

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

**DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE “BIOL BIOGEST  
POTENCIALIZADO”, COMO FUENTE NUTRICIONAL  
COMPLEMENTARIA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica  
oleracea*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**RICARDO XAVIER MANOSALVAS ARIAS**  
Email: ricards18@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. LUIS MANOSALVAS VACA, MBA.**  
Email: luchogem2@hotmail.com

**CODIRECTORA: ING. SILVIA VALENCIA, Ph.D.**  
Email: silvia.valencia@epn.edu.ec

**Quito, Marzo 2012**

© Escuela Politécnica Nacional 2012  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo Ricardo Xavier Manosalvas Arias, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Ricardo Xavier Manosalvas Arias

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ricardo Xavier Manosalvas Arias, bajo mi supervisión.

---

Ing. Luis Manosalvas Vaca, MBA.  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Silvia Valencia, Ph.D.  
**CODIRECTORA DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haber guiado mi camino y ser siempre mi soporte en cada momento, pues gracias a él he sabido vencer las adversidades y tropiezos que han sabido suscitarse, con él y su infinita sabiduría he entendido como vivir cada día abrazado de una inmensa alegría.

Agradezco a mis padres Polivio y Edith, y hermanos Paúl y Elizabeth, ya que han sido las bases de mi formación, su inmenso apoyo e inimaginable comprensión han permitido que cada día pueda crecer más como persona, han sido sus enseñanzas las que me han formado y sus vivencias las que me han mostrado, que no basta con esforzarse un día o un momento, ya que es la constancia aquella heredera de logros y satisfacciones, sin descuidar el plano social y humano lleno de comprensión, entendimiento y cariño hacia los demás, en especial a aquellos que han sabido estar en los buenos y mucho más en los malos momentos.

Agradezco a mis amigos, a todos en general por ser un apoyo constante y una fuente de vivencias diarias, en especial a aquellas dos amigas Diana y Gaby que han sabido estar ahí siempre y cuya sinceridad y nobleza son dignos de agradecer cada día por una amistad que espero podamos conservar siempre.

Agradezco a Andrea, quién ha sido en mi vida además de una novia una amiga, que supo apoyarme en todo momento, y con quién he aprendido a apreciar la vida cada día, gracias por la ayuda, por las alegrías e incluso por las tristezas que me han ayudado a madurar día a día.

Agradezco infinitamente al Ing. Luis Oswaldo Manosalvas Vaca, la Ing. Lucía Toledo y la Dra. Silvia Valencia por toda la comprensión y apoyo que recibí durante el desarrollo de este proyecto, gracias por compartir sus vivencias y transmitírmelas. Gracias a todos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xi</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1. Importancia del cultivo de brócoli en el Ecuador	1
1.1.1. Tendencia en el mercado de brócoli	1
1.1.2. Desarrollo del cultivo de brócoli en el Ecuador	1
1.1.2.1. Producción de brócoli por provincia	2
1.1.2.2. Exportaciones de brócoli del año 2000 al 2009	3
1.1.2.3. Evolución de las exportaciones por país de destino	4
1.1.3. El cultivo de brócoli	5
1.1.3.1. Generalidades	5
1.1.3.2. Clima	5
1.1.3.3. Suelo	6
1.1.3.4. Plagas y enfermedades	6
1.2. Nutrición vegetal en cultivos	7
1.2.1. Importancia fisiológica de los nutrimentos minerales en el desarrollo vegetal	7
1.2.1.1. Fertilidad del suelo	7
1.2.1.2. Funciones principales de los nutrimentos minerales	8
1.2.2. Factores que influyen en la nutrición vegetal	11
1.2.2.1. Temperatura	11
1.2.2.2. Agua	11
1.2.2.3. Salinidad	11
1.2.2.4. Potencial hidrógeno (pH)	12
1.2.3. Fertilización	13
1.2.3.1. Fertilizantes químicos	13
1.2.3.2. Fertilizantes orgánicos	15

1.2.3.2. Biofertilizantes fermentados (biol)	17
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>22</b>
2.1. Descripción del sitio de trabajo	22
2.1.1. Ubicación y situación edafoclimática	22
2.2.2. Superficie evaluada	23
2.2. Caracterización físico-química del suelo	23
2.2.1. Recolección de muestras de suelo	23
2.2.1.1. Toma de muestras inicial de suelos	23
2.2.1.2. Toma de muestras final de suelos	24
2.2.2. Recolección de muestras foliares	24
2.3. Estudio del efecto de la combinación de la fertilización sintética con biol Biogest Potencializado	24
2.3.1. Materiales	24
2.3.1.1. Material biológico	24
2.3.1.2. Biofertilizantes	25
2.3.1.3. Fertilizantes químicos	25
2.3.1.4. Equipo de fertilización	25
2.3.2. Metodología	25
2.3.2.1. Fertilización pre-trasplante	25
2.3.2.2. Fertilización post-trasplante	26
2.3.2.3. Diseño experimental	30
2.3.3. Variables de estudio	31
2.3.4. Análisis de variables	33
2.4. Análisis comparativo de costos de producción	33
2.4.1. TRM	33
2.4.2. TIR Y VAN	34

<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>35</b>
3.1. Parámetros de productividad	35
3.2. Parámetros de calidad	37
3.2.1. Días a prefloración	38
3.2.2. Peso de la pella	38
3.2.3. Diámetro de la pella	39
3.2.4. Altura de planta	40
3.2.5. Porcentaje de pellas cosechadas por día	41
3.3. Parámetros de nutrición	42
3.3.1. Macronutrientes a nivel edáfico	42
3.3.1.1. Fósforo	44
3.3.1.2. Potasio	45
3.3.1.3. Calcio	45
3.3.1.4. Magnesio	46
3.3.1.5. Azufre	47
3.3.1.6. Movilidade macronutrientes en el suelo	47
3.3.2. Macronutrientes a nivel foliar	47
3.3.2.1. Nitrógeno	49
3.3.2.2. Fósforo	49
3.3.2.3. Potasio	50
3.3.2.4. Calcio	50
3.3.2.5. Magnesio	51
3.3.2.6. Azufre	51
3.3.2.7. Absorción de nutrientes a nivel foliar	52
3.4. Análisis comparativo de costos de producción	52
3.4.1. TRM	52
3.4.1.1. Costo variable	52
3.4.1.2. Ingreso bruto	53
3.4.1.3. Beneficio neto	53



3.4.1.4. Análisis de dominancia	54
3.4.1.5. Tasa de retorno marginal (TRM)	54
3.4.2. TIR Y VAN	56
3.4.2.1. Inversión inicial	56
3.4.2.2. Costos de producción	57
3.4.2.3. Ingresos brutos	61
3.4.2.4. Estado de resultados	62
3.4.2.5. Análisis del TIR Y VAN	66
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
4.1. Conclusiones	68
4.2. Recomendaciones	69
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

## PÁGINA

<b>Tabla 1.</b>	Dosis de fertilizante químico aplicado en cada tratamiento durante la etapa de pre-trasplante.	<b>26</b>
<b>Tabla 2.</b>	Dosis de fertilizantes químicos en combinación con biol Biogest Potencializado aplicados en cada tratamiento durante la etapa de inicio	<b>27</b>
<b>Tabla 3.</b>	Dosis de fertilizantes químicos en combinación con biol Biogest Potencializado aplicados en cada tratamiento durante la etapa desarrollo1	<b>28</b>
<b>Tabla 4.</b>	Dosis de fertilizantes químicos en combinación con biol Biogest Potencializado aplicados en cada tratamiento durante la etapa desarrollo 2	<b>29</b>
<b>Tabla 5.</b>	Tratamientos evaluados en el estudio realizado en la hacienda la Calera	<b>30</b>
<b>Tabla 6.</b>	Método de valoración por puntos	<b>33</b>
<b>Tabla 7.</b>	Análisis de varianza para productividad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado	<b>35</b>
<b>Tabla 8.</b>	Productividad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado	<b>36</b>
<b>Tabla 9.</b>	Análisis de varianza de los parámetros de calidad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado	<b>37</b>
<b>Tabla 10.</b>	Parámetros de calidad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado	<b>37</b>
<b>Tabla 11.</b>	Porcentaje de pellas cosechadas por día, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado	<b>41</b>
<b>Tabla 12.</b>	Porcentajes promedios de cosecha y puntuaciones respectivas para los distintos tratamientos evaluados	<b>41</b>
<b>Tabla 13.</b>	Cantidad inicial y final de macronutrientes en el suelo y puntuaciones de acuerdo a la movilidad para los distintos tratamientos ejecutados	<b>43</b>
<b>Tabla 14.</b>	Porcentaje de macronutrientes absorbido a nivel foliar y puntuaciones respectivas para los distintos tratamientos ejecutados	<b>48</b>
<b>Tabla 15.</b>	Total costos variables para los distintos tratamientos ejecutados	<b>53</b>
<b>Tabla 16.</b>	Rendimiento e ingreso bruto respectivos para los distintos tratamientos ejecutados	<b>53</b>
<b>Tabla 17.</b>	Beneficio neto obtenido para los distintos tratamientos evaluados	<b>54</b>
<b>Tabla 18.</b>	Cuadro de dominancia entre los distintos tratamientos evaluados	<b>54</b>

<b>Tabla 19.</b>	Tasa de retorno marginal para los distintos tratamientos evaluados	<b>55</b>
<b>Tabla 20.</b>	Tasa de retorno marginal final	<b>55</b>
<b>Tabla 21.</b>	Rubros considerados para la inversión inicial del proyecto propuesto	<b>56</b>
<b>Tabla 22.</b>	Rubros considerados para la inversión fija del proyecto propuesto	<b>56</b>
<b>Tabla 23.</b>	Rubros considerados para el capital de operaciones del proyecto propuesto	<b>57</b>
<b>Tabla 24.</b>	Total de costos para un año de producción para TQ	<b>58</b>
<b>Tabla 25.</b>	Total de costos para un año de producción para T1	<b>59</b>
<b>Tabla 26.</b>	Total de costos para un año de producción para T2	<b>60</b>
<b>Tabla 27.</b>	Total de costos para un año de producción para T3	<b>61</b>
<b>Tabla 28.</b>	Ingreso bruto para un año de producción según el tratamiento ejecutado	<b>62</b>
<b>Tabla 29.</b>	Estado de resultados correspondiente al tratamiento TQ	<b>63</b>
<b>Tabla 30.</b>	Estado de resultados correspondiente al tratamiento T1	<b>64</b>
<b>Tabla 31.</b>	Estado de resultados correspondiente al tratamiento T2	<b>65</b>
<b>Tabla 32.</b>	Estado de resultados correspondiente al tratamiento T3	<b>66</b>
<b>Tabla 33.</b>	Análisis TIR Y VAN correspondiente al tratamiento TQ	<b>67</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Producción de brócoli por provincias	<b>2</b>
<b>Figura 2.</b> Tendencia en la exportación de brócoli entre el año 2000 al 2009	<b>3</b>
<b>Figura 3.</b> Evolución de las exportaciones mundiales de brócoli entre el año 2004 y 2008	<b>4</b>
<b>Figura 4.</b> Tendencia en la exportación de brócoli por país de destino del año 2000 al 2009	<b>4</b>
<b>Figura 5.</b> Mapa de localización del sitio de trabajo	<b>22</b>
<b>Figura 6.</b> Esquema de distribución de los tratamientos en campo	<b>31</b>
<b>Figura 7.</b> Tendencia en la productividad de brócoli bajo diferentes concentraciones de fertilización química	<b>36</b>
<b>Figura 8.</b> Tendencia en el peso de la pella de brócoli bajo diferentes concentraciones de fertilización química	<b>39</b>
<b>Figura 9.</b> Tendencia en el diámetro de la pella de brócoli bajo diferentes concentraciones de fertilización química	<b>40</b>

**ÍNDICE DE ANEXOS**

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I.</b> Costos y gastos generales de producción	<b>79</b>
<b>ANEXO II.</b> Análisis de prefactibilidad: ingresos y costos generales	<b>84</b>
<b>ANEXO III.</b> Resultados del análisis de suelo realizado en la estación INIAP Sta. Catalina	<b>87</b>
<b>ANEXO IV.</b> Resultado del análisis foliar realizado en la estación INIAP Sta.Catalina	<b>89</b>
<b>ANEXO V.</b> Composición nutricional de los fertilizantes químicos utilizados en la investigación realizada en la hacienda la Calera	<b>90</b>
<b>ANEXO VI.</b> Cantidades referenciales de fertilización, utilizada en la hacienda La Calera para el cultivo de brócoli	<b>91</b>
<b>ANEXO VII.</b> Delimitación del área de estudio y extracción de biol Biogest Potencializado	<b>92</b>
<b>ANEXO VIII.</b> Fertilización líquida y desarrollo del cultivo de brócoli	<b>94</b>
<b>ANEXO IX.</b> Cosecha de brócoli	<b>96</b>

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la hacienda La Calera, parroquia La Matriz, provincia del Cotopaxi; para determinar las combinaciones de fertilizante sintético con biol Biogest Potencializado que permitan obtener los mejores resultados productivos, de calidad, nutrición y económicos en el cultivo de brócoli. En el estudio se aplicó un diseño de bloques completamente al azar; la unidad experimental contó con un área de 5 m<sup>2</sup> y 50 plantas aproximadamente. Los tratamientos evaluados fueron: TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado), T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado), T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado) y T3 (25% fertilización química + 75% biol Biogest Potencializado).

Para los datos obtenidos en productividad, días a prefloración, altura de planta, peso y diámetro de la pella se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia  $\alpha=0,05$  y la prueba de comparación de medias de Tuckey al 5%, en las variables anteriores excluyendo días a prefloración no se encontraron diferencias significativas. Los resultados de la variable de días a prefloración mostraron que la aplicación del tratamiento TQ promovió la etapa de prefloración con un valor de 69,5 días, mientras que T1 y T2 mostraron un valor mayor de 71,25 días, finalmente el tratamiento que menos favoreció la floración fue T3 al registrar un valor de 71,75 días.

Para el análisis del porcentaje de pellas cosechadas y la cantidad de macronutrientes en el suelo y a nivel foliar se utilizó el método de valoración por puntos, donde el tratamiento T1 presentó el mayor porcentaje de pellas cosechadas de 80,17%. Los resultados obtenidos para la cantidad de macronutrientes en el suelo indicaron que los tratamientos T1 y T2 promovieron la movilidad de macronutrientes a nivel de suelo, mientras que a nivel foliar los tratamientos T2 y T3 favorecieron la absorción de nutrimentos.

En el análisis económico comparativo se encontró que el tratamiento TQ obtuvo la mayor tasa de retorno marginal de 149,42%. En el análisis de factibilidad se

observó que el proyecto de producción de brócoli en una hectárea de terreno arrendado era rentable, al registrarse un valor actual neto (VAN) positivo de 3 909,84 dólares y una tasa interna de retorno (TIR) de 36%.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las prácticas agrícolas tradicionales basadas en obtener mayores rendimientos por hectárea a costo de alterar el equilibrio ecológico de los suelos, buscan ser reemplazadas por los principios de una agricultura sustentable, que mantiene la preservación y mejora de la capacidad productiva desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental, además de la calidad de los recursos involucrados. El suelo se destaca al ser un recurso finito no renovable.

La materia orgánica (MO) se encuentra conformada de biomasa microbiana, humus, residuos vegetales y animales en descomposición. El contenido de MO se considera importante porque confiere propiedades físicas (densidad, color, temperatura), químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, reserva nutricional) y biológicas (microorganismos, fracciones de nutrientes asimilables) al suelo (García, 2004).

El manejo del suelo afecta directamente al contenido de materia orgánica presente, de acuerdo con: la rotación, fertilización, manejo del cultivo y los años de agricultura. Es necesario entender que los fertilizantes químicos cumplen un papel limitado. La fertilización puede sustituir temporalmente los nutrimentos perdidos, pero no puede reconstruir la fertilidad ni restaurar el suelo (Gliessman, 2002).

Los biofertilizantes constituyen una alternativa para preservar el suelo, al trabajar sobre los nutrimentos tales como: nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros, extrayéndolos para el aprovechamiento de los mismos por parte de las plantas (Frontera, 2006). El contenido de vitaminas, minerales, enzimas y coenzimas, hormonas de crecimiento, carbohidratos, que se encuentran dentro del biofertilizante promueven el desarrollo vegetal y microbiano en el suelo (Restrepo, 2007).



En el país el cultivo de brócoli ha adquirido una gran importancia, actualmente el Ecuador es el principal productor y exportador de brócoli en América del Sur, además de ser uno de los principales proveedores de la legumbre al mercado europeo (Solagro, 2006).

Debido a las tendencias mundiales hacia una agricultura sostenible que promueve lo orgánico, es necesario contribuir con investigaciones que permitan dar soluciones prácticas a las técnicas agrarias actuales, con el uso alternativo de otras como es el caso de los biofertilizantes líquidos en la nutrición del cultivo de brócoli.

El objetivo general de esta investigación fue determinar las combinaciones de fertilizante sintético con “biol Biogest Potencializado” que permita obtener los mejores parámetros de calidad y productividad en el cultivo de brócoli, variedad Domador, según normativa vigente en el país, en la provincia de Cotopaxi, parroquia la Matriz, hacienda La Calera. Para esto se debió cumplir con los siguientes objetivos específicos: caracterizar física y químicamente el suelo de la hacienda La Calera, evaluar el efecto de las combinaciones de “biol Biogest Potencializado” con fertilizante sintético sobre la nutrición y la productividad del brócoli; realizar un análisis comparativo de costos de producción.

# **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE BRÓCOLI EN EL ECUADOR**

### **1.1.1. TENDENCIA EN EL MERCADO DEL BRÓCOLI**

La demanda de brócoli aumenta cada día a nivel mundial, especialmente en los países desarrollados, gracias a los nuevos hábitos alimenticios. Es así como la oportunidad de exportar el producto se manifiesta como una alternativa importante para los productores del vegetal (Francescángeli, et al., 2003).

Los productores de brócoli en la Sierra ecuatoriana cuentan con ventajas geográficas frente al resto de productores en el mundo. Los rayos del sol producen una coloración verde intensa en los floretes. El cultivo en alturas de 2 700 a 3 200 m sobre el nivel del mar limita la presencia de plagas y la estabilidad de las temperaturas en el año, permiten tener una producción continua de alrededor de tres cosechas anuales (Le Gall, 2009).

Ecuador ha escalado peldaños en la producción de brócoli a nivel mundial, convirtiéndose en el noveno productor de brócoli fresco y uno de los tres primeros proveedores de brócoli congelado en Europa (Le Gall, 2009). Además es uno de los principales proveedores de la hortaliza en fresco y congelado para el mercado estadounidense, que muestra una tendencia positiva en el consumo, si se compara el consumo anual por persona entre los años 1990 y 2010, se observa un incremento significativo del 900% (USDA Farm Service Agency, 2010).

