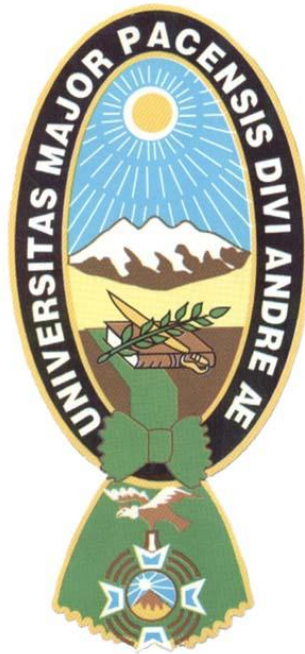


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI  
(*Brassica oleraceae* L.) CON LA INTERACCIÓN DE DOS  
DENSIDADES POBLACIONALES DE LOMBRIZ CALIFORNIANA  
(*Eisenia foetida*)**

**Presentado por:**

**CRISTIAN MARCELO GOMEZ ESPINOZA**

**La Paz – Bolivia  
2012**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**

**EFFECTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI  
(*Brassica oleraceae* L.) CON LA INTERACCIÓN DE DOS  
DENSIDADES POBLACIONALES DE LOMBRIZ CALIFORNIANA  
(*Eisenia foetida*)**

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el título de Licenciado en  
Ingeniería Agronómica

**CRISTIAN MARCELO GOMEZ ESPINOZA**

**ASESORES:**

Ing. PAULINO RUIZ HUANCA .....

Ing. WALTER SANCHEZ TOLA .....

**TRIBUNALES:**

Ing. FREDDY CARLOS MENA HERRERA .....

Ing. FREDDY CADENA MIRANDA .....

**APROBADO**

Presidente Tribunal Examinador .....

La Paz – Bolivia  
2012

## AGRADECIMIENTOS

*Gracias a Dios, por haberme iluminado para llegar hasta donde estoy ahora.*

*Gracias a mis padres por el apoyo que me brindaron*

*Gracias a los docentes de la Facultad de Agronomía, por su enseñanza impartida durante mi formación profesional.*

*Gracias a los compañeros de mi Facultad y a mis grandes amigos Carlos Mena, Gustavo Ramallo, Israel Salazar, y en especial a esas personas que fueron complemento y compañía de mi vida Milenka Sturralde, Ramiro Humerez, Daniel Raredes, Milenka Lascano, Marcelo Villalobos que me ofrecieron su apoyo incondicional para la elaboración del presente trabajo de investigación.*

*De corazón.*

*Cristian Marcelo Gomez Espinoza*

*Señor....*

*Eres la luz que me guías,  
el camino de mi esperanza,  
el centro de mi vida,  
mi roca mi fortaleza y libertad.*

*Eres mi amigo que entiende,  
mi silencio y hasta mis lágrimas,  
la solución de mis más grandes problemas,  
por eso en ti he puesto mi vida,  
y tú me bastas.*

*Dedicatoria*

*A mi abnegada madre Miriam Consuelo Espinoza a mi querida hermana Andrea  
Por ustedes mi familia y por su apoyo y sacrificio  
soy alguien y sin ustedes nada.  
Son y serán por siempre,  
mi razón de vivir y existir,  
la luz de mi camino.*

*Los ama:  
Cristian Marcelo Gomez Espinoza*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes y justificación	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
2.3 Hipótesis	3
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
3.1 Cultivo del brócoli	4
3.1.1 Origen del brócoli	4
3.1.2 Descripción taxonómica del brócoli	4
3.1.3 Descripción botánica del brócoli	4
3.1.3.1 Formas de las pellas	5
a) Esférico	5
b) Abombado	6
c) Cónico	6
d) Aplanado	6
e) Hueco	6
3.1.4 Variedades	6
3.1.4.1 Variedades híbridas	6
a) Centenario	5
b) Futura	6
c) Pirata	7
3.1.5 Fisiología vegetal	7

3.1.5.1 Fenología del Brócoli	7
3.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos	8
3.1.6.1 Clima	8
3.1.6.2 Temperatura	8
a) Temperatura para la germinación	9
b) Fase inicial de crecimiento	9
c) Fase juvenil	9
d) Fase de formación de la pella	9
3.1.6.3 Luminosidad	10
3.1.6.4 Suelo	10
3.1.6.5 Fertilización	10
3.1.7 Manejo agronómico del cultivo de brócoli	11
3.1.7.1 Almacigo y trasplante del cultivo	11
3.1.7.2 Dinámica del estrés en el proceso de trasplante	12
a) Fase de respuesta	12
b) Fase de restitución	12
c) Fase final	12
d) Fase de regeneración	12
3.1.7.3 Marco de plantación	12
3.1.7.4 Cosecha del cultivo	13
3.1.8 Principales plagas y enfermedades del brócoli	14
3.1.8.1 Plagas del Brócoli	14
a) Pulgón del brócoli ( <i>Brevicoryne brassicae</i> )	14
b) Polilla de las crucíferas ( <i>Plutella xylostella</i> )	15
c) Mosca blanca ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )	15

3.1.8.2 Enfermedades del brócoli	17
a) Hernia del brócoli ( <i>Plasmodiophora brassicae</i> )	17
b) Rhizoctonia ( <i>Rhizoctonia solani</i> )	17
c) Mancha foliar ( <i>Alternaria brassicae</i> )	17
d) Dumping-off ( <i>Pythium sp.</i> )	18
3.1.9 Procedimiento técnico de selección del producto	19
3.1.9.1 Defectos	19
a) Defectos críticos	19
b) Defectos no críticos	20
3.1.9.2 Parámetros de calidad para la pella de brócoli	20
a) Tamaño	20
b) Forma	20
c) Color	20
d) Estado Fitosanitario	20
e) Grado de compactación	21
3.1.10 Valor nutricional del brócoli	21
3.1.11 Calibrado de la pella de brócoli	21
3.2 Anélidos	22
3.2.1 Lombriz Roja Californiana ( <i>Eisenia foetida</i> )	23
3.2.1.1 Clasificación sistemática de la lombriz	24
3.2.1.2 Morfología	25
3.2.1.3 Características externas de la lombriz californiana	26
a) Color	26
b) Forma	26
c) Segmentos	26

d) Prostomio	26
e) Peristomio	27
f) Quetas o cerdas	27
g) Nefridioporos	27
h) Poros permatecales	27
i) Poros femeninos	27
j) Poros masculinos	27
k) Surcos seminales	27
l) Clitelo	28
3.2.1.4 Estructura Interna y Pared Corporal	28
a) Tabiques	28
b) Faringe	28
c) Molleja	29
d) Glándulas de morren	29
e) Intestino	29
f) Ciegos intestinales	29
g) Nefridios	29
h) Vaso dorsal y ventral	29
i) Corazones	29
j) Testículos	29
k) Vesículas seminales	30
l) Ovarios	30
m) Ovisacos	30
n) Espermatecas	30
3.2.1.5 Anatomía y fisiología de la lombriz	30



a) Sistema Circulatorio	30
b) Sistema respiratorio	31
c) Canal Alimenticio	31
d) Alimentación y digestión	32
e) Sistema nervioso	32
f) Sistema excretor	32
g) Sistema reproducción	33
h) Temperatura de producción y eclosión de cocones	34
i) Condición Agroecológica	35
j) Ciclo de Vida	35
k) Patologías	35
3.2.2 Abono Orgánico	36
3.2.2.1 Calidad de la fuente de abono	36
3.2.2.2 Transformación del estiércol	37
3.2.2.3 Densidad poblacional	38
3.2.3 El humus de lombriz	38
3.2.3.1 Propiedades del Humus de Lombriz	39
a) Físicas	39
b) Biológicas	40
c) Nutricionales	40
<b>IV. LOCALIZACIÓN</b>	<b>41</b>
4.1 Ubicación geográfica	41
4.2 Características climáticas	41

<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>42</b>
5.1 Materiales	42
5.1.1 Material biológico	42
5.1.2 Material orgánico	42
5.1.3 Materiales de campo	42
5.1.4 Materiales de gabinete	42
5.2 Metodología	43
5.2.1 Procedimiento experimental	43
5.2.2 Croquis experimental	44
5.2.3 Diseño experimental	44
5.2.3.1 Tratamiento y Marco Muestral	45
5.2.4 Variables Agronómicas de Respuesta	45
5.2.4.1 Cultivo de brócoli	45
a) Altura de planta	45
b) Número de hojas	46
c) Longitud de hoja	46
d) Ancho de hoja	46
e) Diámetro del tallo	46
f) Diámetro de la pella	46
g) Porcentaje de materia seca	46
h) Rendimiento del cultivo en kg/m <sup>2</sup>	47
5.2.1.2 Lombriz Californiana	48
a) Número de individuos adultos/m <sup>2</sup>	48
b) Número huevos/ m <sup>3</sup>	48
c) Número de lombrices nacidas por cocon	48
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>49</b>
6.1 Resultados	49

6.1.1 Altura de la planta de brócoli	49
a) Altura de la planta a los 84 días después del transplante	49
b) Altura de plantas de brócoli variedad pirata a los 84 días después del transplante	51
c) Altura de plantas de brócoli, variedad Futura a los 84 días después del transplante	53
6.1.2 Número de hojas de plantas de brócoli	55
a) Número de hojas de la planta a los 84 días después del transplante	55
b) Número de hojas de la planta de brócoli variedad Pirata a los 84 días después del transplante	57
c) Número de hojas de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	59
6.1.3 Longitud de hoja	60
a) Longitud de hojas de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante	61
b) Longitud de hoja de la planta de brócoli, variedad pirata a los 84 días después del transplante	63
c) Longitud de hoja de la planta de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	65
6.1.4 Ancho de hoja	66
a) Ancho de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante	66
b) Ancho de hojas de plantas de brócoli variedad pirata a los 84 días después del transplante	68
c) Ancho de hojas de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	70
6.1.5 Diámetro del tallo	71
a) Diámetro del tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante	71
b) Diámetro del tallo de plantas de brócoli variedad pirata, a los 84 días después del transplante	74

c) Diámetro del tallo de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	75
6.1.6 Diámetro de la pella	76
a) Diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del transplante	76
b) Diámetro de la pella de brócoli variedad pirata a los 84 días después del transplante	80
c) Diámetro de la pella de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	81
6.1.7 Porcentaje de materia seca	82
6.1.7.1 Materia Seca Variedad Futura	83
a) Porcentaje de materia seca tratamiento T1, (variedad futura)	83
b) Porcentaje de materia seca tratamiento T3, (variedad futura)	84
c) Porcentaje de materia seca tratamiento T5, (variedad futura)	84
6.1.7.2 Materia Seca Variedad Pirata	85
a) Porcentaje de materia seca tratamiento T2, (variedad pirata)	85
b) Porcentaje de materia seca tratamientos T4 y T6, (variedad pirata)	85
6.1.8 Rendimiento del cultivo en Kg./m <sup>2</sup>	88
6.2 Lombriz Californiana	90
6.2.1 Número de individuos adultos/m <sup>3</sup>	90
a) Número de lombrices adultas por tratamiento	91
b) Número de lombrices juveniles por tratamiento	92
6.2.2 Número huevos/ m <sup>3</sup>	93
6.2.3 Número de lombrices nacidas por cocon	93
6.3 Análisis Económico	94

<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
7.1 CONCLUSIONES	97
7.2 RECOMENDACIONES	98
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Descripción taxonómica del brócoli	4
Cuadro 2. Valor nutricional del brócoli	21
Cuadro 3. Descripción taxonómica de la lombriz californiana	24
Cuadro 4. Descripción de especies de explotación en la lombricultura	25
Cuadro 5. Análisis químico de Humus de lombriz	40
Cuadro 6. Análisis de Varianza de la altura de la planta a los 84 días desde el trasplante	49
Cuadro 7. Comparación de medias y prueba de Duncan para la altura de planta	50
Cuadro 8. Análisis de varianza de altura de planta, correspondiente a la variedad pirata, a los 84 días desde el trasplante	52
Cuadro 9. Comparación de medias y prueba de Duncan para la altura de planta del cultivo de brócoli	52
Cuadro 10. Análisis de Varianza de la altura de la planta de la variedad futura, a los 84 días desde el trasplante	54
Cuadro 11. Comparación de medias y prueba de Duncan para la altura de planta de brócoli variedad futura	54
Cuadro 12. Análisis de Varianza del número de hojas de la planta de brócoli a los 84 días desde el trasplante	56
Cuadro 13. Comparación de medias y prueba de Duncan para el número de hojas de la planta de brócoli	56
Cuadro 14. Análisis de Varianza del número de hojas de la planta de la variedad pirata, a los 84 días desde el trasplante	58
Cuadro 15. Comparación de medias y prueba de Duncan para el número de hojas de planta de brócoli	58
Cuadro 16. Análisis de Varianza del número de hojas de la planta de la variedad futura, a los 84 días desde el trasplante	59

Cuadro 17. Comparación de medias y prueba de Duncan para el número de hojas de la planta de brócoli variedad futura	60
Cuadro 18. Análisis de Varianza de la longitud de hojas de la planta de brócoli a los 84 días desde el transplante	61
Cuadro 19. Comparación de medias y prueba de Duncan para a longitud de hoja de la planta de brócoli	62
Cuadro 20. Análisis de Varianza de la longitud de hoja en la planta de brócoli, de la variedad pirata, a los 84 días desde el transplante	64
Cuadro 21. Comparación de medias y prueba de Duncan para la longitud de hoja de la planta de brócoli, variedad pirata	64
Cuadro 22. Análisis de Varianza de la longitud de hoja de la planta de la variedad futura, a los 84 días desde el transplante	65
Cuadro 23. Comparación de medias y prueba de Duncan para la longitud de hoja de la planta de brócoli variedad futura	66
Cuadro 24. Análisis de Varianza del Ancho de hoja de la planta de brócoli a los 84 días desde el transplante	67
Cuadro 25. Comparación de medias y prueba de Duncan para el ancho de hoja de la planta de brócoli	67
Cuadro 26. Análisis de Varianza del ancho de hoja de la planta, de la variedad pirata, a los 84 días desde el transplante	69
Cuadro 27. Comparación de medias y prueba de Duncan para el ancho de hoja de planta de brócoli, variedad pirata	69
Cuadro 28. Análisis de Varianza del ancho de hoja de la planta de la variedad futura, a los 84 días desde el transplante	70
Cuadro 29. Comparación de medias y prueba de Duncan para el ancho de hoja de la planta de brócoli variedad futura	71
Cuadro 30. Análisis de Varianza del diámetro del tallo de la planta de brócoli a los 84 días desde el transplante	72
Cuadro 31. Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro del tallo de la planta de brócoli	72
Cuadro 32. Análisis de Varianza del diámetro del tallo de la planta, de la variedad pirata, a los 84 días desde el transplante	74

Cuadro 33. Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro del tallo de planta de brócoli, variedad pirata	74
Cuadro 34. Análisis de Varianza del diámetro del tallo de plantas de la variedad futura, a los 84 días después del trasplante	75
Cuadro 35. Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro del tallo de la planta de brócoli variedad futura	76
Cuadro 36. Análisis de Varianza del diámetro de la pella de brócoli a los 84 días desde el trasplante	77
Cuadro 37. Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del trasplante	77
Cuadro 38. Análisis de Varianza del diámetro de la pella de brócoli, de la variedad pirata, a los 84 días desde el trasplante	80
Cuadro 39. Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro de la pella de brócoli, variedad pirata	80
Cuadro 40. Análisis de Varianza del diámetro de la pella de brócoli de la variedad futura, a los 84 días desde el trasplante	81
Cuadro 41. Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro de la pella de brócoli, variedad futura	82



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Principales plagas del cultivo de Brócoli y métodos de control	16
Tabla 2. Principales enfermedades del Brócoli y métodos de control	18
Tabla 3. Tolerancia Del tipo de defectos	19
Tabla 4. Parámetros de selección de calidad del producto	22
Tabla 5. Parámetros de selección de calidad del producto	22
Tabla 6. Comparación de la calidad de materiales, como fuentes de abono	37
Tabla 7. Parámetros de selección de calidad para pellas de brócoli	78
Tabla 8. Parámetros de selección de calidad del producto	79
Tabla 9. Rendimiento de materia seca (MS) de los tratamientos en estudio	88
Tabla 10. Rendimiento del cultivo de brócoli, en kg/Ha y Tn/Ha en la variedad futura.	88
Tabla 11. Rendimiento del cultivo de brócoli, en kg/Ha y Tn/Ha en la variedad pirata.	89
Tabla 12. Número de individuos por muestra de los tratamientos en estudio	90
Tabla 13. Número total de lombrices por tratamientos de estudio	91
Tabla 14. Egresos para la implementación del trabajo de investigación	94
Tabla 15. Ingresos por concepto de ventas	95
Tabla 16. Tabla de Ingreso neto de la producción	96
Tabla N° 17. Tabla de Beneficio – costo	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Estructura interna de la lombriz californiana ( <i>Eisenia foetida</i> )	30
Figura 2. Altura de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante	50
Figura 3. Altura de plantas de brócoli de la variedad pirata a los 84 días después del transplante	52
Figura 4. Altura de plantas de brócoli variedad futura, a los 84 días después del transplante	54
Figura 5. Número de hojas de plantas de brócoli, a los 84 días después del transplante	56
Figura 6. Número de hojas de plantas de brócoli variedad pirata, a los 84 días después del transplante	58
Figura 7. Número de hojas de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	60
Figura 8. Comparación de la longitud de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante	62
Figura 9. Comparación de la longitud de hojas de planta de brócoli a los 84 días después del transplante	64
Figura 10. Longitud de hoja de la planta de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante	66
Figura 11. Ancho de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante	67
Figura 12. Ancho de hojas de plantas de brócoli variedad pirata, a los 84 días después del transplante	69
Figura 13. Ancho de hoja de la planta de brócoli variedad futura, a los 84 días después del transplante	71
Figura 14. Comparación del diámetro del tallo de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante	73
Figura 15. Comparación del diámetro del tallo de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante	75

Figura 16. Comparación del diámetro del tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante	76
Figura 17. Comparación del diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del transplante	78
Figura 18. Comparación del diámetro de la pella de brócoli variedad pirata a los 84 días después del transplante	81
Figura 19. Comparación del diámetro de la pella de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplantes	82
Figuras 20 y 21. Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli	84
Figuras 22 y 23. Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli	84
Figuras 24 y 25. Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli	85
Figuras 26 y 27. Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli	86
Figuras 30 y 31. Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli	87
Figura 32. Rendimiento en toneladas por hectárea de la variedad Futura	89
Figura 33. Rendimiento en toneladas por hectárea de la variedad Pirata	90
Figura 34. Número de lombrices adultas por tratamiento de estudio	91
Figura 35. Peso en (kg) de lombrices adultas por tratamiento de estudio	92
Figura 36. Número de lombrices juveniles por tratamiento de estudio	92
Figura 37. Peso en (kg) de lombrices juveniles por tratamiento de estudio	93
Figura 38. Número de huevos o cocones por tratamiento de estudio	93
Figura 39. Número de lombrices nacidas por cocon	94

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Grafico 1. Ciclo fenológico del brócoli	8

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Fotografías 1. Pella de brócoli	5
Fotografías 2 y 3. Diámetro y compactación pella de brócoli	14
Fotografías 4 y 5. Pulgón del brócoli ( <i>Brevicoryne brassicae</i> )	14
Fotografías 6 y 7. Polilla de las crucíferas ( <i>Plutella xylostella</i> )	15
Fotografía 8. Mosca blanca ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )	16
Fotografías 9 y 10. Acoplamiento de las lombrices	34

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación trae un nuevo aporte, con la implementación de una nueva técnica de producción para el campo técnico – productivo, realizando una interacción de producción, con la asociación planta – animal, bajo condiciones de un ambiente adecuado; realizando el cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae*, var. Pirata y Var. Futura), durante el proceso de transformación del estiércol ovino en vermicompost efectuado por la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Obteniéndose un producto orgánico de características favorables y dos subproductos como la obtención de vermicompost o humus de lombriz, que es un abono orgánico de espectaculares características y la producción de lombriz californiana para comercialización; planteándose como objetivo central de este estudio, el efecto agronómico de dos variedades de brócoli, con la interacción de dos densidades poblacionales de lombriz californiana en condiciones adecuadas.

Para el desarrollo de la parte práctica del estudio, se construyeron unidades experimentales con estructura de madera y plancha metálica de acero inoxidable, que fueron establecidas dentro de un invernadero; mismas que se rellenaron con estiércol ovino para realizar el trasplante de plántulas de brócoli y la siembra de lombriz californiana en las siguientes cantidades poblacionales a continuación. T1 y T2 0 lombrices, T3 y T4 250 lombrices y T5 y T6 400 lombrices, cada tratamiento de estudio con una superficie de un metro cuadrado; empleándose para este efecto un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, generándose seis tratamientos con tres repeticiones.

El resultado que se obtuvo durante el estudio de campo, demuestra que las plantas de los tratamientos T4 y T3 con una población de 250 lombrices, respondieron de una manera más eficiente, la asimilación de nutrientes disponibles en el medio de cultivo, durante el proceso de transformación del estiércol ovino en vermicompost, observando que la interacción lombriz – plantas de brócoli, tuvieron mejores resultados en la producción de la pella, generando un mejoramiento en el rendimiento de este cultivo; de similar manera, se observó el incremento poblacional de las lombrices en los tratamientos T4, T3, T5 y T6, obteniéndose, una mayor transformación de vermicompost, gracias a las condiciones medio ambientales del invernadero.

## SUMMARY

The present research brings new contribution with the implementation of a new production technique for the technical - productive field, carrying out an interaction of production, with a plants - animal association, under appropriate environmental conditions; cultivating broccoli (*Brassica oleraceae*, var. *Pirata* and var. *Futura*) in a substratum where at the same time sheep manure were transformed in vermicompost by the Californian worm (*Eisenia foetida*), this process brought out an organic product of favorable characteristic and two by-products: vermicompost also called humus of worm, which is an organic fertilizer with spectacular characteristic and the production of Californian worm for commercialization. The central objective of this research is the agronomic effect of two broccoli's varieties with the interaction of two populational densities of Californian worm, under controlled conditions.

For the development of the practical part of the research, experimental units were built with wooden structure and iron sheet made of stainless steel, that were established inside a greenhouse; those were stuffed with sheep manure to carry out the transplant of little plants of broccoli and the sow of Californian worms in the following population quantities. T1 and T2 0 worms, T3 and T4 250 worms and T5 and T6 400 worms, having each treatment of the research a square meter of surface; using a completely random design with an two-factorial arrangement, being generated six treatments with three repetitions.

