DE HOJAS Días de evaluación			
		45	90	135	180
<b>TOTAL</b>	26				
<b>REPETICIONES</b>	2	0.26 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
<b>TRATAMIENTOS</b>	8	0.27 <sup>ns</sup>	1.15 <sup>**</sup>	2.38 <sup>**</sup>	2.94 <sup>*</sup>
<b>ABONO ORGANICO (A)</b>	1	0.08 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>
<b>SILICE (S)</b>	3	0.22 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	0.78 <sup>ns</sup>
<b>AxS</b>	3	0.04 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>
<b>TESTIGO VS RESTO</b>	1	1.34 <sup>**</sup>	8.17 <sup>**</sup>	17.23 <sup>**</sup>	20.66 <sup>**</sup>
<b>ERROR</b>	16	0.13	0.19	0.53	0.78
$\bar{X}(n^0)$		3.96	6.76	7.79	7.21
<b>CV (%)</b>		8.93	6.39	9.33	12.26

En la planta de papa china, el número de hojas fue incrementándose de 3.96 a los 45 días a 7.21 a los 180 días, los coeficientes de variación estuvieron entre 8.93 a 12.26 %, (Cuadro 5).

En los Cuadros 6 y 7, se presentan los promedios del número de hojas de la planta de papa china, para el efecto del abono orgánico y dosis de sílice donde se aprecia claramente la similitud de comportamiento de los niveles orgánicos.

**Cuadro 6. Número de hojas de la planta de papa china, bajo el efecto de los dos niveles de abono orgánico.**

ABONO ORGANICO	NUMERO DE HOJAS Días de evaluación			
	45	90	135	180
A1 (40 t/ha)	4.10	6.97	8.03	7.38
A2 (60 t/ha)	3.98	6.93	8.12	7.65

**Cuadro 7. Número de hojas en la planta de papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.**

SILICE	NUMERO DE HOJAS Días de evaluación			
	45	90	135	180
S1 (5 kg/ha)	4.10	7.00	8.23	7.53
S2 (10 kg/ha)	4.20	7.00	8.33	7.90
S3 (15 kg/ha)	4.10	6.90	8.00	7.60
S4 (20 kg/ha)	3.77	6.90	7.73	7.03

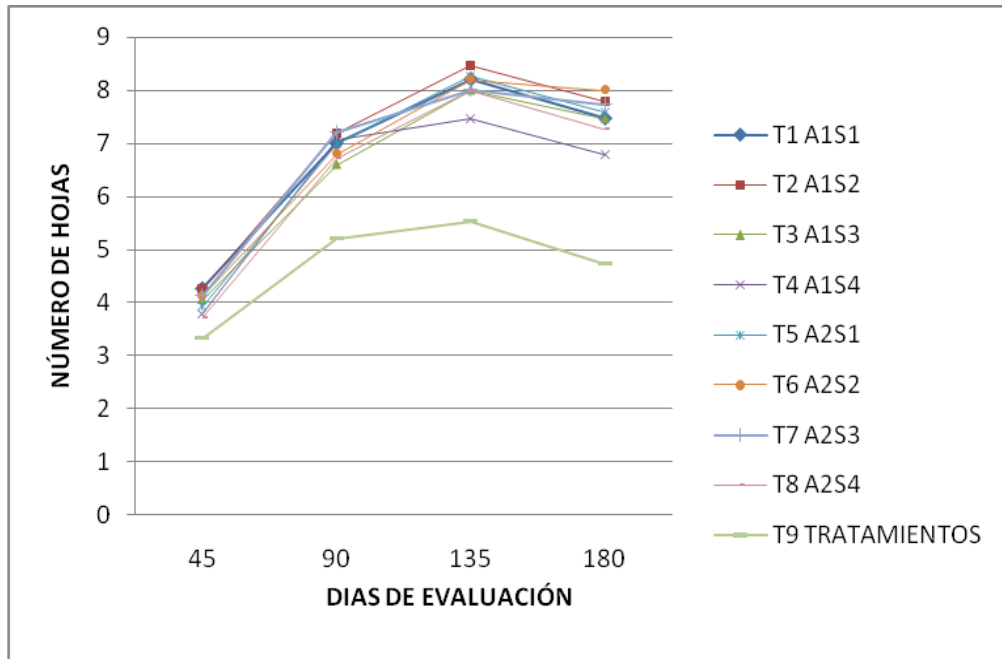
Al analizar los tratamientos se aprecia claramente el efecto del abono y del sílice el número de hojas de papa china; pues todos los tratamientos con abono orgánico y sílice, superaron al testigo y es así que en términos generales, el testigo se encuentra

ocupando el ultimo lugar o el último lugar del último rango con menor número de hojas, según la prueba de Duncan al 5%, (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Efecto conjunto abono orgánico en el número de hojas de la planta de papa china.**

TRATAMIENTOS	NUMERO DE HOJAS			
	Días de evaluación			
	45	90	135	180
<b>T1 A1S1</b>	4.27 a	7.00 a	8.20 a	7.47 a
<b>T2 A1S2</b>	4.27 a	7.20 a	8.47 a	7.80 a
<b>T3 A1S3</b>	4.07 a	6.60 a	8.00 a	7.47 a
<b>T4 A1S4</b>	3.80 ab	7.07 a	7.47 a	6.80 a
<b>T5 A2S1</b>	3.93 ab	7.00 a	8.27 a	7.60 a
<b>T6 A2S2</b>	4.13 a	6.80 a	8.20 a	8.00 a
<b>T7 A2S3</b>	4.13 a	7.20 a	8.00 a	7.73 a
<b>T8 A2S4</b>	3.73 ab	6.73 a	8.00 a	7.27 a
<b>T9 TESTIGO</b>	3.33 b	5.20 b	5.53 b	4.73 b

En una forma más objetiva, se aprecia el comportamiento de todos los tratamientos de abono y sílice con relación al testigo, en el Grafico 2.