### **1.1.2. DESARROLLO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI EN EL ECUADOR**

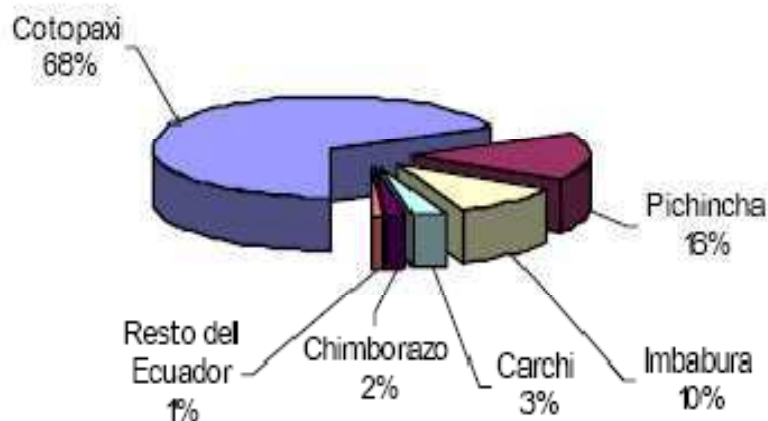
El cultivo y comercialización de brócoli en el Ecuador se inició en el año de 1990, a la par con la producción de rosas; estas dos nuevas cadenas agroindustriales

se convirtieron en una nueva oportunidad en reemplazo a aquellos productos tradicionalmente explotados por nuestro país. La producción de brócoli en el Ecuador se consolidó en el año de 2007 como un producto estrella dentro de los no tradicionales de exportación, esto debido en gran parte a las mejoras en los terrenos, capacitación a productores, inversión en investigación e integración vertical en la cadena de producción y comercialización del producto (MADR, 2006).

La información del III Censo Agropecuario correspondiente al año 2000 muestra que la superficie cosechada de brócoli en el país fue de 3 359 ha, con un rendimiento promedio de 14,6 t/ha y una producción total de aproximadamente 50 000 t concentrada en la región de la Sierra con Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi como las principales provincias productoras (PROVEFRUT, 2010). No se cuenta con información actualizada sobre la producción de brócoli en el Ecuador para el año 2011.

#### 1.1.2.1. Producción de brócoli por provincia

En el año 2000 la provincia de mayor producción es Cotopaxi con aproximadamente un 68% de la producción nacional, seguida de Pichincha e Imbabura con un 16% y 10% respectivamente, tal como se observa en la Figura 1.

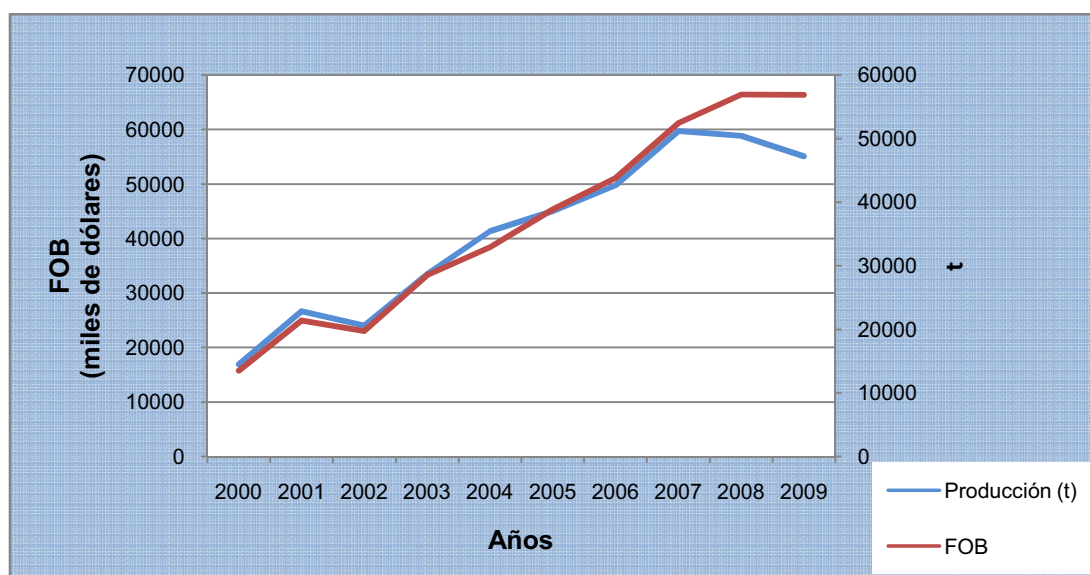


**Figura 1.** Porcentaje de la producción nacional de brócoli por provincias, en el año 2000. (APROFEL, 2007)

### 1.1.2.2. Exportaciones de brócoli del año 2000 al 2009

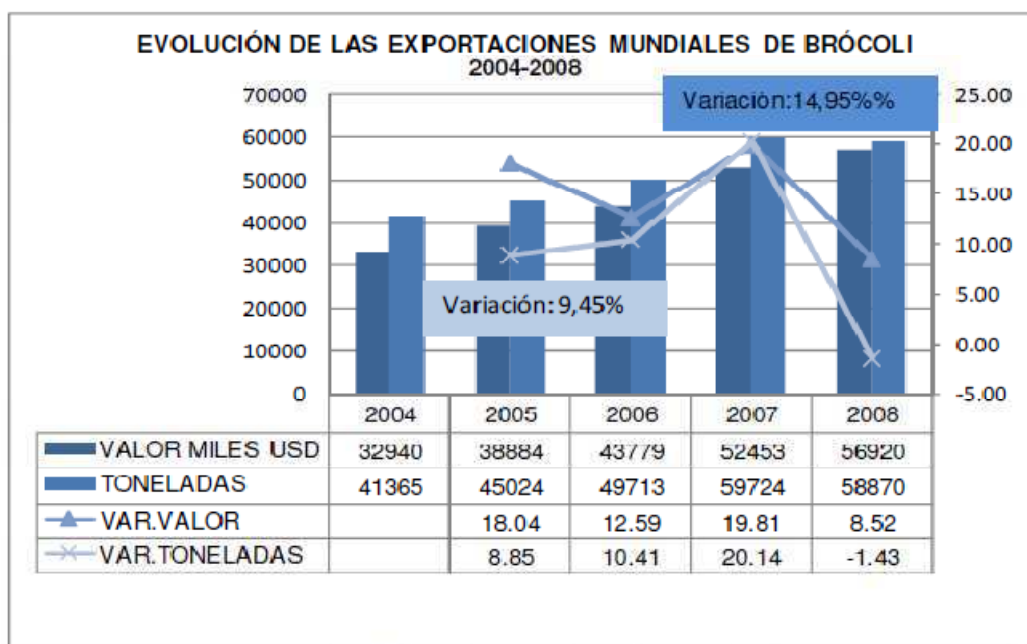
A partir del año 2002 se observó una tendencia creciente en las exportaciones, ya que en años anteriores éstas eran fluctuantes. Entre el año 2002 y el 2003 se evidenció el mayor crecimiento con un 28,3% en la producción y en las exportaciones FOB con un aumento de 30,68%. Entre el año 2007 y 2008 se observó una reducción de un 1,45% en la producción, debido al alza de precios mundiales en alimentos pese a esto las exportaciones FOB en este período aumentaron en un 7,85%.

En el período 2008-2009 se evidenció una reducción de 6,82% en la producción y en las exportaciones FOB de un 0,06% debido a la fuerte crisis que atravesó el mundo en este período. Los datos recopilados según partida arancelaria 070410 se presentan en la Figura 2.



**Figura 2.** Tendencia en la exportación de brócoli entre el año 2000 al 2009  
(Banco Central del Ecuador, 2010)

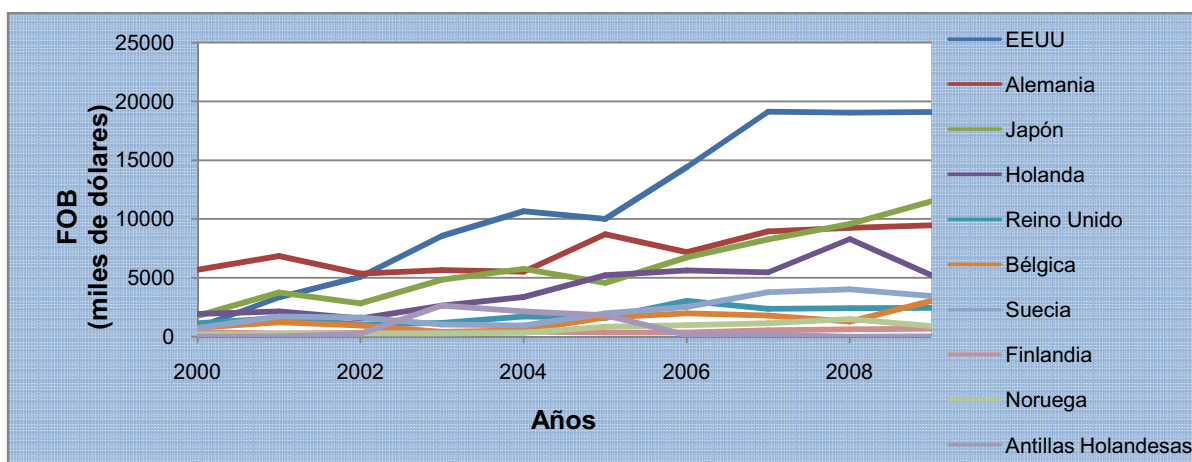
La variación promedio de las exportaciones ecuatorianas de brócoli en miles de dólares registró un 14,95%, y la variación en toneladas correspondió al 9,45% entre el período 2004 y 2008, como se observa en la Figura 3.



**Figura 3.** Evolución de las exportaciones mundiales de brócoli entre el año 2004 y 2008. (CORPEI, 2009)

### 1.1.2.3. Evolución de las Exportaciones por país de destino

El principal mercado de exportación para el brócoli ecuatoriano lo conforma Estados Unidos, durante la última década fue el mayor comprador del producto, seguido de Alemania y Japón, este último ha aumentado su participación en las exportaciones ecuatorianas de brócoli desde el año 2006, tal como se observa en la Figura 4.



**Figura 4.** Tendencia en la exportación de brócoli por país de destino del año 2000 al 2009 (Banco Central del Ecuador, 2010)

### **1.1.3. EL CULTIVO DE BRÓCOLI**

#### **1.1.3.1. Generalidades**

El brócoli (*Brassica oleracea*) es una hortaliza perteneciente a la familia de las crucíferas (Martínez, et al., 2003), que tiene un ciclo de cultivo de menos de 90 días (IICA, 2007). El brócoli posee un mayor tamaño que la coliflor y el repollo, con hojas lobuladas y pecioladas de 40 a 50 cm de largo. Los tallos florales son gruesos y carnosos, éstos brotan de las axilas foliares formando una inflorescencia central de mayor tamaño y otras secundarias. La parte comestible está formada por yemas florales, tallo y cierta porción de las hojas (Proexant, 1992).

Entre las etapas del desarrollo fenológico del brócoli se encuentran:

- Germinación: se inicia aproximadamente a los 6 a 10 días cuando surgen las primeras hojas. El brócoli se trasplanta después de un período de 5 a 6 semanas de desarrollo en semillero (Monge y Álvarez, 2006).
- Inicio de floración y desarrollo del botón floral: se inicia alrededor del día 70 desde el trasplante de las plántulas al campo.
- Precosecha y cosecha: Se realiza desde los 80 hasta 90 días después del trasplante (Escobar, 2003).

#### **1.1.3.2. Clima**

El cultivo tolera ligeramente las heladas, éstas pueden causar el apareamiento de manchas de color marrón en las inflorescencias. La fase de inducción floral necesita temperaturas promedio de 15 °C, cuando las temperaturas son mayores a 20 °C se produce un retraso en la maduración, los floretes producidos son dispares (Proexant, 1992).

### 1.1.3.3.Suelo

El brócoli se desarrolla adecuadamente en suelos con alto contenido de materia orgánica que retengan la humedad y tengan buen drenaje, con valores de pH entre 5,5 y 6,8 (Pinzón e Isshiki, 2001).

### 1.1.3.4. Plagas y enfermedades

#### a) *Plagas*

Las principales plagas que afectan al cultivo de brócoli se encuentran en el suelo y en el follaje, estas son:

- **Gusano trozador (*Agrotis sp*):** Larva pequeña que ataca después del transplante, se alimenta inicialmente de las raíces y tejidos jóvenes, finalmente corta la plantas en el tallo y causa la muerte. El control se realiza mediante una adecuada preparación del suelo, donde al quedar las pupas expuestas al sol, las aves depredadoras y la destrucción mecánica rastras se eliminan de forma eficaz. Además se realiza una desinfección química del suelo antes de la siembra (Pinzón e Isshiki, 2001).
- **Pulgón (*Brevicoryne brassicae*):** Insectos chupadores que se agrupan en el envés de las hojas y causan deformaciones, estos se desarrollan en época caliente y seca (Proexant, 1992). El control se realiza mediante la aplicación de insecticidas de acción sistémica (Pinzón e Isshiki, 2001).
- **Gusano Minador (*Plutella xylostella*):** Gusano que se alimenta del follaje, lo que afecta directamente la calidad de las pellas de brócoli, al contaminarlas con la presencia de larvas, pupas y excrementos. El manejo se dificulta debido a la resistencia que estos insectos desarrollan a los plaguicidas (Díaz, 1999). Un método de control importante es la utilización de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que causa que el sistema digestivo de la larva se desintegre y muera (Pinzón e Isshiki, 2001).

## b) Enfermedades

Las principales enfermedades que afectan al brócoli son:

- **Mildiú veloso (*Peronospora parasitica*):** Hongo que provoca manchas de color amarillo o negrozco que destruyen grandes zonas de la hoja (Buczacki, 1999). Entre los controles que se practican se encuentra el control químico con oxiclورو de cobre (Pinzón e Isshiki, 2001).
- **Damping off:** Conjunto de un número diferente de hongos como *Phytophthora spp.*, *Phytium spp.*, *Fusarium spp.*, que causan la debilidad y el marchitamiento de las plántulas (Montalvan, 2007). Entre los controles que se realizan está la desinfección química del suelo con benomyl (Proexant, 1992).
- **Alternaria (*Alternaria brassicae*):** Hongo que ataca las plántulas de brócoli y las hojas de la planta adulta, esta enfermedad se transmite por semilla (Proexant, 1992). El control químico se realiza con la aplicación foliar de clorotalonil y metalaxil (Alford, 2000).

## 1.2. NUTRICIÓN VEGETAL EN CULTIVOS

### 1.2.1. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA DE LOS NUTRIMENTOS MINERALES EN EL DESARROLLO VEGETAL

#### 1.2.1.1. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es la base para la nutrición vegetal. El suelo es un material heterogéneo compuesto de tres fases: sólida (50%), líquida (25%) y gaseosa (25%). La materia orgánica y las arcillas de la fase sólida proveen los nutrientes al suelo, las partículas orgánicas aportan con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), mientras que las arcillas con potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), sodio (Na), magnesio (Mg), cobalto (Co). La fase líquida se encarga del transporte de los nutrientes hacia las raíces, además de proporcionar agua a la planta. La fase gaseosa resulta del intercambio de gases de los organismos del suelo y la atmósfera (Arias, 2007).



El conocimiento de la demanda nutricional de un cultivo, es un requisito para obtener rendimientos de cosecha elevados y de calidad, sin embargo determinar los requerimientos de un cultivo no es tan sencillo, ya que existen factores externos, como las alteraciones climáticas, biológicas y fisiológicas que influyen en la absorción y utilización de los elementos minerales por parte de la planta (Agustí, 2003).

Los nutrientes minerales del suelo se clasifican en esenciales y no esenciales, entendiéndose por esenciales a aquellos nutrimentos que: a) su carencia dificulta el ciclo vital de la planta, b) la deficiencia es específica y no puede ser suplida por otro elemento, c) el elemento se relaciona directamente con la nutrición de la planta, independientemente de que puedan presentar otros efectos de corrección en la condición química o microbiana del suelo (Wild, 1992).

Los nutrimentos esenciales para las plantas son:

**Macronutrientes:** N, P, K, Ca, Mg y S.

**Micronutrientes:** Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo y Cl.

Entre los elementos no esenciales se encuentran: Co, Na, Si (Wild, 1992).

### **1.2.1.2. Funciones principales de los nutrimentos minerales**

#### **Macronutrientes**

**Nitrógeno:** macronutriente componente de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, membranas, hormonas, además de los compuestos orgánicos que participan en los distintos procesos metabólicos, como la fotosíntesis, respiración y síntesis de proteínas (Arias, 2007). El N es un elemento de gran importancia para las crucíferas, ya que promueve un desarrollo rápido y

vigoroso del cultivo; además de ser un elemento básico en el proceso de formación de la pella (Domínguez, 1982).

La deficiencia de N produce tonalidades moradas o rosadas en venas, tallos y peciolos de las plantas crucíferas, como el brócoli (UNALM, 2000).

**Fósforo:** Nutrimento esencial que forma parte de la molécula adenosintrifosfato (ATP), la principal fuente de energía en los procesos metabólicos: fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas y ácidos grasos, glucólisis (Arias, 2007). El P es un nutrimento esencial que influye de forma positiva sobre el rendimiento de las crucíferas. La presencia de este elemento es muy importante durante la fase de desarrollo de las hojas iniciales del cultivo (Domínguez, 1982).

La plantas crucíferas, como el brócoli, desarrollan tonalidades moradas en las hojas más viejas en respuesta a la deficiencia de fósforo (UNALM, 2000).

**Potasio:** Elemento íntimamente relacionado con la absorción y retención de agua en los tejidos, interviene en el transporte de fotoasimilados desde las hojas (Wild, 1992). El K actúa como un activador de enzimas, además de tener un efecto benéfico en la síntesis del ATP (Arias, 2007). El K influye directamente sobre la calidad de las pellas de brócoli, tanto en su firmeza como en su sabor (Domínguez, 1982).

La deficiencia de K produce una reducción en crecimiento y el rendimiento de varios cultivos, en los que se incluye el brócoli (Carranza, et al., 2008).

**Calcio:** Macronutriente importante en la elongación celular, permeabilidad y estabilidad de la membrana celular; además de ser un componente de la pared celular que proporciona sostén a la planta. El Ca presente en el suelo procede de minerales como el carbonato de calcio y el fosfato de calcio (Arias, 2007).

No existe información específica sobre la deficiencia del calcio en brócoli, sin embargo la información obtenida para el repollo (planta perteneciente a la familia

de las crucíferas) indica que la deficiencia de calcio produce deformación de las hojas nuevas, cada vez más acentuada conforme el cultivo se desarrolla (Fundación de desarrollo agropecuario, 1993).

**Magnesio:** Elemento esencial que forma parte de la molécula de clorofila. El Mg facilita la unión de las dos subunidades de los ribosomas, organelos responsables de la síntesis proteica (Agustí, 2003).

No existe información específica sobre la deficiencia del Mg en brócoli, sin embargo la información obtenida para el repollo (planta perteneciente a la familia de las crucíferas) indica que la deficiencia de magnesio produce manchas necróticas entre las nervaduras de las hojas más viejas (Fundación de desarrollo agropecuario, 1993).

**Azufre:** Elemento componente de la coenzima A, involucrada en el proceso metabólico de oxidación de la glucosa y de los ácidos grasos. El S es absorbido del suelo como sulfato  $\text{SO}_4^{-2}$  por la raíz (Villalobos, 2001). El azufre en el cultivo de brócoli, es un elemento muy importante para la formación de aceites esenciales a partir de diferentes glucósidos (INPOFOS, 1998).

La deficiencia de S en la planta produce un contenido elevado de amidas, aminos y nitratos, esto debido a una proteosíntesis deficiente (Wild, 1992).

### **Micronutrientes**

**Boro:** Entre los micronutrientes esenciales, el cultivo de brócoli muestra una alta sensibilidad a la deficiencia de boro. El boro es un elemento muy importante para el desarrollo del brócoli, la deficiencia de este elemento desencadena en una mala formación de la pella y decoloración de los floretes; en ocasiones la deficiencia de boro detiene el crecimiento del tallo, formándose una planta de tamaño reducido con muchos brotes laterales (INPOFOS, 1996).

## **1.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA NUTRICIÓN VEGETAL**

Las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en la planta están estrechamente relacionadas con la interacción entre el suelo, la planta y la atmósfera, por lo que existen factores que intervienen en la absorción de los nutrimentos minerales por parte de la raíz (Villalobos, 2001).