The obtained result during field work, demonstrates that the plants of treatments T4 and T3 with a population of 250 worms, had a more efficient assimilation of the nutrients available in the substratum, during the process of transformation of sheep manure in vermicompost, observing that the interaction worm – broccoli plants, had better results in the inflorescence production (pella), generating an improvement in the performance of this crop; by the same way, a growth of the worms population were observed in treatments T4, T3, T5 and T6, obtaining a greater transformation of vermicompost, thanks to the environmental conditions of the greenhouse.

## **I. INTRODUCCION**

Actualmente en los países en vías de desarrollo, la agricultura orgánica adquiere una gran importancia social, por ofrecer productos orgánicos de buena calidad y con mejores características de ser saludables y libres de agentes químicos.

En varios sectores de la población boliviana, se cuentan con problemas muy serios con la producción de productos agrícolas, así mismo como la degradación de los recursos del suelo y agua debido al inadecuado uso de los mismos, la falta de rotación de cultivos, y principalmente el indiscriminado uso de plaguicidas y fertilizantes químicos en la producción de cultivos en áreas rurales.

Observando algunas de muestras realidades, también la producción agrícola que se desarrolla en los distintos departamentos de nuestro país, no cubre en su totalidad la demanda de productos alimenticios, dando lugar la producción agrícola urbana con el uso de productos orgánicos que puedan remplazar o sustituir la utilización de productos químicos. La implementación de los micro huertos familiares y el uso de la lombricultura, en nuestro medio y en especial en la ciudad de El Alto, donde se ha introducido la práctica de la producción de hortalizas a pequeña escala, ya sea en macetas, jardineras y/o la implementación de ambientes protegidos en los mismos predios familiares invernaderos, donde las familias de esta urbe se encuentran produciendo hortalizas de valor nutricional como espinacas, brócoli, coliflor betarraga nabos, lechugas y acelgas, que son de uso diario en la preparación de alimentos cotidianos.

### **1.1 Antecedentes y justificación**

En muchos países en desarrollo de América latina como Bolivia, a pesar de los avances agrícolas, la disponibilidad de alimentos no aumenta al ritmo necesario para satisfacer las necesidades nutricionales básicas de una población en rápido crecimiento y cada vez más urbana, mismo que hace que aumente la tasa de desnutrición y se amplíe la brecha alimentaria en cada una de las naciones de la región.

Con similares antecedentes de países como el nuestro, la FAO emprendió en 1994 el Programa Especial de Seguridad Alimentaria, ratificado por los mandatarios de América Latina y el Caribe en la cumbre mundial sobre la alimentación en 1996, para

implementar y ayudar a los países de bajos ingresos per cápita y déficit alimentario a aumentar su producción agrícola, mejorando el acceso a los alimentos mediante un enfoque multidisciplinario y participativo, como la preservación del medio ambiente.

La agricultura urbana y peri-urbana o agricultura de pequeña escala como se denomina en Bolivia, no es más que toda producción de alimentos vegetales o animales en pequeñas unidades de producción en el área urbana y periférica de los grandes centros poblados como las ciudades de La Paz y El Alto.

Se ha seleccionado la horticultura urbana como actividad pionera de este programa productivo, por la diversidad del contenido de vitaminas, minerales y proteínas en la dieta alimenticia de la población, y por las diferentes formas de desarrollarla, ya sea orgánicamente o mediante hidroponía. En este caso se planificó como prueba piloto en la ciudad de El Alto el programa de Micro huertos Populares Familiares, financiado por la FAO y ejecutado conjuntamente con la Honorable Alcaldía Municipal de El Alto, con la tecnología de producción orgánica e hidropónica, que fueron implementados en los distritos urbanos 1, 3 y 5, entre otros de esta ciudad.

El principio fundamental de este enfoque productivo se basa en la producción de alimentos y productos agrícolas en áreas urbanas como una posible solución de poder cubrir en parte el déficit de oferta y demanda de productos agrícolas, de las familias o habitantes de los centros periurbanos y urbanos poblados, y cerrar en lo posible la brecha alimentaria que da lugar a la proliferación de problemas de alimentación, como la desnutrición que causa otras enfermedades como la anemia, tuberculosis y otros, que a su vez generan la muerte de niños recién nacidos y en edad escolar.

El brócoli es una de las hortalizas poco cultivadas en nuestro país, debido a una serie de factores, como la falta de conocimiento de las propiedades que presenta este cultivo, y la utilización del mismo en el hábito alimenticio, sin embargo el brócoli es importante en la alimentación, principalmente porque posee cualidades nutritivas, como el alto contenido de vitaminas, agentes anticancerígenos, fibra vegetal y aminoácidos esenciales para el cuerpo humano.



## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto agronómico de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con la interacción de dos densidades poblacionales de lombriz californiana (*Eisenia foetida*).

### 2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la producción de la pella del cultivo de Brócoli en los distintos tratamientos de estudio.
- Evaluar el efecto de la interacción poblacional de lombriz y las variedades en estudio, con relación a las variables de respuesta.
- Determinar el incremento poblacional de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) en los distintos tratamientos.
- Realizar el análisis económico, del cultivo de brócoli y la asociación de lombriz californiana; bajo este sistema de producción orgánica.

### 2.3 Hipótesis

- No existe diferencia en la producción de la pella del cultivo de brócoli en los tratamientos de estudio.
- No existe efecto entre la interacción poblacional de lombrices y las variedades en estudio, con relación a las variables de respuesta.
- No existe un incremento poblacional de lombriz californiana en los distintos tratamientos en estudio.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cultivo del brócoli

##### 3.1.1 Origen del brócoli

Según Valadez (1993), diversos estudios concluyen que los tipos cultivados de *Brassica oleracea*, se originaron a partir de un único progenitor similar a la forma silvestre. Esta especie, fue llevada desde las costas atlánticas hasta el Mediterráneo; de tal manera que las especies de brócoli y coliflor cultivados, tuvieron una evolución en tiempo y lugar en el Mediterráneo oriental.

##### 3.1.2 Descripción taxonómica del brócoli

La siguiente descripción taxonómica del cultivo de brócoli, según la clasificación botánica de Rojas (2001), se presenta a continuación.

**Cuadro 1.** Descripción taxonómica del brócoli

<b>Clasificación Taxonómica del Brócoli</b>	
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Capparales
<b>Familia</b>	Brassicaceae
<b>Género</b>	Brassica
<b>Especie</b>	Brassica oleraceae
<b>Variedad</b>	italica Plenck.
<b>Nombre común</b>	Brócoli

##### 3.1.3 Descripción botánica del brócoli

Son consideradas como brócoli las coles de pella compacta que no forman brotes laterales, son de color verde y tienen algunas características morfológicas distintas, como las hojas, más anchas y no tan erguidas, con limbos que cubren generalmente en su totalidad el pecíolo, a no ser en las hojas muy viejas algunas variedades; tienen también los bordes de los limbos menos ondulados, nervaduras menos marcadas, así como pellas de mayor tamaño, de superficie menos granulada y sabor más suave (Montes 2008).



**Fotografía 1. Pella de brócoli**

Según Rodríguez (2010), el brócoli se diferencia de el coliflor por sus hojas más abundantes, mas dentadas y rugosas, en especial por crecer mas espigada; produce inflorescencias mucho mas alargadas de color verde oscuro o violáceo.

El mismo autor señala que al transcurrir de doce a quince semanas desde el transplante ya se puede realizar la cosecha de la pella o la inflorescencia, pero sin embargo el brócoli produce una segunda floración generando la producción de pellas o flores más pequeñas.

Existen bastantes diferencias en la consistencia de las pellas, indica Valadez (1993) y se encuentran variedades de grano muy apretado, en cuyo caso son más resistentes a la subida de la flor, mientras que otras son de tipo medio en relación con este carácter o bien de grano casi suelto que forman una superficie menos granulosa, como afelpada, las cuales son de poco aguante en estado de aprovechamiento para el mercado (fotografía 1).

### **3.1.3.1 Formas de las pellas**

De acuerdo a Bolea (2002) las formas de las pellas son las siguientes:

**a) Esférico:** la forma de las pellas es relativamente esférica, con base plana reducida, siendo el resto de forma redondeada hasta la cúspide.

**b) Abombado:** la base plana es más amplia que en el tipo esférico, la relación del diámetro a la altura es mayor y la forma de la superficie en su mitad superior es más amplia.

**c) Cónico:** los rudimentos florales forman aglomerados cónicos parciales, en conjunto toman la forma apuntada o cónica, especialmente apuntada en la cúspide de la pella.

**d) Aplanado:** la superficie superior de la pella es tan amplia como la base, siendo la relación diámetro-altura mayor que en el tipo abombado, resultando en conjunto una pella aplastada.

**e) Hueco:** es el tipo que forman las pellas más ramificadas interiormente por lo general tipo florete.

### **3.1.4 Variedades**

#### **3.1.4.1 Variedades híbridas**

Se llaman variedades híbridas a aquellas en las cuales el producto comercial se obtiene a partir del cruzamiento de dos líneas puras, dos híbridos simples o una línea pura y un híbrido simple. En cualquier caso, dado que un híbrido es siempre el resultado del cruzamiento de varias líneas puras, la obtención de estas últimas es el primer objetivo de un programa de selección de híbridos. (Reigosa, 2004).

A continuación se realiza la descripción de algunas variedades híbridas cultivadas en nuestro medio:

#### **a) Centenario**

Esta variedad híbrida presenta características de buena adaptación a climas fríos y medios, las cabezas tienen un peso aproximado de 2.5 kg, la pella es suave de color verde azulado, puede ser usado para procesamientos. La planta es vigorosa y tolerante al mildiu veloso, la pella está lista para su cosecha a los 90 – 100 días después del trasplante a suelo definitivo (Takii sed, 2011).

#### **b) Futura**

Variedad utilizada para la producción de floretes, presenta buena adaptación a condiciones adversas, facilita el corte de las cabezas de varios tamaños, alcanzando

rendimientos de 16 a 18 ton/Ha. El periodo de cosecha de esta variedad se encuentra entre los 70 – 95 días después del trasplante (Asgrow, 2011).

### **c) Variedad Pirata**

Esta variedad es utilizada para la producción comercial en mercados, el tamaño de la cabeza es de regular a grande, de forma cupular que facilita el control de hongos, la coloración que presenta es verde azulado de granos finos además de ser resistente al mildiu y fusarium, el tiempo de cosecha es de 70 días después del trasplante a suelo de cultivo definitivo, esta variedad puede alcanzar rendimientos de 22 a 28 ton/Ha (Seminis, 2011).

### **3.1.5 Fisiología vegetal**

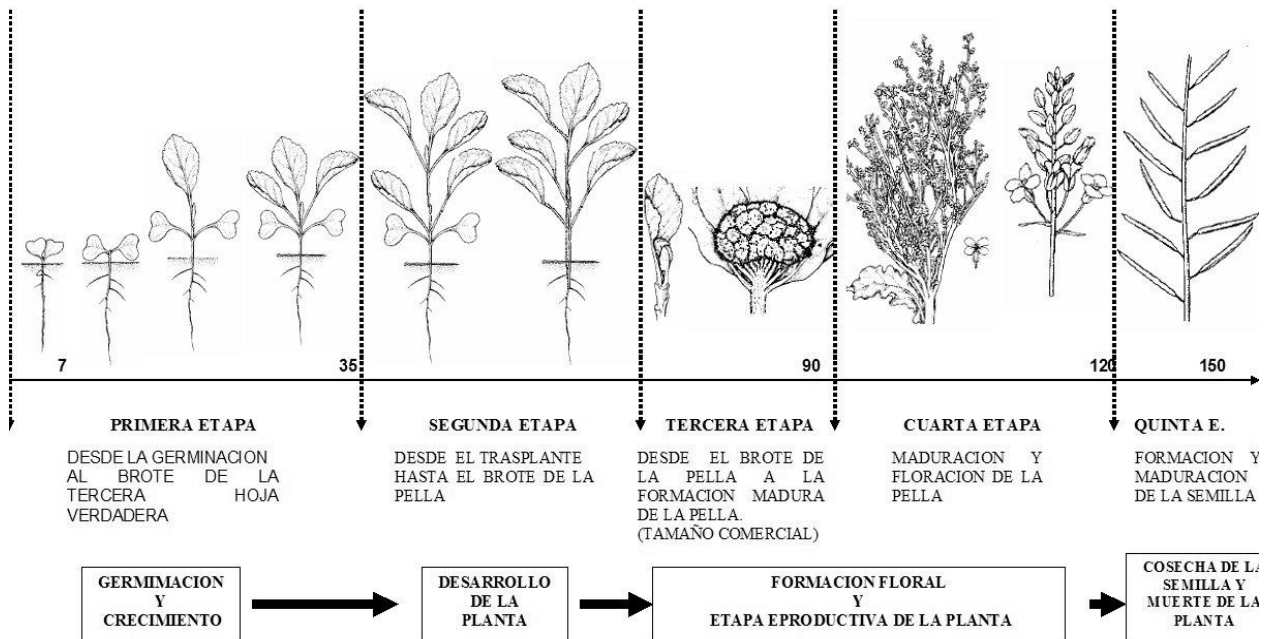
Parker (2000), define a la fisiología vegetal como el estudio de los procesos físicos y químicos de las plantas durante la realización de sus funciones vitales. Esta rama estudia las actividades básicas como la respiración, el crecimiento, desarrollo, metabolismo y fotosíntesis que realiza la planta.

#### **3.1.5.1 Fenología del Brócoli**

Según Bolea (2002), el cultivo del brócoli presenta un ciclo biológico de 150 días a 180 días desde la germinación de la semilla para dar origen a una nueva planta, hasta la etapa de maduración de la nueva semilla. El proceso de germinación dura alrededor de 10 a 12 días según la especie a cultivar, en el semillero o almaciguera, deben permanecer las plántulas por un tiempo de 35 días a 45 días antes de realizarse el trasplante a suelo de cultivo definitivo; desde el trasplante del semillero o almaciguera a la cosecha de la pella del brócoli, transcurren alrededor de 70 días a 100 días, según la variedad utilizada y las condiciones climáticas dónde se cultiva; el proceso de maduración de la pella hasta la floración final como tal se realiza aproximadamente entre los 90 días a los 120 días dependiendo de la variedad, el tipo de clima y del lugar de cultivo, de aquí en adelante si la flores son fecundadas se produce la formación de los frutos y maduración de las semillas hasta llegar entre los 150 días y 180 días para obtener nuevamente la semilla y dar comienzo a una nueva generación de brócoli.

El gráfico 1 presenta el ciclo fenológico del cultivo de brócoli, explicando las etapas de desarrollo que presenta este cultivo.

**Gráfico 1.** Ciclo fenológico del brócoli



### 3.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos

#### 3.1.6.1 Clima

El brócoli (*Brassica oleracea* L.), es sensible al ambiente en el cual se cultiva. Se desarrolla mejor en climas templados y húmedos, pues es sensible a la falta de humedad y más si esta formando pella. En regiones calientes el brócoli forma una cabeza de mediana a pequeña, de cuyo centro salen hojas pequeñas (Bolea, 2002).

#### 3.1.6.2 Temperatura

El brócoli responde mal a las bajas temperaturas por debajo a los 0°C, afectándole además las altas temperaturas >28°C. La temperatura óptima para su ciclo de cultivo oscila entre 15.5 - 25.5 °C. Las variedades y su ciclo se cultivan en relación con las posibles heladas donde se presenten. En estos casos se utilizarán variedades cuyas

hojas arropen las pellas cuando alcancen su tamaño de mercado, debiendo cosecharlas antes de que las hojas se abran y dejen de proteger la pella que puede ser dañada entonces por las heladas. (Rodríguez, 2010)

Para el óptimo desarrollo requiere de temperaturas alrededor de los 8°C y los 20°C, así mismo puede adaptarse a temperaturas de 2°C y 25°C en ambientes controlados (SAKATA, 2011).

Bolea (2002) afirma que la temperatura juega un papel predominante en el cultivo de brócoli, indicando las temperaturas más apropiadas, para cada una de las fases de desarrollo del cultivo de brócoli reportando las siguientes:

**a) Temperatura para la germinación:** la germinación de la semilla de brócoli, se produce entre los cuatro y diez días desde la siembra en almaciguera, siendo la temperatura óptima entre 12°C y 14°C; el mínimo de temperatura vegetativa se encuentra entre 1°C y 5°C temperaturas que hacen que la semilla tarde su germinación entre diez y catorce días.

**b) Fase inicial de crecimiento:** esta fase inicia después del trasplante de la almaciguera y el proceso de adaptación y regeneración radicular de la plántula, en esta fase de crecimiento la temperatura debe ser moderada, lo que más perjuicio ocasiona, es que se mantenga prolongadamente una temperatura inferior a los 15°C, pues con ello se inicia una inducción floral prematura del brócoli.

**c) Fase juvenil:** es cuando la planta comienza a desarrollar, la temperatura debe ser constante entre los 18°C y 20°C, pero si la temperatura permanece durante este periodo entre 10°C y 12°C, se produce la inducción floral en la planta, pero si la temperatura es superior a los 25°C se producen efectos perjudiciales en la formación de la pella.

**d) Fase de formación de la pella:** en este periodo, la temperatura tiene una importancia relativa, pudiendo oscilar entre los 2°C y 20°C en la última fase, las temperaturas tienen escasa importancia, ya que en la planta se activan los genes que hacen resistentes las mismas a heladas, haciendo que las hojas arropen las pellas o cabeza de brócoli según la variedad de cultivo.

### **3.1.6.3 Luminosidad**

Según Bolea (2002) una luminosidad deficiente durante la formación de la pella, influye desfavorablemente en la calidad de las mismas. Por el contrario un exceso de luz produce un cambio de coloración.

Según SAKATA (2011) menciona que el brócoli, requiere de un fotoperiodo entre 11 a 13 horas luz, para su óptimo desarrollo ya que el brócoli se encuentra dentro las hortalizas de día corto que requieren menos de 14 horas luz al día.

### **3.1.6.4 Suelo**

El brócoli es más exigente en cuanto al suelo que los restantes cultivos de su especie, necesitando suelos con buena fertilidad y con gran aporte de nitrógeno y de agua. En tierras de mala calidad o en condiciones desfavorables no alcanzan un crecimiento óptimo. Es un cultivo que tiene preferencia por suelos porosos, no encharcados, pero que al mismo tiempo tengan capacidad de retener la humedad del suelo. El pH óptimo está alrededor de 6.5 – 7; en suelos más alcalinos desarrolla estados carenciales. Frecuentemente los suelos tienen un pH más bien elevado, por tanto se recomienda la aplicación de abonos que no ejerzan un efecto alcalinizante (Leñado, 2009).

Según Rodríguez (2010) el brócoli se adapta bien a suelos francos y a los arcillosos, que posean altos contenidos de materia orgánica y excelente retención de humedad y buen drenaje, con preferencia que posean estructura suelta y granular.

Los suelos para el cultivo de brócoli, deben ser de preferencia arcillo-arenosos, húmedos con buen drenaje, ya que el brócoli al igual que la coliflor son exigentes en materia orgánica, pero se debe evitar las aplicaciones excesivas, ya que perjudica la calidad del final del producto. Para una buena producción se puede utilizar estiércol de vaca descompuesto y humus de lombriz o compost (Limongelli, 2005).

### **3.1.6.5 Fertilización**

El brócoli proviene de parientes híbridos por el cual debe abonarse con mayor generosidad, al igual que se puede complementar con la aplicación de caldos microbianos, caldos de humus de lombriz o con la aplicación de lixiviados de vermicompost de lombriz californiana. La fertilización del brócoli debe realizarse cinco



veces más que un cultivo tradicional o convencional. Las dosis de aplicación es de 150 g por planta (Rodríguez 2010),

### **3.1.7 Manejo agronómico del cultivo de brócoli**

#### **3.1.7.1 Almacigo y trasplante del cultivo**

La siembra del cultivo de brócoli debe realizarse con preferencia en almacigueras, bandejas alveoladas o semilleros al aire libre indica Rodríguez (2010), cuando las plantas cuentan con 3 a 5 hojas verdaderas y alcanzan entre 10 a 15 cm de altura, se realiza el trasplante al suelo definitivo o la unidad de producción, en marco de plantación de 30 cm entre plantas y de 35 cm entre surcos.

Algunas de las precauciones que deben tenerse al momento del trasplante son: escoger plántulas fuertes con 4 a 6 hojitas. Evitar el daño a las raíces y la excesiva compactación del suelo, escoger el mejor momento para el trasplante y no enterrar demasiado las plántulas de tal manera que el cuello quede sobre el suelo. No podar las raíces y las hojas, mojar la tierra antes o al momento de transplantar las plántulas (Cáceres, 2009).

Según Bolea (2002), para el cultivo del brócoli los almácigos se deben preparar y almacigar 35 días antes del trasplante al lugar de cultivo definitivo. Realizando camas o platabandas de un metro de ancho y largo, y una altura de 25 cm de profundidad, donde se agrega el sustrato preparado en base a tierra vegetal, tierra del lugar, humus de lombriz y arena fina; este sustrato debe retener humedad. Las semillas se deben sembrar a una distancia entre hileras de 10cm – 12cm de distancia y a una distancia entre semillas de 1cm, la profundidad recomendable y óptima de siembra es de medio centímetro o cinco veces el diámetro de la semilla. Luego se cubre la siembra con una capa fina de vermicompost cernido o arena fina cernida, colocando una capa final de paja o una malla fina de color claro. Después de ocho o diez días germinan las semillas, dando lugar a las nuevas plántulas, el trasplante se debe realizar cuando las plántulas de brócoli presenten de cuatro a cinco hojas verdaderas y diez y doce centímetros de altura, esta etapa dura alrededor de treinta 35 días a 45 días desde la siembra, seleccionando de este cultivar, las mejores plántulas, robustas, con tallo recto, corto y hojitas bien desarrolladas.