**Grafico 2. Efecto de los tratamientos en el número de hojas de la planta de papa china, en cuatro evaluaciones.**

El silicio restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad para la producción agrícola, mencionado por Quero (2007); en la hacienda La Josefa, de 102 hectáreas de banano, administrado por Fausto Moscoso citado por Sánchez, (2007), dice que empezó aplicar sílice conjuntamente con el fertilizante en junio del 2006 y noto sus beneficios. El fuste de los tallos se incremento en un 30% mientras la masa radicular registró un aumento del 100%.

### 3. Peso de Cormos por Planta

En el análisis de variancia para peso de cormos por planta de papa china, no se encontró diferencia estadística entre repeticiones; así como para los tratamientos. Al desglosar los grados de libertad para tratamientos, tan poco se encontró diferencias estadísticas para el factor de abono orgánico, silicio y su interacción. Pero al comparar el testigo versus el resto de tratamientos se encontró diferencias estadísticas de 1%, (Cuadro 9).

El promedio de peso de los cormos por planta de papa china fue de 1.48 kg, con un coeficiente de variación de 27.32%, coeficiente aceptable para este tipo de variable; los análisis de esta estructura se localiza en el Anexo C.

**Cuadro 9. Análisis de variancia para peso de corno por planta de papa china, bajo el efecto del abono orgánico y sílice, en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza. 2009.**

FUENTES DE VARIACION	GL	PESO DE CORMOS POR PLANTA (kg) Todo la Evaluación
TOTAL	26	
REPETICIONES	2	0.10 <sup>ns</sup>
TRATAMIENTOS	8	0.63 <sup>*</sup>
ABONO ORGANICO (A)	1	0.11 <sup>ns</sup>
SILICE (S)	3	0.05 <sup>ns</sup>
AxS	3	0.01 <sup>ns</sup>
TESTIGO VS RESTO	1	4.78 <sup>**</sup>
ERROR	16	0.16
X (kg)		1.48



<b>CV (%)</b>		27.32
---------------	--	-------

En los Cuadros 10 y 11, se presenta el peso de los cormos por planta de papa china, en función de los niveles de abono orgánico y dosis de sílice, respectivamente.

**Cuadro 10. Peso de corno por planta de papa china, bajo el efecto de dos niveles de abono orgánico.**

<b>ABONO ORGANICO</b>	<b>PESO CORMOS POR PLANTA (kg) Todo la Evaluación</b>
<b>A1 (40 t/ha)</b>	1.69
<b>A2 (60 t/ha)</b>	1.56

**Cuadro 11. Peso de cormos por planta de papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.**

<b>SILICE</b>	<b>PESO CORMOS POR PLANTA (kg) Todo la Evaluación</b>
<b>S1 (5 kg/ha)</b>	1.60
<b>S2 (10 kg/ha)</b>	1.74
<b>S3 (15 kg/ha)</b>	1.65
<b>S4 (20 kg/ha)</b>	1.52

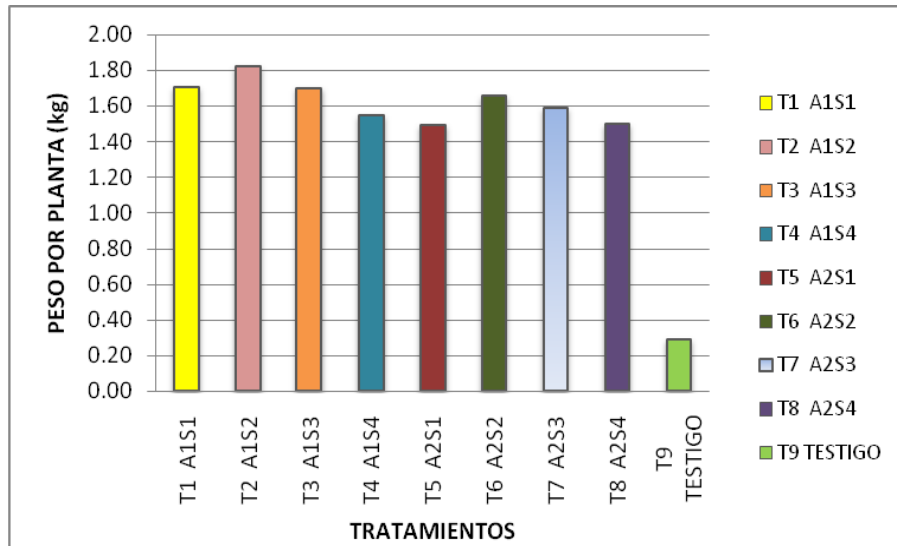
En el Cuadro 12, se tienen todos los tratamientos y en el se aprecia claramente el efecto del abono orgánico y el sílice sobre el peso de cormos por planta de papa china; en general todos los tratamientos superaron al testigo, como lo demuestra la prueba de Duncan al 5% que establece tres rangos, ocupa el primer lugar del primer rango con el mayor peso de cormos por planta se presenta el T2 el cual corresponde a 40 t/ha de abono orgánico interactuando más 10 kg/ha de sílice, alcanzando un promedio de 1.82 kg; mientras que el testigo apenas mostro un promedio de 0.29 kg por lo que se ubica

en el último lugar del último rango; en forma objetiva, el comportamiento de los tratamientos en relación al testigo se aprecia en forma objetiva en el Grafico 3.

**Cuadro 12. Efecto conjunto abono orgánico – sílice en el peso por planta de papa china bajo el efecto de niveles y dosis del abono orgánico y el silicio.**

TRATAMIENTOS	PESO DE CORMO POR PLANTA (kg) Todo la Evaluación
T1 A1S1	1.70 a
T2 A1S2	1.82 a
T3 A1S3	1.70 a
T4 A1S4	1.55 a
T5 A2S1	1.50 a
T6 A2S2	1.65 a
T7 A2S3	1.59 a
T8 A2S4	1.50 a
T9 TESTIGO	0.29 b

El efecto del silicio está relacionado directamente con la productividad del cultivo, al respecto, Icaza (2007), administrador de 380 hectáreas de arroz en Taura, en la provincia de Guayas, asegura que después de aplicar el silicio en el cultivo de arroz, mejoro el peso específico de la gramínea en un 15%. Según sus cálculos, este incremento significa más ingresos económicos. Por cada hectárea recibe, USD250 frente a una inversión de USD 22,50, por la aplicación del producto. En la hacienda se utilizo 3 litros del producto, (El Comercio, 2007), como también se lo está encontrando en la presente investigación de la papa china.