### **1.2.2.1. Temperatura**

La temperatura ambiental se encuentra estrechamente relacionada con la absorción de nutrimentos minerales. A medida que la temperatura del aire se eleva, la absorción de agua y nutrientes aumenta, sin embargo las temperaturas muy altas provocan marchitez en los cultivos (Urrestarazu, 2004). Las temperaturas mayores a 20 °C producen un retraso en la maduración, pellas descoloridas y menos compactas, las yemas se abren prematuramente provocando un desarrollo acelerado de las inflorescencias (Proexant, 1992).

### **1.2.2.2. Agua**

La disponibilidad de nutrientes minerales se encuentra limitado por la humedad del suelo (Wild, 1992). El brócoli necesita de un abastecimiento constante de agua para desarrollarse especialmente en sus primeras fases de crecimiento. Durante su ciclo vegetativo el cultivo requiere una humedad relativa de entre 70% a 80% (Proexant, 1992).

### **1.2.2.3. Salinidad**

Una elevada conductividad eléctrica puede afectar de forma específica o general el desarrollo de las plantas. Un suelo se considera salino cuando el contenido de sales, como cloruros y sulfatos, es mayor a 4 mmhos/cm (Gurovich, 1985). La

elevada salinidad desencadena en enanismo, alteración en el contenido de hormonas, lo que influye en el ritmo de crecimiento del cultivo; uso creciente de energía para mantener el equilibrio de K y Na así como daño a los mecanismos fotosintéticos de la planta (Wild, 1992). El cultivo de brócoli tolera un valor de salinidad de 4 mmhos/cm, el valor recomendado para su óptimo desarrollo se encuentra en 2,8 mmhos/cm (Vidal, 2003).

Las altas concentraciones de cloruro de sodio afectan directamente la absorción de nutrientes, como por ejemplo el sodio que puede reemplazar parcialmente la absorción de potasio (Wild, 1992).

#### **1.2.2.4. Potencial hidrógeno (pH)**

El valor del pH se relaciona directamente con la nutrición de las plantas y las propiedades químicas de los suelos (Wild, 1992). Un pH alcalino o ácido afecta directamente la disponibilidad de los nutrientes minerales para las raíces de las plantas (Kass, 1998). Los suelos alcalinos con valores de pH cercanos a 7,5 acumulan nitritos por una disminución en el proceso de nitrificación (Kass, 1998).

La disponibilidad de fosfatos solubles en el suelo disminuye a un valor de pH mayor a 7,0; esto se debe a que los iones calcio reaccionan con los iones fosfato para formar sales, lo que afecta la absorción de fósforo en la planta (Kass, 1998).

El proceso de desnitrificación en suelos ácidos con valores de pH menores a 5,0 es casi nulo, esto se debe a que la actividad de las bacterias responsables de este proceso se ve disminuida considerablemente en estos niveles de pH (Kass, 1998). Los suelos ácidos con valores de pH menores a 5,5 dificultan la absorción de fosfatos en la planta, esto se debe a que en estos niveles de acidez tanto el hierro como el aluminio reaccionan con los iones fosfato, por lo que quedan retenidos en el suelo. Los suelos muy ácidos que registran rangos de pH entre 3,5 y 5,0 contienen cantidades tóxicas de aluminio y manganeso, lo que afecta directamente la absorción de K, Ca, Mg y Mo (Kass, 1998).

El brócoli se desarrolla adecuadamente en suelos con rangos de pH entre 5,5 y 6,8 (Pinzón e Isshiki, 2001).

### 1.2.3. FERTILIZACION

La fertilización es la contribución de elementos minerales al suelo, para de esta manera mantener renovado el proceso productivo y evitar el empobrecimiento y esterilidad del suelo (Suquilanda, 1995a). Una fertilización eficiente busca proporcionar el alimento necesario para el desarrollo de los cultivos y minimizar la pérdida de nutrientes en el ambiente sin disminuir los rendimientos de cosecha (FAO, 2000). El término fertilizante incluye tanto a los fertilizantes de origen natural (orgánicos) como sintéticos (inorgánicos) (Fraume, 2007).

#### 1.2.3.1. Fertilizantes químicos

Los fertilizantes químicos son compuestos sintéticos elaborados mediante procesos químicos, estos son utilizados para suplir rápidamente las necesidades nutricionales de los cultivos, gracias a que algunas de sus formulaciones se solubilizan rápidamente en el suelo. Gracias a esto la concentración y disponibilidad de los elementos aumenta en beneficio de las plantas (Kass, 1998).

Los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos en general aportan cantidades mínimas de Ca, S, Mg y microelementos, por lo que en ocasiones estos deben ser añadidos individualmente (Wild, 1992).

#### *a) Tipos de fertilizantes químicos*

Los fertilizantes químicos según Kass (1998), se subdividen en 4 tipos que son:

- **Simple:** Fertilizantes de formulación granular o líquida que se subdividen en fertilizantes rápidamente solubles y fertilizantes de liberación lenta.

- **Fosfatados simples:** Fertilizantes de elevada solubilidad que son afectados directamente por factores como el pH del suelo, materia orgánica y contenido de arcillas. Estos factores disminuyen la disponibilidad de los iones fosfatos al retenerlos en el suelo.
- **Potásicos simples:** Fertilizantes elaborados a base de cloruro de potasio y sulfato de potasio. La disponibilidad del potasio, al agregar estos fertilizantes al suelo se ve afectado al quedar fijamente retenidos por las arcillas.
- **Compuestos o complejos:** Fertilizantes granulados que en su composición contienen tres macronutrientes esenciales que son: a) N que se encuentra en forma elemental, b) P como pentóxido de fósforo y c) K en forma de dióxido de potasio. El contenido porcentual de cada elemento se registra en el orden N-P-K, el resto del contenido del fertilizante es material inerte.

*b) Principales ventajas y desventajas en el uso de fertilizantes químicos en el suelo*

El uso de fertilizantes químicos tiene la ventaja de proveer grandes concentraciones de nutrientes minerales, importantes para el desarrollo de las plantas. Entre otras ventajas se encuentra la fácil aplicación con que cuentan estos fertilizantes, además de la diversidad de formulaciones específicamente elaboradas para suplir las diversas necesidades de los cultivos (Ugarte, et al., 2006).

Las desventajas surgen por el uso excesivo de fertilizantes químicos que afectan directamente la estructura del suelo, además de crear dependencia en el uso de mayores cantidades de fertilizante, los mismos que se pierden por lixiviación, insolubilización y volatilización (López, 1998). Entre los efectos contaminantes que se atribuyen al uso excesivo de fertilizantes sintéticos se encuentran la elevada concentración de nitratos y la eutrofización del agua (Wild, 1992).

### 1.2.3.2. Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos son el resultado de la mezcla de excrementos animales, residuos y desechos vegetales, cuya función principal es el promover el funcionamiento del ciclo de las sustancias vivientes, para lograr un equilibrio biológico (López, 1998). La aplicación de fertilizantes orgánicos asegura la reserva de nutrientes y la fertilidad del suelo, esto se debe a que la liberación de los nutrimentos es lenta y progresiva, por lo que los elementos móviles dentro del suelo no se pierden fácilmente y son retenidos (Kass, 1998).

#### *a) Importancia de la materia orgánica en el suelo*

La materia orgánica se constituye de residuos de origen vegetal o animal que sufren una serie de procesos físicos, químicos y biológicos (propiciados por la acción de microorganismos, humedad y temperatura) que transforman la materia orgánica en humus. Este proceso de transformación tarda entre 3 a 4 meses (Suquilanda, 1995a).

El humus es un compuesto coloidal de naturaleza lignoprotéica que mejora las propiedades físico químicas del suelo. El humus conforma el estado de descomposición más avanzado que sufre la materia orgánica (Suquilanda, 1995a).

Entre las distintas funciones que la materia orgánica cumple se encuentran:

- Incremento de la fertilidad potencial del suelo y la capacidad de retención del agua.
- Contribución directa a la estabilización del pH, lo que evita cambios repentinos bruscos de acidez o alcalinidad del suelo.
- Activación biológica del suelo, al ser el alimento de la población biológica.
- Disminución de la compactación y de las pérdidas de suelo por erosión
- Mejora de la estructura del suelo, lo que favorece el crecimiento de las plantas.



Son estas funciones junto con el aporte de elementos esenciales que muestran la importancia de la materia orgánica en el suelo (Suquilanda, 1995a).

***b) Principales ventajas y desventajas en el uso de fertilizantes orgánicos en el suelo***

La principal ventaja que ofrece la aplicación de fertilizantes orgánicos al suelo es asegurar que no exista una pérdida de fertilizante por lixiviación, además de evitar la insolubilización de los nutrientes minerales (López, 1998). Otra ventaja se encuentra en la variedad de los nutrientes minerales que aporta (Ugarte, et al., 2006). Los fertilizantes orgánicos mejoran la estructura, la estabilidad del suelo, la respiración y capacidad de absorción de agua (López, 1998). Es así que se pueden enumerar otras ventajas atribuidas directamente al aporte de materia orgánica al suelo.

Las desventajas en el uso de fertilizantes orgánicos se relacionan a la lenta integración de los nutrientes al suelo y la variabilidad en la calidad del abono, esto se debe a que la efectividad del fertilizante orgánico depende de la materia prima con que este es elaborado (Ugarte, et al., 2006).

***c) Los beneficios del abono orgánico animal***

La aplicación de abonos orgánicos de origen animal tiene como principal ventaja la elevación de la actividad biológica de los suelos, lo que se logra gracias al conjunto de sustancias que los fertilizantes ofrecen como vitaminas, enzimas y hormonas. La promoción de la actividad biológica que ofrecen los abonos conforma una ventaja muy importante frente al resto de fertilizantes (Suquilanda, 1995b).

### 1.2.3.3. Biofertilizantes fermentados (biol)

#### a) *La biofermentación*

La transformación de los materiales orgánicos (estiércol, el suero de leche, la leche, etc.) en ácidos, minerales y vitaminas indispensables para mantener el equilibrio nutricional y metabólico de las plantas, se produce gracias a la acción de los microorganismos. Las sustancias que se producen en este proceso fermentativo tonifican las plantas y minimizan el ataque de plagas y enfermedades al ser absorbidas directamente por las hojas (Restrepo, 2001).

#### b) *Formación del biol*

El biol conforma un subproducto en la producción de biogás, que resulta de la fermentación metanogénica de residuos orgánicos. Este biofertilizante es el efluente líquido que se obtiene una vez filtrada la descarga del digestor. En el Ecuador la idea de obtener biogás a partir de materiales orgánicos no es totalmente acogida, por lo que el biol es el producto principal de este proceso fermentativo (Suquilanda, 1995c).

La calidad de la materia prima es fundamental en la producción de biol, es importante considerar la relación de materia seca y agua. La cantidad de agua debe ser de alrededor de 90% en peso del contenido total (Suquilanda, 1995c).

#### c) *Factores que influyen en la producción de biol*

Los principales factores que influyen en la producción de biol son:

- **Temperatura:** Este proceso fermentativo se lleva a cabo gracias a la presencia de bacterias mesófilas, por lo que el rango de temperatura aconsejable es de 25 °C a 35 °C (Suquilanda, 1995c).

- **Tiempo de retención:** Corresponde al tiempo en que debe permanecer el efluente orgánico en el digestor (Bigeriego y Delgado, 1997).
- **pH:** El rango de óptimo de pH para la producción de biol se encuentra entre 6,5 a 7,5 (Bigeriego y Delgado, 1997).
- **Ácidos volátiles:** El aumento en la concentración de ácidos volátiles en el biol se traduce en un mal funcionamiento en los digestores. La reducción del pH desencadena en la inhibición del proceso anaerobio (Bigeriego y Delgado, 1997).
- **Relación C/N:** Los microorganismos presentes en el proceso fermentativo anaerobio requieren una cantidad baja de nutrientes por su pequeña velocidad de crecimiento (Bigeriego y Delgado, 1997). La relación carbono/nitrógeno debe encontrarse entre 20:1 a 30:1 (Suquilanda, 1995c).
- **Hermeticidad:** El digestor debe encontrarse herméticamente cerrado para asegurar un correcto proceso fermentativo anaerobio (Suquilanda, 1995c).

#### *d) El biol y su importancia*

El biol, un biofertilizante que se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos, constituye una fuente de sustancias fitorreguladoras. Son estas sustancias las que aumentan el rendimiento en cosecha al estimular la actividad fisiológica y el desarrollo de los distintos órganos de la planta, como son: la raíz (al aumentar la base radicular), las hojas (al ampliar la base foliar, las flores (al mejorar la floración) y las semillas (al elevar el poder germinativo) (Suquilanda, 1995c).

#### *e) Sustancias orgánicas benéficas en el biol*

Entre las principales sustancias orgánicas beneficiosas que el biol aporta a los cultivos se encuentran:

- **Citoquininas:** Fitohormonas que activan el proceso de división celular, además de interactuar junto con las auxinas para promover la dominancia apical. Estas

hormonas retardan el envejecimiento vegetal, además de activar el transporte de nutrientes (Suquilanda, 1995c).

- **Tiamina (vitamina B<sub>1</sub>):** Sustancia que actúa directamente en el aumento de la inmunidad adquirida en los vegetales (Restrepo, 2001).
- **Auxinas:** Fitohormonas que promueven el alargamiento celular y estimulan la dominancia apical en las plantas (Suquilanda, 1995c).
- **Riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>):** Sustancia que actúa en el metabolismo de proteínas y carbohidratos, además de promover el crecimiento celular (Restrepo, 2001).
- **Giberelinas:** Hormonas vegetales que estimulan el alargamiento de los tallos y ejes florales (Suquilanda, 1995c).
- **Amiloglucosidasa:** Sustancia importante en el equilibrio nutricional vegetal (Restrepo, 2001).
- **Aminoácidos:** Compuestos de gran importancia para la formación de macromoléculas en aplicaciones foliares (Restrepo, 2001).

#### *f) El enriquecimiento del biol*

El biol es enriquecido mediante la adición de minerales y cenizas que proveen al fertilizante de elementos como el B, Mg, Zn, Cu, S, Mn, N, entre otros importantes para el crecimiento de los cultivos (Restrepo, 2001). El proceso fermentativo que se desarrolla en la producción de biol transforma en forma química y biológica los diversos productos añadidos, para hacerlos asimilables para la planta (Restrepo, 2001).

#### *g) Aplicación del biol*

El biol puede ser aplicado al suelo, las hojas, las semillas y plántulas tal como se explica a continuación:

- **Aplicación al suelo:** La aplicación del biol durante el riego mejora la estructura del suelo, fomenta el desarrollo radicular y mejora la actividad de los microorganismos en el suelo (Suquilanda, 1995c).
- **Aplicación al follaje:** La aplicación del biol a las hojas requiere de una dilución previa. Se recomienda utilizar el biofertilizante en diluciones de 25% hasta 75%, además de la adición de un adherente para evitar la pérdida por evaporación o lavado (Suquilanda, 1995c).
- **Aplicación a la semilla:** El contenido de purinas, auxinas y tiamina que posee el biol, aplicado a las semillas, promueve la germinación en forma rápida y el desarrollo de raíces. Se recomienda remojar las semillas de hortalizas por un período de 2 a 6 horas en una solución de 10 al 20% (Suquilanda, 1995c).
- **Aplicación a las plántulas:** Las plántulas deben ser sumergidas en una solución de biol al 12,5% por un tiempo de 10 minutos, es necesario escurrir la solución y envolver las plántulas en paños húmedos antes de ser trasplantadas (Suquilanda, 1995c).

#### ***h) Producción de biol Biogest Potencializado***

El biol Biogest Potencializado a más de contribuir con los grandes beneficios que ofrece el biol y los bioles enriquecidos, cuenta con el aporte de bacterias fijadoras de N y solubilizadoras de P y K. Esta combinación de elementos es la clave para la potencialización del desarrollo de los cultivos (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2009)

Entre los materiales que “GestorÉxito Consultores Manosalvas” utiliza para la producción de biol Biogest Potencializado se encuentran: un tanque digestor de 1000 L, estiércol fresco bovino, leche o suero de leche, yogurt, levadura activa, microorganismos para biol Biogest, sulpomag, fosfato diamónico, ceniza volcánica.

Inicialmente se disuelve la majada de vaca en agua pura no clorada y se eliminan materiales, como plástico, metal o fibra no descompuesta. Una vez disuelta se

coloca el estiércol dentro de los tanques digestores, a continuación se añade la melaza con la leche o suero de leche. Como paso siguiente se mezcla en un recipiente aparte el fosfato diamónico, la levadura disuelta, el yogurt y los microorganismos para colocarlos en el tanque digestor; además de esto se añade sulphomag y cenizas volcánicas previamente disueltas en agua. El tanque biodigestor no se llena totalmente, se deja un espacio de 15 cm para permitir la acumulación de gases, luego se sella y se coloca una válvula de escape conectada a una trampa de agua para permitir la salida de los gases (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2009).

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE TRABAJO

#### 2.1.1. UBICACIÓN Y SITUACIÓN EDAFOCLIMÁTICA

La investigación se llevo a cabo en la hacienda La Calera, ubicada en la parroquia La Matriz, provincia de Cotopaxi, localizada a 65 km de la panamericana sur, que se observa en la Figura 5.



**Figura 5.** Mapa de localización del sitio de trabajo.  
(Nations online project, 2011)

Las características edafoclimáticas de la zona de investigación son:

- Altitud (msnm): 2900
- Temperatura máxima (°C): 20
- Temperatura mínima (°C): 5
- Pluviosidad (mm anuales): 1500
- Tipo de suelo: Franco arenoso

### **2.1.2. SUPERFICIE EVALUADA**

La experimentación se realizó en el interior del lote 18 que cuenta con 2,5 ha; en una superficie total de aproximadamente 80 m<sup>2</sup>.

El ensayo contó con 4 tratamientos y 4 repeticiones, un total de 16 unidades experimentales, cada una con un área cercana a 5 m<sup>2</sup> con un total de 50 plantas aproximadamente. Cada unidad experimental fue delimitada con estacas y soguilla, además se colocaron rótulos de identificación en cada tratamiento.

## **2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO**

### **2.2.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO**

Para realizar la caracterización físico-química del suelo se tomaron muestras del área de investigación según la metodología de Osorio y Villadiego, (2001). Se utilizó una pala para excavar un hoyo en forma de "V" a una profundidad de 20 a 25 cm, se eliminó los bordes y se recolectó la parte central de la muestra de suelo recogida en la pala.

#### **2.2.1.1. Toma de muestras inicial de suelos**

Se recogieron 5 muestras de suelo en forma de zigzag por cada unidad experimental, con el fin de analizar uniformemente la zona de investigación; posteriormente se juntó lo recolectado y se mezcló sobre un recipiente plástico, para tomar alrededor de 1 kg de muestra en una funda con la información requerida. La muestra fue llevada al día siguiente a la estación INIAP Santa Catalina para ser evaluada.



### **2.2.1.2. Toma de muestras final de suelos**

Una vez cultivadas las pellas en la etapa final de la investigación, se recolectaron 5 muestras de suelo en zigzag por cada repetición, a continuación se mezcló lo obtenido para formar una muestra de 1 kg por cada tratamiento. Se enviaron un total de 4 fundas etiquetadas con la información requerida para ser evaluadas en la estación INIAP Santa Catalina.

### **2.2.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS FOLIARES**

La toma de muestras para el análisis foliar se realizó previo al inicio de la primera cosecha; se recolectaron un total de 20 hojas sanas intermedias (hojas recientemente maduras que finalizaron su crecimiento) por tratamiento. Las 4 muestras se almacenaron en fundas porosas etiquetadas respectivamente y se enviaron a la estación INIAP Santa Catalina para ser evaluadas.