### **3.1.7.2 Dinámica del estrés en el proceso de trasplante**

Reigosa (2004) indica que la planta esta expuesta durante su ciclo de vida a cambios o variaciones estacionarias, condiciones ambientales, trasplantes y otros, las plantas están aclimatadas y responden a esas condiciones físicas y ambientales cambiantes de modo rápido y flexible, con fluctuaciones recurrentes del metabolismo células y de las actividades fisiológicas que marcan un determinado patrón de desarrollo. La definición de estrés lleva implícito un proceso dinámico donde se pueden distinguir cuatro fases secuenciales en la respuesta al estrés debido al cambio de ambiente, cambio de sustrato por un proceso de trasplante, con sus eventos característicos siguientes:

#### **a) Fase de respuesta**

Esta fase es la reacción de alarma, comienzo del estrés, ocurriendo eventos como: desviación de la forma funcional, reducción o aumento anormal de la actividad fisiológica, desestabilización estructura, disminución de la vitalidad donde los procesos catabólicos exceden a los anabólicos.

#### **b) Fase de restitución**

Este es un estado de resistencia pero el estrés continúa y sus procesos son: proceso de aclimatación, proceso de reparación y endurecimiento que es la reactivación, ajuste y estabilización de los procesos.

#### **c) Fase Final**

Este estado es un proceso de agotamiento, estrés de larga duración, cuyos procesos son: Intensidad del estrés demasiado alta, sobrecarga de la capacidad de aclimatación, inicio del proceso de senescencia, daño crónico y muerte celular.

#### **d) Fase de regeneración**

En esta fase se realiza la regeneración parcial o completa del funcionamiento fisiológico, cuando el agente estresante es eliminado y el daño no ha sido muy intenso.

### **3.1.7.3 Marco de plantación**

Según Hidalgo (2007) para establecer una hectárea de brócoli se necesita de 30.000 a 40.000 plantas, las mismas que serán ubicadas a una distancia de 40 – 50 cm. entre

plantas y de 60 – 75 entre surcos. El transplante se debe realizar con suelo húmedo y en días nublados y/o frescos.

Bolea (2002) indica que la distancia adecuada entre surcos es de 60 – 70 centímetros de surco a surco y la distancia adecuada entre plantas es de 30 – 40 centímetros entre plantas en campo abierto; pero en producción intensiva, se puede realizar los trasplantes a una distancia entre surco de 30 – 45 centímetros y la distancia entre plantas de 30 – 40 centímetros.

#### **3.1.7.4 Cosecha del cultivo**

Según Rodríguez (2010) la inflorescencia o pella del brócoli pueden cosecharse, cuando estas alcanzan una buena dimensión, es de cosecha periódica y debe realizarse antes de que entre a la etapa de la apertura y maduración de la flor. El brócoli da lugar a una segunda cosecha, pero en esta los brotes son más pequeños que los iniciales; uno de los parámetros importantes para realizar la cosecha es cuando las inflorescencias o pellas se encuentran en estado verde y apretados de forma muy compacta, al mismo tiempo deber tener un peso aproximado o superior a los 150 gr. cada uno.

Las pellas de los brócoli son seleccionados por tamaño y grado de compactación de la cabeza o inflorescencia. Cabezas maduras tienen al menos 15 cm (6 pulgadas) de diámetro. Partes florales protuberantes o sueltas, que crean una apariencia granulosa, son señal de sobre madurez (Leñado, 2009).

La cosecha de brócoli se lleva a cabo cuando el domo o pella está bien formado y compacto, entre los 90 y 115 días después del transplante, dependiendo de la variedad. Normalmente, se corta dejando 3 – 4 pulgadas de tallo. El personal de cosecha debe tener las uñas cortas para evitar daños en las cabezas. Se debe evitar golpes al momento de la cosecha. Su transporte debe ser en cestas. Es recomendable cosechar por la mañana para preservar la vida de anaquel ya que es un producto altamente perecedero y el mercado no siempre paga el uso de cuartos fríos (USAID, 2008).



**Fotografías 2 y 3:** izquierda, diámetro y compactación de la pella de brócoli antes de la cosecha, la derecha cosecha de la pella de brócoli.

### 3.1.8 Principales plagas y enfermedades del brócoli

#### 3.1.8.1 Plagas del Brócoli

##### a) Pulgón del brócoli (*Brevicoryne brassicae*)

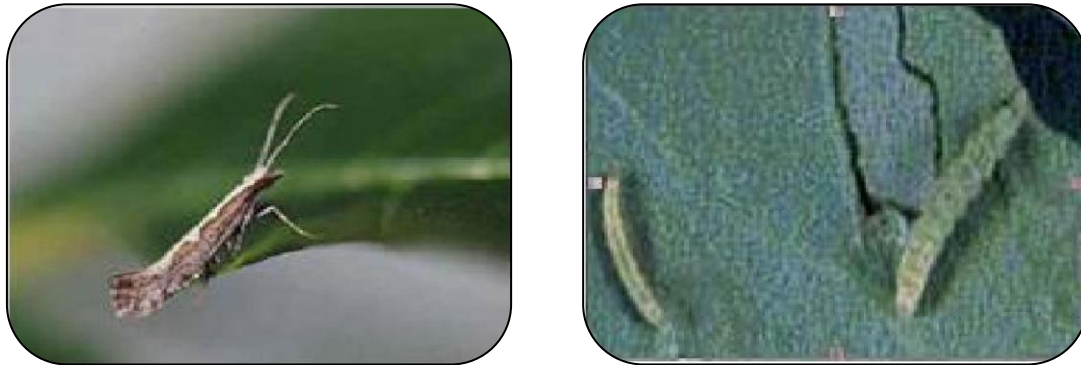
Ramírez *et al.* (2008) señalan que el pulgón del brócoli es un vector pertenece al orden homóptera, de la familia Aphyidae, se le considera como plaga secundaria, pero potencialmente pueden convertirse en plagas de importancia económica, ya que pueden producir hijos sin necesidad de aparearse, con la ayuda del viento pueden desplazarse hasta 1.000 Km principalmente son transmisores de enfermedades virales como el virus del mosaico del coliflor en brassicas. Son insectos chupadores, que succionan la savia de las hojas y yemas florales (fotografías 4 y 5).



**Fotografías 4 y 5:** izquierda, pulgones alados en hoja de la planta de brócoli; la derecha colonia de pulgones succionando savia de las hojas de la planta de brócoli.

### **b) Polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella*)**

La polilla de las crucíferas, llamada también como palomilla de la col (fotografías 6 y 7), ataca principalmente a cultivos como la col, coliflor, romanosco y brócoli. Es un lepidóptero de la familia Plutellidae; sus huevos son ovales, de color blanco amarillento, su larva completamente desarrollada mide de 10 – 12 mm de longitud, su coloración varía de verde azulado a verde pálido, las larvas recién eclosionadas son minadoras, raspando el envés de las hojas y dejan la cutícula del haz semejante a una serie de ventanas; en sus últimos estados perforan formando agujeros irregulares. El periodo larval tarda de 15 – 20 días; el adulto es una polilla de 12 – 15 mm de envergadura (Ramírez *et al.*, 2008).



**Fotografías 6 y 7:** izquierda, polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella*), en su estadio adulto; la derecha larvas de polilla de las crucíferas, raspando el envés de las hojas de brócoli.

### **c) Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)**

La mosca blanca es un insecto que ataca en especial a las hojas de las plantas (fotografía 8), conocido normalmente como mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*); este insecto pertenece a la familia Aleyrodidae del Orden Homóptera, el insecto adulto mide de 2 – 3 mm de longitud, su coloración es blanca con un punto de escamas amarillas en la región pro torácico y meso torácico, es un insecto picador chupador que es transmisor de virus. (Ramírez *et al.*, 2008).



**Fotografía 8:** mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), en su estadio adulto alimentándose de la savia de la planta de brócoli.

La tabla 1, resume a las principales plagas del cultivo de brócoli, el efecto y su método tradicional de control.

**Tabla 1.** Principales plagas de cultivo de Brócoli y métodos de control

<b>PRINCIPALES PLAGAS DEL BRÓCOLI Y METODO DE CONTROL</b>			
<b>INSECTO PLAGA</b>	<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>EFFECTO</b>	<b>METODO DE CONTROL</b>
<b>Pulgón del brócoli</b>	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Picador chupador Ataca las hojas tiernas , brotes apicales y brotes florales, Deformaciones y encintado de las hojas se alimenta de la savia de las plantas	Control químico Insecticida Aphycida
<b>Polilla de las crucíferas</b>	<i>Plutella xylostella</i>	Larva minadora "Lepidóptero" Ataca las hojas consumiendo haz y envés causa daños considerables	Control químico recomendado insecticida sistémico de amplio espectro
<b>Mosca blanca</b>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Picador chupador Ataca a las hojas por el envés	Control químico con insecticida Producto recomendado en nuestro medio "Actara"
<b>Gusano de la col</b>	<i>Pieris brassicae</i>	Ataca a la parte foliar de la planta, consumiendo las hojas en su totalidad	Aplicación de cebos, Control químico Insecticida específico para esta especie

### 3.1.8.2 Enfermedades del brócoli

#### a) Hernia del brócoli (*Plasmodiophora brassicae*)

Agrios (1991) indica que la *Plasmodiophora brassicae*, según las clasificaciones clásicas de patógenos de las plantas corresponde al grupo de los hongos inferiores, clase *Myxomicetes*; sus síntomas principales es la formación de tumores en las raíces. Cuando hay ataque de este hongo, las vías vasculares de las plantas se ven obstruidas y repercute en una hidratación y nutrición poco adecuadas de la planta. Es por esto que otros de los síntomas que se pueden encontrar frente a este ataque es el marchitamiento, amarillamiento y cambios de coloración e incluso cambios de la inflorescencia del brócoli. Este tipo de esporas necesita por lo general, heridas hechas por el manejo cultural y otros microorganismos para poder infectar a nuevos hospederos.

#### b) Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*)

Según Agrios (1991), los síntomas más conocidos por la afección de este patógeno, son el necrosamiento de las plántulas y la pudrición de la raíz, así como la pudrición y necrosis del tallo de las plantas adultas en el proceso de crecimiento. Con frecuencia en las crucíferas, antes de que la planta muera el tallo se ennegrece, se dobla o retuerce pero no se rompe, dándole a la enfermedad el nombre de tallo de alambre. El control generalmente se lo hace con la obtención de variedades resistentes y tolerantes a la enfermedad, un manejo adecuado del riego especialmente en el almácigo y en el momento del trasplante.

#### c) Mancha foliar (*Alternaria brassicae*)

Los síntomas de esta enfermedad se presentan en las hojas, tanto en el haz como el envés, observándose manchas necróticas de forma circular y la formación de anillos en diferentes sectores de la superficie de las hojas de la planta, esta enfermedad es causada por el agente causal *Alternaria brassicae*. Este patógeno perjudica de gran manera el proceso fotosintético, deteriora la calidad de la pella, dificultando la comercialización; además de formar focos de infección dentro del cultivar (Porco 2009).

**d) Dumping-off (*Pythium sp.*, *Rhizoctonia ssp.*, *Fusarium ssp.*)**

Según Suquilanda (2003) el dumping off, más conocido como la pudrición del cuello, es una enfermedad causada por una asociación de hongos *Pythium sp.*, *Rhizoctonia ssp.*, y *Fusarium ssp.*, que atacan a las plántulas durante el proceso de brotación y crecimiento en las almacigueras, el síntoma principal que se puede observar por el ataque de esta asociación es el ennegrecimiento y deshidratación de la plántula a partir de la base del suelo y el comienzo del cuello de la plántula hacia la base de la apertura de los cotiledones. Esta enfermedad se puede prevenir con un adecuado manejo en el riego y el desinfectado del sustrato en las almacigueras.

La tabla 2, resume a las principales enfermedades del cultivo de brócoli, agente causal, el efecto y su método tradicional de control.

**Tabla 2.** Principales enfermedades del Brócoli y métodos de control

PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL BRÓCOLI CAUSADAS POR HONGOS Y METODOS DE CONTROL				
ENFERMEDAD	HONGO	EFECTO	METODO DE CONTROL	
			Prevención	Control
<b>Dumping-off</b>	<b>ASOCIACIÓN</b> <i>Pythium sp.</i> <i>Rhizoctonia ssp.</i> <i>Fusarium ssp.</i>	Necrosis y estrangulamiento del cuello de las plántulas, acame y muerte en almacigueras	Adquirir semillas de buena calidad, control del riego y humedad de la almaciguera	Aplicación de fungicida y desinfección de sustrato
<b>Hernia del brócoli</b>	<i>Plasmodiophora brassicae</i>	Formación de tumores, vías vasculares obstruidas, cambios de coloración en las hojas, marchitamiento.	Adquirir semillas de buena calidad	Aplicación de fungicidas recomendados
<b>Rhizoctonia</b>	<i>Rhizoctonia solana</i>	Estrangulamiento y necrosis del cuello en plántulas. Manchas necróticas en el cuello en plantas adultas	Adquirir semillas de buena calidad, control en la humedad y tiempos de riego.	Aplicaciones a base de <i>Trichoderma viride</i> o hidróxido de cobre.
<b>Mancha foliar</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Lesiones circulares oscuras en los anillos concéntricos	Adquirir semillas de buena calidad, rotación de cultivos	Aplicación de fungicida sistémico al follaje. Eliminación de hojas infectadas



### 3.1.9 Procedimiento técnico de selección del producto

Según Barboza et al. (2002), para la selección, clasificación y categorización de productos alimenticios de consumo y de comercialización, se deben tomar distintos parámetros, como identificación del lote, procedencia, clasificación de calidad (extra, primera, segunda), calibres (extra grande, grande, mediano y pequeño) para cada producto, dando así un parámetro de valor comercial y monetario en precios máximos y mínimos de venta por categoría de calidad y calibre en su comercialización.

#### 3.1.9.1 Defectos

Para los parámetros de selección de producto final (inflorescencias) de pellas de brócoli y coliflor se toman en cuenta lo siguiente de acuerdo a (Barboza et al., 2002):

##### a) Defectos críticos

- Herida, daño o lesión grave
- Podredumbre
- Sobre maduro
- Marchites (pasado, amarronamiento y falta de turgencias de la pella)

Los parámetros de tolerancia por el tipo de defectos, se detallan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Tolerancia por tipo de defectos

<b>Tolerancias por categoría según el tipo de defecto</b>			
<b>Defectos</b>	<b>Extra</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>Defectos críticos (%)</b>	5	10	20
<b>Defectos totales (%)</b>	5	20	40

**Fuente:** Barboza (2002).

## **b) Defectos no críticos**

- Manchas
- Deformación leve
- Herida, daño o lesión leve
- Decoloración de la pella

### **3.1.9.2 Parámetros de calidad para la pella de brócoli**

Para Bustos (2006) y Huertos (2010), presentan los siguientes parámetros de calidad para la pella de brócoli a continuación:

#### **a) Tamaño**

Las pellas por su tamaño pueden clasificarse en:

- Pellas pequeñas: cuando el diámetro esta comprendido entre 5 – 10 cm.
- Pellas medianas: cuando el diámetro esta comprendido entre 10 – 18 cm.
- Pellas grandes: cuando el diámetro es mayor a 18 cm.

#### **b) Forma**

La forma más idónea del brócoli es, domo y piramidal, con el fin de que el agua de lluvia no quede retenida en su superficie y malogre las pellas con el ataque de hongos y bacterias.

#### **c) Color**

La coloración más adecuada para procesos agroindustriales y de comercialización, es de cosechar cuando la pella del brócoli presente una tonalidad verde claro según la variedad que se encuentre produciendo, siendo que cuando son transportadas a los mercados para su comercialización estas maduran a una coloración verde oscura.

#### **d) Estado Fitosanitario**

El estado fitosanitario de las pellas es uno de los principales requerimientos de calidad. Las pellas deben estar libres de organismos fitopatógenos que alteren la presentación del producto final, y que por en riesgo su calidad.

### e) Grado de compactación

La pella del brócoli se encuentra en un estado bien compacto, cuando las yemas individuales y los racimos florales sobre el tallo esta generalmente cercanos y juntos, de modo que en lo alto del racimo no tengan un aspecto desigual o se sienta muy suave.

#### 3.1.10 Valor nutricional del brócoli

El brócoli ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible. Su aporte de vitamina C, B2 y vitamina A es elevado; además suministra cantidades significativas de minerales como se observa en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Valor nutricional del brócoli

<b>Valor nutricional del brócoli por 100 g de producto comestible</b>	
Proteínas (g)	5.45
Lípidos (g)	0.3
Glúcidos (g)	4.86
Vitamina A (U.I.)	3.500
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	100
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	210
Vitamina C (mg)	118
Calcio (mg)	130
Fósforo (mg)	76
Hierro (mg)	1.3
Calorías (cal)	42-32

**Fuente:** Bustos (2006)

#### 3.1.11 Calibrado de la pella de brócoli

Las clases de calibres se definen sobre la base del mayor diámetro (diámetro transversal mayor o diámetro ecuatorial mayor) de la pella (brócoli y coliflor), expresado en centímetros como se puede observar en las tablas 4 y 5 a continuación. (Barboza et al., 2002).

**Tabla 4.** Parámetros de selección de calidad del producto

<b>CALIBRE</b>	<b>DIÁMETRO (cm)</b>
<b>Grande</b>	Mayor a 20
<b>Mediano</b>	12 a 20
<b>Chico o pequeño</b>	Menor a 10

Fuente: Barboza et al., (2002)

Según el SENASA – Argentina (2009), la clasificación de las pellas de brócoli por tamaño están dadas por el diámetro de la pella del brócoli expresado en centímetros.

**Tabla 5.** Parámetros de selección de calidad del producto

<b>CALIBRE</b>	<b>Brócoli Francés o de cabeza (Brassica oleracea L.).</b>
	<b>DIÁMETRO (cm)</b>
<b>Extra grande</b>	Mayor a 25
<b>Grande</b>	De 21 a 25
<b>Mediano</b>	De 10 a 20
<b>Chico</b>	De 5 a 10
<b>MANOJO</b>	<b>Brócoli Italiano (Brassica oleracea L.)</b>
	<b>PESO EN KILOGRAMOS (kg)</b>
<b>Chico</b>	Cuarto Kilogramo (1/4 kg) a Medio kilogramo (1/2 kg)
<b>Mediano</b>	Medio kilogramo (1/2 kg) a dos Kilogramos (2 kg)
<b>Grande</b>	Más de dos Kilogramos (2 kg)
<b>PRESENTACION DEL PRODUCTO</b>	
Los brócolis deberán ser cortados para su comercialización entre cinco y diez centímetros desde la inserción floral hacia el tallo principal, mismo que deben ser atados con una rafia, hilo u otro materia que no trasmite olor o cambie el sabor del producto u ocasione afecciones al producto.	

Fuente: SENASA Argentina (2009).

### 3.2 Anélidos

La descripción que realiza Edwards (1996) citado por Benzing (2001), define que los anélidos son gusanos anillados que incluyen desde los mas visibles y conocidos que son las lombrices. Que forma parte de la clase Oligochaeta con un total de siete mil especies distintas. Esta constituye la mayor parte de la biomasa animal en muchos suelos, y son grandes promotores de la vegetación, así mismo perforan y aflojan el suelo generando mediante su consumo, deyecciones con importantes compuestos llamados humus de lombriz que es un gran abono para el cultivo de hierba, hortalizas y granos entre otros.

### 3.2.1 Lombriz Roja Californiana

La lombriz californiana (*Eisenia foetida*) puede vivir hasta los dieciséis años de vida, por lo general pesa un gramo y puede alcanzar un tamaño de seis a diez centímetros de largo, es considerado un animal menor que respira por la piel, se alimenta de todo tipo de desechos orgánicos. El aparato digestivo de la lombriz, humifica en pocas horas lo que tarda años en la naturaleza, expulsando el 60% de la materia orgánica después de su digestión, así mismo la tierra que pasa por la lombriz tiene cinco veces más nitrógeno, siete veces más potasio y el doble de calcio y magnesio. En dos metros cuadrados y treinta centímetros de altura, pueden vivir cien mil lombrices, capaces de producir dos kilos de humus al día, es hermafrodita insuficiente, alcanzando su madures sexual a los dos meses de vida, reproduciéndose cada siete a catorce días, depositando un cocon que contiene de dos a veinte huevos en su interior que eclosionan a los 21 días. (Brechelt, 2004).

Según Ferruzzi (1988), citado por Quino (1991); la lombriz californiana es conocida desde tiempos inmemoriales como el animal ecológico por definición, el mismo que transforma los residuos de la sociedad humana, animal y vegetal, convirtiéndolas en un humus de optima calidad, que devuelve al suelo, revitalizándolo además de ser muy útil y conocido en el empleo de su carne y los beneficios que se pueden conseguir de este pequeño animal.

*Eisenia foetida* más conocida como lombriz roja californiana, llevo a Bolivia hace 3 décadas, importada desde Estados Unidos, especialmente para la producción de humus. (CIPCA, 2008).

Vieira (1997) señala que la lombricultura es una biotecnología centrada en la crianza de lombrices con el objeto de reproducirlas. Esa reproducción puede ser variable dependiendo de la época del año como así también del tipo de compostaje que se utiliza para alimentarlas. Las lombrices son hermafroditas incompletas, tienen los dos sexos completos y a los 3 meses comienzan a reproducirse haciéndolo durante toda la vida, así mismo las épocas de reproducción son durante todo el año no habiendo por lo tanto épocas definidas para que se realice la misma. El apareamiento se produce durante la noche sobre la superficie del suelo y suele durar de 30 minutos a 4 horas

produciendo una cápsula cada 7 a 10 días y luego de 14 a 21 días de incubación eclosionan aproximadamente de 4 a 20 lombrices hijas.

La producción en cautiverio de lombrices alimentadas con estiércol bovino origina cocones más prolíficos, ya que los mismos originan mayor número de crías por cocon (Gunadi, 2003).

Por su parte Tineo (1991) define a la lombricultura es definida como la crianza y manejo de lombrices en cautividad, con la finalidad básica de obtener de ellas, productos de mucha importancia para la agricultura del hombre, uno de ellos es la obtención del humus como uno de los fertilizantes más completos y de excelente calidad.