**Grafico 3. Efecto de los tratamientos sobre el peso de corno por planta de papa china, en cuatro evaluaciones.**

#### 4. Peso por Categorías

Al ejecutar el análisis de variancia para peso de cormos por categorías de la papa china, no se encontró diferencias estadísticas para repeticiones en la primera y segunda categoría, pero en la tercera categoría se detectó una diferencia estadística a nivel de 5%; mientras que, para tratamientos se encontró únicamente diferencias estadísticas a nivel del 5% en la primera categoría. Al desglosar los grados de libertad para tratamientos tan poco se encontró diferencias significativas para niveles de abono orgánico y dosis de sílice, así como para su interacción. Finalmente, al comparar el testigo versus el resto, se observó diferencias estadísticas a nivel de 1% en la primera categoría, mientras que en la segunda categoría se tuvo diferencias estadísticas a nivel del 5%; y, en la tercera categoría no se encontró diferencias estadísticas, (Cuadro 13).

El peso de cormos promedio por categorías en la papa china fueron de 3.82, 1.62 y 0.47 kg por parcela de primera, segunda y tercera, respectivamente, con coeficientes de variación entre 31.43 % al 47.22%, coeficientes altos debido a la división de los cormos por categoría.

**Cuadro 13. Análisis de variancia para peso de cormos por categorías de papa china, bajo el efecto de abono orgánico y sílice en cuatro evaluaciones. Puyo – Pastaza. 2009.**

FUENTES DE VARIACION	GL	PESO POR CATEGORIAS (kg)		
		Primera	Segunda	Tercera
TOTAL	26			
REPETICIONES	2	0.36 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	0.19*
TRATAMIENTOS	8	7.02*	0.28 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>
ABONO ORGANICO (A)	1	0.73 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>
SILICE (S)	3	1.68 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
AxS	3	0.37 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
TESTIGO VS RESTO	1	49.29**	2.07*	0.08 <sup>ns</sup>
ERROR	16	2.16	0.38	0.05
$\bar{X}$ (kg)		3.82	1.62	0.47
CV %		38.46	31.43	47.22

En los Cuadros 14 y 15, se presentan los pesos por categorías para los niveles de abono orgánico y sílice, en donde se aprecia las diferencias aritméticas que no fueron estadísticamente significativas.

**Cuadro 14. Peso de cormos por parcela en las tres categorías de papa china, bajo el efecto de los dos niveles de abono orgánico.**

ABONO ORGANICO	PESO DE CORMOS POR PARCELA Y POR CATEGORIAS (kg)		
	Primera	Segunda	Tercera
A1 (40 t/ha)	4.47	1.75	0.54

<b>A2 (60 t/ha)</b>	4.13	1.67	0.44
---------------------	------	------	------

**Cuadro 15. Peso de cormos por parcela en las tres categorías de papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de sílice.**

<b>SILICE</b>	<b>PESO DE CORMOS POR PARCELA Y POR CATEGORIAS (kg)</b>		
	<b>Primera</b>	<b>Segunda</b>	<b>Tercera</b>
<b>S1 (5 kg/ha)</b>	4.61	1.50	0.30
<b>S2 (10 kg/ha)</b>	4.71	1.70	0.53
<b>S3 (15 kg/ha)</b>	4.35	1.74	0.50
<b>S4 (20 kg/ha)</b>	3.54	1.92	0.64

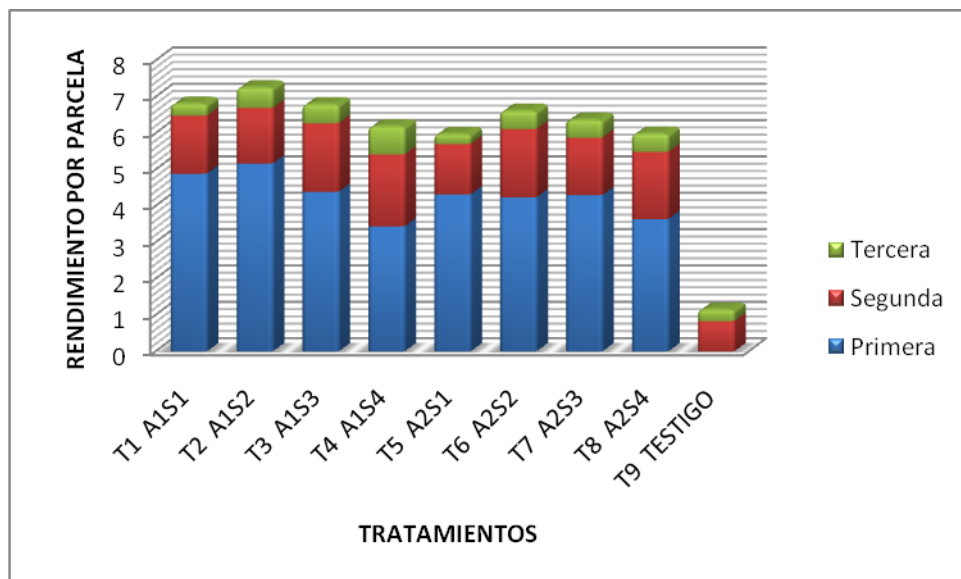
Al analizar los resultados por tratamiento se aprecia el efecto del abono orgánico y sílice en el peso de cormos por categorías. A sí en la primera categoría, el testigo no presento cormos de primera; mientras que, el resto de tratamientos mostrarón pesos entre 3.44 a 5.17 kg/parcela, por la que se encuentran en el primer rango según la prueba de Duncan al 5%, destacándose el T2 (40 t/ha de abono orgánico, mas 10 kg/ha de sílice), con un promedio 5.17 kg. En la segunda categoría la prueba de Duncan estableció dos rangos, ocupa los primeros lugares T3 (40 t/ha de abono orgánico, 15 kg/ha de sílice) y T4 (40 t/ha de abono orgánico, 20 kg/ha de sílice), con pesos de 1.89 y 1.98 kg/parcela respectivamente; mientras que, el testigo ocupa el último lugar del rango con un promedio de 0.83 kg/parcela útil. Con respecto a la tercera categoría el peso de los cormos no superaron el 1 kg, (Cuadro 16).