## **2.3. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN SINTÉTICA CON BIOL BIOGEST POTENCIALIZADO**

### **2.3.1. MATERIALES**

#### **2.3.1.1. Material biológico**

Para la presente investigación se utilizaron plántulas de brócoli provenientes de Ecofroz S.A.

### **2.3.1.2. Biofertilizantes**

En el estudio se utilizó biol Biogest Potencializado, elaborado según las especificaciones de GestorÉxito Consultores Manosalvas, (2009).

### **2.3.1.3. Fertilizantes químicos**

Los fertilizantes químicos que se utilizaron durante la investigación fueron: microessentials (12-40-0), muriato de potasio, nitrato de amonio, urea, solomox. Las dosis aplicadas se encuentran descritas en las Tablas 1, 2,3 y 4.

### **2.3.1.4. Equipo de fertilización**

Para el desarrollo del proyecto se utilizó una bomba de mochila de fumigación con boquilla de salida en forma de gotero.

## **2.3.2. METODOLOGÍA**

### **2.3.2.1. Fertilización pre-trasplante**

Previo al inicio del trasplante se realizó una fertilización sólida, para reemplazar los nutrientes del suelo extraídos por el cultivo anterior de brócoli. Las cantidades aplicadas fueron calculadas con relación al total utilizado para una referencia de 2,5 ha.

La Tabla 1 contiene la indicación de dosis de fertilizante químico que se utilizó en cada unidad experimental. Una vez aplicados los fertilizantes se esperó un período de 4 semanas para iniciar la fertilización química líquida en combinación con el biofertilizante. La composición nutricional de los fertilizantes químicos se indica en el Anexo V.

**Tabla 1.** Dosis de fertilizante químico aplicado en cada tratamiento durante la etapa de pre-trasplante.

Cantidades utilizadas para 2,5 ha	
Fertilizantes	(kg)
Microessentials (12-40-0)	125,0
Muriato de potasio	250,0
Nitrato de amonio	166,7
Cantidades utilizadas para 5m <sup>2</sup>	
Fertilizantes	(g)
Microessentials (12-40-0)	25,0
Muriato de potasio	50,0
Nitrato de amonio	33,3

### 2.3.2.2. Fertilización post-trasplante

#### a) *Extracción y activación del biofertilizante*

Como primer paso para iniciar la fertilización líquida, se procedió a extraer el biol Biogest Potencializado. Este fue extraído con 24 horas de anticipación y trasladado a un biodigestor alterno para proceder a la adición de melaza, fertilizante 13-40-13 y Back-Ca 10 (Anexo VII).

#### b) *Fertilización líquida etapa de inicio*

Previo al inicio de la fertilización líquida correspondiente a la etapa 1 o inicial, se realizaron los cálculos pertinentes con base en las cantidades utilizadas en la hacienda La Calera (Anexo VI). Los fertilizantes usados en finca son previamente diluidos en una solución madre de 2 400 L e inyectados al sistema de riego por goteo, las siguientes cantidades utilizadas se muestran en la Tabla 2.

La aplicación se realizó todos los días martes durante 4 semanas.

Es importante resaltar que la solución madre preparada para cada tratamiento, fue diluída en aproximadamente 6 L de agua y almacenada en una bomba de mochila para poder ser aplicada directamente al suelo.

**Tabla 2.** Dosis de fertilizantes químicos en combinación con biol Biogest Potencializado aplicados en cada tratamiento durante la etapa de inicio.

Cantidades utilizadas para 5 m <sup>2</sup>			
Tratamientos	Fertilizantes	(g)	Solución madre
TQ (100% Fertilizante químico+0%biol)	Nitrato de Amonio	15,00	480 mL
	Urea	15,00	
	Solomox	15,00	
	biol (mL)	0,00	
T1 (75% Fertilizante químico+25% biol)	Nitrato de Amonio	11,25	480 mL
	Urea	11,25	
	Solomox	11,25	
	biol (mL)	8,04	
T2 (50% Fertilizante químico+50% biol)	Nitrato de Amonio	7,50	480 mL
	Urea	7,50	
	Solomox	7,50	
	biol (mL)	16,07	
T3 (25% Fertilizante químico+75% biol)	Nitrato de Amonio	3,75	480 mL
	Urea	3,75	
	Solomox	3,75	
	biol (mL)	24,11	
ρ biol = 1,4 g/mL			

c) *Fertilización líquida de desarrollo 1*

Transcurridas 4 semanas desde la aplicación de la etapa inicial, se procedió a realizar la fertilización correspondiente al desarrollo 1, esta etapa es llamada de esta manera debido a que la planta inicia la floración y necesita mayor cantidad de fertilizante. Las dosis de fertilizante para cada tratamiento se muestran en la Tabla 3; estas fueron calculadas con base a lo utilizado para el cultivo de brócoli en la hacienda La Calera, como se indica en el Anexo VI.

**Tabla 3.** Dosis de fertilizantes químicos en combinación con biol Biogest Potencializado aplicados en cada tratamiento durante la etapa desarrollo1.

Cantidades utilizadas para 5 m <sup>2</sup>			
Tratamientos	Fertilizantes	(g)	Solución madre
TQ (100% Fertilizante químico+0%biol)	Nitrato de Amonio	30,00	480 mL
	Urea	30,00	
	Solomox	30,00	
	biol (mL)	0,00	
T1 (75% Fertilizante químico+25% biol)	Nitrato de Amonio	22,50	480 mL
	Urea	22,50	
	Solomox	22,50	
	biol (mL)	16,07	
T2 (50% Fertilizante químico+50% biol)	Nitrato de Amonio	15,00	480 mL
	Urea	15,00	
	Solomox	15,00	
	biol (mL)	32,14	
T3 (25% Fertilizante químico+75% biol)	Nitrato de Amonio	7,50	480 mL
	Urea	7,50	
	Solomox	7,50	
	biol (mL)	48,21	
ρ biol = 1,4 g/mL			

d) *Fertilización líquida de desarrollo 2*

La fertilización correspondiente a la etapa de desarrollo 2 o también llamada refuerzo, conocida de esta manera debido a que la planta se encuentran cercana a la cosecha, tal como se observa en el Anexo VIII, por lo que requiere de un día más de fertilización a la semana para lograr el desarrollo adecuado del florete. Esta etapa inició 2 semanas previas a la cosecha, la aplicación fue realizada los viernes. Las cantidades utilizadas se observan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Dosis de fertilizantes químicos en combinación con biol Biogest Potencializado aplicados en cada tratamiento durante la etapa desarrollo 2 (refuerzo).

Cantidades utilizadas para 5 m <sup>2</sup>			
Tratamientos	Fertilizantes	(g)	Solución madre
TQ (100% Fertilizante químico+0%biol)	Nitrato de Amonio	30,00	480 mL
	Urea	30,00	
	Solomox	30,00	
	biol (mL)	0,00	
T1 (75% Fertilizante químico+25% biol)	Nitrato de Amonio	22,50	480 mL
	Urea	22,50	
	Solomox	22,50	
	biol (mL)	16,07	
T2 (50% Fertilizante químico+50% biol)	Nitrato de Amonio	15,00	480 mL
	Urea	15,00	
	Solomox	15,00	
	biol (mL)	32,14	
T3 (25% Fertilizante químico+75% biol)	Nitrato de Amonio	7,50	480 mL
	Urea	7,50	
	Solomox	7,50	
	biol (mL)	48,21	
ρ biol = 1,4 g/mL			

### 2.3.2.3. Diseño experimental

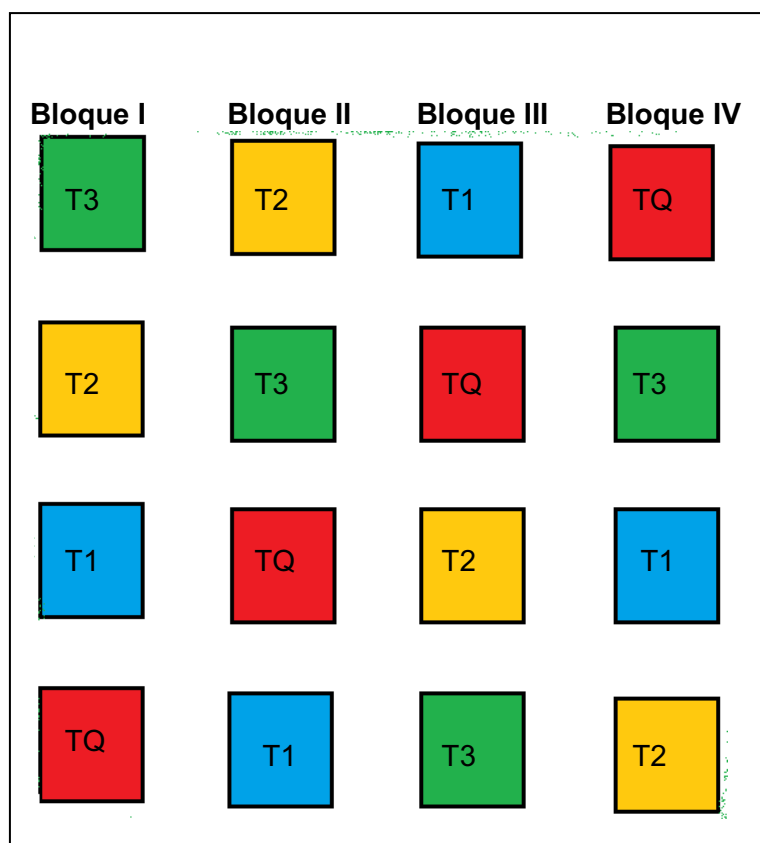
El factor principal de estudio en la presente investigación fue: el efecto de la dosificación de fertilizante químico y fertilizante orgánico, en la producción de brócoli.

Para el estudio del proyecto se escogió el modelo de diseño de bloques completamente al azar que contó con los tratamientos que se observan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Tratamientos evaluados en el estudio realizado en la hacienda la Calera.

Tratamientos	Formulación
TQ	100% Fertilizante químico + 0% biol Biogest Potencializado
T1	75% fertilizante químico + 25% biol Biogest Potencializado
T2	50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado
T3	25% fertilizante químico + 75% biol Biogest Potencializado

Dentro del modelo utilizado se contempló como factor de bloque: al efecto de las características físico-químicas del suelo sobre las distintas unidades experimentales evaluadas. Es así que se ubicó en forma aleatoria cada tratamiento dentro de los distintos bloques tal como se describe en la Figura 6.



**Figura 6.** Esquema de distribución de los tratamientos en campo

### 2.3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

Dentro del parámetro de productividad la variable evaluada fue:

- Productividad por tratamiento: se midió al final de la cosecha, para esto fueron pesadas un total de 20 pellas en cada unidad experimental, para su posterior conversión en kg/ha.

Los parámetros de calidad evaluados fueron:

- Días a prefloración: para la evaluación de esta variable se contabilizó el número de días en que un total de 5 plantas llegaron a cumplir con un diámetro de florete de 4 cm.



- **Peso de la pella:** se pesaron un total de 20 pellas para calcular el peso promedio por pella cosechada en cada unidad experimental, se utilizó una balanza electrónica para tener medidas precisas. Este proceso se realizó durante los tres días de cosecha.
- **Diámetro de la pella:** con el uso de una cinta métrica, se registró el perímetro de un total de 20 pellas cosechadas, posteriormente se realizó el cálculo del diámetro promedio de la pella en cada unidad experimental.
- **Altura de planta:** esta variable fue evaluada a los 48, 62 y 76 días después del trasplante (DDT), para esto se midió la longitud de la planta desde la base hasta el ápice terminal. Se analizaron alrededor de 15 plantas por unidad experimental.
- **Días a cosecha:** esta variable no puede ser evaluada debido a que la cosecha inició el día 85 y finalizó el día 92 después del trasplante, en todas las unidades experimentales. Es así que se procedió a evaluar una nueva variable que mida el porcentaje cosechado por día.
- **Porcentaje de pellas cosechadas por día:** se registró el número total de pellas cultivadas en cada tratamiento por día de cosecha. Posteriormente se calculó el porcentaje de cosecha que aportaba cada tratamiento con relación al total de pellas cultivadas.

Los parámetros de nutrición evaluados fueron:

- **Contenido de N, P y K:** estos parámetros de nutrición fueron evaluados una vez analizados los resultados obtenidos en los análisis de suelos y foliares, para realizar las comparaciones pertinentes. Además se evaluaron el Ca, Mg y S.

### 2.3.4. ANÁLISIS DE VARIABLES

El análisis estadístico para las variables de productividad, días a prefloración, altura de planta, peso y diámetro de la pella se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia  $\alpha=0,05$  y la prueba de Tuckey al 5% en el caso de las variables donde existió significancia para los tratamientos en estudio, mediante el uso del software estadístico InfoStat 2.0 (Grupo InfoStat, 2008). Se escogió la prueba honestamente significativa de Tukey debido a que los grupos contaban con varianzas similares y el mismo número de individuos a analizarse (Barón y Téllez, 2001).

Para el análisis del porcentaje de pellas cosechadas y los parámetros de nutrición se utilizó el método cuantitativo de valoración por puntos, que atribuye una puntuación total basándose en la suma de puntos otorgados por cada uno de los factores evaluados (Ibañez, 1996). Se utilizó un sistema de puntuación entre 1 a 4, para valorar el tratamiento más efectivo de acuerdo al factor evaluado; el criterio de puntuación utilizado se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Método de valoración por puntos

<b>Criterio</b>	<b>Puntuación</b>
Alto	4
Moderadamente alto	3
Ligeramente Bajo	2
Bajo	1

## 2.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

### 2.4.1. TRM

Para el análisis comparativo de costos, se utilizó el método del “Presupuesto parcial” de Perrin (1979), el mismo que indica que no se incluyen todos los costos de producción, tan solo los costos que difieren entre los tratamientos evaluados, es decir los costos que varían por efecto de los tratamientos. Estos se comparan

con los beneficios netos; con los cuales se calcula la Tasa de Retorno Marginal (TRM).

#### **2.4.2. TIR Y VAN**

Para el análisis TIR y VAN se planteó la factibilidad de realizar un proyecto de siembra y cosecha de brócoli a pequeña escala, en una hectárea de terreno arrendado cercano a la hacienda la Calera.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. PARÁMETRO DE PRODUCTIVIDAD

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza para la productividad de brócoli bajo el efecto de diferentes dosis biol Biogest Potencializado y fertilización química.

**Tabla 7.** Análisis de varianza para productividad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado.

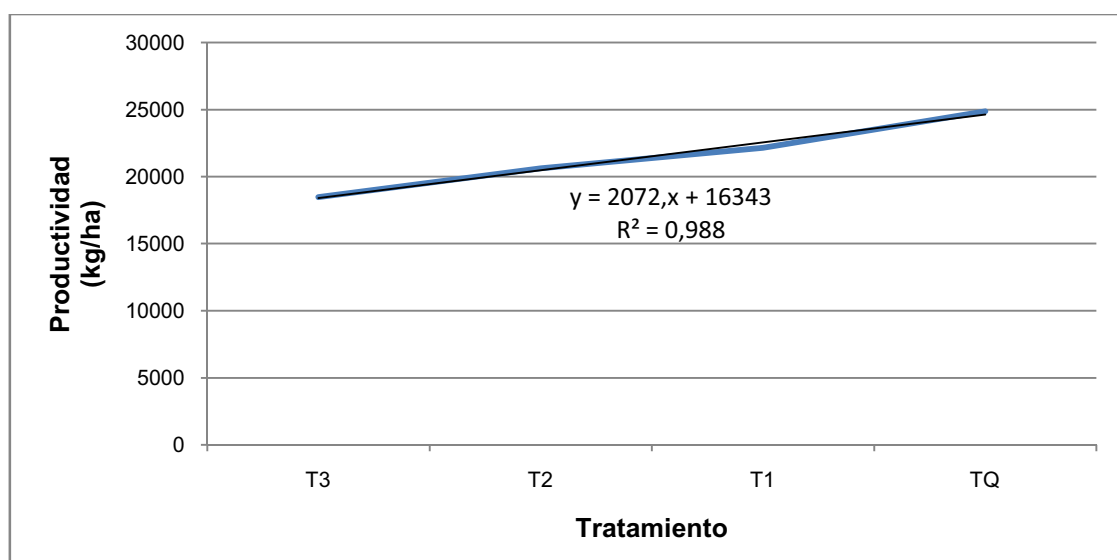
Fuente de variación	Grados de libertad G.L	Probabilidad p
Total	15	
Tratamientos	3	0,1334 NS
Bloques	3	0,4100 NS
Error Experimental	9	
*: Altamente significativo $p=0,00-0,01$ **: Significativo $p=0,01-0,05$ NS: No significativo $p > 0,05$		

En el análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) de la Tabla 7, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y los bloques evaluados. Estadísticamente esto indica que la aplicación de cualquiera de los tratamientos evaluados como son TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado), T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado), T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado) o T3 (25% fertilización química + 75% biol Biogest Potencializado) produce los mismos resultados sobre la productividad del cultivo de brócoli.

**Tabla 8.** Productividad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado.

Tratamientos	Productividad kg/ha
TQ	24 868,94 ± 4 049,04 A
T1	22 145,06 ± 4 194,49 A
T2	20 617,44 ± 2 905,98 A
T3	18 469,00 ± 2 511,46 A
Media ± DE (n=20) Letras distintas indican diferencias significativas (p≤0,05)	

En la Figura 7 se observa una tendencia lineal ( $R^2 = 0,9886$ ) en la productividad del cultivo de brócoli por efecto del incremento de los niveles de fertilizante químico, sin embargo no existió diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 8). Según Bolaños (2001) el cultivo de brócoli responde en forma efectiva a la fertilización nitrogenada, en complemento con la aplicación de elementos menores.



**Figura 7.** Tendencia en la productividad de brócoli bajo diferentes concentraciones de fertilización química.

### 3.2. PARÁMETROS DE CALIDAD

El análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) para los distintos parámetros de calidad evaluados se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Análisis de varianza de los parámetros de calidad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado.

Fuente de variación	G.L	Días a prefloración	Peso pella	Diámetro pella	Altura Inicial	Altura Media	Altura Final
		p					
Total	15						
Tratamientos	3	0,0434 **	0,1566 NS	0,1253 NS	0,3330 NS	0,4252 NS	0,1420 NS
Bloques	3	0,0851 NS	0,4781 NS	0,2193 NS	0,1833 NS	0,2961 NS	0,5081 NS
Error Exp.	9						

\*: Altamente significativo  $p= 0,00- 0,01$   
 \*\*: Significativo  $p =0,01-0,05$   
 NS: No significativo  $p > 0,05$

En la Tabla 10 se presentan los valores de los diferentes parámetros de calidad evaluados en cada tratamiento.