### 3.2.1.1 Clasificación sistemática de la lombriz

La siguiente clasificación sistemática de la lombriz ha sido descrita por Ferruzzi (1988), en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Descripción taxonómica de la lombriz californiana

<b>Clasificación Sistemática</b>	
<b>Reino:</b>	Animal
<b>Sub reino:</b>	Metazoos
<b>Tipo:</b>	Anélido
<b>Phylum:</b>	Protostomía
<b>Clase:</b>	Anélido
<b>Orden:</b>	Oligochaeta
<b>Familia</b>	Lumbricidae
<b>Genero</b>	Eisenia
<b>Especies:</b>	Eisenia Foetida
<b>N. Común</b>	Lombriz roja californiana

**Fuente:** Ferruzzi (1988).

Pineda (2006), hace énfasis en que la crianza de lombriz esta desarrollándose con nuevos métodos y la utilización de distintas especies, para la descomposición de los residuos orgánicos, carnada de pesca, alimentación de animales domésticos, producción de humus y cultivo de hortalizas en áreas urbanas y peri urbanas, realizando una explotación comercial de las especies descritas en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Descripción de especies de explotación en la lombricultura

<b>Especies más explotadas</b>		
<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>
<b>Megascolicidae</b>	Eodrilus	eugeniae
	Perionyx	excavatus
	Pheretima	hawaiana
	Pheretima	asiática
<b>Lumbricidae</b>	Eisenia	foetida
	Lumbricus	rubellus
	Lumbricus	terrestres

**Fuente:** Ferruzi (1988).

### 3.2.1.2 Morfología

Según Ferruzzi (1988); citado por CIPCA (2008), en la lombriz se aprecian exteriormente numerosos surcos, que indican una división interna del cuerpo, gran número de secciones o segmentos que se distinguen en la parte dorsal más que en la ventral, por lo que presenta una simetría bilateral. Presenta dos extremos uno anterior y otro posterior, siendo el extremo anterior el más puntiagudo de los dos, la parte posterior de la lombriz es de una forma un poco más aplanada en el sentido dorso – ventral. A 1/3 de la distancia del extremo anterior, se pronuncia un ensanchamiento llamado clitelo, que esta formado por una estructura glandular que segrega el “capullo”, en el que se depositan los huevos una vez fecundados; luego a este segmento cada segmento va provisto de 3 a 4 quetas o cerdas, que pueden retraerse en el interior de unos pequeños sacos.

La lombriz es un organismo biológicamente simple, su peso total lo constituye el agua en un 80% a 90%; presenta variaciones de colores debido a los pigmentos protoporfirina y éster metílico, que la protege de la radiación de luz ultravioleta (Pineda, 2006),

Estudios realizados por Murray (2007), indica que la lombriz externamente presenta una cabeza bien definida, la boca se encuentra situada en el extremo anterior y que se encuentra rodeada por el primer segmento, así mismo presenta el prostoma que puede usarse como una puerta para cerrar la boca, el prostoma esta provisto de órganos

sensitivos. En el otro extremo del animal se abre otro punto de comunicación con el mundo externo que es la cavidad anal. Existe también, pequeños orificios que comunican las cavidades de cada segmento con el exterior y que se apertura en línea dorsal media entre los surcos correspondientes a los segmentos continuos.

### **3.2.1.3 Características externas de la lombriz californiana**

Las características externas han sido descritas a continuación por Pineda (2006) como sigue:

#### **a) Color**

El color no siempre lo determina el pigmento de la piel, sino que a veces el contenido de la sangre o el contenido del intestino, el mismo que se manifiesta a través de las paredes del cuerpo; no obstante las especies detritivoras (las que se alimentan de materia vegetal o estiércol animal), la pared corporal se encuentra coloreada intensamente con pigmentos rojos, identificados como protoporfirina, mientras que las geófagas (se alimentan exclusivamente de suelo y materia orgánica), generalmente son de color pálido.

#### **b) Forma**

La forma del cuerpo de la lombriz presenta una forma cilíndrica que varía de acuerdo a su tamaño de 5 a 30 cm de largo y un diámetro de 5 a 25 mm, variando el número de segmentos de 80 a 175 anillos.

#### **c) Segmentos**

Los segmentos llamados metámeros, que son anillos distribuidos en todo el cuerpo; que generalmente comprende entre 80 a 175 anillos dependiendo el tamaño; entre cada uno de ellos existen surcos ínter segmentarios que los une, tanto los órganos internos como la pared del cuerpo.

#### **d) Prostomio**

El prostomio, es una pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento, del cual esta separado por un surco.



#### **e) Peristomio**

Es denominado peristomio al primer segmento donde se encuentra la boca, este mismo no presenta cerdas o quetas.

#### **f) Quetas o cerdas**

En cada segmento, con excepción del primero, posee cuatro pares de quetas o cerdas, que están provistas de cuatro músculos, cuya función es la locomoción corporal de la lombriz.

#### **g) Nefridioporos**

Los nefridioporos son pequeñas aberturas pares, excretoras que se encuentra en cada segmento del cuerpo, que cumplen la función de excretar un líquido amarillento denominado orina.

#### **h) Poros permatecales**

Estos poros son raramente ausentes, se encuentran ubicados entre los surcos ínter segmentarios.

#### **i) Poros femeninos**

Estos poros son como oviductos cortos, que se abren en la cara ventral del segmento número catorce durante la copulación.

#### **j) Poros masculinos**

Los poros masculinos se encuentran ubicados en la cara ventral del segmento quince, contando este segmento con un solo par de poros.

#### **k) Surcos seminales**

Están ubicados en los segmentos nueve y diez, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante el intercambio de esperma en la copulación.

## **l) Clitelo**

Es la región engrosada de la epidermis en los segmentos treinta y dos al treinta siete. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o capsulas, donde se alojan los huevos; puede tener la forma anular (envuelve los segmentos) o de montura (no envuelve los segmentos).

### **3.2.1.4 Estructura interna y pared corporal**

Según Ferruzzi (1988), al realizar una disección de la lombriz, se puede observar que esta formada por dos tubos, uno interior y otro exterior; en el tubo exterior se ubica la pared corporal y en interior se encuentra todo el canal alimenticio. El espacio entre ambas cavidades, esta dividida en una serie de compartimientos o segmentos mediante tabiques transversales o septos, que unen la pared corporal con el canal alimenticio.

Murray (2007), señala que la pared corporal de la lombriz esta formada por una serie de capas una de ellas es la pared externa que es la mas delgada y que no esta formada por materia viva, que normalmente conocemos como cutícula; bajo esta capa se encuentra la epidermis que esta formada por una sola capa de células vivas y que están agrupadas en columna, además de que cumplen la función de lubricación y sensibilidad. Debajo de esta capa se encuentra el músculo circular que se extiende a lo largo de la lombriz que esta recubierta internamente por capas membranosas como el epitelio celómico y el celoma.

Según Pineda (2006), la estructura interna de la lombriz consta de las siguientes partes (figura 1):

#### **a) Tabiques**

Son denominados también como septos; son paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo.

#### **b) Faringe**

Es el primer compartimiento después de la boca.

### **c) Molleja**

Es la parte gruesa musculosa del tubo digestivo. Puede ser molleja esofágica o puede estar situada al comienzo del intestino llamada molleja intestinal.

### **d) Glándulas de morren**

La función de estas glándulas es la de metabolizar el calcio y se encuentran ubicadas en el esófago.

### **e) Intestino**

Este se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas.

### **f) Ciegos intestinales**

Son apéndices huecos, terminados en forma de saco que aparecen al fondo del intestino.

### **g) Nefridios**

Es un órgano central del sistema excretor. Funciona como pequeño riñón. Se los llama holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento o meronefridios cuando se encuentra más de un par en cada segmento.

### **h) Vaso dorsal y ventral**

Se encuentra en cada tubo digestivo y son los más importantes en el sistema circulatorio, ya que funcionan como válvulas en los corazones.

### **i) Corazones**

Se encuentran situados en la región esofágica del cuerpo ligando a los vasos y se encuentran en pares en un total de cinco, mandando la sangre o hemolinfa al vaso ventral.

### **j) Testículos**

Están ubicadas en los segmentos diez y once de uno o dos pares cada uno; dentro la de la cavidad celómica están aislados los reservorios de esperma.

### k) Vesículas seminales

Están separadas en tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos nueve, diez y once.

### l) Ovarios

Generalmente sólo son un par, ubicados en el segmento trece y descargan los huevos en la cavidad celómica.

### m) Ovisacos

Son invaginaciones seguidas al segmento que contiene el ovario.

### n) Espermatecas

Son sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz, durante la copula o acoplamiento, es extraño cuando están presentes.

**Figura 1.** Estructura interna de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*)



**En la figura 1,** se puede observar en la disección, la estructura y órganos internos de la lombriz californiana.

## 3.2.1.5 Anatomía y fisiología de la lombriz

### a) Sistema Circulatorio

La lombriz californiana no presenta un sistema circulatorio como tal, señala al respecto Pineda (2004), si no cuenta con cinco secciones valvulares contráctiles que tiene como

función principal la circulación de un líquido celómico, que se denomina Hemolinfa como sustituto de la sangre propiamente dicha.

Murray (2007), señala que la Hemolinfa puede ser definida como el líquido que circula por todo el cuerpo del animal a lo largo de tubos u otros conductos realizando el transporte de sustancias entre las distintas partes del organismo. Así mismo, señala que la hemolinfa transporta materiales procedentes de la absorción alimenticia, el oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno de los productos de la excreción. Las sustancias alimenticias no se absorben hasta que no han sido solubilizadas en el interior del intestino delgado y la sangre las lleva en solución, de la misma forma que los productos de excreción.

Por tanto Pineda (2006), indica que la sangre circula a través de vasos entre los segmentos siete y once, y se a su vez se conecta a los vasos dorsales y ventral. A través de los corazones llamados también arcos aórticos, fluyendo la sangre o hemolinfa. Posee un sistema circulatorio cerrado, formado por tubos (arterias y venas), dirigiéndose hacia la piel, los intestinos, nefridios, músculos, etc.

### **b) Sistema Respiratorio**

Según Pineda (2006), al ondear rítmicamente el cuerpo, la lombriz ventila la superficie. La falta de oxígeno hace que la lombriz saque la mayor parte de su cuerpo a la superficie del suelo, el intercambio gaseoso ocurre en la superficie del cuerpo a través de una red fina de capilares cerca de la cutícula, estando para realizarse este proceso la piel siempre húmeda, ya que cuando se deshidrata muere instantáneamente.

### **c) Canal Alimenticio**

Pineda (2004), indica que el canal alimenticio consta de la boca, faringe, esófago, buche, molleja, intestino y el ano. La boca es una apertura pequeña por donde la lombriz succiona su alimento (no abre ni mastica), siendo importante que el alimento este bien descompuesto o mínimamente desmenuzado.

Según Murray (2007), explica que la lombriz de californiana, al cavar la galería en el suelo, va comiendo la tierra en que vive, y que en la misma mientras va cavando va ingiriendo este sustrato en el que existen sustancias alimenticias como materia orgánica, hojas, semillas y otros organismos vivos como bacteria y protozoos que

alimentan a la lombriz en este proceso. Por otra parte también emerge durante la noche de su galería hacia la superficie, donde recoge toda clase de alimentos por medio de su faringe y suctora.

De igual forma Murray (2007), nos indica que el intestino de la lombriz es la región donde se tiene el mayor proceso digestivo de su alimentación y donde se realiza la absorción de los nutrientes alimenticios para el mantenimiento corporal del animal.

#### **d) Alimentación y digestión**

La lombriz californiana es considerada omnívora, es decir que come de todo. Antes de ingerir alimentos lo humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, o cual constituye en una predigestión. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe avaginada o bulbo musculoso. Digiere de ella las partículas vegetales y animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra y los excrementos como humus (Choque, 2008).

#### **e) Sistema nervioso**

Barnes (2006) menciona que los cuatro pares de nervios laterales por segmento contienen componentes sensoriales y motores, a causa de la fusión de los cordones ventrales que se sitúan en el interior de las capas musculares de la pared corporal. Cada nervio va en dirección de las secciones epidérmicas de los segmentos precedentes.

Pineda (2006), explica que su sistema es el más desarrollado; al conjunto de bilobulado de células nerviosas se les llama cerebro, ubicado en el tercer y cuarto segmento, debajo de la faringe, está el ganglio subfaríngeo; ambos regulan todas las actividades de la lombriz. Ambos se encuentran unidos por un anillo nervioso, que sale de un cordón nervioso que recorre todo el cuerpo debajo del tubo digestivo e irrigado es todos los músculos.

#### **f) Sistema excretor**

Pineda (2004), explica que el proceso de excreción de la lombriz es bastante compleja ya que este animal no realiza el proceso de orina, si no que en vez de este se realiza

un proceso conocido como metanefridio, que es una sustancia que recoge todo el contenido nitrogenado de los desechos que esta misma genera, y la deposita en los nefridiops que se encuentra uno por cada segmento, exceptuando en los primero tres y los dos últimos segmentos. De tal forma que se puede indicar que la lombriz genera orina como una exudación de la piel.

Pineda (2006), indica que la eliminación de desechos líquidos, se realiza a través de un red de estructuras llamadas nefridios, estos se encuentran de dos, en casi todos los segmentos del cuerpo; ubicados en la parte ventral del cuerpo que comunica mediante pequeños tubos hacia el exterior del cuerpo como una sustancia liquida llamada orina.

### **g) Sistema de reproducción**

La copulación se realiza cada 7 días a partir de los 90 días de nacidas. Cada lombriz genera una capsula, cocon o huevo; del cual de cada uno de ellos sale de 2 a 20 lombrices, en un tiempo de incubación de 12 a 21 días. La temperatura óptima es de 19 a 20 °C y una humedad del 85 %. Una lombriz puede producir 1.500 lombrices en su ciclo de vida (Choque, 2008).

Estudios realizados por Ferruzzi (1988), indican que las épocas de reproducción son durante todo el año, no habiendo por lo tanto épocas definidas para su copulación. El apareamiento se produce durante la noche sobre la superficie del suelo y suele durar de 30 minutos a 4 horas produciendo una capsula cada 7 a 10 días y luego de 14 a 21 días de incubación, eclosionan aproximadamente de 4 a 20 lombrices hijas.

Para Vieira (1997), las lombrices son hermafroditas incompletas, tienen los dos sexos completos y a los 3 meses comienzan a reproducirse, haciéndolo durante toda su vida.

Según Pineda (2006), la lombriz es hermafrodita, es decir que posee los dos sexos. El sistema reproductor masculino, esta conformado por dos pares de testículos, que se encuentra en los segmentos diez y once; los espermatozoides son producidos y almacenados en reservorios de vesículas seminales, de los cuales salen los embudos espermáticos en forma par y los llevan a través de dos conductos a los poros masculinos en la cara ventral del segmento quince, donde saldrán por allí en el momento de la copula o acoplamiento. El sistema reproductor femenino esta formado

por dos pares de ovarios ubicados entre los segmentos trece y catorce, la finalidad de estos es de producir óvulos, estos son recogidos por los embudos ovulares y transportados a los oviductos, los mismos que salen a través de poros femeninos; la lombriz durante la copula se sitúa en sentido opuesto y se une por unas secreciones mucosas del clitelo donde una vez unidas fluyen sustancias que forman los capullos o cocones, donde se alojan los huevos fecundados en los mismos que se forman las nuevas lombrices al cabo de un tiempo (tres semanas), eclosionan de dos a veinte lombrices nuevas que en un lapso de tres meses están listas y maduras para continuar el ciclo de reproducción (fotografías 9 y 10).



**Fotografías 9 y 10:** acoplamiento de dos lombrices hermafroditas, realizando el intercambio de fluidos seminales, para la fecundación del huevo o cocon.

#### **h) Temperatura de producción y eclosión de cocones**

Para Pineda (2004) la *Eisenia foetida* vive sin problemas en ambientes con temperaturas de 10 y 25 °C; pero a temperatura menores de 10 °C o mayores a 30 °C, no existe producción de capsulas o cocones, por lo que las temperaturas son factores importantes que influyen en la producción de y fecundidad de las cápsulas o cocónes. En cuanto a la fecundidad, se encontró que en temperaturas controladas de 15 °C a 25 °C, eclosionan 3 lombrices por capsula respectivamente, por los que la temperatura óptima que se aconseja es de 20 °C.



### **i) Condición Agroecológica**

Según Pineda (2004), la lombrices se acomodan bien a temperaturas entre los 18°C a 30°C ya que estas presentan una temperatura corporal de 20°C, el frío les afecta y limita en su crianza, la humedad de la cama no debe superar el 80% además de que no se debe exponer al sol directo, con preferencia se debe criar en oscuridad total.

CARE (1997), reporta que en la zona tropical y subtropical, se alimentan las lombrices con restos vegetales del lugar (naranjas, mandarinas, paltas, bananos y otros frutos en descomposición), en base de estiércol de ganado bovino previamente descompuesto durante 20 días con periodos de riego.

### **j) Ciclo de Vida**

Las observaciones que realizo Pineda (2004), indican de que una vez que la lombriz a alcanzado su edad reproductiva y hasta que mueren de viejos transcurre un tiempo de dieciséis años, de los cuales estarán copulando cada siete días para repetir el ciclo mencionado, esto explica el crecimiento tan acelerado de las poblaciones; se estima que cada tres meses se duplica el número de lombrices en una cama de crianza bajo condiciones normales.

Según Mendoza (2008), después de un periodo de incubación de 14 a 23 días, el tránsito pre madurez – madurez ocurre cuando adquieren un peso de 0.240 gramos y una longitud de 2 a 3 centímetros, estas nuevas lombrices alcanzarán su madurez sexual entre los dos y tres meses de edad y se reproducirán cada 7 días durante toda su vida (máxima: 4,5 años en condiciones de laboratorio y poco más de un año en condiciones de campo), son inmunes a las enfermedades y tienen una increíble capacidad de regeneración. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 ó 16 años, cuando la cría se realiza con todos los cuidados.

### **k) Patologías**

La patología más importante es la intoxicación proteica, que provocada por la presencia de un elevado contenido de sustancias ricas en proteínas, no transformadas en el alimento por las lombrices. Estas sustancias proteicas en exceso favorecen a la proliferación de microorganismos, cuya actividad genera gases y provoca el aumento de la acides del medio; al ingerir las lombrices estos alimentos con una excesiva

acidez, no llega a ser neutralizada por las glándulas calcíferas, produciéndose la fermentación en el buche y el clitelo, provocando su inflamación; los síntomas mas frecuentes son el excesivo abultamiento del clitelo, coloración rosada a blanquecina de la lombriz y disminución de su actividad (Mendoza, 2008).

### **3.2.2 Abono Orgánico**

Ndegwa et al. (2000) define al abono orgánico como el sub producto residual de origen vegetal y/o animal, el cual se transforma mediante procesos naturales, en un compuesto final que es adicionado al suelo; con el fin de elevar el rendimiento de un cierto cultivo agrícola. Entre estas sustancias o compuestos orgánicos generados se pueden mencionar distintos tipos, como te de estiércol, fermentado de estiércol, jirawano, compost, siendo el más importante el humus de lombriz o vermicompost.

Benzing (2001), indica que la aplicación de abono orgánico a los suelos, contribuye a incrementar la materia orgánica (M.O.) del suelo, mejora la estructura y retención del agua en partículas y reduce la erosión de los suelos.

#### **3.2.2.1 Calidad de la fuente de abono**

Según Ndegwa *et al.* (2000), la calidad de la fuente de abono depende mucho de dos principios importantes; el primero es la calidad del estiércol dónde es importante la relación C/N, que indica si se ha conservado en buen estado el estiércol, mantiene en equilibrio el contenido de nutrientes y favorece a la retención de los mismos. El segundo es el valor del estiércol por el contenido de los elementos suministrados a los animales como alimento, que influye de gran manera en la calidad de la composición del estiércol, a estos se suman factores como la especie del animal, edad, el tipo de explotación, el tipo y calidad de alimento, protección del estiércol.

Guerrero (2007) y Benzing (2001), explican que existen grandes diferencias de la cantidad de elementos nutritivos en su composición, y en cuanto al contenido de materia fresca, materia orgánica, esto depende de la procedencia del mismo como se puede observar en la tabla 6.

**Tabla 6.** Comparación de la cantidad de elementos nutritivos, de materiales como fuentes de abono

Calidad de la fuente de abono								
Materia Fresca								
Material	Agua (%)	M. O. (%)	N	P	K	Mg	Ca	S
<b>Estiércoles</b>								
Gallinaza	56	33	1.7	0.7	0.7	0.2	1.4	0.2
Heces ovinas	64	32	0.8	0.1	0.6	0.1	0.2	0
Heces equinas	71	25	0.6	0.12	0.4	0.08	0.2	0
Heces bovinas	77	20	0.4	0.1	0.5	0.09	0.3	0
<b>Residuos vegetales urbanos</b>								
Desperdicio de verduras	-	-	0.4	0.2	0.2	-	0.4	0

**Fuente:** Benzing, 2001.

Pineda (2006), menciona que la lombriz roja californiana se multiplica velozmente en substratos proporcionados como la conejaza y ovinaza y que son los únicos substratos que no necesitan ser compostados, para alimentar a las lombrices por el alto contenido de fibras en su composición.

### 3.2.2.2 Transformación del estiércol

Benzing (2001), describe a este proceso como un proceso aeróbico, por medio del cual el material se descompone parcialmente antes de ser aplicado al suelo. Esta descomposición libera energía contenida en los compuestos orgánicos, una parte de esta es consumida por los microorganismos para su metabolismo, otra parte se transforma en calor que cuando sube a más de 50°C, los organismos mesófilos mueren y son reemplazados por los termófilos que suben el pH por la liberación de bases y que a su vez degradan los ácidos orgánicos que incrementa la formación de ácidos húmicos durante el proceso y la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Guerrero (2007), describe al compostaje como un proceso de maduración del estiércol, llamado también proceso de fermentación, donde ocurren procesos aeróbicos y anaeróbicos, que a través de ellos ocurren reacciones químicas desintegradoras complejas y simples que coadyuvan a la activación de microorganismos benéficos para la asimilación de nutrientes en el proceso de intercambio catiónico.

Según Ndegwa *et al.* (2000), para mejorar las propiedades fertilizantes, en el proceso de transformación de un residuo animal o vegetal, es aconsejable la aplicación de lombrices a este proceso; para que este sea el alimento de estas y se obtenga un

producto final como el humus de lombriz llamado también lombricompost o vermicompost.

### **3.2.2.3 Densidad poblacional**

Ndegwa *et al.* (2000) buscaron determinar la relación óptima entre la población de lombrices y la cantidad de sustrato de alimento proporcionado, donde determinaron que una densidad alta de lombrices lleva a una digestión rápida del alimento; en cambio desde un punto de vista del aumento de lombrices, es preferible una población baja o mediana con un alto nivel de alimentación, ya que el número o cantidad de lombrices, dependerá siempre de la cantidad de alimento que se tenga a disposición.