Los resultados anteriormente descritos se ven corroborados en forma más objetiva en el Grafico 4.

**Cuadro 16. Peso de cormos por parcela útil por categorías de papa china, bajo el efecto de dosis de abono orgánico y el silicio.**

TRATAMIENTOS	PESO DE CORMOS POR PARCELA Y POR CATEGORIAS (kg)		
	Primera	Segunda	Tercera
<b>T1 A1S1</b>	4.89 a	1.61	0.32
<b>T2 A1S2</b>	5.17 a	1.53	0.56
<b>T3 A1S3</b>	4.39 a	1.89	0.52
<b>T4 A1S4</b>	3.44 a	1.98	0.77
<b>T5 A2S1</b>	4.32 a	1.39	0.27
<b>T6 A2S2</b>	4.24 a	1.88	0.50
<b>T7 A2S3</b>	4.30 a	1.58	0.49
<b>T8 A2S4</b>	3.64 a	1.85	0.50
<b>T9 TESTIGO</b>	0.00 b	0.83	0.32

El efecto del silicio en el peso y categorías de los cormos, está relacionado con el suelo, como lo anota Mundo Verde (2008), que señala que aplicaciones de este elemento es una de las alternativas para potenciar las necesidades nutricionales edáficas por el uso de fertilizantes orgánicos, que aplicados conjuntamente no solo permiten incrementar los rendimientos, sino que mejoran la calidad de los suelos, del desarrollo radicular, elevando el porcentaje de germinación y mantienen el equilibrio biológico del suelo, para un mejor impacto en el ecosistema



**Gráfico 4. Efecto de los tratamientos en el peso de corno por parcela y por categorías de papa china, en cuatro evaluaciones.**

## 5. Rendimiento por Hectárea

En el Cuadro 17, en el análisis de variancia para rendimiento de corno por hectárea en papa china, no se detectó diferencias estadísticas para repeticiones en cada una de las categorías establecidas, mientras que los tratamientos se diferenciaron únicamente al nivel del 5% en la primera categoría. Al desglosar los grados de libertad para tratamientos, tan poco se encontró diferencias significativas para los niveles de abono orgánico y dosis de sílice, así como para su interacción. Pero al comparar el testigo versus el resto se encontró diferencias estadísticas para el rendimiento de cormos en la primera categoría a nivel del 1%; en la segunda y tercera categoría se encontró diferencias a nivel del 5%.

Los promedios generales del peso de cormos por categorías de la papa china (*Colacasia esculenta*) fueron de 11025.82 kg/ha para la primera, 4662.90 kg/ha para la segunda categoría y 302.17 kg/ha para la tercera categoría, con coeficientes de variación entre 31.43 al 38.51 %, coeficientes altos debido a la división del rendimiento total.

**Cuadro 17. Análisis de variancia para peso de corno en diferentes categorías por hectárea del cultivo de papa china, bajo el efecto de abono orgánico y sílice en cuatro evaluaciones. Puyo Pastaza. 2009.**

FUENTES DE VARIACION	GL	PESO POR HECTAREA POR CATEGORIAS (kg)		
		Primera	Segunda	Tercera
TOTAL	26			
REPETICIONES	2	3027621.44 <sup>ns</sup>	2386807.81 <sup>ns</sup>	1609677.97*
TRATAMIENTOS	8	58458318.64*	3144509.41 <sup>ns</sup>	589695.04 <sup>ns</sup>
ABONO ORGANICO (A)	1	6065434.77 <sup>ns</sup>	316027.50 <sup>ns</sup>	522412.80 <sup>ns</sup>
SILICE (S)	3	13993114.67 <sup>ns</sup>	1454968.61 <sup>ns</sup>	1015444.36 <sup>ns</sup>
AxS	3	3109156.38 <sup>ns</sup>	1086150.43 <sup>ns</sup>	163149.49 <sup>ns</sup>
TESTIGO VS RESTO	1	410294301.24**	17216690.65*	659366.01 <sup>ns</sup>
ERROR	16	18032836.25	2148174.81	420096.01
$\bar{X}$ (kg)		11025.82	4662.90	1360.01
CV (%)		38.51	31.43	47.66

Al observar los Cuadros 18 y 19, se presenta los rendimientos por hectárea de las diferentes categorías (primera, segunda y tercera) de la planta de papa china, bajo el efecto del abono orgánico y dosis de sílice, donde claramente se aprecia una similitud del rendimiento.

**Cuadro 18. Rendimiento por hectárea en kg por categorías de cormos en el cultivo de papa china, bajo el efecto de dos niveles de abono orgánico.**

ABONO ORGANICO	PESO POR HECTAREA POR CATEGORIAS (kg)		
	Primera	Segunda	Tercera



<b>A1 (40 t/ha)</b>	12906.77	5059.98	1562.80
<b>A2 (60 t/ha)</b>	11901.33	4830.47	1267.73

**Cuadro 19. Rendimiento por hectárea de cormos por categorías en papa china, bajo el efecto de cuatro dosis de silicio.**

<b>SILICE</b>	<b>PESO POR HECTARES POR CATEGORIAS (kg)</b>		
	<b>Primera</b>	<b>Segunda</b>	<b>Tercera</b>
<b>S1 (5 kg/ha)</b>	13289.27	4327.76	852.44
<b>S2 (10 kg/ha)</b>	13573.41	4917.90	1530.01
<b>S3 (15 kg/ha)</b>	12546.12	5005.33	1442.59
<b>S4 (20 kg/ha)</b>	10207.38	5529.91	1836.02