**Tabla 10.** Parámetros de calidad en brócoli, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado.

Tratamientos	Días a prefloración <sup>1</sup> (días)	Peso pella <sup>2</sup> (kg)	Diámetro pella <sup>2</sup> (cm)	Altura Inicial <sup>3</sup> (cm)	Altura Media <sup>3</sup> (cm)	Altura Final <sup>3</sup> (cm)
TQ	69,50 ± 1,73 A	0,45 ± 0,07 A	14,99 ± 1,09 A	10,08 ± 0,73A	13,88 ± 1,13 A	22,98 ± 1,03 A
T1	71,25 ± 0,50 AB	0,40 ± 0,08 A	14,34 ± 1,23 A	9,73 ± 0,49 A	13,83 ± 0,57 A	22,39 ± 0,28 A
T2	71,25 ± 0,50 AB	0,38 ± 0,06 A	13,98 ± 0,71 A	9,86 ± 0,60 A	13,78 ± 0,99 A	22,74 ± 0,89 A
T3	71,75 ± 1,50 B	0,34 ± 0,04 A	13,36 ± 0,55 A	9,42 ± 0,22 A	12,70 ± 1,71 A	21,29 ± 1,32 A

Media ± DE (1 n=5; 2 n=20; 3 n=15)  
 Letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

### 3.2.1. DÍAS A PREFLORACIÓN

En la Tabla 10 se observa que los días a prefloración disminuyeron con el incremento de la fertilización química ( $p < 0,05$ ). El tratamiento que promovió la floración, en menor tiempo, en el cultivo de brócoli fue TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado) que ocupó el rango (A) con un promedio de días a prefloración de 69,5 días; mientras que el tratamiento que ocupó el rango (B) fue T3 (25% fertilización química+75% biol Biogest Potencializado) que con un promedio de 71,75 días, fue el que menos favoreció la etapa de floración. Dentro del rango (AB) se encontraron los tratamientos T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado) y T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado) que mostraron igual número de días a prefloración de 71,25 días.

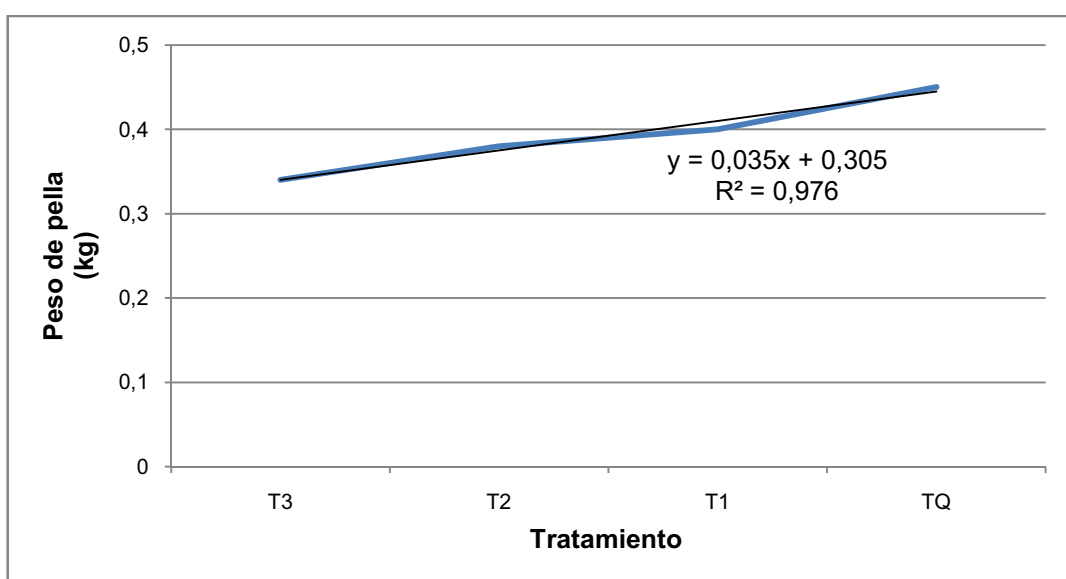
Los valores obtenidos evidencian el efecto positivo del aumento de la concentración de fertilizante químico sobre el desarrollo del cultivo de brócoli, al ser el tratamiento TQ, con un 100% de fertilizante químico, el que mostró el mejor valor de días a prefloración, encontrándose dentro de los rangos establecidos de 62-70 días desde el trasplante que establece Castellanos (1999), en la nutrición de brócoli bajo fertirrigación, durante un ciclo de cultivo. Conforme la concentración de fertilizante químico baja se manifiesta una disminución en el desarrollo de las plantas evaluadas, traducido en un retraso en la prefloración, tal como se observa con el tratamiento T3, que con una concentración de 25% de fertilizante químico obtuvo un mayor retraso en el inicio del botoneo.

### 3.2.2. PESO DE LA PELLA

El peso de la pella no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 10). Por tanto, no hubieron diferencias entre el efecto del tratamiento TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado), T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado), T2 (50% fertilización química +50%

biol Biogest Potencializado) o T3 (25% fertilización química + 75% biol Biogest Potencializado).

En la Figura 8 se observa una tendencia lineal ( $R^2 = 0,976$ ) en el incremento de los pesos de la pella conforme se produce un aumento en el porcentaje de fertilizante químico utilizado en cada tratamiento. Sin embargo no existió diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 10).



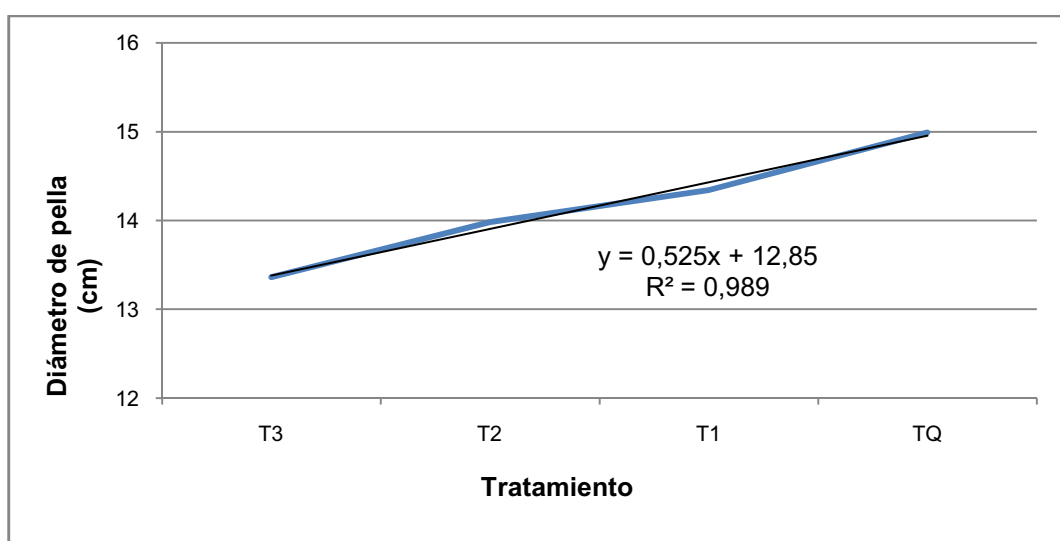
**Figura 8.** Tendencia en el peso de la pella de brócoli bajo el efecto de diferentes concentraciones de fertilización química.

### 3.2.3. DIÁMETRO DE LA PELLA

No existió diferencia entre el efecto del tratamiento TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado), T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado), T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado) o T3 (25% fertilización química + 75% biol Biogest Potencializado) sobre el diámetro de la pella de brócoli (Tabla 10).



En la Figura 9 se observa una tendencia lineal ( $R^2 = 0,989$ ) en el aumento del diámetro promedio de las pellas por acción del incremento de la concentración de fertilizante químico utilizado en cada tratamiento, sin embargo no existió diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 10). Según Carrillo (2010), en la investigación de la eficacia de seis mezclas de fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de brócoli, afirma que el aumento de fertilizante inorgánico influye positivamente en el desarrollo de la pella.



**Figura 9.** Tendencia en el diámetro de la pella de brócoli bajo el efecto de diferentes concentraciones de fertilización química.

#### 3.2.4. ALTURA DE PLANTA

Los tratamientos TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado), T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado), T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado) y T3 (25% fertilización química + 75% biol Biogest Potencializado) fueron iguales y no ejercieron ningún efecto diferente sobre la altura de la planta en el cultivo de brócoli (Tabla 10).

### 3.2.5. PORCENTAJE DE PELLAS COSECHADAS POR DÍA

Los porcentajes de pellas cosechadas en cada tratamiento se resumen en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Porcentajes de pellas cosecha por día, bajo el efecto de diferentes dosis de fertilización química y biol Biogest Potencializado.

Porcentajes de pellas cosechadas por día				
Días Cosecha	TQ	T1	T2	T3
Día 85	24,59%	31,97%	22,95%	20,49%
Día 89	23,70%	25,22%	24,78%	26,30%
Día 92	27,59%	22,99%	28,16%	21,26%

Las puntuaciones alcanzadas de acuerdo al porcentaje de pellas cosechadas por día se observan en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Porcentajes promedios de cosecha y puntuaciones respectivas para los distintos tratamientos ejecutados.

Porcentajes de promedios de pellas cosechadas por día								
Tratamiento	Día 85		Día 89		Día 92		Total %	Sumatoria
	% cosecha	Puntuación*	% cosecha	Puntuación*	% cosecha	Puntuación*		
TQ	24,59	3	23,70	1	27,59	3	75,87	7
T1	31,97	4	25,22	3	22,99	2	80,17	9
T2	22,95	2	24,78	2	28,16	4	75,89	8
T3	20,49	1	26,30	4	21,26	1	68,06	6

\* Porcentaje de pellas: 1=Bajo; 2=Ligeramente bajo; 3=Moderadamente alto; 4=Alto

La puntuación total alcanzada que se observa en la Tabla 12, mostró que el tratamiento T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado) aportó con el mayor porcentaje de pellas cosechadas, mientras que el tratamiento T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado) fue el segundo

mayor aporte de pellas, seguido del tratamiento TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado) que constituyó el tercer aporte de floretes, finalmente T3 (25% fertilización química + 75% biol Biogest Potencializado) fue el tratamiento del que menos aporte de pellas se obtuvo durante cosecha. Los valores obtenidos indicaron que el tratamiento T1 con una concentración de 25% de fertilizante orgánico (biol Biogest Potencializado) estimuló la floración en el cultivo de brócoli.

### **3.3. PARÁMETROS DE NUTRICIÓN**

#### **3.3.1. MACRONUTRIENTES A NIVEL EDÁFICO**

Las puntuaciones de movilidad de los macronutriente de acuerdo a la comparación entre la concentración inicial y final de cada nutrimento mineral en los distintos tratamientos evaluados, se observan en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Cantidad inicial y final de macronutrientes en el suelo y puntuaciones de acuerdo a la movilidad para los distintos tratamientos ejecutados

Tratamiento	Fósforo			Potasio			Calcio			Magnesio			Azufre			Sumatoria
	inicial	final	Ptos*	inicial	final	Ptos*	inicial	final	Ptos*	inicial	final	Ptos*	inicial	final	Ptos*	
	ppm			ppm			ppm			ppm			ppm			
TQ	29	33	1	328,4	222,9	1	2 680	1 920	1	648	468	3	19	11	3	9
T1	29	30	2	328,4	164,2	3	2 680	1 760	4	648	456	4	19	11	3	16
T2	29	28	4	328,4	160,3	4	2 680	1 780	3	648	480	2	19	11	3	16
T3	29	30	2	328,4	172	2	2 680	1 840	2	648	492	1	19	9	4	11

\*Movilidad de macronutrientes en el suelo: 1=Baja; 2=Ligeramente baja; 3=Moderadamente alta; 4=Alta

### 3.3.1.1. Fósforo

En la Tabla 13 se observa que el tratamiento T2, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 50%, presentó el mayor valor de movilidad de P en el suelo con una puntuación de 4, mientras que los tratamientos T1 y T3, que en su concentración contenían biol al 25% y 75% respectivamente; presentaron una movilidad menor de fósforo con una puntuación de 2, finalmente el tratamiento TQ, que contenía un 0% de biol, obtuvo el menor valor de movilidad de P con una puntuación de 1. Esto indicó una acción sobre la movilidad de P, en los tratamientos que contenían biol Biogest Potencializado, al promover una mejor solubilización del macronutriente a nivel del suelo. Esto al tomar en cuenta que los fosfatos aportados por el fertilizante químico son escasamente aprovechados, en general tan solo un 10 al 20% es aprovechado por el cultivo, el resto del elemento se mantiene en el suelo, la mayor parte en condiciones no disponibles para las plantas (INTA Fertilizar, 2006).

Esta capacidad solubilizadora es llevada a cabo de diferentes formas para el caso del fósforo orgánico como del fósforo inorgánico del suelo. Las bacterias forman enzimas del tipo fosfatasa que hidrolizan los enlaces orgánicos fosfatados y permiten liberar aniones fosfato a la solución para ser consumidos por los microorganismos y las raíces de las plantas, esto en el caso del fósforo orgánicos; mientras que para el fósforo inorgánico la solubilización se consigue por la acción de las bacterias al producir ácidos orgánicos como el ácido glucónico que liberan fosfatos y cationes de  $Fe^{++}$ ,  $Ca^{++}$  y  $Al^{++}$  a la solución del suelo (González, 2008).

La concentración inicial de fósforo en el suelo que se muestra en la Tabla 13 fue inferior a los rangos óptimos (40-60 ppm) según GestorÉxito Consultores Manosalvas, (2011). Esto significó una deficiencia del elemento, que se corrigió mediante fertilización sólida química.

### 3.3.1.2. Potasio

En la Tabla 13 el tratamiento T2, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 50%, presentó el mayor valor de movilidad de K en el suelo con una puntuación de 4; el tratamiento T1, que en su concentración contenía biol al 25%, mostró una menor movilidad con una puntuación de 3, seguido del tratamiento T3, con una concentración de 75% de biol, que obtuvo una puntuación de 2; sin embargo el tratamiento TQ, que contenía un 0% de biol, registró el menor valor de movilidad con una puntuación de 1. Esto reveló una acción sobre la movilidad del potasio, en los tratamientos que contenían biol Biogest Potencializado, al promover el aprovechamiento del elemento mediante la acción de las bacterias solubilizadoras de potasio contenidas en el biol Biogest, para transformar parte del K no lábil en asimilable para la planta.

Las cepas con mejor respuesta solubilizadora de potasio pertenecen a los géneros *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.* y *Pseudomonas sp.* (Guevara, 2010).

La concentración de potasio que se observa en la Tabla 13 se encontró dentro de los rangos óptimos del nutrimento (255-550 ppm) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011).

### 3.3.1.3. Calcio

En la Tabla 13 se observa que el tratamiento T1, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 25%, presentó el valor de movilidad más alto de Ca en el suelo con una puntuación de 4; el tratamiento T2, que en su concentración contenía biol al 50%, mostró una menor movilidad de Ca con una puntuación de 3, seguido del tratamiento T3, con una concentración de 75% de biol, que obtuvo una puntuación de 2, finalmente el tratamiento que registró el menor valor de movilidad para Ca con una puntuación de 1 fue TQ que contenía un 0% de biol Biogest Potencializado. Esto indicó una mayor acción del biol en concentraciones de 25% y 50% para posibilitar el aprovechamiento del calcio intercambiable

(principal fuente de Ca en el suelo) para la planta. El aporte de Ca asegura la protección del equilibrio de la estructura del suelo, esto al reemplazar la cantidad de cationes Na que en elevadas cantidades dañan el suelo al tornarlo salino (Smart-Fertilizer, 2009).

La concentración de calcio inicial que se muestra en la Tabla 13 fue superior a los rangos óptimos (1 660-2 327 ppm) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011), lo que evidenció un exceso del elemento en el suelo, lo que se debió en gran parte a la adición de cal como parte del mecanismo de desinfección del suelo.

#### **3.3.1.4. Magnesio**

En la Tabla 13 se observa que el tratamiento T1, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 25%, presentó el valor más alto de movilidad de Mg en el suelo con una puntuación de 4; mientras que el tratamiento TQ, que en su concentración contenía biol al 0%, mostró una menor movilidad de Mg con una puntuación de 3, seguido del tratamiento T2, con un 50% de biol Biogest Potencializado, que obtuvo una puntuación de 2, sin embargo el tratamiento que registró el menor valor de movilidad para Mg con una puntuación de 1 fue T3 que contenía un 75% de biol. Esto señaló una acción mínima del biol sobre la movilidad de Mg. EL magnesio no es fijado por las arcilla, por lo que la acción del biofertilizante para aumentar la disponibilidad no es necesaria, ya que el macronutriente se encuentra altamente disponible para las plantas (QuimiNet, 2007).

La concentración inicial de magnesio en el suelo que se observa en la Tabla 13 fue superior a los rangos óptimos (191-321 ppm) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011), por lo que no se adicionó el elemento por fertilización química.

### **3.3.1.5. Azufre**

En la Tabla 13 se observa que el tratamiento T3 con una concentración de biol Biogest Potencializado de 75% presentó el valor más alto de movilidad de S en el suelo, mientras que los tratamientos TQ, T1 y T2 con una concentración de biol Biogest Potencializado de 0%,25% y 50% respectivamente, presentaron una menor movilidad de S con una puntuación de 3. Esto indicó una acción efectiva del biol en concentraciones altas para facilitar el aprovechamiento de S para las plantas.

El aporte de microorganismos presentes en la materia orgánica, facilitan procesos de transformación de azufre no lábil a disponible para las plantas (KALI GmbH, 2011). Las concentraciones de azufre en cada tratamiento que se observan en la Tabla 13, fueron inferiores a los rangos óptimos (30-80 ppm) (GestorÉxito, 2011); lo que evidenció una deficiencia del elemento, que se corrigió mediante la fertilización química.

### **3.3.1.6. Movilidad de macronutrientes en el suelo**

La puntuación total alcanzada en la Tabla 13 indicó que los tratamientos T1 (25% fertilizante químico + 75% biol Biogest Potencializado) y T2 (50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado) con un total de 16 puntos favorecieron la movilidad de los macroelementos en el suelo. Esto mostró que las concentraciones de fertilizante químico y biol Biogest Potencializado contenidas en los tratamientos T1 y T2 promovieron el desarrollo de la biota del suelo, encargada de fomentar la movilidad y disponibilidad de los nutrimentos para el aprovechamiento de los cultivos.

### **3.3.2. MACRONUTRIENTES A NIVEL FOLIAR**

Las puntuaciones alcanzadas según el porcentaje de absorción de los macronutrientes en el tejido foliar se resume en la Tabla 14.



**Tabla 14.** Porcentaje de macronutrientes absorbido a nivel foliar y puntuaciones respectivas para los distintos tratamientos ejecutados.

Tratamiento	N %	Puntuación*	P %	Puntuación*	K %	Puntuación*	Ca %	Puntuación*	Mg %	Puntuación*	S %	Puntuación*	Sumatoria
TQ	4,86	3	0,31	4	3,17	2	1,86	2	0,52	2	0,44	2	15
T1	5,21	4	0,29	3	2,89	1	1,77	1	0,49	1	0,46	4	14
T2	4,65	2	0,25	1	3,21	3	2,09	4	0,61	4	0,45	3	17
T3	4,51	1	0,26	2	3,27	4	1,88	3	0,55	3	0,46	4	17

\*Absorción de macronutrientes a nivel foliar: 1=Baja; 2=Ligeramente baja; 3=Moderadamente alta; 4=Alta

### 3.3.2.1. Nitrógeno

En la Tabla 14 se observa que el tratamiento T1, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 25%, presentó el mayor valor de absorción de N a nivel foliar con una puntuación de 4; el tratamiento TQ, que en su concentración contenía biol al 0%, mostró una menor absorción de N con una puntuación de 3, seguido del tratamiento T2, con un 50% de biol Biogest Potencializado, que obtuvo una puntuación de 2, sin embargo el tratamiento T3 que contenía un 75% de biol obtuvo el menor valor de absorción de N a nivel foliar, con una puntuación de 1. De esta manera se observó que la acción del biofertilizante en la absorción de N a nivel foliar es mínima.

Todas las concentraciones de nitrógeno total en el tejido foliar de brócoli que se observan en la Tabla 14 se encontraron dentro de los rangos óptimos (2,5-5,5%) (GestorÉxito, 2011).