Pineda (2006), recomienda después de haber realizado pruebas de investigación en la producción, manejo y crianza de esta especie en el Instituto Hondureño del Café, la siembra de 250 lombrices de *E. foetida* por m<sup>2</sup>, utilizando vacaza precompostada, tanto para la producción de vermicompost y su rápida reproducción.

Tineo (1991), menciona que una buena densidad debe ser de 2500/m<sup>2</sup>, para la crianza de *Eisenia foetida*, y que con esta población se pueden obtener hasta 27.650 cápsulas, de las cuales eclosionan 18.200 cápsulas con un promedio de 3.12 lombrices/cocón, en un periodo de tres meses, por lo cual recomienda esta densidad poblacional por metro cuadrado.

### **3.2.3 El humus de lombriz**

Guerrero (2007) describe al vermicompost como el excremento de las lombrices dedicadas especialmente a transformar la materia orgánica y los residuos orgánicos en un estiércol especial.

Para Choque (2008), el humus de lombriz o vermicompost, es un abono orgánico de primer orden, además de mejorar la textura del suelo, aumenta el contenido de materia orgánica e incorpora valiosos elementos nutritivos para las plantas. También favorece el desarrollo de bacterias benéficas indispensables para la transformación del suelo, mejorando las condiciones para el desarrollo de los cultivos.

Pineda (2004), alega que el humus de lombriz es un estiércol especial, de una consistencia biodinámica que posee un alto contenido de macro elementos y micro

elementos, además de poseer un alto contenido de flora microbiana, haciendo nutritivamente mas rico que el humus del mismo suelo.

Savoia (2009), describe al humus como edafon (organismos vivos en el suelo) además de ser una sustancia totalmente orgánica transformada, es decir un conjunto de materia que ha perdido todo rastro de su composición física y procedencia original, gracias al proceso de descomposición que realiza la lombriz californiana durante la digestión, el cual se puede denominar como producto final al vermicompost o humus de lombriz.

Según Peñaranda (2010) el vermicompost favorece a la formación de las micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de la brotación, floración, madurez, sabor y color de frutos; su acción antibiótica aumenta la resistencia a las heladas y enfermedades. Así también la acción de la lombriz, en su contacto físico con el sustrato y plantas, transmite con su mucosa particulares características que favorecen al estado coloidal del producto final, para su acción dinamizadora de los suelos de cultivo. La acción microbiana emergente del humus de lombriz hace asimilable para las plantas, una serie de elementos y materiales inertes como el fósforo, calcio, potasio, magnesio, como también de micro elementos y oligoelementos, fijando además de los microorganismos simbióticos el importante nitrógeno atmosférico.

El vermicompost o humus de lombriz, está compuesto por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrogeno, así como elementos menores y presencia de microorganismos, dependiendo del tipo de sustrato que se ofrezca a la lombriz como alimento (Pineda, 2006).

### **3.2.3.1 Propiedades del Humus de Lombriz**

Brechelt (2004) explica las propiedades del humus de lombriz a continuación:

#### **a) Físicas**

El humus de lombriz es un material suelto y de textura granulada. Su uso puede ayudar a mejorar las condiciones físicas del suelo, especialmente en suelos arcillosos y favorecer un buen desarrollo radicular y de crecimiento vegetativo de los cultivos agrícolas.

## b) Biológicas

Según Brechelt (2004). El vermicompost contiene altas concentraciones de poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas de inmediato y previenen el desarrollo de altas poblaciones de otros microorganismos causantes de enfermedades en las plantas.

## c) Nutricionales

Según Brechelt (2004). Las propiedades nutricionales del vermicompost varían mucho, según el material utilizado para su alimentación, su proporción y el tiempo de almacenamiento del humus. Es importante tener presente que el vermicompost contiene, además de los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio), pequeñas cantidades de micronutrientes esenciales (boro, zinc, hierro, manganeso, molibdeno y cobre), de la forma más completa, significando que este compuesto proporciona una dieta de disponibilidad inmediata y de las más completas a las plantas (cuadro 5).

**Cuadro 5.** Análisis químico de Humus de lombriz

<b>Macro elementos</b>	
pH	5.6 – 7.9
Materia Orgánica	30 – 75 %
Nitrógeno (N)	1.4 – 3.0 %
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.5 – 2.5 %
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.5 – 2.5 %
Humedad	30 – 66 %
Cenizas	15 – 65 %
<b>Micro elementos</b>	
Ca	2.0 – 12 %
Mg	0.2 – 2.6 %
Fe	0.6 – 9.0 %
Mn	88 – 1.467 ppm
Cu	34 – 490.00ppm
Zn	87 – 1.600.00 ppm
B	26 – 89.00 ppm
Co	9 – 48.00 ppm
<b>Flora bacteriana</b>	
Población	2 x 10 <sup>12</sup>

**Fuente:** Información proporcionada del Análisis Bromatológico de humus de lombriz del Centro Agroecológico Wallipini, 2008.

Cabrera (2010) indica que el vermicompost es un fertilizante bio orgánico, desmenuzable, ligero e inodoro, que su incorporación directa a la planta es totalmente asimilable por el sistema radicular de la misma.

El mismo autor indica que los componentes de este producto presenta grandes cantidades de auxinas y otras hormonas vegetales que actúan sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas, el conjunto de las propiedades que esta presenta, así mismo su alto valor de contenido de carga bacteriana, hace de este un producto valioso para los suelos, ya que su aplicación de este enriquece las sustancia nutritivas que se concentran en el suelo, un alto contenido de ácidos fulvicos de humus, hacen reacciones que ponen a disponibilidad los nutrientes del suelo y del humus para la disponibilidad de los nutrientes al sistema radicular para que puedan ser aprovechados por las plantas.

## **IV. LOCALIZACIÓN**

### **4.1 Ubicación Geográfica**

El presente trabajo de investigación se realizo a cabo en la ciudad de El Alto en el Distrito 3, ubicado en la provincia Murillo del departamento de La Paz a una altitud de los 4.010 m.s.n.m. encontrándose a 16°32'11.87" latitud sur y 68°12'08,21" longitud oeste desde la línea del Ecuador (COFADENA, 2010).

### **4.2 Características climáticas**

La ciudad de El Alto se encuentra situada en una altiplanicie, rodeada de colinas y serranía. Esta ubicación le da características a la zona de poseer corriente de fuertes vientos provenientes del oeste del lago Titicaca.

La zona presenta una precipitación media anual de 602.5 mm/año, el periodo de lluvias comprende los meses de noviembre a marzo y la época seca de abril a octubre.

La temperatura máxima promedio de esta localidad son de 14.3°C en primavera; de 13°C en verano; 12.7°C en otoño y de 11.3°C en invierno. La temperatura mínima promedio de esta localidad son de 3°C en primavera; 1°C en verano; 0.5°C en otoño y de -4.7°C en invierno (SENAMHI, 2011).

## **V. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Materiales**

#### **5.1.1 Materiales biológico**

- Semillas de brócoli (*Brassica oleracea*, var. Futura) 1 onza.
- Semillas de brócoli (*Brassica oleracea*, var. Híbrida Pirata) 1 onza.

#### **5.1.2 Material orgánico**

- Estiércol ovino 6 cubos.
- Lombriz californiana (*Eisenia foetida*) 8 kilos

#### **5.1.3 Materiales de Campo**

- 18 cajas de cultivo de madera de (1.0 m<sup>2</sup> x 0.25m).
- 1 almaciguera.
- 1 hidro termómetro de máximas y mínimas.
- 1 balanza digital.
- 1 calibrador.
- 1 manguera de 20 m. largo.
- 1 tijera de podar.
- 1 regla metálica de 1 metro.

#### **5.1.4 Materiales de gabinete**

- 1 tablero.
- Un computador.
- Una cámara fotográfica digital.
- Planillas de registro de datos.



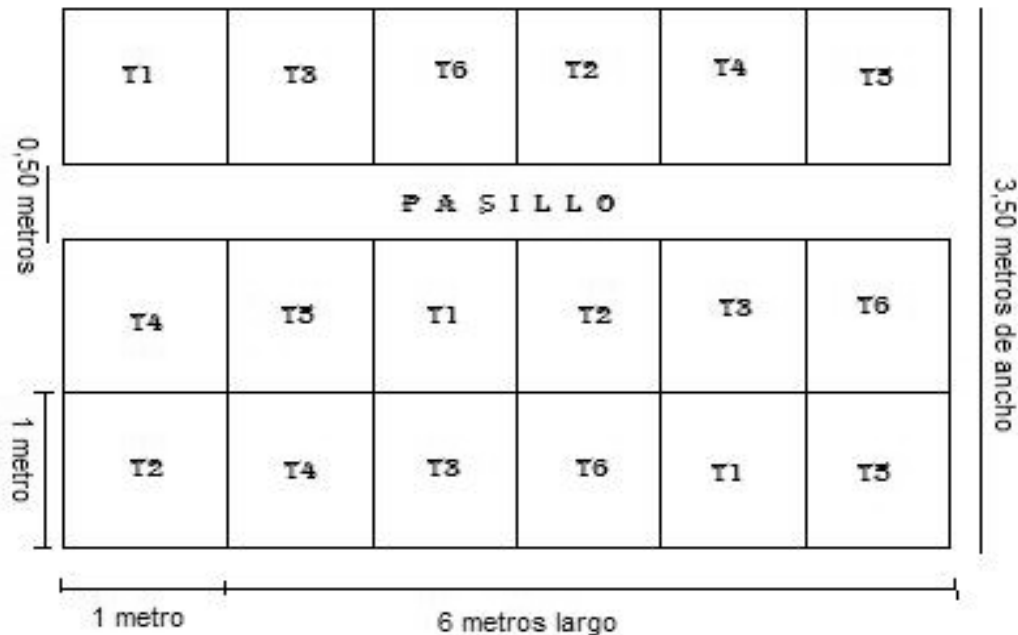
## 5.2 Metodología

### 5.2.1 Procedimiento Experimental

- El presente trabajo de investigación, se realizó en un ambiente controlado de una superficie de 75 m<sup>2</sup> y una temperatura promedio de 18 °C a 20 °C para el estudio de investigación, donde se ubicaron en su interior 18 cajas de cultivo de un metro de largo por un metro de ancho y veinticinco centímetros de alto, donde se transplanto en cada una de ellas, plantines de brócoli de dos variedades híbridas diferentes, para la evaluación de la producción de la pella, bajo la interacción de dos niveles poblacionales de lombriz californiana, durante el proceso de transformación del estiércol ovino en vermicompost.
- En primera instancia se realizó el armado y ubicación de las lombriceras de cultivo, donde se rellenaron con material orgánico (estiércol ovino), en cada unidad experimental. Luego se realizó la prueba del P50L (prueba de las cincuenta lombrices) esta prueba se realiza colocando un poco del material a ser suministrado como alimento a las lombrices en un recipiente con perforaciones a los costados; colocando en su interior 50 lombrices adultas, si las lombrices penetran el sustrato y escapan rápidamente, significa que el material a ser utilizado no está listo todavía, pero en contrario si las lombrices penetran rápidamente y permanecen allí, significa que el material está listo y es adecuado para ser utilizado en la alimentación y crianza de las mismas. Efectuada esta prueba, seguidamente se realizó el conteo y siembra de las lombrices en poblacionales de 250 y 400 individuos, en las unidades experimentales previamente seleccionadas al azar.
- Una vez que se efectuó este proceso, se realizó el trasplante del cultivo de brócoli en las unidades experimentales utilizando un marco de plantación de 0.30 m x 0.30 m, obteniendo 9 plantas por unidad experimental en estudio.
- Después de realizar el establecimiento del trabajo de investigación, se procedió a realizar el seguimiento y observación en el desarrollo y crecimiento del cultivo en todas sus fases fenológicas, hasta la formación y cosecha de la pella de brócoli.
- Una vez que se realizó la cosecha del cultivo, se comparó la densidad poblacional inicial de lombrices con la población final resultante, por el conteo de los individuos adultos y el rendimiento obtenido en Kg/m<sup>2</sup> totales al final del cultivo, así mismo se

realizo la observación del crecimiento poblacional durante el estudio, realizando observaciones del número de lombrices juveniles eclosionados por cada cocon y a su vez el promedio de cocones puestos por lombriz.

### 5.2.2 Croquis Experimental



### 5.2.3 Diseño experimental

Para el estudio del trabajo de investigación se empleo un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo bi factorial, y que presenta la siguiente ecuación lineal:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ij}$$

**Donde:**

- X<sub>ij</sub>** = Cualquier observación
- μ** = Media general
- α<sub>i</sub>** = Efecto de la i – esima población de lombriz californiana.
- β<sub>j</sub>** = Efecto del j – esimo cultivo
- αβ<sub>ij</sub>** = Interacción de la i – esima población de lombriz por el j- esimo cultivo
- ε<sub>ij</sub>** = Error experimental de la interacción en estudio.

### 5.2.3.1 Tratamientos y Marco Muestral

#### Factor A: población de lombriz

$A_0$ = testigo ( 0 Lombrices)

$A_1$ = 250 lombrices

$A_2$ = 400 lombrices

#### Factor B: cultivo en estudio

$B_1$ = Cultivo de brócoli var. Futura

$B_2$ = Cultivo de brócoli var. Pirata

#### Tratamientos:

$T1 = A_0B_1$ = testigo con cultivo de brócol var. Futura

$T2 = A_0B_2$ = testigo con cultivo de brócol var. Pirata

$T3 = A_1B_1$ = 250 lombrices con cultivo de brócoli var. Futura

$T4 = A_1B_2$ = 250 lombrices con cultivo de brócoli var. Pirata

$T5 = A_2B_1$ = 400 lombrices con cultivo de brócoli var. Futura

$T6 = A_2B_2$ = 400 lombrices con cultivo de brócoli var. Pirata

### 5.2.4 Variables Agronómicas de Respuesta

#### 5.2.4.1 Cultivo de brócoli

##### a) Altura de planta

Esta variable se determino midiendo la planta a partir del cuello de la misma y la base del suelo hasta una altura promedio de las últimas hojas de la planta, con la ayuda de una regla metálica.

#### **b) Número de hojas**

La obtención de los datos de esta variable agronómica se determinaron por el simple conteo de la cantidad de hojas existente en cada una de las plantas de los tratamientos en estudio.

#### **c) Longitud de hoja**

La obtención de estos datos se realizaron tomando la longitud de la hoja de tres hojas seleccionadas en tres distintos estratos de altura en la planta, a partir de la base del pecíolo de la hoja hasta el borde apical de la hoja, con la ayuda de una regla metálica en centímetros.

#### **d) Ancho de hoja**

La obtención de estos datos, se realizo en las mismas tres hojas seleccionadas que se realizo la toma de datos de longitud de la hoja, tomando las medida del lado horizontal más ancho de la hoja a partir de un extremo al otro, como se puede observar en la parte de anexos.

#### **e) Diámetro del tallo**

Este dato se obtuvo realizando la medición del tallo de cada planta a una altura de 15cm a partir de la base del cuello de la planta, con la ayuda de un calibrador.

#### **f) Diámetro de la pella**

Se midió el diámetro ecuatorial de la pella sobre la superficie horizontal ecuatorial más ancha, con la ayuda de un vernier calibrador de 20 centímetros, a partir del tamaño de un centímetro desde la aparición de la pella en la planta, expresando los datos obtenidos en cm/pella en cada una de las plantas de los tratamientos.

#### **g) Porcentaje de materia seca**

En la cosecha de pellas, se selecciono y recolecto 6 plantas por cada tratamiento, donde fueron separadas las pellas y el resto de las plantas (hojas, tallo, raíz) y posteriormente pesadas; triturándolas posteriormente con cuchillos para homogenizar las muestras. De cada tratamiento se tomaron sub muestras de 100 g de pellas y 300 g

del resto de la planta, para ser secadas en una mufla de ventilación forzada a 65°C por el tiempo de 48 a 72 horas. Para los cálculos de el porcentaje de materia seca de pellas y resto de la planta se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MSP = (PSP/PFP)*100$$

donde:

- %MSP = Porcentaje de materia seca de pellas
- PSP = Peso seco de pellas
- PFP = Peso fresco de pellas

Para transformar a rendimiento de materia seca de pellas se uso la siguiente fórmula:

$$MSP = \%MSP/100*(PF/6)*40.000$$

donde:

- MSP = Materia seca pellas en kg/ha
- %MSP = Porcentaje de materia seca pellas
- PF = Peso fresco de 6 plantas en kg (biomasa)
- 40.000 = Número de plantas/ha.

#### **h) Rendimiento del cultivo en kg/m<sup>2</sup>**

Los datos se obtuvieron con la ayuda de una balanza analítica electrónica tomando el peso de cada una de las pellas cosechadas, expresando en kg/pella, los datos de las pellas en cada tratamiento se sumaron para tener el peso total/unidad experimental, luego se dividió por el número de pellas para obtener el promedio peso/pella para cada unidad experimental y finalmente se transformaron a TM/Ha con relación de 40.000 plantas por hectárea.

#### **5.2.4.2 Lombriz Californiana**

##### **a) Número de individuos adultos/m<sup>2</sup>**

Estos datos se obtuvieron realizando el conteo de lombrices al tiempo de la cosecha del cultivo de brócoli, realizando la selección de todas las lombrices adultas de los juveniles y lombricillas eclosionadas, tomando el peso total obtenido y el número de lombrices a la cosecha del humus.

##### **b) Número huevos/ m<sup>2</sup>**

Este dato fue obtenido mediante la selección de todos los huevos o cocones al final del trabajo de estudio; realizando un conteo general y una relación, tomando en cuenta el crecimiento poblacional desde la siembra de las lombrices adultas hasta la cosecha del humus.

##### **c) Número de lombrices nacidas por cocon**

Este dato fue tomado, realizando la siembra de cien huevos o cocones en recipientes separados donde solamente se sembró un huevo en cada uno de ellos, como se puede observar en la parte de anexos, controlando la temperatura y humedad para el desarrollo y eclosión de las lombrices, mismos que nacieron en un tiempo de treinta y siete días como promedio del conteo de tres repeticiones.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 CULTIVO DE BRÓCOLI

#### 6.1.1 Altura de la planta de brócoli

Los resultados que se obtuvieron como respuesta a esta variable agronómica en estudio fueron los siguientes:

##### a) Altura de la planta a los 84 días después del transplante

Como podemos observar en el cuadro 6, análisis de varianza de la altura de la planta, nos describe que entre los tratamientos de estudio existe diferencias altamente significativas, y que con respecto al cuadro 7, de comparación de la prueba de medias y Duncan, los tratamientos T3 y T5 con la variedad futura, presentan promedios altos de crecimiento alrededor de 68.5 cm de altura, en comparación al resto de los tratamientos y que entre si son similares y no presentan significancia alguna; por el contrario los tratamientos T4, T1, T2 y T6 presentan un nivel más bajo de crecimiento teniendo un promedio de crecimiento de 52 cm, en comparación a los dos tratamientos anteriores T3 y T5.

**Cuadro 6.** Análisis de Varianza de la altura de la planta a los 84 días después del transplante.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	123.12	61.56	4.09	0.0504
<b>Tratamiento</b>	5	1177.52	235.50	15.63	0.0002**
<b>Error</b>	10	150.63	15.06		
<b>Total</b>	17	1451.28			

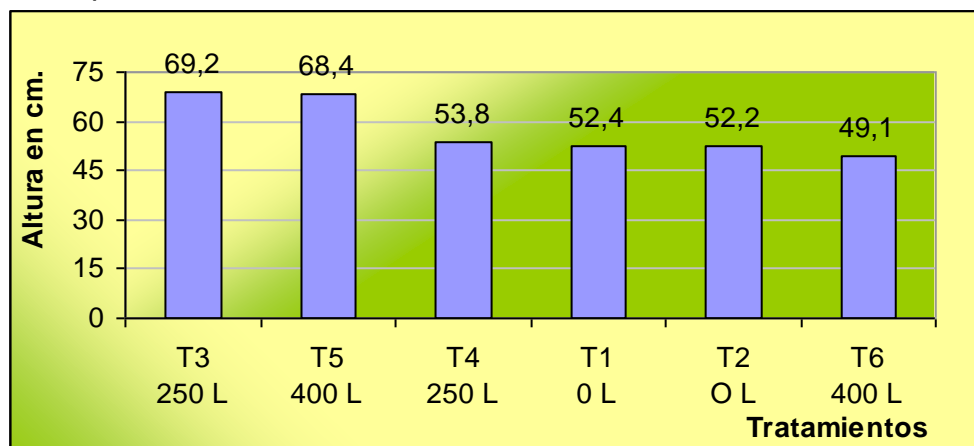
Coefficiente de Variación = 6.7%

**Cuadro 7.** Comparación de medias y prueba de Duncan para la altura de planta.

Tratamientos	T3	T5	T4	T1	T2	T6
Promedios	69.2	68.4	53.8	52.4	52.2	49.1
Duncan	A	A	B	B	B	B

Estos resultados nos indican, que el desarrollo de altura de la planta en los tratamientos T3 y T5 de la variedad futura, asimilaron la absorción de los nutrientes disponibles del medio de cultivo, durante el proceso de transformación del vermicompost, así mismo la altura de planta de los tratamientos T4, T1, T2 y T6 presentaron un crecimiento casi uniforme, con un promedio de crecimiento de 52 cm de altura, y esta en comparación a los 50 cm de altura obtenidos como resultado en los estudios realizados por el programa de agricultura de precisión de la Universidad de Concepción de Chile (PROGAP, 2006).

**Figura 2.** Altura de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.



Los resultados obtenidos por el programa de agricultura de precisión de la Universidad de Concepción en Chile (PROGAP, 2006), describe que la planta del cultivo de brócoli, en su estado adulto alcanza una altura de alrededor de los 50 centímetros de altura, como parámetro estándar de crecimiento al tiempo de realizar la cosecha de la pella de brócoli, a una temperatura de 18 °C y 20°C y una altitud de 860 m.s.n.m.



Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación realizado, indican que las plantas de brócoli, durante las etapas de crecimiento y desarrollo, y hasta la etapa de la cosecha de las pellas, asimilaron de manera correcta y eficiente la absorción de los macro y micro nutrientes disponibles (cuadro 5), proporcionados durante el proceso de transformación del vermicompost por la lombriz californiana, como se puede observar en los resultados de altura de la planta de los tratamientos T3, T5 (figura 2), durante el proceso de transformación de vermicompost por la lombriz californiana, observando que las mismas se encontraban realizando este proceso, introducidas en el sistema radicular, dando a lugar a la disponibilidad inmediata de los nutrientes, con el humus procesado en ese momento.