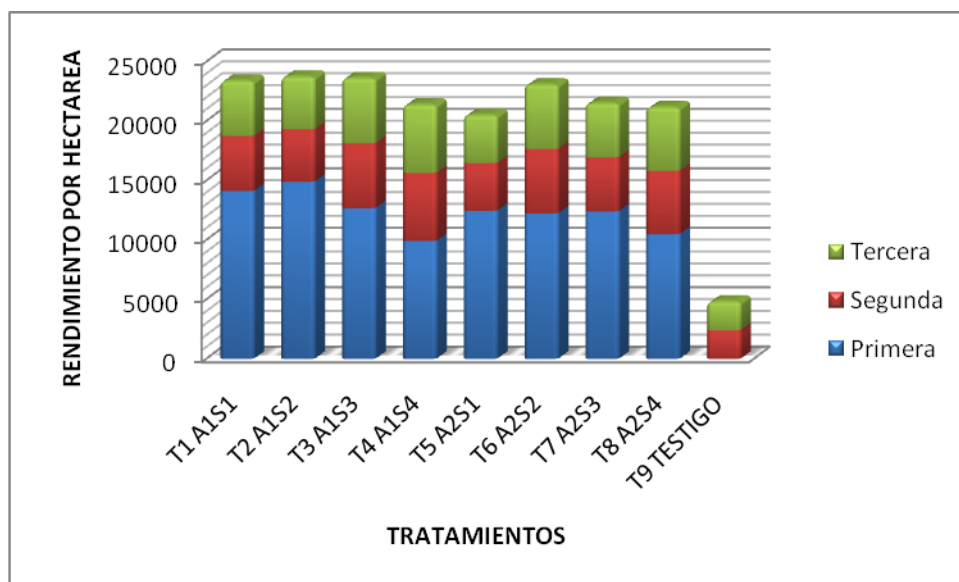
En el Cuadro 20, se muestra el rendimiento del corno por hectárea y por categoría en los diferentes tratamientos en estudio, en el se aprecia que todos los tratamientos con abono orgánico y sílice superan al testigo en las categorías primera y segunda; mientras que, en la tercera categoría el testigo llego a superar al T1 (40 t/ha de abono orgánico, 5 kg/ha de sílice); y el T5 (60 t/ha de abono orgánico, 5 kg/ha de sílice). Los tratamientos más sobresalientes constituyeron el T1 y T2, por alcanzar los mayores rendimientos por hectárea de cormos de primera.

**Cuadro 20. Rendimiento por hectárea de cormos en las tres categorías de papa china, bajo el efecto de diferentes dosis de abono orgánico y el silicio.**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>RENDIMIENTO POR HA Y POR CATEGORIAS (kg)</b>		
	<b>Primera</b>	<b>Segunda</b>	<b>Tercera</b>
<b>T1 A1S1</b>	14119.85 a	4633.76	918.018
<b>T2 A1S2</b>	14906.71 a	4415.18	1617.44
<b>T3 A1S3</b>	12677.26 a	5464.34	1486.30
<b>T4 A1S4</b>	9923.24 a	5726.63	2229.45
<b>T5 A2S1</b>	12458.69 a	4021.75	786.86
<b>T6 A2S2</b>	12240.12 a	5420.62	1442.59
<b>T7 A2S3</b>	12414.97 a	4546.33	1398.87
<b>T8 A2S4</b>	10491.53 a	5333.19	1442.59

<b>T9 TESTIGO</b>	0.00 b	2404.31	918.01
-------------------	--------	---------	--------

En el Grafico 5, se aprecia claramente la gran diferencia en la producción de cormos con aplicaciones de abono orgánico y sílice con relación al testigo. El sílice influye en la productividad y calidad de las cosechas agrícolas como menciona Quero (2007).



**Grafico 5. Efecto de los tratamientos en el rendimiento por hectárea de cormos por categorías de papa china, en cuatro evaluaciones.**

## 6. Analisis Económico

Siguiendo la metodología del análisis del presupuesto parcial, se procedió a obtener el beneficio bruto en cada uno de los tratamientos en estudio que constituye el rendimiento de los cormos de la papa china por categorías por su precio en el mercado; por otro lado, se obtuvo los costos variables de los diferentes tratamientos basados en el costo

del sílice, abono orgánico y su aplicación. De la diferencia del beneficio bruto de los costos variables se obtuvo el beneficio neto, (Cuadro 21).

**Cuadro 21. Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los tratamientos en estudio.**

Tratamientos	Beneficio Bruto (\$)	Costos Variables (\$)	Beneficio Neto (\$)
T1 A1S1	7784.58	4406.78	3377.80
T2 A1S2	8096.82	4417.96	3678.86
T3 A1S3	7455.52	4429.14	3026.38
T4 A1S4	6372.26	4440.32	1931.94
T5 A2S1	6845.43	6604.59	240.84
T6 A2S2	7246.55	6615.77	630.78
T7 A2S3	7032.78	6626.95	405.83
T8 A2S4	6449.12	6638.13	-189.01
T9 TESTIGO	843.07	0	843.07

Colocando los beneficios netos en orden decreciente acompañado de sus costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia, donde tratamiento dominado, es aquel que a igual o menor beneficio neto presenta un mayor costo variable, de este análisis se determinó que los únicos tratamientos no dominados fueron T2 con 40 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de sílice; T1 con 40 t/ha de abono orgánico más 5 kg/ha de sílice y el Testigo, (Cuadro 22).