### 3.3.2.2. Fósforo

En la Tabla 14 se observa que el tratamiento TQ, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 0%, presentó el valor más alto de absorción de P a nivel foliar con una puntuación de 4; mientras que el tratamiento T1, que en su concentración contenía biol al 25%, mostró una absorción menor de P con una puntuación de 3, seguido del tratamiento T3 con un 75% de biol que presentó una puntuación de 2; sin embargo el tratamiento que obtuvo el menor valor de absorción de P con una puntuación de 1 fue T2 que contenía un 50% de biol. De esta manera se observó que a nivel foliar la acción del biol frente a la absorción de P es mínima.

Todas las concentraciones de fósforo en el tejido foliar de brócoli que se muestra en la Tabla 14 se encontraron dentro de los rangos óptimos (0,20-0,35%) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011).

### 3.3.2.3. Potasio

En la Tabla 14 se observa que el tratamiento T3, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 75%, presentó el mayor valor de absorción de K a nivel foliar con una puntuación de 4; el tratamiento T2, que en su concentración contenía biol al 50%, mostró una menor absorción de K con una puntuación de 3, seguido del tratamiento TQ con un 0% de biol Biogest Potencializado que obtuvo una puntuación de 2, sin embargo el tratamiento que registró el menor valor de absorción de K en el tejido foliar con una puntuación de 1 fue T1, que contenía un 25% de biol Biogest Potencializado. Los datos recopilados no permitieron traducir la acción del biol en la absorción de K conforme aumenta la dosis utilizada, tan solo se observó una mayor acción del biofertilizante en concentraciones de 75%.

Todas las concentraciones de potasio a nivel foliar que se observan en la Tabla 14 se encontraron dentro de los rangos óptimos (2,5-4,0%) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011).

### 3.3.2.4. Calcio

Los porcentajes de absorción foliar que se muestran en la Tabla 14 indican que el tratamiento T2, con una concentración de biol Biogest Potencializado de 50%, presentó el mayor valor de absorción de Ca a nivel foliar con una puntuación de 4; mientras que el tratamiento T3 con un 75% de biol Biogest Potencializado mostró una menor absorción de Ca con una puntuación de 3, seguido del tratamiento TQ, con un 0% de biol que obtuvo una puntuación de 2, finalmente el tratamiento que registró el menor valor de absorción de Ca con una puntuación de 1 fue T1, que contenía un 25% de biol. Los datos recopilados no permitieron traducir la acción del biol en la absorción de Ca conforme aumenta la dosis utilizada, tan solo se observó una mayor acción del biofertilizante en concentraciones de 50%. La concentración de calcio en todos los tratamientos evaluados que se observa en la Tabla 14 se encontró dentro de los rangos óptimos (1,5-2,1%) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011).

### 3.3.2.5. Magnesio

Los porcentajes de absorción foliar que se muestran en la Tabla 14 indicaron que el tratamiento T2 con una concentración de biol Biogest Potencializado de 50% presentó el mayor valor de absorción de Mg a nivel foliar con una puntuación de 4, mientras que el tratamiento T3 con un 75% de biol Biogest Potencializado mostró una absorción menor de Mg con una puntuación de 3, seguido del tratamiento TQ con un 0% de biol que obtuvo una puntuación de 2, finalmente el tratamiento que registró el menor valor de absorción de Mg a nivel foliar con una puntuación de 1 fue T1, con un 25% de biol Biogest Potencializado. Los datos recopilados a nivel foliar no permitieron traducir la acción directa del biol en la absorción de Mg conforme aumenta la dosis utilizada; tan solo se observó una mayor acción del biofertilizante en concentraciones de 50%.

Todas las concentraciones de magnesio en el tejido foliar de brócoli que se observan en la Tabla 14 fueron superiores a los rangos óptimos (0,30-0,45%) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011), encontrándose un exceso del elemento a nivel foliar. Esto se debe a que las concentraciones de magnesio en el tejido vegetal son altas, por lo que más del 70% del nutrimento se difunde libremente en la solución celular (Hernández, 2002).

### 3.3.2.6. Azufre

En la Tabla 14 se observa que los tratamientos T3 y T1 con una concentración de biol Biogest Potencializado de 75% y 25% respectivamente; presentaron los mayores valores de absorción de S a nivel foliar con una puntuación de 4, mientras que el tratamiento T2 con un 50% de biol Biogest Potencializado mostró una absorción menor de S con una puntuación de 3, finalmente el tratamiento que registró el menor valor de absorción de S en el tejido foliar con una puntuación de 2 fue TQ que contenía un 0% de biol. Los datos recopilados a nivel foliar no permitieron traducir la acción directa del biol en la absorción de S conforme

aumenta la dosis utilizada; tan solo se observó una mayor acción del biofertilizante en concentraciones de 25% y 75%.

Todas las concentraciones de azufre a nivel foliar que se observan en la Tabla 14 se encontraron dentro de los rangos óptimos (0,23-0,65%) (GestorÉxito Consultores Manosalvas, 2011). Las deficiencias de este elemento en los cultivos son muy raras, por lo que es importante aclarar que las plantas se encargan de absorber el azufre del suelo y de la atmósfera para su aprovechamiento (Benavides, 1998).

#### **3.3.2.7. Absorción de nutrientes a nivel foliar**

La puntuación total alcanzada en la Tabla 14 indicó que los tratamientos T2 (50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado) y T3 (25% fertilizante químico + 75% biol Biogest Potencializado) con un total de 17 puntos fueron los que obtuvieron una mayor concentración de macronutrientes. Esto apuntó a que los tratamientos T2 y T3 favorecieron la absorción de macronutrientes a nivel foliar, al aprovechar la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo.

### **3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

#### **3.4.1. TRM**

##### **3.4.1.1. Costo variable**

Se analizó al costo de fertilización, como el costo que varía por efecto de los distintos tratamientos evaluados, como se observa en la Tabla 15. El desglose de la cantidad y costo de los fertilizantes utilizados en la investigación se encuentra en el Anexo I.

**Tabla 15.** Total costos variables para los distintos tratamientos ejecutados.

Tratamiento	Total costos que varían \$
TQ	1 002,70
T1	792,19
T2	581,67
T3	371,16

### 3.4.1.2. Ingreso bruto

Los rendimientos medios por tratamiento, se observan en la Tabla 16. Los rendimientos fueron ajustados según el método de Perrin, et al., (1979); que considera un porcentaje menor (5%) a lo obtenido en los datos experimentales con relación a los producidos por el agricultor. Este rendimiento se utilizó para calcular el Ingreso Bruto, con un precio de \$0,26 el kilogramo de brócoli.

**Tabla 16.** Rendimiento e ingreso bruto respectivos para los distintos tratamientos ejecutados.

Tratamiento	Rendimiento medio kg/ha	Rendimiento ajustado kg/ha	Ingresos Brutos \$
TQ	24 864,94	23 625,49	6 142,63
T1	22 145,06	21 037,81	5 469,83
T2	20 617,44	19 586,57	5 092,51
T3	18 469,00	17 545,55	4 561,84

### 3.4.1.3. Beneficio neto

El beneficio neto obtenido para los distintos tratamientos evaluados, se muestra en la Tabla 17, el mismo que se obtiene de diferencia entre los ingresos brutos y el costo que varía.

**Tabla 17.** Beneficio neto obtenido para los distintos tratamientos evaluados.

Tratamiento	Total Costo que varían \$	Ingresos Brutos \$	Beneficios netos \$
TQ	1 002,70	6 142,63	5 139,93
T1	792,19	5 469,83	4 677,64
T2	581,67	5 092,51	4 510,84
T3	371,16	4 561,84	4 190,68

#### 3.4.1.4. Análisis de dominancia

Los beneficios netos fueron ordenados en orden ascendente de acuerdo al costo que varía según el método establecido por Perrin, et al., (1979); donde indica que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento cuyos costos que varían son menores. No se encontraron dominancias en el análisis, como se observa en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Cuadro de dominancia entre los distintos tratamientos evaluados.

Tratamiento	Total Costo que varían \$	Beneficios netos \$	Dominancia
T3	371,16	4 190,68	ND
T2	581,67	4 510,84	ND
T1	792,19	4 677,64	ND
TQ	1 002,70	5 139,93	ND

Existe Dominancia (D): los beneficios netos son inferiores a los costos  
No existe Dominancia (ND): los beneficios netos son superiores a los costos

#### 3.4.1.5. Tasa de retorno marginal (TRM)

Se calculó la TRM como indica la Tabla 19 y la Tabla 20, donde se compararon todos los tratamientos ya que no presentaron dominancia. La tasa de retorno marginal se obtuvo del cociente entre el beneficio marginal y el costo marginal.

**Tabla 19.** Tasa de retorno marginal para los distintos tratamientos evaluados.

Tratamiento	Total Costo que varían \$	Costo marginal \$	Beneficios netos \$	Beneficios marginal \$	Tasa de retorno marginal %
T3	371,16		4 190,68		
T2	581,67	210,51	4 510,84	320,15	152,08
T1	792,19	210,52	4 677,64	166,80	79,23
TQ	1 002,70	210,51	5 139,93	462,29	219,60

Los tratamientos que presentaron una mayor tasa de retorno marginal fueron T2 con 152,08% y TQ con 219,60% por lo consiguiente se realizó el análisis de TRM como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Tasa de retorno marginal final.

Tratamiento	Total Costo que varían \$	Costo marginal \$	Beneficios netos \$	Beneficios marginal \$	Tasa de retorno marginal %
T2	581,67		4 510,84		
TQ	1 002,70	421,03	5 139,93	629,09	149,42

El tratamiento TQ (100% fertilizante químico + 0% biol Biogest Potencializado) presentó la mayor tasa de retorno marginal de 149,42%, esta fue superior a la tasa mínima aceptable citada por Perrin, et al., (1979) de entre 50% y 100%, lo que indicó que el tratamiento químico en ausencia de biol fue más efectivo que las concentraciones utilizadas de biol de 25%, 50% y 75% como fuente complementaria al fertilizante químico, esto demostró que la aplicación de dosis altas de fertilizante sintético en el cultivo de brócoli genera un mayor beneficio económico.



### 3.4.2. TIR Y VAN

#### 3.4.2.1. Inversión inicial

Dentro de la inversión inicial se consideró la inversión fija y el capital de operación, tal como se observa en la Tabla 21.

**Tabla 21.** Rubros considerados para la inversión inicial del proyecto propuesto.

Inversión Inicial		
Rubros	Valor \$	%
Inversión fija	3 150,00	55,45
Capital de operación	2 531,10	44,55
<b>Inversión Total</b>	<b>5 681,10</b>	100,00
<b>Capital propio</b>	<b>3 408,66</b>	60,00
<b>Financiamiento</b>	<b>2 272,44</b>	40,00

Se consideró la solicitud de un préstamo sobre el 40% de la inversión total, ya que el 60% correspondió a los socios.

La inversión fija considerada para iniciar un nuevo proceso de siembra de brócoli en una hectárea de terreno arrendado cercano a la hacienda la calera se observa en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Rubros considerados para la inversión fija del proyecto propuesto.

Inversión fija		
Denominación	Valor \$	%
Sistema de riego	3 000,00	95,24
Imprevistos (5%)	150,00	4,76
<b>Inversión Fija</b>	<b>3 150,00</b>	100,00

El capital de operación se desglosa en la Tabla 23 que se muestra a continuación.

**Tabla 23.** Rubros considerados para el capital de operación del proyecto propuesto.

<b>Capital de operaciones</b>	
<b>Denominación</b>	<b>Valor \$</b>
Materiales directos	1 027,05
Mano de Obra directa	969,00
Costos indirectos	50,00
Gastos de alquiler	125,00
Gastos de arriendo terreno	360,00
<b>Capital de operaciones total</b>	<b>2 531,10</b>

El capital de operaciones total fue considerado para cubrir los costos y gastos correspondientes a los primeros meses de producción, con un total de 2 531,10 dólares.

#### **3.4.2.2. Costos de producción**

El total de costos considerados para un año de producción de acuerdo a cada tratamiento evaluado se muestra a continuación.

##### *a) Tratamiento Químico*

En la Tabla 24 se resumen los costos evaluados y los porcentajes respectivos para el tratamiento TQ (100% fertilizante químico + 0% biol Biogest Potencializado).

**Tabla 24.** Total de costos para un año de producción para TQ.

<b>Costos de producción para un año</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Valor \$</b>	<b>%</b>
<b>Costos de producción</b>	<b>12 682,44</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>6 110,58</b>	<b>48,18</b>
Plántulas	1 930,50	15,22
Fertilizantes	3 008,10	23,72
Agroquímicos	1 141,98	9,00
Agua riego	30,00	0,24
<b>Flete</b>	<b>360,00</b>	<b>2,84</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>45,85</b>
Obreros fijos	4 413,96	34,80
Obreros variables	1 400,32	11,04
<b>Costos Indirectos</b>	<b>397,58</b>	<b>3,13</b>
Depreciación	300,00	2,37
Herramientas	86,00	0,68
Imprevistos (3%)	11,58	0,09

El costo total para un año de producción para el tratamiento TQ fue valorado en 12 682,44 dólares; donde los rubros más significativos fueron los materiales directos con un 48,18% y la mano de obra directa con un 45,85% en relación al total de costos.

*b) Tratamiento 1*

Los costos evaluados y los porcentajes correspondientes a cada rubro para el tratamiento T1 (75% fertilizante químico + 25% biol Biogest Potencializado), se observan en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Total de costos para un año de producción para T1.

<b>Costos de producción para un año</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Valor \$</b>	<b>%</b>
<b>Costos de producción</b>	<b>12 050,90</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>5 479,04</b>	<b>45,47</b>
Plántulas	1 930,50	16,02
Fertilizantes	2 376,56	19,72
Agroquímicos	1 141,98	9,48
Agua riego	30,00	0,25
<b>Flete</b>	<b>360,00</b>	<b>2,99</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>48,25</b>
Obreros fijos	4 413,96	36,63
Obreros variables	1 400,32	11,62
<b>Costos Indirectos</b>	<b>397,58</b>	<b>3,30</b>
Depreciación	300,00	2,49
Herramientas	86,00	0,71
Imprevistos (3%)	11,58	0,10

El costo total para un año de producción del tratamiento T1 fue valorado en 12 050,90 dólares; donde la mano de obra pasó a conformar el rubro más alto con el 48,25%, mientras que los materiales directos conformaron el 45,47% del costo total.

*c) Tratamiento 2*

Los costos evaluados y los porcentajes correspondientes a cada rubro para el tratamiento T2 (50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado), se muestran en la Tabla 26.

**Tabla 26.** Total de costos para un año de producción para T2.

<b>Costos de producción para un año</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Valor \$</b>	<b>%</b>
<b>Costos de producción</b>	<b>11 419,35</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>4 847,49</b>	<b>42,45</b>
Plántulas	1 930,50	16,91
Fertilizantes	1 745,01	15,28
Agroquímicos	1 141,98	10,00
Agua riego	30,00	0,26
<b>Flete</b>	<b>360,00</b>	<b>3,15</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>50,92</b>
Obreros fijos	4 413,96	38,65
Obreros variables	1 400,32	12,26
<b>Costos Indirectos</b>	<b>397,58</b>	<b>3,48</b>
Depreciación	300,00	2,63
Herramientas	86,00	0,75
Imprevistos (3%)	11,58	0,10

Para el tratamiento T2 se consideró un costo total para un año de producción de 11 419,35 dólares; donde la mano de obra conformó un 50,92% y los materiales directos un 42,45% del costo total.

*d) Tratamiento 3*

Los costos evaluados y los porcentajes correspondientes a cada rubro para el tratamiento T3 (25% fertilizante químico + 75% biol Biogest Potencializado), se observan en la Tabla 27.

**Tabla 27.** Total de costos para un año de producción para T3.

<b>Costos de producción para un año</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Valor \$</b>	<b>%</b>
<b>Costos de producción</b>	<b>10 787,81</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>4 215,95</b>	<b>39,08</b>
Plántulas	1 930,50	17,90
Fertilizantes	1 113,47	10,32
Agroquímicos	1 141,98	10,59
Agua riego	30,00	0,28
<b>Flete</b>	<b>360,00</b>	<b>3,34</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>53,90</b>
Obreros fijos	4 413,96	40,92
Obreros variables	1 400,32	12,98
<b>Costos Indirectos</b>	<b>397,58</b>	<b>3,69</b>
Depreciación	300,00	2,78
Herramientas	86,00	0,80
Imprevistos (3%)	11,58	0,11

El valor del costo total considerado para el tratamiento T3 durante un año de producción fue de 10 787,81 dólares, del costo mencionado la mano de obra conformó un 53,90% y los materiales directos un 39,08%.

### 3.4.2.3. Ingresos brutos

Los ingresos brutos se registran en la Tabla 28. Estos fueron calculados sobre la base del producto del rendimiento medio de cada tratamiento para un año de producción por el precio del kilogramo de brócoli de 26 centavos de dólar.

**Tabla 28.** Ingreso bruto para un año de producción según el tratamiento ejecutado.

Ingreso Bruto para un año de producción		
Tratamiento	Rendimiento medio kg	Ingresos Brutos \$
TQ	74 606,81	19 397,77
T1	66 435,19	17 273,15
T2	61 852,31	16 081,60
T3	55 407,00	14 405,82

El ingreso considerado para el tratamiento TQ fue el más alto con 19 397,77 dólares; mientras que el tratamiento T3 se registró como el más bajo con 14 405,82 dólares.

#### 3.4.2.4. Estado de resultados

Se elaboró el estado de resultados de acuerdo a cada tratamiento para obtener la utilidad neta como se muestra a continuación.

##### a) *Estado de resultados para TQ*

El estado de resultados considerado para el testigo químico, se observa en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Estado de resultados correspondiente al tratamiento TQ

Estado de Resultados		
	Valor \$	%
Ventas netas	<b>19 397,77</b>	100,00
Costo de producción	12 682,44	65,38
Utilidad en ventas	<b>6 715,33</b>	34,62
Gastos de alquiler	787,50	4,06
Gastos de arrendamiento	2 160,00	11,14
Utilidad neta en operaciones	<b>3 767,83</b>	19,42
Gastos de financiamiento	272,69	1,41
Utilidad neta después de gastos financieros	<b>3 495,14</b>	18,02
Reparto de utilidades a trabajadores (15%)	524,27	2,70
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	<b>2 970,87</b>	15,32
Impuesto a la renta (25%)	742,72	3,83
<b>Utilidad Neta</b>	<b>2 228,15</b>	11,49

La utilidad neta anual obtenida para una hectárea de producción de brócoli en un terreno arrendado, aplicando el tratamiento TQ fue de 2 228,15 dólares.

b) *Estado de resultados para T1*

El estado de resultados considerado para el tratamiento T1, se observa en la Tabla 30.



**Tabla 30.** Estado de resultados correspondiente al tratamiento T1.

Estado de Resultados		
	Valor \$	%
Ventas netas	<b>17 273,15</b>	100,00
Costo de producción	12 050,90	62,13
Utilidad en ventas	<b>5 222,25</b>	26,92
Gastos de alquiler	787,50	4,06
Gastos de arrendamiento	2 160,00	11,14
Utilidad neta en operaciones	<b>2 274,75</b>	11,73
Gastos de financiamiento	267,16	1,38
Utilidad neta después de gastos financieros	<b>2 007,59</b>	10,35
Reparto de utilidades a trabajadores (15%)	301,14	1,55
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	<b>1 706,45</b>	8,80
Impuesto a la renta (25%)	426,61	2,20
<b>Utilidad Neta</b>	<b>1 279,84</b>	6,60

La utilidad anual neta obtenida bajo la aplicación del tratamiento T1 (75% fertilizante químico + 25% biol Biogest Potencializado) fue de 1 279,84 dólares por hectárea, es decir un 42,56% menor al obtenido con el tratamiento TQ.