Para esta variable concluimos mencionando, que ha existido un efecto entre la interacción planta – lombriz por medio de la transformación del vermicompost, en los tratamientos T3 y T5, variedad futura, ya que se observa un nivel óptimo en el crecimiento de 68 cm de altura de planta, como promedio de crecimiento de las plantas de estos tratamientos a una altitud de 4010 m.s.n.m, así mismo se observó que se ha superado los 60 cm de parámetro normal de crecimiento de las plantas en condiciones normales, así mismo en los tratamientos T4, T1, T2 y T6, de las variedades futura y pirata, se alcanzó una altura promedio de 50 cm, como se observa en el cuadro 7 y figura 2.

#### **b) Altura de la planta de brócoli variedad Pirata a los 84 días después del transplante**

Realizado el análisis de varianza de altura de plantas en la variedad pirata, como se observa en los cuadros 8 y 9, podemos ver que entre las medias de los tratamientos en la prueba de Duncan, no existe una diferencia significativa entre bloques y tratamientos, ya que los tratamientos T4 y T2, presentan un crecimiento homogéneo, en comparación con el tratamiento T6, que presenta una diferencia en el crecimiento, que varía en 4 centímetros menos de crecimiento; en el gráfico 3 nos indica claramente que la altura de planta de esta variedad, presentó un crecimiento casi homogéneo, donde todas las plantas tuvieron una altura media promedio de 52 centímetros.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza de altura de planta, correspondiente a la variedad pirata, a los 84 días desde el transplante.

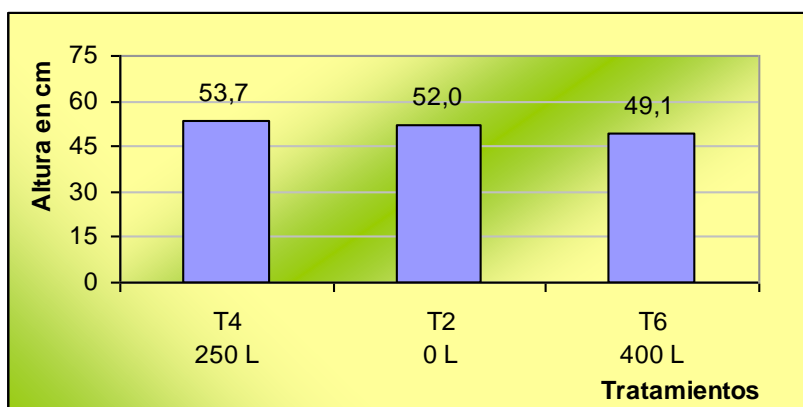
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	101.04	50.52	3.44	0.1674
<b>Tratamiento</b>	2	69.36	34.68	2.36	0.2422
<b>Error</b>	3	44.08	14.69		
<b>Total</b>	7	214.48			

Coeficiente de Variación = 7.3%

**Cuadro 9.** Comparación de medias y prueba de Duncan para la altura de planta del cultivo de brócoli.

Tratamientos	T4	T2	T6
<b>Promedios</b>	53.7	52.0	49.1
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**Figura 3.** Altura de plantas de brócoli de la variedad pirata a los 84 días después del transplante.



Los resultados obtenidos en esta variedad, indican que las plantas de brócoli asimilaron de manera eficiente, la absorción de los nutrientes disponibles en el sustrato utilizado, como se puede observar en los resultados de altura de la planta, del tratamiento T4, observando también que en el tratamiento T6 con una población inicial de 400 lombrices no se efectuó un crecimiento de la planta importante ya que en comparación con el tratamiento testigo T2, esta presentó un tamaño de 49 cm de altura. En conclusión diremos; que ha existido un efecto entre la interacción planta – lombriz por medio de la transformación de vermicompost, en el crecimiento de las plantas de brócoli de los tratamientos T4 y T6, presentando esta variedad un porte de promedio mediano de 52 centímetros en su tamaño o altura de planta, durante este proceso de desarrollo las plantas asimilaron los nutrientes disponibles por el humus de lombriz transformado en ese momento, por la habitabilidad de las lombrices en el sistema radicular.

**c) Altura de la planta de brócoli, variedad Futura a los 84 días desde el trasplante.**

Realizado el análisis de varianza de altura de la planta, en la variedad futura, nos muestra que entre las medias de los tratamientos realizados, no existe una diferencia significativa entre bloques, pero si existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos de estudio como se puede apreciar en el análisis de varianza del cuadro 10 y cuadro 11, de comparación de medias y prueba de Duncan, donde podemos observar que entre los tratamientos T3, T5 no presentan diferencias significativas entre si, con relación al tratamiento testigo T1 que presentó una altura de 52.4 cm de altura; estos tratamientos, presentan un mayor desarrollo de la planta en esta variedad en comparación a los tratamiento testigo T1, ya que alcanzaron una altura promedio de 69 centímetros.

Si comparamos entre los tratamientos T5 y T1 se puede observar una diferencia en el crecimiento, que se sitúa en un parámetro de crecimiento de 16 centímetros de diferencia, ya que el tratamiento T1 solo alcanzó una altura de 52 cm de altura. Estos resultados nos indican que en el tratamiento T3 con mayor altura, tuvo una respuesta positiva con la interacción de la población de lombriz y el crecimiento vegetativo del cultivo, en comparación al tratamiento testigo T1 como podemos apreciar en la figura 4.

**Cuadro 10.** Análisis de Varianza de la altura de la planta de la variedad futura, a los 84 días desde el transplante.

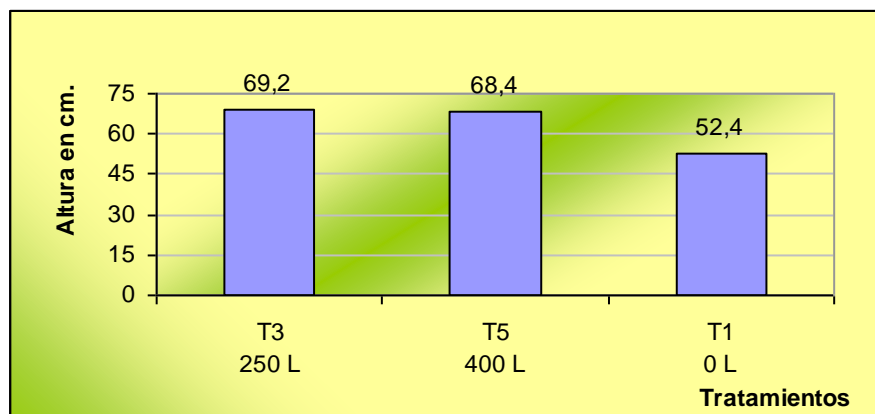
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	65.37	32.68	5.12	0.0720
<b>Tratamiento</b>	2	536.69	268.34	42.44	0.0020**
<b>Error</b>	4	25.29	6.32		
<b>Total</b>	8	627.35			

Coefficiente de Variación = 3.9 %

**Cuadro 11.** Comparación de medias y prueba de Duncan para la altura de planta de brócoli variedad futura.

Tratamientos	T3	T5	T1
<b>Promedios</b>	69.2	68.4	52.4
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>

**Figura 4.** Altura de plantas de brócoli variedad futura, a los 84 días después del transplante.



Los resultados de esta variedad, indican que las plantas de brócoli del tratamiento T3 asimilaron de manera eficiente, la absorción de los nutrientes disponibles en el sustrato utilizado, expresando un mayor desarrollo por la asimilación de los nutrientes en este tratamiento, con una población de 250 lombrices, que alcanzo a los 69.2 cm de altura de planta, con relación al T5, con una población de 400 lombrices, que obtuvo una altura de planta de 68.4 cm; esto nos demuestra que este efecto en la plantas de brócoli, se ha debido a que las lombrices realizaron el trabajo de transformación a partir del sistema radicular, poniendo a disposición de la planta, el humus que proveyó todos los nutrientes esenciales, de forma completa a disposición de las plantas de brócoli. En conclusión diremos; que ha existido un efecto entre la interacción planta – lombriz por medio de la transformación de vermicompost, en el crecimiento de las plantas de brócoli.

#### **6.1.2 Número de hojas de plantas de brócoli**

Los resultados que se obtuvieron como respuesta a esta variable agronómica en estudio, fueron los siguientes:

##### **a) Número de hojas de la planta a los 84 días después del transplante**

Como se puede observar en el cuadro 12, el análisis de varianza del número de hojas de plantas de brócoli, nos describe que entre los bloques y tratamientos de estudio no presentan diferencias significativas entre sí, así mismo el coeficiente de variación de 10.9 % nos indica la confiabilidad de los datos obtenidos durante el trabajo de campo, que según los rangos permitidos para pruebas de laboratorio y pruebas de investigación en campo, es calificado como muy bueno; con respecto al cuadro 13 y figura 5, de comparación de la prueba de medias y Duncan, todos los tratamientos, a excepción de el tratamiento T1, presentan promedios similares en el desarrollo del número de hojas de plantas de brócoli, en todas las unidades experimentales de estudio de ambas variedades, debido a que la ambas variedades de estudio expresaron sus características morfológicas normales durante el crecimiento y desarrollo, en el proceso de investigación.

**Cuadro 12.** Análisis de Varianza del número de hojas de la planta de brócoli a los 84 días desde el transplante.

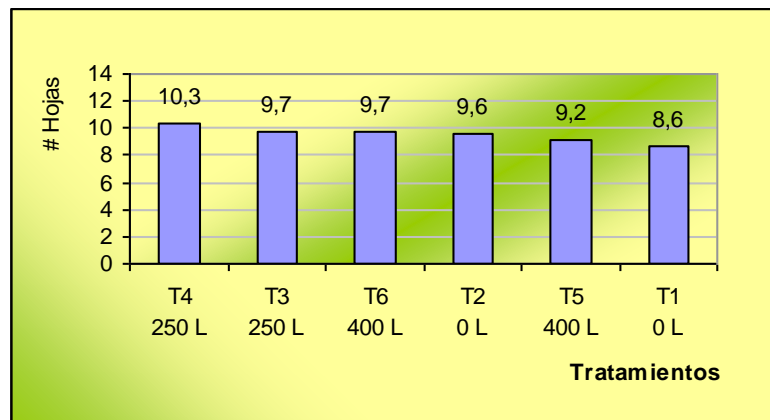
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	3.97	1.98	1.83	0.2108
<b>Tratamiento</b>	5	4.82	0.96	0.89	0.5238
<b>Error</b>	10	10.87	1.08		
<b>Total</b>	17	19.68			

Coefficiente de Variación = 10.9%

**Cuadro 13.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el número de hojas de la planta de brócoli.

Tratamientos	T4	T3	T6	T2	T5	T1
<b>Promedios</b>	10.3	9.7	9.7	9.6	9.2	8.6
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**Figura 5.** Número de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.



Los resultados obtenidos por el programa de agricultura de precisión de la Universidad de Concepción en Chile (PROGAP, 2006), describe que el número de hojas por planta del cultivo de brócoli, en su estado adulto, varía según el cultivar y la variedad, obteniendo como promedio un número de 15 hojas por planta, al tiempo de realizar la cosecha a una temperatura ambiente de 18 y 20 grados centígrados.

Los resultados obtenidos indican, que las plantas de brócoli de los tratamientos T4, T3, T6 y T5, asimilaron de manera homogénea los nutrientes disponibles en el sustrato utilizado, expresando un desarrollo casi uniforme en la formación de hojas, en el resultado de los tratamientos testigo T1 y T2, se puede observar que al igual que los anteriores tratamientos han alcanzado a formar un número similar de 9 hojas, pero sin el proceso de transformación, ya que estos tratamientos no contaron con un número poblacional de lombrices para tal efecto; esto nos demuestra, que si bien en los tratamientos testigo sin lombrices y en los tratamientos de estudio con niveles poblacionales de lombriz, se ha generado a disposición de la planta los compuestos minerales esenciales por el humus de lombriz para su absorción y aprovechamiento en el desarrollo de la planta, fisiológicamente la planta ha expresado un valor genético en la formación de un determinado número de 10 hojas durante su desarrollo. En conclusión, ha existido un efecto entre la interacción planta – lombriz por medio de la transformación de vermicompost, en los diferentes tratamientos de estudio con niveles poblacionales, generando macro nutrientes y micro nutrientes para la formación de sustancias orgánicas que originan la formación de promotores de crecimiento y desarrollo durante los procesos metabólicos de la planta de brócoli.

#### **b) Número de hojas de la planta de brócoli variedad Pirata a los 84 días después del transplante.**

Realizando el análisis de varianza del número de hojas de planta de brócoli, en la variedad pirata, como se observa en el cuadro 14, donde no existe una diferencia significativa entre bloques y los tratamientos de estudio, a su vez el coeficiente de variación de 6.9 %, que indica la confiabilidad de los datos obtenidos durante el trabajo de campo, y es calificado como muy bueno.

**Cuadro 14.** Análisis de Varianza del número de hojas de plantas de la variedad pirata, a los 84 días después del transplante.

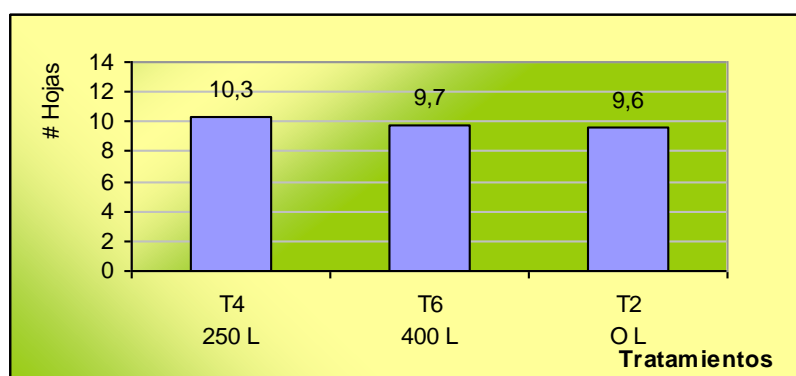
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	10.81	5.40	11.24	0.2228
<b>Tratamiento</b>	2	0.80	0.40	0.84	0.4957
<b>Error</b>	4	1.92	0.48		
<b>Total</b>	8	13.53			

Coeficiente de Variación = 6.9 %

**Cuadro 15.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el número de hojas de plantas de brócoli.

Tratamientos	T4	T6	T2
<b>Promedios</b>	10.3	9.7	9.6
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**Figura 6.** Número de hojas de plantas de brócoli variedad pirata, a los 84 días después del transplante.



En el cuadro 15 y la figura 6, observamos la comparación entre medias de los tratamientos y la prueba de Duncan, mostrando que no existe una diferencia significativa en el número de hojas de los tratamientos de la variedad pirata.



Los resultados obtenidos para esta variedad, indican, que las plantas de brócoli de los tratamientos T4 y T6, asimilaron de manera semejante, la absorción de los nutrientes disponibles durante el proceso de transformación del vermicompost, expresando un desarrollo casi uniforme en la formación del número de hojas, presentándose de manera casi igual, la formación de hojas en el tratamiento testigo T2, observando que al igual que los dos tratamientos anteriores, las plantas han alcanzado a formar un número similar de hojas, pero sin la realización del proceso de transformación del sustrato a vermicompost.

Lo que indica, que ha existido un efecto entre la interacción planta – lombriz en los tratamientos T4 y T6, por medio de la transformación de vermicompost, realizándose, la absorción de macro nutrientes y micro nutrientes disponible en forma inmediata por las plantas, para la generación de sustancias orgánicas que originan la síntesis de promotores de crecimiento y desarrollo durante los proceso metabólicos, expresando fisiológicamente las plantas la formación de un determinado número de hojas durante su desarrollo.

**c) Número de hojas de plantas de brócoli variedad Futura a los 84 días después del transplante**

Realizando el análisis de varianza del número de hojas de plantas de brócoli, de la variedad futura, muestra que entre los bloques y tratamientos de esta variedad no existe una diferencia significativa, como se puede observar en los cuadros 16 y 17, el coeficiente de variación de 6.7 %, que es calificado como muy bueno.

**Cuadro 16.** Análisis de Varianza del número de hojas de plantas de la variedad futura, a los 84 días después del transplante.

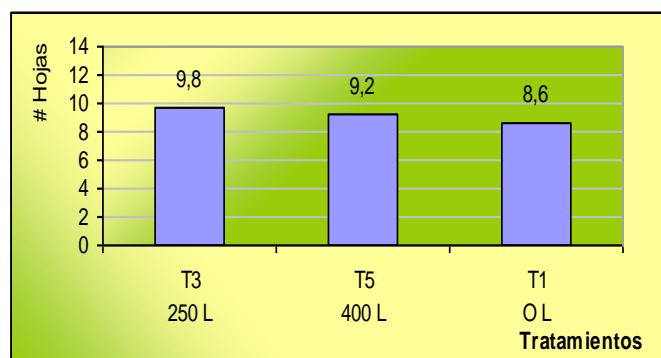
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.54	0.27	0.70	0.5480
<b>Tratamiento</b>	2	1.81	0.90	2.32	0.2142
<b>Error</b>	4	1.56	0.39		
<b>Total</b>	8	3.91			

Coeficiente de Variación = 6.7 %

**Cuadro 17.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el número de hojas de plantas de brócoli variedad futura.

Tratamientos	T3	T5	T1
<b>Promedios</b>	9.76	9.2	8.6
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**Figura 7.** Número de hojas de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante.



La figura 7 presenta los resultados de la comparación entre medias de los tratamientos y prueba de Duncan, que nos muestra que no existe una diferencia significativa en el número de hojas en los tratamientos de esta variedad.

Los resultados obtenidos en esta variedad indican, que en comparación al tratamiento testigo T1, las plantas de brócoli de los tratamientos T3 y T5, asimilaron de manera semejante, la absorción de los nutrientes disponibles durante el proceso de transformación del vermicompost, expresando así las plantas de brócoli, un desarrollo casi uniforme en la formación del número de hojas, presentándose en similar forma, la formación de 9 hojas en el tratamiento testigo T1.

### 6.1.3 Longitud de hoja

Los resultados que se obtuvieron como respuesta a esta variable agronómica en estudio, fueron los siguientes:

### a) Longitud de hojas de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante

El cuadro 18, presenta el análisis de varianza de la longitud de hojas en centímetros, nos describe que entre bloques no existe diferencias significativas, pero entre los tratamientos de estudio, existe una diferencia significativa; donde los tratamientos T3 variedad futura y T4 variedad pirata, presentan una diferencia de altura de la planta entre ambas ya que las hojas de la variedad futura presenta una mayor longitud con relación a las hojas de la variedad pirata, como se observa en el cuadro 19, el tratamiento T4 a su vez presenta una diferencia significativa con el tratamiento T6 de la misma variedad, donde la longitud de hoja es menor a la del tratamiento T5.

Los tratamientos T6 (variedad pirata) y T5 (variedad futura) no presentan significancia entre si al presentar un valor similar en la longitud de hojas, pero que en comparación a los tratamiento T3 y T4 estos obtuvieron menor tamaño en su crecimiento durante el proceso de estudio, a su vez si comparamos con los tratamientos T1 y T2, que son tratamientos testigo de ambas variedades presenta un crecimiento alto ya que los tratamiento testigos T1 y T2 en comparación a los demás tratamiento presentaron un bajo crecimiento de 42 y 43 cm, en el desarrollo de la longitud de hoja.

Así mismo, el coeficiente de variación de 9.84 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado, que es calificado bueno.

**Cuadro 18.** Análisis de Varianza de la longitud de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.

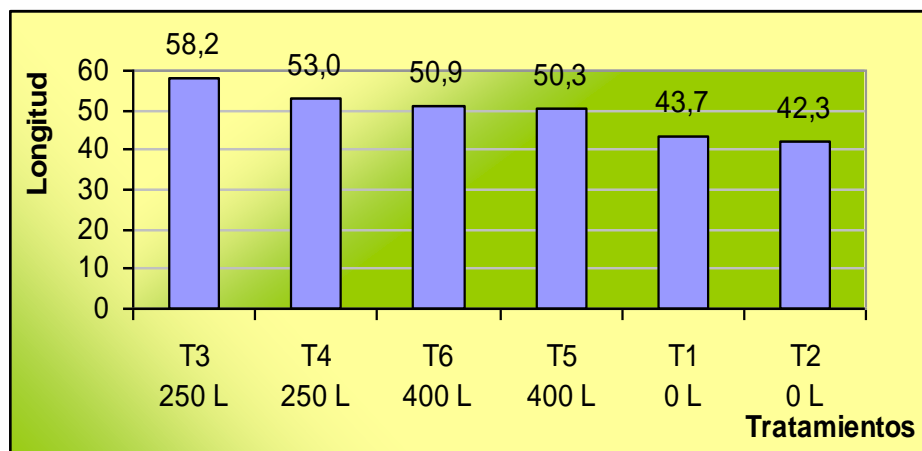
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	72.81	36.40	1.52	0.2660
<b>Tratamiento</b>	5	525.79	105.15	4.38	0.0226*
<b>Error</b>	10	240.09	24.00		
<b>Total</b>	17	838.70			

Coeficiente de Variación = 9.84%

**Cuadro 19.** Comparación de medias y prueba de Duncan para a longitud de hoja de plantas de brócoli.

Tratamientos	T3	T4	T6	T5	T1	T2
Promedios	58.2	53.0	50.9	50.3	43.7	42.3
Duncan	A	A B	A B C	A B C	BC	C

**Figura 8.** Comparación de la longitud de hoja de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante.



Estos resultados nos indican que los tratamientos T3, T4, T6 y T5, obtuvieron mejor aprovechamiento de los nutrientes disponibles del medio, durante el proceso de transformación del vermicompost en la etapa de estudio, en comparación con los tratamientos testigo T1 y T2, como se observa en la figura 8.

Los resultados obtenidos en esta variable, indican que, las plantas de brócoli de los tratamientos T3 variedad futura y T4 variedad pirata, asimilaron de mejor manera, los nutrientes disponibles en el medio de cultivo, expresándose en un mayor crecimiento y desarrollo de la longitud de hojas de las plantas de brócoli, ya que estas contaban desde un inicio con un nivel poblacional de 250 lombrices; en los tratamientos T6 variedad pirata y T5 variedad futura, observaremos que las planta de estos tratamientos, no asimilaron los nutrientes disponibles del medio de cultivo de manera igualitaria a los anteriores tratamientos, generando un crecimiento de la altura de la longitud de hojas de manera regular, ya que estos tratamientos contaban con un mayor

nivel poblacional de 400 lombrices para su estudio de investigación. Los tratamientos testigo T1 variedad futura y T2 variedad pirata, no registraron un buen crecimiento de la longitud de las hojas, ya que en los mismos, no se contaba con niveles poblacionales de lombriz para la transformación del sustrato en vermicompost, generando un crecimiento de 42 centímetros, en la longitud de hoja de las plantas de brócoli.