**Cuadro 22. Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio del proyecto de tesis de papa china *Colacasia esculenta*.**

Tratamientos	Beneficio Neto (\$)	Costos Variables (\$)
T2 A1S2	3678.86	4417.96
T1 A1S1	3377.80	4406.78
T3 A1S3	3026.38	4429.14*
T4 A1S4	1931.94	4440.32*

<b>T9 TESTIGO</b>	843.07	0.00
<b>T6 A2S2</b>	630.78	6615.77*
<b>T7 A2S3</b>	405.83	6626.95*
<b>T5 A2S1</b>	240.84	6604.59*
<b>T8 A2S4</b>	-189.01	6638.13*

\* Tratamientos dominados

Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal, determinando que las mejores alternativas económicas constituyen aplicaciones de 40 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de sílice y 40 t/ha de abono orgánico, 5 kg/ha de sílice, por alcanzar tasas internas de retorno marginal sobre el 0.35 o 35%.

#### **Cuadro 23. Analisis marginal de los tratamientos no dominados**

<b>Tratamientos</b>	<b>Beneficio Neto (\$)</b>	<b>Costos Variables (\$)</b>	<b>Δ B. Neto</b>	<b>Δ C. Variable</b>	<b>TIRM</b>
<b>T2 A1S2</b>	3678.86	4417.96	301.06	11.18	26.92871
<b>T1 A1S1</b>	3377.80	4406.78	2534.73	4406.78	0.575189
<b>T9 TESTIGO</b>	843.07	0			

## VI. CONCLUSIONES

- ✓ Los niveles de abono orgánico no influenciaron en la altura de planta de papa china, entre los 45 a 180 días, que correspondieron a las etapas de evaluación.
- ✓ Se registró una altura mayor en la planta de papa china con aplicaciones de 10kg/ha de sílice, pero sin diferencias estadísticas de los otros niveles.
- ✓ Fue notorio el incremento en la altura de planta con la aplicación conjunta de abono orgánico – silicio, en relación al testigo, llegando al final del ciclo a duplicar la longitud.
- ✓ Aplicaciones de 40t/ha de abono orgánico más 10kg/ha de silicio y/o 60 t/ha de abono orgánico mas 10 kg/ha de silicio, potenciaron la altura de planta en papa china en 75 cm, más que el testigo.
- ✓ Entre dosis de sílice y niveles de abono orgánico, no se diferenciaron estadísticamente para número de hojas; pero si fue notorio que la aplicación

conjunta respecto al testigo, incrementó significativamente el desarrollo foliar, por una mayor presencia de hojas por planta.

- ✓ Los niveles de abono orgánico y dosis de silicio no mejoraron el peso de cormos por planta de papa china; sin embargo, la aplicación de estos elementos fue positivo en el desarrollo y peso de los cormos, llegando a triplicar y cuadruplicar el peso con relación al testigo.
- ✓ Entre niveles de abono orgánico y dosis de silice, la producción de cormos tanto por parcela como por hectárea fue muy homogénea; sin embargo, la aplicación de estos productos orgánicos incrementaron el rendimiento de los cormos 630% con relación al testigo.
- ✓ Las mejores alternativas económicas correspondieron a las aplicaciones de 40 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de silice y aplicaciones de 40 t/ha de abono orgánico más 5 kg/ha de silicio al alcanzar tasas internas de retorno sobre el 35%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a los cultivadores de papa china de la Provincia de Pastaza y de la Amazonia en general aplicar 40 t/ha de abono orgánico, mas 5 kg/ha y/o 10 kg/ha de sílice por tener las mejores alternativas económicas y mantener lo más altos rendimientos.

Se necesita realizar investigaciones con los niveles mas bajos de abono orgánico y dosis de sílice.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Abarrataldea. 2005. Manual Práctico de Técnicas del Compostaje. Tercera edición. Redacción, composición y diseño abarrataldea. Consultado el 01 de Marzo del 2009. Disponible en: <http://www.abarrataldea.org/manualpdf.pdf>

A Fresca. 2007. Inhame: vitaminas e poder curativo. Consultado el 10 de Marzo del 2009. Disponible en: <http://afresca.blogspot.com/2007/08/inhame-vitaminas-e-poder-curativo.html>

Alacannabis. 2008. Elaboración del Compost. Asociación de Usuarios y Estudios sobre el Cannabis de Alicante. Consultado el 1 de Marzo del 2008. Disponible en: <http://74.125.47.132/search?q=cache:bXO7qHcXsQlJ:alacannabis.webnode.com/news/elaboracion-de-compost/+proceso+del+compostaje+mesolitico,+termofilico&hl=es&ct=clnk&cd=3&gl=ec&client=firefox-a>

Albornoz, J. 2000. Fichas de Capacitación y experiencias, Producción agropecuaria. Volumen III. Consorcio CAMAREN.Pp.4. Impresión RISPERGRAF. Quito – Ecuador.





FEEP, 2003. Manual de Campo, para pequeños productores agropecuarios. Proyecto Seguridad Alimentaria en la Provincia de Manabí. Diseño e impresión Graphus. Quito – Ecuador. Pp. 42 – 64.

Flores, E y Nuñez, I. 2006. Análisis del proceso de elaboración de compost con cuatro fuentes de materia orgánica (Bos Tauris, Gallus gallus, Cavia porcellus, Ovis aries) en la hacienda el prado 2005.Pp.2. Salgolqui –Ecuador.

Florida Department of Environmental Protection. 2008. Weed Alert, Wild taro, (*Colocasia esculenta*). Consultado el 10 de Marzo del 2009. Disponible en: <http://www.dep.state.fl.us/lands/invaspec/2ndlevpgs/pdfs/WildTaro.pdf>

Freire, B. 2008. Entrevista al Ingeniero Bolívar Freire, en CODEAMA. Puyo – Pastaza

Ganador. 2008. Abono Orgánico Fermentado Tipo Bokashi. Consultado el 2 de Marzo del 2009. Disponible en: <http://organiceba.blogcindario.com/2008/11/00024-abono-organico-fermentado-tipo-bokashi.html>

Giacometti, D y León, J. La agricultura amazónica y caribeña. Yauti o Malanga. Consultado el 25 de Febrero del 2009. Disponible en: [http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap4\\_8.htm#auto](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap4_8.htm#auto)

Guaman, M. 2008. Informe de Codeama. Puyo – Pastaza. Pp 126.