*c) Estado de resultados para T2*

El estado de resultados correspondiente al tratamiento T2 se muestra a continuación en la Tabla 31.

**Tabla 31.** Estado de resultados correspondiente al tratamiento T2.

Estado de Resultados		
	Valor \$	%
Ventas netas	<b>16 081,60</b>	100,00
Costo de producción	11 419,35	71,01
Utilidad en ventas	<b>4 662,25</b>	28,99
Gastos de alquiler	787,50	4,90
Gastos de arrendamiento	2 160,00	13,43
Utilidad neta en operaciones	<b>1 714,75</b>	10,66
Gastos de financiamiento	261,63	1,63
Utilidad neta después de gastos financieros	<b>1 453,12</b>	9,04
Reparto de utilidades a trabajadores (15%)	217,97	1,36
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	<b>1 235,15</b>	7,68
Impuesto a la renta (25%)	308,79	1,92
<b>Utilidad Neta</b>	<b>926,36</b>	5,76

El estado de resultados al final del año de producción para el tratamiento T2 (50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado) reveló una utilidad neta por hectárea de 926,36 dólares, en otras palabras la utilidad registrada fue un 58,42% menor a la obtenida con el tratamiento TQ.

*d) Estado de resultados para T3*

El estado de resultados obtenido para con la aplicación del tratamiento T3, se indica en la Tabla 32.

**Tabla 32.** Estado de resultados correspondiente al tratamiento T3.

Estado de Resultados		
	Valor \$	%
Ventas netas	<b>14 405,82</b>	100,00
Costo de producción	10 787,81	74,89
Utilidad en ventas	<b>3 618,01</b>	25,11
Gastos de alquiler	787,50	5,47
Gastos de arrendamiento	2 160,00	14,99
Utilidad neta en operaciones	<b>670,51</b>	1,93
Gastos de financiamiento	256,10	1,78
Utilidad neta después de gastos financieros	<b>414,41</b>	3,70
Reparto de utilidades a trabajadores (15%)	62,16	0,43
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	<b>352,25</b>	2,45
Impuesto a la renta (25%)	88,06	0,61
<b>Utilidad Neta</b>	<b>264,19</b>	4,05

Se observó que con la aplicación del tratamiento T3 (25% fertilizante químico + 75% biol Biogest Potencializado) se obtuvo la utilidad neta más baja de de 264,19 dólares por hectárea, por lo que T3 se registró como el peor tratamiento en términos económicos.

#### 3.4.2.5. Análisis del TIR Y VAN

El tratamiento TQ (100% fertilizante químico + 0% biol Biogest Potencializado) presentó la utilidad neta más alta de 2 228,15 dólares; en base a este tratamiento se proyectó los valores para 5 años de producción para el análisis de la tasa interna de retorno y el valor actual neto, que se muestra en la Tabla 33.

Los ingresos brutos se obtuvieron proyectando un aumento de la producción dentro de la hectárea arrendada en un 2% anual, mediante la aplicación de buenas prácticas agrícolas. Los costos e ingresos calculados se encuentran descritos en el Anexo II.

El ingreso neto se obtuvo una vez restado el 15% de utilidades repartidas a los trabajadores y el 25% de impuestos.

**Tabla 33.** Análisis TIR Y VAN correspondiente al tratamiento TQ.

Año	Ingresos \$	Costo Total \$	Gastos \$	Ingreso neto \$
0	(5.681,10)			(5 623,97)
1	19.397,77	12.682,44	3.220,19	2 228,15
2	19.785,73	12.651,27	3.204,65	2 505,25
3	20.173,68	12.713,97	3.250,25	2 683,53
4	20.561,64	12.722,97	3.290,76	2 899,29
5	20.949,59	12.719,62	3.268,93	3 162,67
<b>TIR</b>				<b>36%</b>
<b>VAN</b>				<b>3 909,84</b>

La tasa interna de retorno (TIR) presentó un valor de 36%, superior a la tasa de interés actual para crédito de producción correspondiente a 11% (BFN, 2011). Esto apoyado con el valor actual neto (VAN) positivo de 3 909,84; indicó que la producción de brócoli en un terreno arrendado en la hacienda la Calera es económicamente factible. Según Jiménez, et al. (2007), un proyecto es económicamente factible cuando el VAN es mayor a cero.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado), T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado), T2 (50% fertilización química + 50% biol Biogest Potencializado), T3 (25% fertilización química+75% biol Biogest Potencializado) para las variables de productividad, peso de pella, diámetro de la pella y altura de planta.
- En el análisis de los días a prefloración, se encontró que el brócoli responde a dosis altas de fertilizante químico, donde la aplicación del tratamiento TQ (100% fertilización química + 0% biol Biogest Potencializado) promovió la etapa de prefloración con un valor de 69,5 días y el tratamiento T3 (25% fertilización química+75% biol Biogest Potencializado) fue el que menos favoreció la etapa de prefloración al registrarse un valor de 71,75 días.
- La aplicación de biol Biogest Potencializado en una concentración de 25% favoreció la floración en el cultivo de brócoli, registrando el tratamiento T1 (75% fertilización química + 25% biol Biogest Potencializado) el mayor porcentaje de pellas cosechadas con un total de 80,17%.
- La aplicación de los tratamientos T1 (75% fertilizante químico + 25% biol Biogest Potencializado) y T2 (50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado) favorecieron la movilidad de los macroelementos en el suelo.
- La aplicación de los tratamientos T2 (50% fertilizante químico + 50% biol Biogest Potencializado) y T3 (25% fertilizante químico + 75% biol Biogest Potencializado) favorecieron la absorción de nutrientes a nivel foliar en el cultivo de brócoli.

- En el análisis comparativo de presupuesto parcial, el tratamiento químico en ausencia de biol, con una tasa de retorno marginal (TRM) de 149,42%, fue el más efectivo en comparación con los tratamientos que utilizaron biol al 25%, 50% y 75% como fuente complementaria al fertilizante químico.
- El análisis de factibilidad económica para el tratamiento químico, mostró un valor actual neto (VAN) positivo de 3 909,84 dólares y una tasa interna de retorno (TIR) de 36%, por lo que la producción de brócoli en un terreno arrendado se considera económicamente factible.
- La aplicación de biol Biogest Potencializado favorece la absorción a nivel foliar y la movilidad de los nutrientes en el suelo pero es menos rentable.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Analizar el efecto de la aplicación complementaria de biol Biogest Potencializado con dosis altas de fertilización química, sobre la productividad y la calidad en el cultivo de brócoli.
- Ampliar el estudio del efecto del biol Biogest Potencializado en la movilidad y asimilación de los elementos minerales, durante las distintas fases de desarrollo del brócoli.
- Ampliar la investigación sobre la aplicación de biol Biogest Potencializado a nivel foliar, en el cultivo de brócoli.
- Continuar la investigación acerca del biol Biogest Potencializado con otro tipo de cultivos, en condiciones climáticas y suelos de características diferentes al proyecto realizado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M., 2003, "Citricultura", 2da. Edición, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 183-216.
2. Alford, D., 2000, "Pest and disease management handbook", 1era. Edición, Editorial Blackwell Science, Londres, Reino Unido, pp. 204-205.
3. APROFEL, 2007, "APROFEL informa", [www. brocoliecuador. com/maerial\\_boletin. pdf](http://www.brocoliecuador.com/maerial_boletin.pdf), (Octubre 2010).
4. Arias, A., 2007, "Suelos tropicales", 1era. Edición, Editorial Universidad Estatal, San José, Costa Rica, pp. 82-95.
5. Banco Central del Ecuador (BCE), 2010, "Comercio exterior: Consulta totales por nandina", [http: // www.portal.bce.fin.ec / vto\\_bueno / ComercioExterior.jsp](http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/ComercioExterior.jsp), (Octubre, 2010).
6. Barón, F. y Téllez, F., 2001, "Apuntes de bioestadística: Tercer ciclo en ciencias de la salud y medicina", <http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap05.pdf>, (Noviembre 2010).
7. BFN, 2011, "Tasa de interés activas período Agosto 2011", [https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=156&Itemid=440](https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=156&Itemid=440), (Agosto 2011).
8. Benavides, A., 1998, "El azufre en las plantas", [http://www.abenmen.com/a/azufre\\_en\\_plantas.pdf](http://www.abenmen.com/a/azufre_en_plantas.pdf), (Julio, 2011).
9. Bigeriego, M. y Delgado, M., 1997, "Aplicación de las tecnologías de fermentación anaerobia y otros procesos complementarios en la depuración de efluentes de origen ganadero", 1era. edición, Editorial INIA, Madrid, España, pp. 11-12.

10. Bolaños, A., 2001, "Introducción a la Olericultura", 1era. Edición, Editorial Universidad Estatal, San José, Costa Rica, pp. 263-264.
11. Buczacki, S., 1999, "Plagas y enfermedades de las plantas de jardín", 2da. edición, Editorial Hermann Blume, Madrid, España, p. 70.
12. Carranza, C., Lancho O. y Miranda, D., 2008, "Comportamiento de los nutrientes en tejido foliar en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) 'coronado' y repollo (*Brassica oleracea*) híbrido 'delus' cultivados en la Sabana de Bogotá", Revista Colombiana de ciencias hortícolas, 2 (1), 66-72.
13. Carrillo, F., 2010, "Evaluación de la eficacia de seis mezclas de fertilizantes inorgánicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var *Itálica*)", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, ESPOCH, Riobamba, Ecuador, pp. 45-68.
14. Castellanos, J., 1999, "Nutrición de Cultivos bajo sistemas de fertigación", Informaciones Agronómicas, 35 (1), 5.
15. CORPEI, 2009, "Perfil de brócoli", <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/brocoli.pdf>, (Octubre 2010).
16. Díaz, J., Guharay, F. y Miranda, F., 1999, "Manejo de plagas", Manejo integrado de plagas en el cultivo de repollo, 38 (1), 22.
17. Domínguez, 1982, "Abonado de hortalizas de hoja, tallo, bulbo y raíz", Hojas Divulgadoras-MARM, 8 (1), 4.
18. Escobar, H., 2003, "Análisis de costos para hortalizas ecológicas", 1era. Edición, Editorial ISBN, Bogotá, Colombia, p. 18.



19. FAO, 2000, "Estrategias en materia de fertilizantes", 1era. Edición, Editorial FAO-IFA, Roma, Italia, pp. 15-80.
20. Francescángeli, N., Martí, H. y Stoppani M., 2003, "Evaluación de cultivares y fechas de siembra: Producción de Brócoli en Invernadero", Revista de información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario, 4 (1), 68.
21. Fraume, N., 2007, "Diccionario ambiental", 1era. edición, Editorial ECOE Ediciones, Bogotá, Colombia, p. 201.
22. Frontera, G., 2006, "Biofertilización: Aspectos Productivos y Consecuencias en el manejo y conservación de la fertilidad del suelo", <http://www.fertilizando.com/articulos/Biofertilizacion.asp>, (Marzo, 2010).
23. Fundación de desarrollo agropecuario, 1993, "Cultivo de repollo", <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/repollo.pdf>, (Junio, 2011).
24. García, F., 2004, "Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo: Siembra directa, rotaciones y fertilidad", [http://www.produccionanimal.com.ar/sustentabilidad/13agricultura\\_sustentable\\_y\\_materia\\_organica.htm](http://www.produccionanimal.com.ar/sustentabilidad/13agricultura_sustentable_y_materia_organica.htm), (Febrero 2011).
25. GestorÉxito, Consultores Manosalvas, 2009, biol Biogest Potencializado, Latacunga, Ecuador.
26. GestorÉxito, Consultoría agronómica brócoli: Hacienda la Calera, 2011, Latacunga, Ecuador.
27. Gliessman, S., 2002, "Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible", Editorial CRC, Turrialba, Costa Rica, p. 7.
28. González, G., 2008, "Promotores de crecimiento y terapicos de semillas: buenos aliados a la hora de efectivizar los recursos en la producción de

- trigo”, <http://www.rizobacter.com.ar/promotores-de-crecimiento-y-terapicos-de-semillas.html>, (Octubre, 2011).
29. Grupo InfoStat, 2008, InfoStat versión 2.0, InfoStat Estudiantil, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
  30. Guevara, M., 2010, “Aislamiento e identificación de microorganismos solubilizadores de potasio a partir de muestras de suelo y raíces de cultivos de alcachofa de la localidad de la Remonta, Cantón Cayambe”, Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología, ESPE, Sangolquí, Ecuador, p.63.
  31. Gurovich, L., 1985, “Fundamentos y diseño de sistemas de riego”, Editorial CIDIA, San José, Costa Rica, p. 45.
  32. Hernández, R., 2002, “Libro Botánica Online: Nutrición mineral de las plantas”, <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>, (Julio 2011).
  33. Ibañez, J., 1996, “Estudio de los puestos de trabajo”, Editorial Díaz de Santos S.A., Madrid, España, pp. 149-153.
  34. IICA, 2007, “Guía práctica de exportación de brócoli a los Estados Unidos”, <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4956e/A4956e.pdf>, (Diciembre 2010).
  35. INPOFOS, 1996, “El boro incrementa la calidad del brócoli y la coliflor”, *Informaciones Agronómicas*, 4 (1), 13.
  36. INPOFOS, 1998, “El papel del azufre y el potasio en la producción de hortalizas de alta calidad en México”, *Informaciones Agronómicas*, 3 (2), 2.
  37. INTA-Fertilizar, 2006, “Movilidad del fósforo en el suelo”, <http://www.fertilizando.com/articulos/Movilidad%20del%20Fosforo%20en%20el%20Suelo.asp>, (Junio, 2011).

38. Jiménez, F., Espinoza, C. y Fonseca, L., 2007, "Ingeniería Económica", 1era. edición, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, pp. 80-83.
39. KALI GmbH, 2011, "Azufre en el suelo", [http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory\\_service/nutrients/sulphur.html#top](http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sulphur.html#top), (Octubre, 2011).
40. Kass, D., 1998, "Fertilidad de suelos", 1era. edición, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, pp. 40-105.
41. Le Gall, J., 2009, "El brócoli en Ecuador: la fiebre del oro verde. Cultivos no tradicionales, estrategias campesinas y globalización", Anuario Americanista Europeo, 6 (1), 265.
42. López, A., 1998, "El mejoramiento de la agricultura mediante la biodegradación controlada de los residuos orgánicos", 1era. Edición, Editorial IICA, San José, Costa Rica, pp. 19-27.
43. MADR, 2006, "Estudio de caso: Brócoli ecuatoriano", [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/200642717741\\_ESTUDIOD\\_ECASObrocoli.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200642717741_ESTUDIOD_ECASObrocoli.pdf), (Noviembre 2010).
44. Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D. y Páramo, S., 2003, "Postcosecha y mercadeo de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible", 1era. Edición, Editorial Ultracolor, Bogotá, Colombia, p. 30.
45. Monge, M. y Álvarez, X., 2006, "Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora, procesadora y comercializadora de brócoli ubicada en la Provincia de Cotopaxi", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Comercial, ESPE, Latacunga, Ecuador, p.30.

46. Montalvan, E., 2007, "Proyecto de diversificación económica rural. Manual de Producción", [http:// www.fintrac.com/ cpanelx\\_pu/ USAID%20RED/ Manual%20de%20Produccion%20de%20Sandia\\_25th%20Sept%202007\\_ final.pdf](http://www.fintrac.com/cpanelx_pu/USAID%20RED/Manual%20de%20Produccion%20de%20Sandia_25th%20Sept%202007_final.pdf), (Diciembre 2010).
47. Nations online project, 2011, "Map of Ecuador", [http:// www.nationsonline.org/oneworld/map/google\\_map\\_ecuador.htm](http://www.nationsonline.org/oneworld/map/google_map_ecuador.htm), (Febrero, 2011).
48. Osorio, N. y Villadiego, O., 2001, "Guía para muestreo", <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/laboratorio/guia%20para%20el%20muestreo.pdf>, (Noviembre 2010).
49. Perrin, R., Winkelmann, D. y Anderson, J., 1979, Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica, CIMMYT, Folleto de información N.- 2, pp. 8-36.
50. Pinzón, H. e Isshiki, M., 2001, "El cultivo de algunas hortalizas promisorias en Colombia", 1era. Edición, Editorial Produmedios, Bogotá, Colombia, pp. 18-21.
51. Proexant, 1992, "Productos de exportación: Manual del brócoli", 1era. Edición, Editorial Naranja, Quito, Ecuador, p. 17.
52. PROVEFRUT S.A, 2010, "Informe de calificación de riesgo a la emisión de obligaciones", <http://sigcv.mundobvg.com/Opciones%20de%20Inversion/Renta%20Fija/Prospectos%5CProvefrut%5CObligaciones/calificadora.pdf>, (Noviembre 2010).
53. QuimiNet, 2007, "La absorción del magnesio por las plantas", <http://www.eindustria.com/articulos/la-absorcion-del-magnesio-por-las-plantas-17604.htm>, (Junio, 2011).

54. Restrepo, J., 2007, "Manual práctico: El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas", 1era. Edición, Editorial SIMAS, Managua, Nicaragua, pp. 92-98.
55. Restrepo, J., 2001, "Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares", 1era. Edición, Editorial IICA, San José, Costa Rica, pp. 51-62.
56. Smart-Fertilizer, 2009, "Calcium in plants and soil", <http://www.smart-fertilizer.com/articles/calcium-in-plants>, (Junio, 2011).
57. Solagro, 2006, "Brócoli: *Brassica Oleracea*", <http://www.solagro.com.ec/cultdet.php?vcultivo=Br%F3coli>, (Diciembre, 2010).
58. Suquilanda, M., 1995a, "Fertilización orgánica: Manual técnico", 1era. Edición, Editorial UPS, Quito, Ecuador, pp. 15-30.
59. Suquilanda, M., 1995b, "Guía para la producción orgánica de cultivos", 1era. Edición, Editorial UPS, Quito, Ecuador, pp. 13-15.
60. Suquilanda, M., 1995c, "El BIOL: fitoestimulante orgánico", 1era. Edición, Editorial UPS, Quito, Ecuador, pp. 27-36.
61. Ugarte, L., Cornelius, J. y Wightman, K., 2006, "Plantemos madera: manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para zonas de la Amazonía peruana", 1era. Edición, Editorial Universidad ICRAF, Lima, Perú, pp. 77-79.
62. UNALM, 2000, "Programa de hortalizas", [http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/pdf/12-p130%20a%20p141%20\(Anexos%204%20al%2013\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/pdf/12-p130%20a%20p141%20(Anexos%204%20al%2013).pdf), (Abril, 2011).

63. Urrestarazu, M., 2004, "Tratado de cultivos sin suelo", 3era. Edición, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 99-106.
64. USDA Farm Service Agency, 2010, "Farming Facts", [http://www.apfo.usda.gov/FSA/search?q=broccoli&site=FSA\\_MAIN&filter=0&fromapp=home&mystate=&as\\_occt=any&ie=UTF-8&sort=date:D:L:d1&entqr=0&oe=UTF-8&ud=1&navid=SEARCH](http://www.apfo.usda.gov/FSA/search?q=broccoli&site=FSA_MAIN&filter=0&fromapp=home&mystate=&as_occt=any&ie=UTF-8&sort=date:D:L:d1&entqr=0&oe=UTF-8&ud=1&navid=SEARCH), (Julio 2011).
65. Vidal, J., 2003, "Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por los cultivos", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Maestría en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, p.7.
66. Villalobos, E., 2001, "Fisiología de la producción de de los cultivos tropicales", 1era. Edición, Editorial Universidad Costa Rica, San José, Costa Rica, pp. 159-194.
67. Wild, A., 1992, "Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell", 1era. Edición, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 74-115.