En conclusión para esta variable; ha existido un efecto entre la interacción planta – lombriz por medio de la transformación de vermicompost, en los tratamientos T3, T4, con niveles poblacionales iniciales de 250 lombrices y los tratamientos T6 y T5, con 400 lombrices, que durante este proceso de transformación del estiércol al vermicompost, se han generando macro y micro nutrientes esenciales de forma disponible, para la absorción del sistema radicular de las plantas, y que fueron asimilados en el sistema celular; para la formación de sustancias orgánicas y fotosintéticas que originan la formación de promotores de crecimiento y desarrollo, durante los proceso metabólicos en la planta de brócoli; generando así un desarrollo óptimo en la longitud de hojas de las plantas de brócoli, en su defecto, no se alcanzo niveles de crecimiento óptimos, en la longitud de hojas de las plantas de brócoli de los tratamientos testigo T1 y T2, absorbiendo los nutrientes disponibles del estiércol, durante su descomposición, obteniéndose la disponibilidad de nutrientes para las plantas de brócoli, en forma lenta.

Los resultados obtenidos por el programa de agricultura de precisión de la Universidad de Concepción en Chile (PROGAP, 2006), describe que la longitud de hojas del cultivo de brócoli, en su estado adulto alcanza alrededor de los 50 cm, presentado un pecíolo desarrollado que alcanza a un tercio de la longitud total de la hoja, al tiempo de realizar la cosecha de la pella de brócoli.

#### **b) Longitud de hoja de plantas de brócoli, variedad pirata, a los 84 días después del transplante**

Realizando el análisis de varianza de longitud de hojas de planta de brócoli, en la variedad pirata, nos muestra que no existe una diferencia significativa entre los bloques y los tratamientos de estudio, así mismo el coeficiente de variación de 13.5 %, nos

indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación, y que es calificado como aceptable, (cuadro 20, figura 9 y cuadro 21).

**Cuadro 20.** Análisis de Varianza de longitud de hojas en plantas de brócoli, de la variedad pirata, a los 84 días después del transplante.

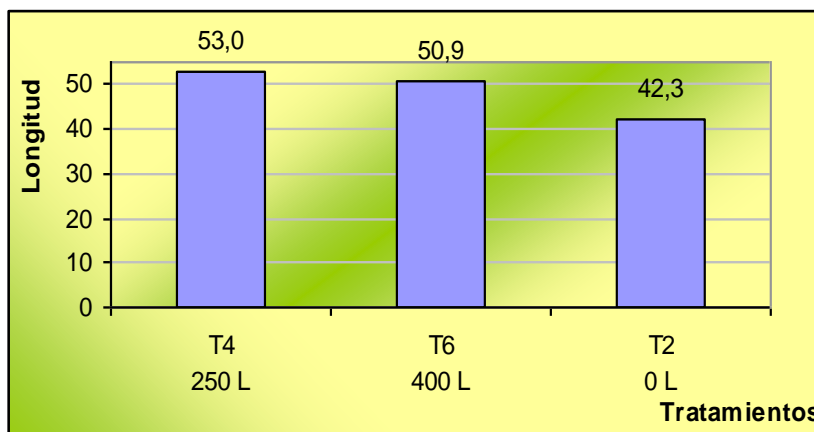
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	82.42	41.21	0.95	0.4604
<b>Tratamiento</b>	2	194.14	97.07	2.23	0.2233
<b>Error</b>	4	173.96	43.49		
<b>Total</b>	8	450.54			

Coefficiente de Variación = 13.5%

**Cuadro 21.** Comparación de medias y prueba de Duncan para la longitud de hojas de plantas de brócoli, variedad pirata.

Tratamientos	T4	T6	T2
<b>Promedios</b>	53.0	50.9	42.3
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**Figura 9.** Comparación de la longitud de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.



**c) Longitud de hoja de la planta de brócoli variedad Futura a los 84 días después del transplante.**

Analizando el resultado del cuadro 22, análisis de varianza de la longitud de hoja de la planta de brócoli, en la variedad futura, muestra que existe una diferencia significativa alta, entre los tratamientos de estudio; en tanto, el coeficiente de variación de 5.1 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación, que es calificado como muy bueno. Observando la figura 10 y el cuadro 23. de prueba de medias y duncan, veremos que los tratamientos T3 y T5 presentan diferencias significativas entre si, ya que el tratamiento T3 presenta un valor promedio de 58.2 cm de longitud de hoja, con respecto al tratamiento T5 que presenta un valor promedio de 50.3 cm, así mismo el tratamiento T1, en comparación a los tratamientos T3 y T5, presenta un valor bajo de 43.7 cm de longitud de hoja, obteniendo en cada tratamiento una diferencia de longitudes de 8 y 6 cm en promedio; esto nos indica que la interacción planta – lombriz, durante el proceso de vermicompostaje, se han aprovechado los nutrientes disponibles con mayor efectividad en relación al tratamiento testigo T1; alcanzando una longitud superior al parámetro de crecimiento estándar obtenidos en los estudios realizados por el programa de agricultura de precisión de la universidad de Concepción de Chile (PROGRAP, 2006), durante el crecimiento y desarrollo de la planta de brócoli.

**Cuadro 22.** Análisis de Varianza de la longitud de hoja de la planta de la variedad futura, a los 84 días desde el transplante.

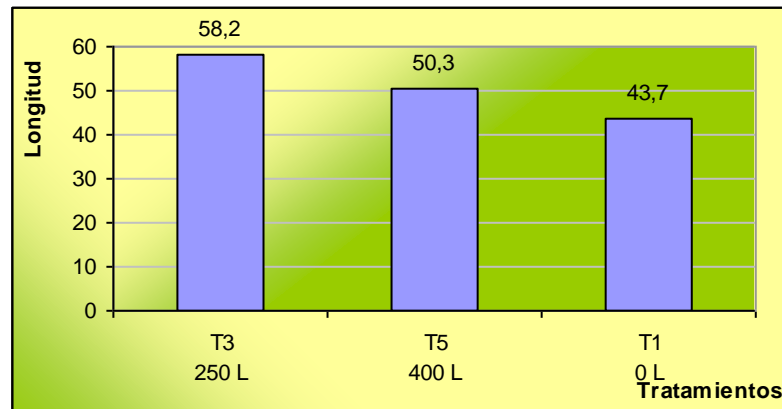
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	29.50	14.75	2.19	0.2283
<b>Tratamiento</b>	2	313.24	156.62	23.20	0.0063**
<b>Error</b>	4	27.00	6.75		
<b>Total</b>	8	369.75			

Coeficiente de Variación = 5.1%

**Cuadro 23.** Comparación de medias y prueba de Duncan para la longitud de hojas de plantas de brócoli variedad futura.

Tratamientos	T3	T5	T1
Promedios	58.2	50.3	43.7
Duncan	A	B	C

**Figura 10.** Longitud de hojas de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante.



#### 6.1.4 Ancho de hoja

Los resultados que se obtuvieron como respuesta a esta variable agronómica en estudio, fueron los siguientes:

##### a) Ancho de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante

El resultado que se observa en el cuadro 24, análisis de varianza del ancho de hoja de la planta de brócoli, nos describe que entre bloques no existe diferencias significativas, pero entre los tratamientos de estudio existen una diferencia significativa, en tanto, el coeficiente de variación de 10.37 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación; que es calificado como bueno.

Observando la figura 11, los tratamientos T3 variedad futura, T4 y T6 variedad pirata, no presentan diferencias significativas importantes entre si ya que los valores de los mismos son similares, pero con relación a los tratamientos T5, T1 variedad futura y T2 variedad pirata, presentan una diferencia altamente significativa, ya que los valores de estos últimos son bajos con relación a los tratamientos T3, T4 Y T6; entre los tratamientos T6 variedad pirata y T5 variedad futura, existe una diferencia significativa



media, ya que los valores promedio de ambos tratamientos no son muy distintos, como se observa en el cuadro 25 de prueba de medias y duncan.

**Cuadro 24.** Análisis de varianza del ancho de hojas de la plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.

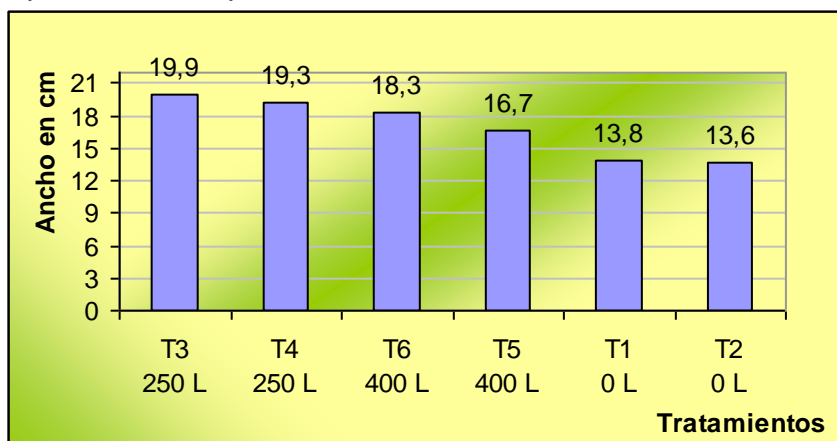
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	18.21	9.10	2.93	0.0994
<b>Tratamiento</b>	5	110.99	22.19	7.15	0.0043**
<b>Error</b>	10	31.03	3.10		
<b>Total</b>	17	160.25			

Coefficiente de Variación = 10.37%

**Cuadro 25.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el ancho de hojas de plantas de brócoli.

Tratamientos	T3	T4	T6	T5	T1	T2
<b>Promedios</b>	19.9	19.3	18.3	16.7	13.8	13.6
<b>Duncan</b>	A	A	A	A B	B	B

**Figura 11.** Ancho de hojas de la planta de brócoli a los 84 días después del transplante.



Estos resultados nos indican que los tratamientos T3, T4, T6 y T5, realizaron un mejor aprovechamiento de los nutrientes disponibles del medio, durante el proceso de transformación del estiércol en vermicompost; observando la figura 11, veremos que los tratamientos T3 y T4, asimilaron de una manera más eficiente, los nutrientes absorbidos como el fósforo, calcio y magnesio, por el sistema radicular, trasladándose estos, a diferentes órganos meristemáticos de la planta, formando un mayor desarrollo y división celular vegetativa, en el ancho de hoja de las plantas de brócoli; consecuentemente los tratamientos T6 y T5, que tuvieron un nivel poblacional mayor, para el estudio del efecto en la planta, no presentaron una diferencia significativa; con relación al desarrollo del ancho de hoja de las plantas de brócoli, de los tratamientos anteriores; pero con relación a los tratamientos testigo T1 y T2; se obtuvo una respuesta importante en el desarrollo del ancho de hoja de las plantas de brócoli, ya que estos tratamientos presentaron niveles más bajos de desarrollo en el ancho de las hojas.

Según los estudios realizados por el programa de agricultura de precisión de la universidad de Concepción de Chile (PROGRAP, 2006), el ancho de las hojas del cultivo de brócoli, en su estado adulto alcanza un ancho promedio de 20 cm, presentando una lamina entera con un borde laminar fuertemente ondulado, terminando cerca de la base de la hoja y unión con el pecíolo con pequeños fragmentos de lamina a modo de folíolos.

#### **b) Ancho de hojas de plantas de brócoli variedad pirata a los 84 días después del transplante**

Realizando el análisis de varianza, del ancho de hojas de planta de brócoli, en la variedad pirata, nos muestra que no existe una diferencia significativa entre los bloques, pero entre los tratamientos existe una diferencia significativa, en tanto, el coeficiente de variación de 10.8 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación es calificado como bueno.

Los cuadros 26 y 27, al igual que la figura 12, reportan que los tratamientos T4 y T6 no presentaron una diferencia importante en el desarrollo del ancho de hojas de las plantas de brócoli, en tanto, si comparamos con el tratamiento testigo T2, se observara que existe una diferencia importante, mostrando este, un desarrollo inferior de 5 y 6 cm a diferencia, de los tratamientos anteriores.

**Cuadro 26.** Análisis de Varianza del ancho de hojas de plantas de brócoli de la variedad pirata, a los 84 días después del transplante.

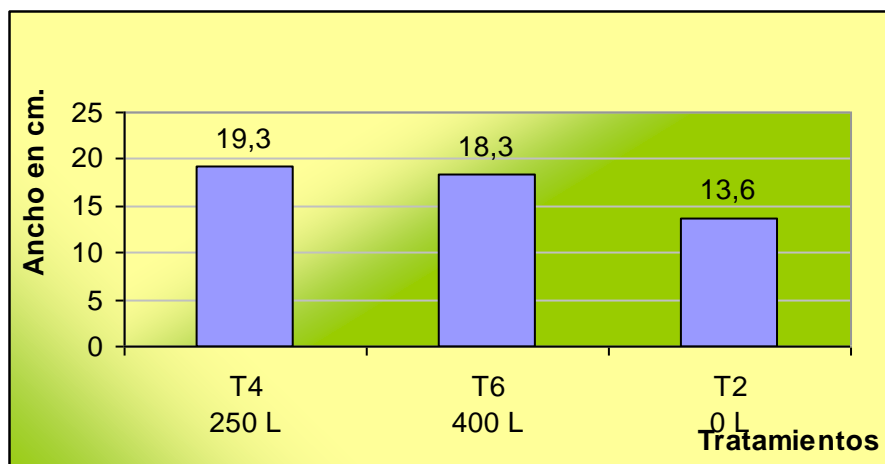
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	31.84	15.92	4.62	0.0913
<b>Tratamiento</b>	2	55.33	27.66	8.02	0.0398*
<b>Error</b>	4	13.79	3.44		
<b>Total</b>	8	100.97			

Coeficiente de Variación = 10.8%

**Cuadro 27.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el ancho de hojas de plantas de brócoli, variedad pirata.

Tratamientos	T4	T6	T2
<b>Promedios</b>	19.3	18.3	13.6
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>

**Figura 12.** Comparación del ancho de hojas de plantas de brócoli, variedad pirata al os 84 días después del transplante.



**c) Ancho de hojas de plantas de brócoli variedad futura a los 84 días después del transplante**

El resultado del análisis de varianza de ancho de hoja, en la variedad futura, describe que no existe una diferencia significativa entre los bloques; por el contrario, en los tratamientos de estudio, nos muestra que existe una diferencia significativa de importancia, como se observa en el cuadro 28; en tanto, el coeficiente de variación de 2.4 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación, que es calificado como muy bueno.

El cuadro 29 y figura 13; observaremos que el tratamiento T3 presenta un ancho de hoja de 19.9 cm en comparación a los tratamientos T5 y T1, indicándonos que este efecto, se ha originado a partir de la asimilación de los nutrientes, por medio de la absorción del sistema radicular de las plantas, que se encontraron disponibles en el medio de cultivo, mediante la transformación del vermicompost por el nivel poblacional de lombrices en el tratamiento de estudio; en tanto las plantas de este tratamiento, fisiológicamente, también han presentado una aclimatación y adaptación al medio de cultivo; el tratamiento T5, ha expresado también un valor de 16.7 cm de ancho de hojas, este resultado es considerado como positivo, en comparación del resultado obtenido en el tratamiento testigo con un valor de 13.8 cm, como se observa en el cuadro 29.

**Cuadro 28.** Análisis de Varianza del ancho de hojas de plantas de brócoli de la variedad futura a los 84 días después del transplante.

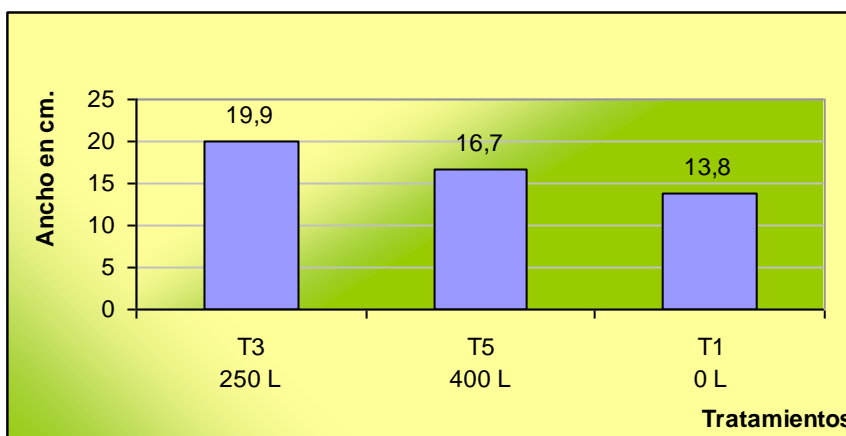
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	2.94	1.47	8.73	0.0547
<b>Tratamiento</b>	2	55.28	27.64	164.22	0.0001**
<b>Error</b>	4	0.67	0.16		
<b>Total</b>	8	58.90			

Coeficiente de Variación = 2.4%

**Cuadro 29.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el ancho de hojas de plantas de brócoli variedad futura.

Tratamientos	T3	T5	T1
Promedios	19.9	16.7	13.8
Duncan	A	B	C

**Figura 13.** Comparación del ancho de hojas de plantas de brócoli, variedad futura a los 84 días después del trasplante.



### 6.1.5 Diámetro del tallo

Los resultados que se obtuvieron como respuesta a esta variable agronómica en estudio, fueron los siguientes:

#### a) Diámetro del tallo de la planta de brócoli a los 84 días después del trasplante

Los resultados que se observan en el cuadro 30 el análisis de varianza del diámetro del tallo, podemos ver que entre bloques no existe diferencias significativas, pero entre los tratamientos de estudio existen diferencias altamente significativas; donde el tratamiento T4 (variedad pirata), presenta el valor más alto del diámetro del tallo, en comparación de los demás tratamientos, en tanto entre los tratamientos T4, T2 y T6; la diferencia significativa no es relevante entre si, pero en comparación a los tratamiento T3, T5 y T1 de la variedad futura, existe una diferencia significativa alta en el desarrollo del diámetro del tallo. De igual forma el tratamiento T3 (variedad futura) ha presentado

un valor un poco mas alto que los valores de los tratamientos T5 y T1 de la misma variedad, pero que entre si no existe una diferencia significativa de importancia; en comparación de las dos variedades, los tratamientos T4 (variedad pirata) y T3 (variedad futura) han presentado un valor significativo ante sus variedades pero entre si el tratamiento T4 es superior en diámetro del tallo, como se puede observar en la figura 14 y el cuadro 31 de prueba de medias y Duncan. En tanto, el coeficiente de variación de 3.06 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación; que según los rangos permitidos para pruebas de laboratorio y pruebas agronómicas de investigación en campo, es calificado como muy bueno.

**Cuadro 30.** Análisis de Varianza del diámetro del tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.

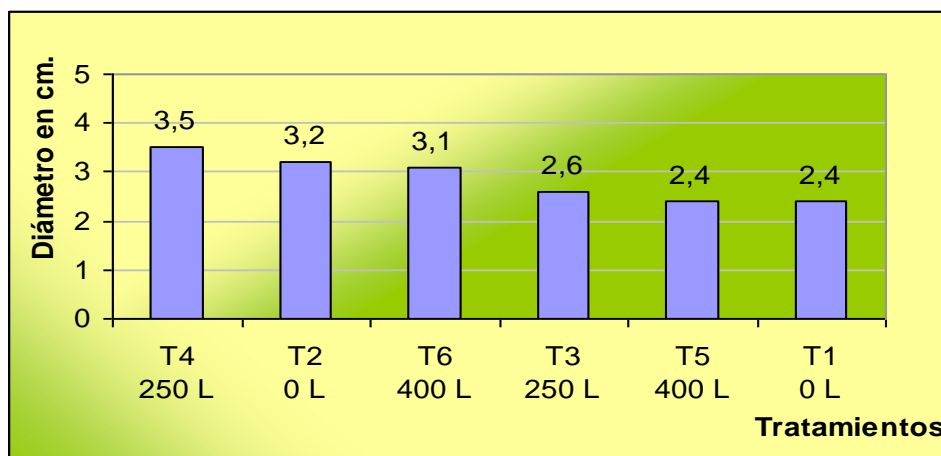
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.01	0.00	0.92	0.4314
<b>Tratamiento</b>	5	3.31	0.66	84.07	0.0001**
<b>Error</b>	10	0.07	0.00		
<b>Total</b>	17	3.40			

Coeficiente de Variación = 3.06%

**Cuadro 31.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro del tallo de plantas de brócoli.

Tratamientos	T4	T2	T6	T3	T5	T1
<b>Promedios</b>	3.5	3.2	3.1	2.6	2.4	2.4
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

**Figura 14.** Comparación del diámetro del tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del trasplante.



La obtención de estos resultados, expresan que los tratamientos de la variedad pirata T4, T2 y T6, desarrollaron durante su crecimiento vegetativo, un diámetro de tallo de 3 cm de forma similar, en comparación a los tratamientos T3, T5 y T1, de la variedad futura generaron un diámetro promedio de tallo de 2.5 cm de grosor; este efecto se debió, a que además del aprovechamiento de los nutrientes disponibles en el medio de cultivo generado por la lombriz californiana, durante la elaboración de humus de lombriz, y su óptima asimilación de estos nutrientes por las plantas de brócoli; en las dos variedades, las plantas han expresado un desarrollo homogéneo en el grosor del diámetro del tallo de ambas variedades, debiéndose este efecto, a las óptimas condiciones ambientales dadas, y cubrir el requerimiento nutricional de las plantas de brócoli con la asimilación de los nutrientes ofrecido por la elaboración del humus de los distintos niveles poblacionales de lombriz californiana, en los tratamiento de estudio; de tal forma no se descarta también, la posibilidad de la expresión de un valor genético de las variedades en estudio.

Estudios realizados por el programa de agricultura de precisión de la universidad de Concepción de Chile (PROGRAP, 2006), describe que el diámetro del tallo del cultivo de brócoli, en su estado adulto alcanza un diámetro de 3 centímetros.