Hao, S. 2006. Consultado en Wapedia, “Taro”. Consultado el 10 de marzo del 2009. Disponible en: <http://wapedia.mobi/pt/Taro>

IIRR (eds), 1996. Manual de Prácticas Agroecológicas de los Andes Ecuatorianos. Rastrojo y Hojarasca. Pp.44. Quito – Ecuador.

IIRR y AVRC.1997.Guia Practica para su Huerto Familiar Orgánico. Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. Centro Asiático de Investigación y Desarrollo de Hortalizas. Compostaje o abonera orgánica. Impreso en Ecuador. Pp. 47 – 60.

Jardineiro. net. 2007. Taro - Colacasia esculenta. Consultado El 10 de marzo Del 2009. Disponible en: [http://www.jardineiro.net/br/banco/Colacasia\\_esculenta.php](http://www.jardineiro.net/br/banco/Colacasia_esculenta.php)

López, A. 2003. Citado en Ramírez, R y Restrepo, R. Evaluación de la aplicación del abono tipo bokashi en las propiedades físicas de un suelo degradado del municipio de marinilla, Antioquia. Pp 24. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: [http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion de la aplicacion del abono tipo bokashi en las propiedades físicas de un suelo degradado d el municipio de marinilla, antioquia.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion_de_la_aplicacion_del_abono_tipo_bokashi_en_las_propiedades_fisicas_de_un_suelo_degradado_d_el_municipio_de_marinilla,_antioquia.pdf)

Lozada, A.2005. Producción de cultivos de papa china (*Colacasia esculenta*) utilizando dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica. pp 5-68.

Luzuriaga, C.2001. Curso de Edafología General. Diseño e Impresión Editorial Politécnica – ESPE. Sangolquí – Ecuador. Pp.37 – 38, 41 -43.

Infoagro. 2007. Citado por Lombricultura Pachamama S.A. Que es el compostaje. Argentina. Consultado el 26 de Febrero del 2009. Disponible en: <http://www.lombricultura.cl/biblioteca/Compostaje.pdf>

Infojardín. 2008. Como Preparar Bokashi. Consultado el 1 de marzo del 2009. Disponible en: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=6686>

MAG CHILE, 2006. Cuaderno de Divulgación Técnica de Lombricultura. Consultado el 1 de Marzo del 2009. Disponible en: [http://www.fucoa.gob.cl/pdf\\_zip/capacitacion/Lombricultura.pdf](http://www.fucoa.gob.cl/pdf_zip/capacitacion/Lombricultura.pdf)

MAG, Costa Rica. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarentena y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. *Colacasia esculenta*. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado el 10 de marzo del 2009. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-nampi.pdf>

Manual del Cultivo de Marihuana, 2006. Que es el Bokashi. Consultado el 2 de marzo del 2009. Disponible en: <http://www.marihuana cultivo.com/agricultura ecologica el bokashi.php>

Martínez, C., 1999. Citado: Sagarpa. 1999. Lombricultura. Sistema de Agronegocios de Traspatio. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Consultado el 1 de Marzo del 2009. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/fichas/listafichas/T-06-01.pdf>

Matehus, J, Romay, G y Santana M. 2006. Multiplicación in vitro de ocumo y taro. Agronomía Tropical. Pp. 3. Consultado el 25 de Febrero del 2009. Disponible en: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at5604/pdf/matheus\\_j.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5604/pdf/matheus_j.pdf)

Matthews, P. 1995. Citado por Xiqués, X, Arduengo, S, Martí, J, Román, M, Rodriguez, A y Gonzales, C., 2000. Estudio Cromosómico en Clones de *Colacasia esculenta*. Consultado el 10 de Marzo del 2009. Disponible en: [www.dict.uh.cu/Revistas/Bio2000/B00141j.DOC](http://www.dict.uh.cu/Revistas/Bio2000/B00141j.DOC)

Montaldo, A y Pinedo, M. 1975. Tipos de Cultivos - Hortalizas Amazónicas – Name. Ecuaterritorial paginas. Apoyo Agro Tecnología innovación. Agrícola Cultivos. Pp. 131 - 162. Consultado el 19 de enero del 2008, en la página Web. <http://www.concope.gov.ec/>

Mosquera, E Y Cardenas, D. 2008. Sectores de mayor producción de papa china de las provincias amazónicas. Gobierno Provincial de Pastaza.

MUNDO VERDE. Sugerencias técnicas de la aplicación de los productos a base de sílice (Marzo, 2008).

Navarro, G. 2003. Química Agrícola. Segunda Edición. Impreso en Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. Pp. 425.

Navarro, B, Navarro G y Ginés.2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal (2a. ed.). Editorial Mundi-Prensa.Pp492. Consultado el 25 de Febrero del 2009. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/espesp/docDetail.action?docID=10246547&p00=quimica%20agricola%20evolucion%20y%20concepto>

Océano, 2000. Biblioteca Practica Agrícola y Ganadera. Elementos Orgánicos del Suelo. Impreso en España. Pp.145

Onwueme, I. 1978. Consultado en Descripción Morfológica de la Planta, 2008. Tiquisque. Consultado el 10 de Marzo del 2008. Disponible en: <http://biblioteca.arcobol.com/AGT%20074.pdf>

Pazmiño, F. 2007. Manejo alternativo de Sigatoka negra, utilizando abonos organicos, en plantaciones comerciales de banano, en plantaciones comerciales de banano Cavendish, variedad Williams, cantón Taura. Escuela Superior Poltecnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. Pp 127.