# ANEXOS

## ANEXO I

## Costos y gastos generales de producción

Tabla AI.1. Costo de fertilización correspondiente al tratamiento TQ

Costo por hectárea				
Etapa	Fertilizante	Cantidad (g)	Número de aplicaciones	Costo Total (\$)
Pre-trasplante	Microessentials	50 000	1	39,5
	Muriato de potasio	100 000	1	48
	Nitrato de amonio	66 667	1	32
Inicio	Urea	30 000	4	62,4
	Solomox	30 000	4	100,8
	Nitrato de amonio	30 000	4	57,6
	biol (mL)	0	4	0
Desarrollo 1	Urea	60 000	4	124,8
	Solomox	60 000	4	201,6
	Nitrato de amonio	60 000	4	115,2
	biol (mL)	0	4	0
Desarrollo 2	Urea	60 000	2	62,4
	Solomox	60 000	2	100,8
	Nitrato de amonio	60 000	2	57,6
	biol (mL)	0	2	0
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>1 002,7</b>

Tabla AI.2. Costo de fertilización correspondiente al tratamiento T1

Costo por hectárea				
Etapa	Fertilizante	Cantidad (g)	Número de aplicaciones	Costo Total (\$)
Pre-trasplante	Microessentials	50 000	1	39,5
	Muriato de potasio	100 000	1	48,0
	Nitrato de amonio	66 667	1	32,0
Inicio	Urea	22 500	4	46,8
	Solomox	22 500	4	75,6
	Nitrato de amonio	22 500	4	43,2
	biol (mililitros)	16 071	4	2,6
Desarrollo 1	Urea	45 000	4	93,6
	Solomox	45 000	4	151,2
	Nitrato de amonio	45 000	4	86,4
	biol (mililitros)	32 143	4	5,1
Desarrollo 2	Urea	45 000	2	46,8
	Solomox	45 000	2	75,6
	Nitrato de amonio	45 000	2	43,2
	biol (mililitros)	32 143	2	2,6
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>792,19</b>



**Tabla AI.3.** Costo de fertilización correspondiente al tratamiento T2

Costo por hectárea				
Etapa	Fertilizante	Cantidad (g)	Número de aplicaciones	Costo Total (\$)
Pre-trasplante	Microessentials	50 000	1	39,5
	Muriato de potasio	100 000	1	48
	Nitrato de amonio	66 667	1	32
Inicio	Urea	15 000	4	31,2
	Solomox	15 000	4	50,4
	Nitrato de amonio	15 000	4	28,8
	biol (mL)	32 143	4	5,14
Desarrollo 1	Urea	30 000	4	62,4
	Solomox	30 000	4	100,8
	Nitrato de amonio	30 000	4	57,6
	biol (mL)	64 286	4	10,29
Desarrollo 2	Urea	30 000	2	31,2
	Solomox	30 000	2	50,4
	Nitrato de amonio	30 000	2	28,8
	biol (mL)	64 286	2	5,1
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>581,67</b>

**Tabla AI.4.** Costo de fertilización correspondiente al tratamiento T3

Costo por hectárea				
Etapa	Fertilizante	Cantidad (g)	Número de aplicaciones	Costo Total (\$)
Pre-trasplante	Microessentials	50 000	1	39,5
	Muriato de potasio	100 000	1	48
	Nitrato de amonio	66 667	1	32
Inicio	Urea	7 500	4	15,6
	Solomox	7 500	4	25,2
	Nitrato de amonio	7 500	4	14,4
	biol (mL)	48 214	4	7,7
Desarrollo 1	Urea	15 000	4	31,2
	Solomox	15 000	4	50,4
	Nitrato de amonio	15 000	4	28,8
	biol (mL)	96429	4	15,4
Desarrollo 2	Urea	15 000	2	15,6
	Solomox	15 000	2	25,2
	Nitrato de amonio	15 000	2	14,4
	biol (mL)	96429	2	7,7
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>371,16</b>

**Tabla AI.5.** Costo agroquímicos

Costo por hectárea					
Producto	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Anual
Diazinon	1	lt	12,60	12,6	37,80
Zeolita Fina	3	kg	7,50	22,5	67,50
Cipermetrina	1	lt	9,50	9,5	28,50
ALANEX	2	lt	7,53	15,06	45,18
Protector	2	lt	15,00	30	90,00
Adherente	1	lt	3,75	3,75	11,25
Methofan	1	lt	12,48	12,48	37,44
Dimetrax	1	lt	7,87	7,87	23,61
Trichoeb	1	250g	25,50	25,5	76,50
Endiusamul	4	100g	5,00	20	60,00
Kañon Plus	1	lt	14,90	14,9	44,70
Tracer	1	lt	150,00	150	450,00
Glowet	2	lt	20,75	41,5	124,50
Analex	2	lt	7,50	15	45,00
<b>TOTAL</b>				<b>380,66</b>	<b>1 141,98</b>

**Tabla AI.5.** Costo de mano de obra directa fija

Costo mano de obra fija								
Obremos	Sueldo mensual	IESS	Sueldo+IESS	Sueldo anual	Décimo tercero	Décimo cuarto	Fondo de reserva	Costo anual
Obrero	\$ 268,20	\$ 32,59	\$ 300,79	\$ 3 609,44	\$ 268,20	\$ 268,12	\$ 268,20	\$ 4 413,96
<b>Total</b>								<b>\$ 4 413,96</b>

**Tabla AI.6.** Costo de mano de obra directa variable según contrato de obra cierta

Costo mano de obra variable													
Obremos	# Horas	Distribución	Horas al mes	Costo/hora	Sueldo mensual	IESS	Sueldo+ IESS	Sueldo ciclo	Décimo tercero	Décimo cuarto	Fondo de reserva	Costo ciclo	Costo Total (3 contratos al año)
Obrero 1	2	2 días a la semana	16	\$ 1,12	\$ 17,87	\$ 2,17	\$ 20,05	\$ 60,14	\$ 53,62	\$ 66,00	\$ 53,62	\$ 233,39	\$ 700,16
Obrero 2	2	2 días a la semana	16	\$ 1,12	\$ 17,87	\$ 2,17	\$ 20,05	\$ 60,14	\$ 53,62	\$ 66,00	\$ 53,62	\$ 233,39	\$ 700,16
<b>TOTAL</b>												<b>\$ 1 400,32</b>	
												<b>\$ 466,77</b>	

**Tabla AI.7.** Costo de materia prima

Materias prima	Cantidad	Unidades	Costo unitario	Costo ciclo	Costo Anual
Plántulas	55000	plantas	\$ 0,0112	\$ 643,50	\$ 1 930,50
<b>Total</b>				<b>\$ 643,50</b>	<b>\$ 1 930,50</b>

**Tabla AI.8.** Costo herramientas

Herramientas	Cantidad	Valor Unitario	Total	Total anual
Palas	2	\$ 10,00	\$ 20,00	\$ 20,00
Picos	2	\$ 12,00	\$ 24,00	\$ 24,00
Cuchillos	4	\$ 2,00	\$ 8,00	\$ 8,00
Bomba de mochila	2	\$ 17,00	\$ 34,00	\$ 34,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 86,00</b>

**Tabla AI.9.** Gasto alquiler

Maquinaria	Unidad	Costo Unitario	Horas	Costo Ciclo	Costo Anual
Tractor	h/tractor	\$ 25,00	10	\$ 250,00	\$ 750,00

**Tabla AI.10.** Gasto alquiler

Arriendo	Mensual	Ciclo	Anual
Terreno	\$ 180,00	\$ 540,00	\$ 2 160,00

## ANEXO II

### Análisis de prefactibilidad: ingresos y costos generales

**Tabla AII.1.** Ingreso bruto pronosticado para 5 años de producción

Ingreso Bruto		
Año	Rendimiento medio kg	Ingresos Brutos \$
0		-
1	74 606,81	19 397,77
2	76 098,95	19 785,73
3	77 591,09	20 173,68
4	79 083,22	20 561,64
5	80 575,36	20 949,59

**Tabla AII.2.** Costos de producción año 2

TQ		
Costos de producción Año 2		
Denominación	Valor \$	%
<b>Costos de producción</b>	<b>12 652,75</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>6 129,89</b>	<b>48,45</b>
Plántulas	1 949,81	15,41
Fertilizantes	3 008,10	23,77
Agroquímicos	1 141,98	9,03
Agua riego	30,00	0,24
<b>Flete</b>	<b>360</b>	<b>2,85</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>46,0</b>
Obreros fijos	4 413,96	34,9
Obreros variables	1 400,32	11,1
<b>Costos Indirectos</b>	<b>348,58</b>	<b>2,75</b>
Depreciación	300	2,37
Herramientas	37	0,29
Imprevistos (3%)	10,11	0,08

Tabla AII.3. Costos de producción año 3

TQ		
Costos de producción Año 3		
Denominación	Valor \$	%
<b>Costos de producción</b>	<b>12 702,05</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>6 149,19</b>	<b>48,41</b>
Plántulas	1 969,11	15,50
Fertilizantes	3 008,10	23,68
Agroquímicos	1 141,98	8,99
Agua riego	30,00	0,24
<b>Flete</b>	<b>390,00</b>	<b>3,07</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>45,8</b>
Obreros fijos	4 413,96	34,7
Obreros variables	1 400,32	11,0
<b>Costos Indirectos</b>	<b>348,58</b>	<b>2,74</b>
Depreciación	30,000	2,36
Herramientas	50,00	0,39
Imprevistos (3%)	10,50	0,08

Tabla AII.4. Costos de producción año 4

TQ		
Costos de producción Año 4		
Denominación	Valor \$	%
<b>Costos de producción</b>	<b>12 722,98</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>6 168,50</b>	<b>48,48</b>
Plántulas	1 988,42	15,63
Fertilizantes	3 008,10	23,64
Agroquímicos	1 141,98	8,98
Agua riego	30,00	0,24
<b>Flete</b>	<b>390,00</b>	<b>3,07</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>45,7</b>
Obreros fijos	4 413,96	34,7
Obreros variables	1 400,32	11,0
<b>Costos Indirectos</b>	<b>350,2</b>	<b>2,75</b>
Depreciación	300,00	2,36
Herramientas	40,00	0,31
Imprevistos (3%)	10,2	0,08

Tabla AII.5. Costos de producción año 5

TQ		
Costos de producción Año 5		
Denominación	Valor \$	%
<b>Costos de producción</b>	<b>12 740,66</b>	<b>100,00</b>
<b>Materiales directos</b>	<b>6 187,80</b>	<b>48,57</b>
Plántulas	2 007,72	15,76
Fertilizantes	3 008,10	23,61
Agroquímicos	1 141,98	8,96
Agua riego	30,00	0,24
<b>Flete</b>	<b>390,00</b>	<b>3,06</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>5 814,28</b>	<b>45,6</b>
Obreros fijos	4 413,96	34,6
Obreros variables	1 400,32	11,0
<b>Costos Indirectos</b>	<b>348,58</b>	<b>2,74</b>
Depreciación	300,00	2,35
Herramientas	18,00	0,14
Imprevistos (3%)	9,54	0,07

## ANEXO III

## Resultados del análisis de suelo realizado en la estación INIAP Sta. Catalina

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : MARTIN PONCE Dirección : Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : LA CALERA Provincia : COTOPAXI Cantón : LATACUNGA Parroquia : MATRIZ Ubicación :
<b>DATOS DEL LOTE</b> Cultivo Actual : BROCOLI Cultivo Anterior : BROCOLI Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : MI LOTE 8	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> N° Reporte : 18.595 N° Muestra Lab. : 82587 Fecha de Muestreo : 10/11/2010 Fecha de Ingreso : 19/11/2010 Fecha de Salida : 10/12/2010

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	45.00	ppm	
P	29.00	ppm	
S	19.00	ppm	
K	0.84	meq/100 ml	
Ca	13.40	meq/100 ml	
Mg	5.40	meq/100 ml	
Zn	8.10	ppm	
Cu	5.00	ppm	
Fe	48.00	ppm	
Mn	9.40	ppm	
B	4.00	ppm	
pH	8.00		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na	0.36	meq/100 ml	
CE	1.07	mmhos/cm	
MO	2.80	%	

Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural (%)		
Mg	K	K	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
2,5	6,4	22,4	20,0				

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura AIII.1 Reporte de análisis completo de suelos inicial





**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE  
 INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
 Nombre : RICARDO MANOSALVAS  
 Dirección : SAQUISILI  
 Ciudad :  
 Teléfono :  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre : HCDA. LA CALERA  
 Provincia : COTOPAXI  
 Cantón : SAQUISILI  
 Parroquia : LA MATRIZ  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 Cultivo Actual : BROCOLI  
 Fecha de Muestreo : 07/02/2011  
 Fecha de Ingreso : 09/02/2011  
 Fecha de Salida : 22/02/2011

N° Muest. Laboral	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
83952	TQ	8,4 AI	20,00 B	33,00 A	11,00 B	0,57 A	9,60 A	3,90 A	4,6 M	2,1 M	38,0 M	5,7 M	3,40 A
83953	T1	8,6 AI	20,00 B	30,00 A	11,00 B	0,42 A	8,80 A	3,80 A	2,3 B	1,9 M	31,0 M	5,2 M	3,30 A
83954	T2	8,6 AI	24,00 B	28,00 A	11,00 B	0,41 A	8,90 A	4,00 A	3,1 M	2,1 M	31,0 M	5,1 M	3,30 A
83955	T3	8,6 AI	24,00 B	30,00 A	8,90 B	0,44 A	9,20 A	4,10 A	3,8 M	2,3 M	33,0 M	4,7 B	3,50 A

**INTERPRETACION**

	pH	Elementos
Ac	= Acido	N = Bajo
LAc	= Liger. Acido	M = Medio
FN	= Frac. Neutro	A = Alto
RC	= Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)

**METODOLOGIA USADA**

pH	= Suelo: agua (1:2.5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
B		B	= Curcumina


*Ricardo Manosalvas*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

*[Signature]*  
 LABORATORISTA


**Figura AIII.2** Reporte de análisis completo de suelos final

# ANEXO IV

## Resultados del análisis foliar realizado en la estación INIAP Sta. Catalina



**INSTITUTO NACIONAL ALTIPLANO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**



**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

### REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : RICARDO MANOSALVAS  
 Dirección : SAQUISILI  
 Ciudad :  
 Teléfono :  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : HCDA. LA CALERA  
 Provincia : COTOPAXI  
 Cantón : SAQUISILI  
 Parroquia : LA MATRIZ  
 Ubicación :

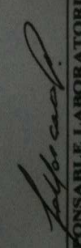
**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cultivo : BROCOLI \*\*  
 Fecha de Muestreo : 03/02/2011  
 Fecha de Ingreso : 04/02/2011  
 Fecha de Salida : 18/02/2011

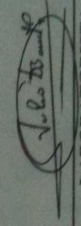
N° Muestr. Laboral	Identificación del Lote	M.O.										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
17824	MUESTRA T0 LOTE 18	4.86 S	0.31 S	3.17 S	1.86 S	0.52 S	0.44 S	54.0 S	38.6 S	9.3 S	65.9 B	38.9 S
17825	MUESTRA T1 LOTE 18	5.21 S	0.29 B	2.89 S	1.77 S	0.49 S	0.46 S	51.0 S	37.1 S	10.2 S	63.9 B	35.7 S
17826	MUESTRA T2 LOTE 18	4.65 S	0.25 B	3.21 S	2.09 S	0.61 S	0.45 S	50.6 S	33.8 B	9.8 S	78.9 S	33.6 S
17827	MUESTRA T3 LOTE 18	4.51 S	0.26 B	3.27 S	1.88 S	0.55 S	0.46 S	48.7 S	29.2 B	8.8 S	65.0 B	26.1 S

**INTERPRETACION**

B = Bajo  
 S = Suficiente  
 A = Alto



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

Figura AIV.3 Reporte de análisis completo foliar

## ANEXO V

**Composición nutricional de los fertilizantes químicos utilizados en la investigación realizada en la hacienda La Calera**

**Tabla AV.1.** Composición mineral de fertilizantes químicos utilizados en la fase de investigación

Fertilizantes	Composición			
	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	S %
Nitrato de Amonio	33,5	0	0	0
Microessentials	12	40	0	10
Muriato de potasio	0	0	60	0
Urea	40	0	0	5,6
Solomox	0	0	62	0

## ANEXO VI

### Cantidades referenciales de fertilización, utilizada en la hacienda La Calera para el cultivo de brócoli

**Tabla AVI.1.** Cantidades referenciales utilizadas en la hacienda la Calera, para la fertilización del cultivo de brócoli.

Cantidades referenciales de fertilizante utilizado para 2,5 ha (Hacienda la Calera)			
Fertilizante	Etapa		
	Inicio	Desarrollo 1	Desarrollo 2
Nitrato de Amonio	75 kg	150 kg	150 kg
Urea	75 kg	150 kg	150 kg
Solomox	75 kg	150 kg	150 kg
<b>Total</b>	<b>225 kg</b>	<b>450 kg</b>	<b>450 kg</b>



## ANEXO VII

### Delimitación del área de estudio, extracción y activación del biol Biogest Potencializado



**Figura AVII.1.** Fotografía de la delimitación del ensayo.



**Figura AVII. 2.** Extracción del biofertilizante.

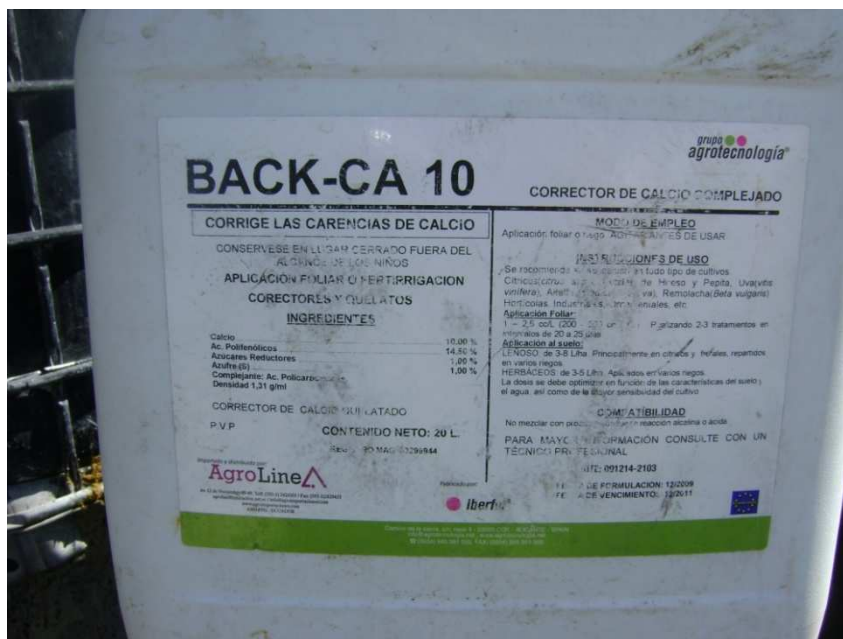


Figura AVII. 3. Producto adicionado en la producción de biol.

## ANEXO VIII

### Fertilización líquida y desarrollo del cultivo de brócoli



Figura AVIII.1. Fotografía fertilización líquida



Figura AVIII.2. Fotografía del desarrollo brócoli día 61 a partir del trasplante





**Figura AVIII.3.** Fotografía del inicio de floración



**Figura AVIII.4.** Fotografía del desarrollo brócoli día 83 a partir del trasplante



## ANEXO IX

### Cosecha de brócoli



**Figura AIX.1.** Fotografía de la primera cosecha de brócoli día 85



**Figura AIX.2.** Fotografía de la primera cosecha de brócoli día 85