Plan Genetic Resources, 1997. Bioversity International, International Plant Genetic Resources Institute. Descriptores para el Taro *Colacasia esculenta*. Consultado el 10 de marzo del 2009. Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=D-V\\_W3nwh0C&pg=PA44&lpg=PA44&dq=Colacasia+esculenta+caracteristicas+de+temperatura+y+suelo&source=bl&ots=nvzVsruHl&sig=kkhm66som0dW\\_H9xDFZm3ZVtPc8&hl=es&ei=p9G2Scy5JpmRmQfm\\_9DqCg&sa=X&oi=book\\_result&resnum=4&ct=result#PPA31,M1](http://books.google.com.ec/books?id=D-V_W3nwh0C&pg=PA44&lpg=PA44&dq=Colacasia+esculenta+caracteristicas+de+temperatura+y+suelo&source=bl&ots=nvzVsruHl&sig=kkhm66som0dW_H9xDFZm3ZVtPc8&hl=es&ei=p9G2Scy5JpmRmQfm_9DqCg&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=result#PPA31,M1)

Proceso de Descomposición, 2008. Composición Físico – Química del producto. Consultado el 2 de marzo del 2009. Disponible en: <http://es.geocities.com/manfrednomas/procesocompost.htm>

Ramírez, R y Restrepo, R. Evaluación de la aplicación del abono tipo bokashi en las propiedades físicas de un suelo degradado del municipio de marinilla, Antioquia. Pp 24. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: [http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion\\_de\\_la\\_aplicacion\\_del\\_abono\\_tipo\\_bokashi\\_en\\_las\\_propiedades\\_fisicas\\_de\\_un\\_suelo\\_degradado\\_del\\_municipio\\_de\\_marinilla\\_antioquia.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion_de_la_aplicacion_del_abono_tipo_bokashi_en_las_propiedades_fisicas_de_un_suelo_degradado_del_municipio_de_marinilla_antioquia.pdf)

Restrepo, J. 1996. Producción de Abonos Orgánicos. Consultado el 1 de marzo del 2009. Disponible en: [coopcoffees.com/for-producers/documentation/agriculture/produccion-de-abono-organico.pdf](http://coopcoffees.com/for-producers/documentation/agriculture/produccion-de-abono-organico.pdf)

Restrepo, J. 2000. Elaboración de Abonos Orgánicos Fermentados y Biofertilizantes Foliare. Experiencia con Agricultores en Mesoamérica y Brasil. Pp. 48. Consultado el 2 de Marzo del 2009. Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=iJ08LJM69qAC&pg=PA43&lpg=PA43&dq=bokashi&source=bl&ots=mqrw1ZWT5E&sig=0Vdmht4p2AS-K4v6JKNXo8J602k&hl=es&ei=1NarSc-yCovltgf9qtX5Dw&sa=X&oi=book\\_result&resnum=5&ct=result#PPP1,M1](http://books.google.com.ec/books?id=iJ08LJM69qAC&pg=PA43&lpg=PA43&dq=bokashi&source=bl&ots=mqrw1ZWT5E&sig=0Vdmht4p2AS-K4v6JKNXo8J602k&hl=es&ei=1NarSc-yCovltgf9qtX5Dw&sa=X&oi=book_result&resnum=5&ct=result#PPP1,M1)

Reyes, V. Elaboración de Bokashi. Pp. 1- 30. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: [frn.esPOCH.edu.ec/dptos/extension/conferencias/bokashi.pp](http://frn.esPOCH.edu.ec/dptos/extension/conferencias/bokashi.pp)

Rodale, J. 1973. Citado en Flores, J y Nuñez, I., 2006. Análisis del proceso de elaboración de compost con cuatro fuentes de materia orgánica (Bos Tauris, Gallus gallus, Cavia porcellus, Ovis aries) en la hacienda el prado 2005. Pp 6. Sangolquí – Ecuador.

Sasaki, S, Alvarado, M y Likam, A. 1994. Citado en Paredes, G., 2001. La materia Orgánica y sus Funciones en la Producción. Quito – Ecuador.

Schnitzer, 1990. Citado por Labrador, J, 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Impreso Madrid. Editorial Mundi Prensa. Pp.22.

Silva, A. La materia orgánica del suelo. Pp 15. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf>

Simsuin Cía. Ltda. Importadora Agro – Orgánica. El Silícico en la Producción Agrícola. Pp. 1-7. Quito – Ecuador. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: [http://www.aebe.com.ec/data/files/noticias/Noticias2008/SILICIO\\_PRODUCION\\_AGRICOLA.pdf](http://www.aebe.com.ec/data/files/noticias/Noticias2008/SILICIO_PRODUCION_AGRICOLA.pdf)

Suquilanda, M.1996. Agricultura Orgánica. Alternativa Tecnológica del futuro. Ediciones UPS. Quito-Ecuador. pp 7-76.

Quero, E. 2007. Protección y Nutrición de Hortalizas y Frutas. Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. Michoacán. Revista De Riego No.28: pp.22. Consultado el 19 de enero del 2008, en la página Web. <http://loquequero.com/>

Quero, E., 2008. Silicio en la producción de Chile. Consultado el 28 de Febrero del 2008. Disponible en: [http://loquequero.com/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=2](http://loquequero.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=2)

Taipe, A y Calvache, M. 2007. C9 Evaluación de dos métodos de Riego por goteo y dos Abonos Orgánicos en el Cultivo de Rosas Var. Preference 1. Vol XXI. Rumipamba –

Cotopaxi. Pp.13. Consultado el 12 de marzo del 2008. Disponible en: <http://www.uce.edu.ec/upload/20090209105458.pdf>

Vademecun, 2008. Correctores de carencias simples Silicio, como Si. Consultado el 28 de Febrero del 2008. Disponible en: [http://www.terralia.com/vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=3514](http://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=3514)

University of Florida Center for Aquatic and Invasive Plants, 2008. *Colacasia esculenta*. wild taro, dasheen. Non-Native to Florida. Consultado el 10 de Marzo del 2009. Disponible en: <http://aquat1.ifas.ufl.edu/node/108>

Univ. Of Florida, Canter for Aquactica and Invaside Plants, 2008. Consultado en Florida Department of Environmental Protection.,2008. Weed Alert, Wild taro, (*Colacasia esculenta*). Consultado el 10 de Marzo del 2008. Disponible en: <http://www.dep.state.fl.us/lands/invaspec/2ndlevpgs/pdfs/WildTaro.pdf>