**b) Diámetro del tallo de plantas de brócoli variedad pirata, a los 84 días después del transplante**

Realizando el análisis de varianza del diámetro del tallo de la planta, de la variedad pirata, nos muestra que no existe una diferencia significativa entre los bloques, pero entre los tratamientos existe una diferencia significativa, como se puede observar en el cuadro 32. Así mismo, el coeficiente de variación de 3.0 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo que es calificado como muy bueno.

Observando el cuadro 33 y la figura 15, de comparación de medias y prueba de Duncan, podemos observar que el tratamiento T4 en comparación a los tratamientos T2 y T6, presenta una diferencia significativa, ya que la diferencia de sus valores en el diámetro no varía de gran manera; comparando los valores de los tratamientos T2 y T6, también se puede ver que no existe una diferencia significativa de importancia, ya que ambos presentan un valor similar.

**Cuadro 32.** Análisis de Varianza del diámetro del tallo de plantas de brócoli, de la variedad pirata a los 84 días después del transplante.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.02	0.01	1.00	0.4444
<b>Tratamiento</b>	2	0.26	0.13	13.00	0.0178*
<b>Error</b>	4	0.04	0.01		
<b>Total</b>	8	0.32			

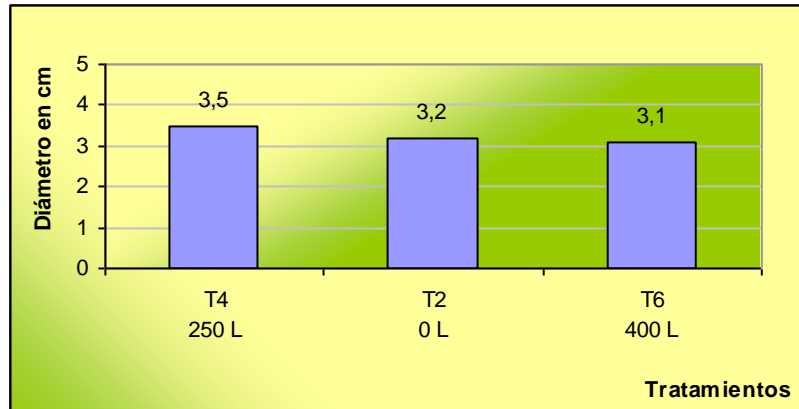
Coeficiente de Variación = 3.0%

**Cuadro 33.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro del tallo de plantas de brócoli, variedad pirata.

Tratamientos	T4	T2	T6
<b>Promedios</b>	3.5	3.2	3.1
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>



**Figura 15.** Comparación del diámetro de tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.



**c) Diámetro del tallo de la planta de brócoli variedad Futura a los 84 días desde el transplante.**

**Cuadro 34.** Análisis de Varianza del diámetro del tallo de plantas de brócoli de la variedad futura a los 84 días después del transplante.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.01	0.00	1.75	0.2844
<b>Tratamiento</b>	2	0.09	0.04	10.75	0.0246*
<b>Error</b>	4	0.01	0.00		
<b>Total</b>	8	0.12			

Coefficiente de Variación = 2.6%

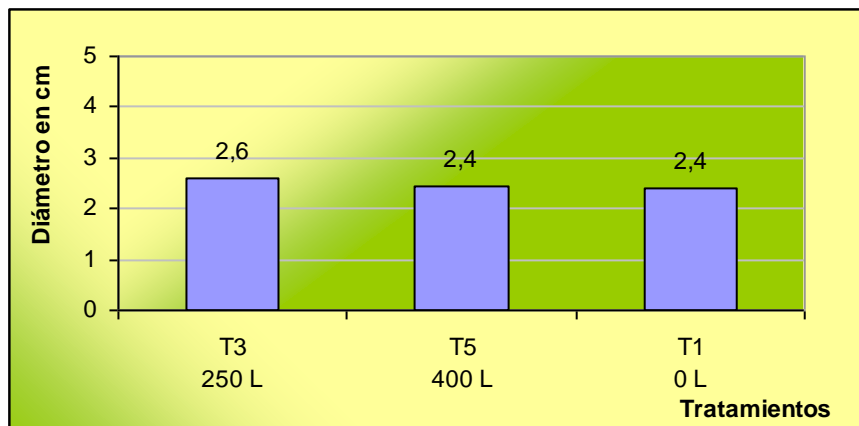
Analizando los resultados del cuadro 34, del análisis de varianza de diámetro del tallo de plantas de brócoli de la variedad futura, nos muestra que no existe una diferencia significativa entre los bloques, en cambio entre los tratamientos existe una diferencia significativa, en tanto el coeficiente de variación de 2.6 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación que es calificado como muy bueno. El cuadro 35 y la figura 16, de comparación de medias y prueba de duncan, veremos que el tratamiento T3 en comparación a los tratamientos T5 y T1, presenta una diferencia significativa, ya que la diferencia de sus valores en el diámetro

no varía de gran manera; en comparación a los valores de los tratamientos T5 y T1, se observará también que no existe una diferencia significativa entre los mismos, ya que ambos tratamientos presentan un mismo valor de 2 centímetros.

**Cuadro 35.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro del tallo de plantas de brócoli de la variedad futura.

Tratamientos	T3	T5	T1
Promedios	2.6	2.4	2.4
Duncan	A	B	B

**Figura 16.** Comparación del diámetro del tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.



### 6.1.6 Diámetro de la pella

Los resultados que se obtuvieron como respuesta a esta variable agronómica en estudio fueron los siguientes:

#### a) Diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del transplante

En los resultados que se observan en el cuadro 36, del análisis de varianza de la variable de diámetro de la pella de brócoli, podemos ver que entre bloques no existe diferencias significativas, pero entre los tratamientos de estudio existen diferencias altamente significativas; en tanto, el coeficiente de variación de 8.93 %, nos indica el

grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación, que es calificado como bueno.

En el cuadro 37, los tratamientos T4 y T6 (variedad pirata), presentaron el valor más alto en comparación al tratamiento testigo T2 y los demás tratamientos, en cambio comparándose entre sí mismos, ambos tratamientos presentaron el mismo promedio de desarrollo de la pella de brócoli, observando que no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos de estudio. Los tratamientos T3 y T5 (variedad futura), en comparación a su tratamiento testigo T1, presentan valores significativos altos en desarrollo del diámetro de la pella, pero entre ambos tratamientos, la diferencia es significativa, como se puede observar en la figura 17.

**Cuadro 36.** Análisis de Varianza del diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del trasplante.

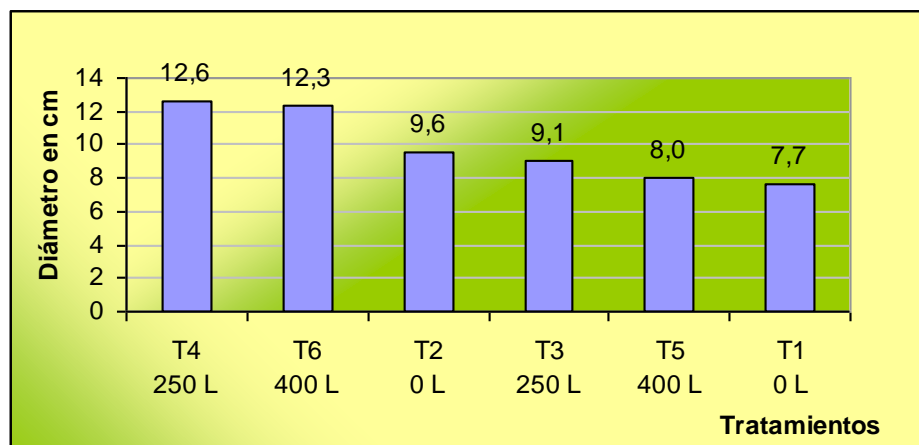
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.44	0.22	0.28	0.7600
<b>Tratamiento</b>	5	67.50	13.50	17.18	0.0001**
<b>Error</b>	10	7.85	0.78		
<b>Total</b>	17	75.80			

Coefficiente de Variación = 8.9%

**Cuadro 37.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del trasplante.

Tratamientos	T4	T6	T2	T3	T5	T1
<b>Promedios</b>	12.6	12.3	9.6	9.1	8.0	7.7
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B C</b>	<b>B C</b>	<b>C</b>

**Figura 17.** Comparación del diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del trasplante.



Estos resultados nos indican que los tratamientos T4 y T6 de la variedad pirata, obtuvieron un mejor aprovechamiento de los nutrientes disponibles en el medio de cultivo, durante el proceso de transformación del vermicompost efectuado por la lombriz californiana, en comparación a los tratamientos T2, T3, T5 y T1, como se observa en la figura 17.

A este efecto los parámetros de selección de calidad del producto para la comercialización de brócoli en mercados, determinados por el Servicio Nacional de Seguridad Alimentaria de Argentina, (SENASA), indica que la clasificación de las pellas de brócoli que se obtuvieron, están dadas por el tamaños del diámetro de la pella, expresado en centímetros, como se observa en la siguiente tabla 7.

**Tabla 7.** Parámetros de selección de calidad para pellas de brócoli.

<b>Parámetros de Selección de Calidad para Pellas de Brócoli</b>	
<b>CALIBRE</b>	<b>Brócoli Francés o de cabeza</b> <b>(Brassica oleracea L var. híbrida).</b>
	<b>DIÁMETRO (cm.)</b>
<b>Extra grande</b>	Mayor a 25
<b>Grande</b>	21 a 25
<b>Mediano</b>	10 a 20
<b>Chico</b>	5 a 10

**Fuente:** SENASA – Argentina (2009).

Así mismo, las clases de calibres descritas por Barboza, et al (2010), se definen sobre la base del mayor diámetro ecuatorial de la pella del brócoli, expresado en centímetros ajustados a la siguiente tabla 8 de parámetros de calidad para su selección.

**Tabla 8.** Parámetros de selección de calidad del producto.

<b>Parámetros de Selección de calidad para Pellas de Brócoli</b>	
<b>CALIBRE</b>	<b>DIÁMETRO (cm.)</b>
<b>Grande</b>	Mayor a 20
<b>Mediano</b>	12 a 20
<b>Chico o pequeño</b>	Menor a 10

**Fuente:** Barboza et al. (2010).

En este sentido, los resultados obtenidos y en comparación a los parámetros de selección definidos por el SENASA – Argentina y Barboza et al., (2010); se concluye que existe una diferencia significativa relevante en el diámetro de la pella de brócoli, entre los tratamientos de estudio T4 y T6 de la variedad pirata, por presentar estos, mejores resultados de desarrollo de la pella, llegando al parámetro de calidad de tamaño mediano con 12 y 13 cm de diámetro respectivamente, donde observamos que estos presentaron una mejor adaptabilidad al medio de crecimiento, condiciones ambientales y a la absorción de nutrientes disponibles durante el proceso de transformación de vermicompost, efectuado por la lombriz californiana en el medio de cultivo, ya que esta misma situó su medio de vivencia y como habitad, el sistema radicular de las plantas, generando el proceso de transformación del vermicompost desde este lugar.

Así mismo T3, T5, T1 (variedad Futura), presentaron un desarrollo de la pella en un tamaño aproximado de 9 cm de diámetro, que en comparación a los anteriores tratamientos de estudio presentan valores bajos; esto se debe a que esta variedad presenta una formación de la pella del tipo florete, que alcanza un diámetro de no más de los 10 a 12 cm de diámetro. Las plantas de brócoli de esta variedad, aprovecharon de igual manera los nutrientes disponibles, del medio de cultivo, y que fueron asimilados por el sistema radicular de las plantas, durante el proceso de transformación del vermicompost por la lombriz californiana.

**b) Diámetro de la pella de brócoli variedad pirata a los 84 días después del transplante**

Realizando el análisis de varianza del diámetro de la pella de brócoli, de la variedad pirata, nos muestra que no existe una diferencia significativa entre los bloques, pero entre tratamientos, si existe una diferencia significativa, como se puede observar en el cuadro 38. y el coeficiente de variación de 7.7 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación, que es calificado como bueno.

El cuadro 39 y la figura 18, muestran que los tratamientos T4 y T6 en comparación al tratamiento testigo T2, no presentan una diferencia significativa entre si, pero en comparación al tratamiento testigo, ambos tratamientos presentan valores superiores ya que existe una diferencia del diámetro de la pella de 3,5 cm superior a este tratamiento.

**Cuadro 38.** Análisis de Varianza del diámetro de la pella de brócoli, de la variedad pirata a los 84 días después del transplante.

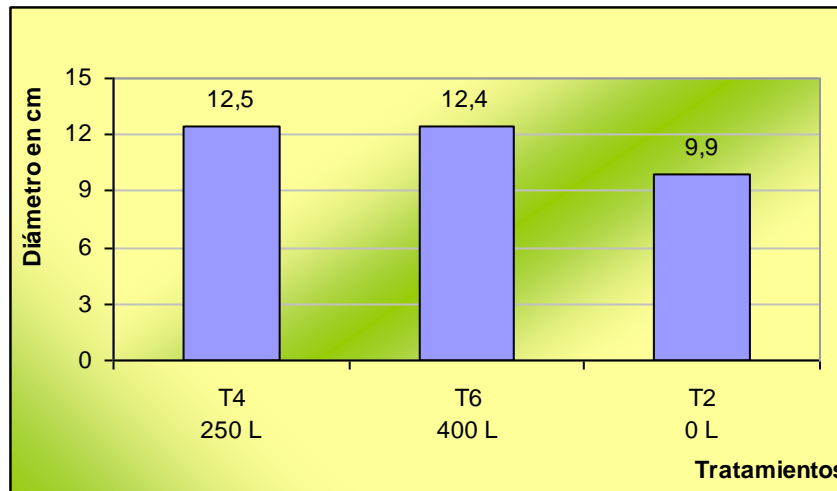
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.80	0.40	0.50	0.6396
<b>Tratamiento</b>	2	12.34	6.17	7.71	0.0424*
<b>Error</b>	4	3.20	0.80		
<b>Total</b>	8	16.35			

Coeficiente de Variación = 7.7%

**Cuadro 39.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro de la pella de brócoli, variedad pirata.

Tratamientos	T4	T6	T2
<b>Promedios</b>	12.5	12.4	9.9
<b>Duncan</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>

**Figura 18.** Comparación del diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del trasplante.



**c) Diámetro de la pella de brócoli variedad Futura a los 84 días después del trasplante**

Analizando los resultados del cuadro 40, el diámetro de la pella de la variedad futura muestra que no existe una diferencia significativa entre los bloques y los tratamientos, en tanto, el coeficiente de variación de 8.8 %, nos indica el grado de confiabilidad del manejo realizado durante el proceso de investigación, que es calificado como bueno. Así mismo el cuadro 41 y la figura 19, muestran que entre tratamientos no existe diferencias significativas, ya que entre tratamientos presentan valores similares en el crecimiento de la pella, asumiendo que este comportamiento puede ser una característica propia del comportamiento genético de la variedad.

**Cuadro 40.** Análisis de Varianza del diámetro de la pella de brócoli de la variedad futura, a 84 días después del trasplante.

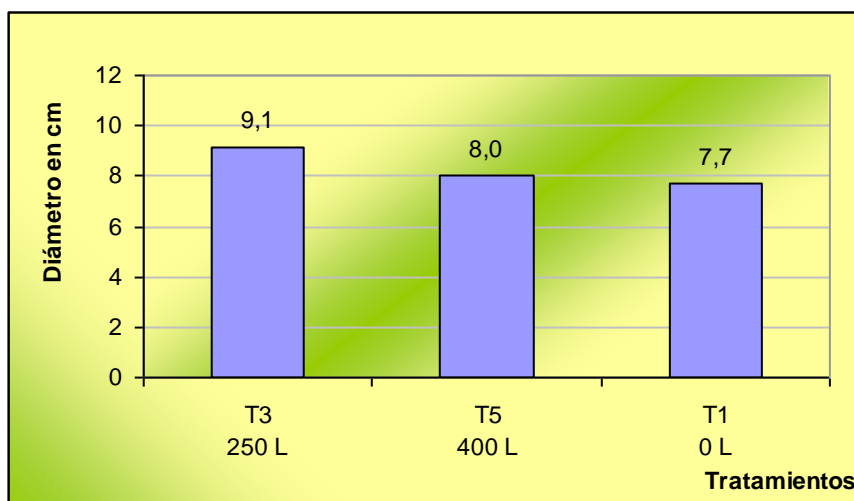
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0.14	0.07	0.13	0.8798
<b>Tratamiento</b>	2	3.09	1.54	2.88	0.1681
<b>Error</b>	4	2.15	0.53		
<b>Total</b>	8	5.38			

Coeficiente de Variación = 8.8%

**Cuadro 41.** Comparación de medias y prueba de Duncan para el diámetro de pellas de brócoli, variedad futura

Tratamientos	T3	T5	T1
Promedios	9.1	8.0	7.7
Duncan	A	A	A

**Figura 19.** Comparación del diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del transplante.



### 6.1.7 Porcentaje de materia seca

Para la obtención del porcentaje de materia seca producido por el cultivo de brócoli, se recolecto 6 plantas por cada tratamiento, donde fueron separadas las pellas y resto de las plantas (hojas, tallo, raíz) y posteriormente pesadas; luego se trituro con cuchillos para homogenizar las muestras. De cada tratamiento se tomaron sub. muestras de 100 g de pellas y 300 g del resto de la planta, para ser secadas en una estufa de ventilación forzada a 65°C por el tiempo de 48 a 72 horas.

Así mismo una vez realizado los peso de las muestras secas de cada tratamiento se utilizo para los cálculos de porcentaje de materia seca de pellas y resto de la planta la siguiente fórmula:



$$\%MSP = (PSP/PFP)*100$$

donde:

- %MSP = Porcentaje de materia seca de pellas
- PSP = Peso seco de pellas
- PFP = Peso fresco de pellas

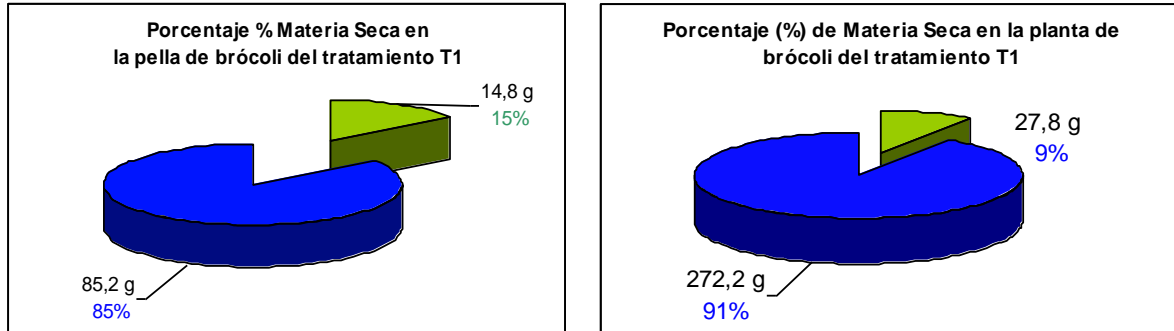
#### **6.1.7.1 Materia Seca Variedad Futura**

##### **a) Porcentaje de materia seca tratamiento T1, (variedad futura)**

Los resultados que se obtuvieron en el rendimiento de materia seca producida por esta variedad, bajo este sistema de producción se pueden observar en la figura 20, donde se ve claramente que el 14.8% de la pella de brócoli de esta variedad es materia sólida y el restante 84.2% es contenido de agua. Esto nos indica que de cada 100g consumidos como alimento, solo 15g son aprovechados por nuestro organismo como fibra natural y el restante 85% es absorbido y distribuido como agua metabólica por el cuerpo, transportando una serie de elementos nutritivos al torrente sanguíneo.

De igual forma en el porcentaje de materia seca obtenido en la muestra del resto de la planta en laboratorio, podemos observar que solo el 27.8g de la planta como tal esta compuesta de materia sólida y los restantes 272.2g esta compuesto de agua, esto nos indica que de los 300g de muestra sometidos al secado en laboratorio, el 9% es materia sólida y el 91% restante es agua, como se puede ver en las figuras 21, 23 y 25; de tal forma que podemos ver que si utilizamos este resto después de la cosecha principal de la pella de brócoli, en la alimentación de ganado, podemos suministrarlo como una fuente de forraje verde, como complemento nutricional a un alimento de ración seca, ya que aporta bastante contenido líquido en su composición vegetal.

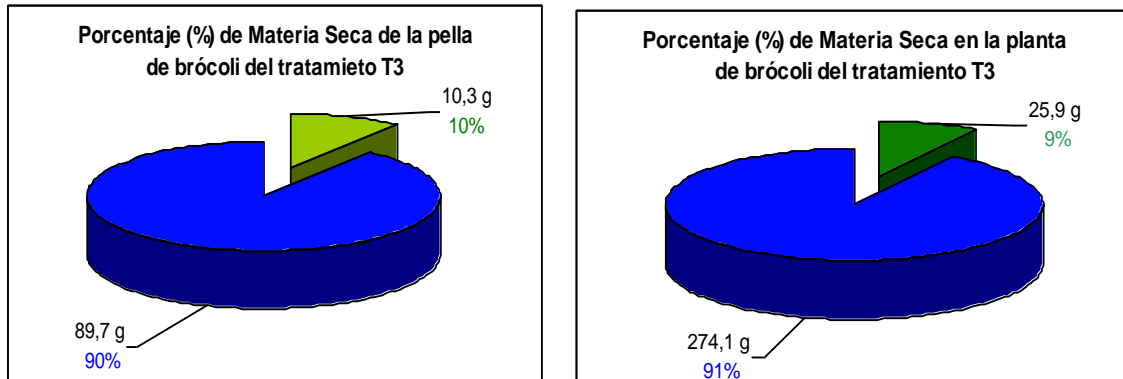
**Figuras 20 y 21.** Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli.



**b) Porcentaje de materia seca tratamiento T3, (variedad futura)**

De forma similar al tratamiento testigo, los resultados que se obtuvieron de este tratamiento en el rendimiento de materia seca producida por esta variedad, se pueden observar en la figura 22, donde se observa claramente que de los 100g de muestra en laboratorio, 10.3g de la muestra de la pella de brócoli es materia sólida y el restante 89.7g es contenido de agua. Esto nos indica que de cada 100g consumidos como alimento, solo 10% es aprovechado por nuestro organismo como fibra natural y los restantes 90% es absorbido y distribuido como agua metabólica por el cuerpo.

**Figuras 22 y 23.** Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli.

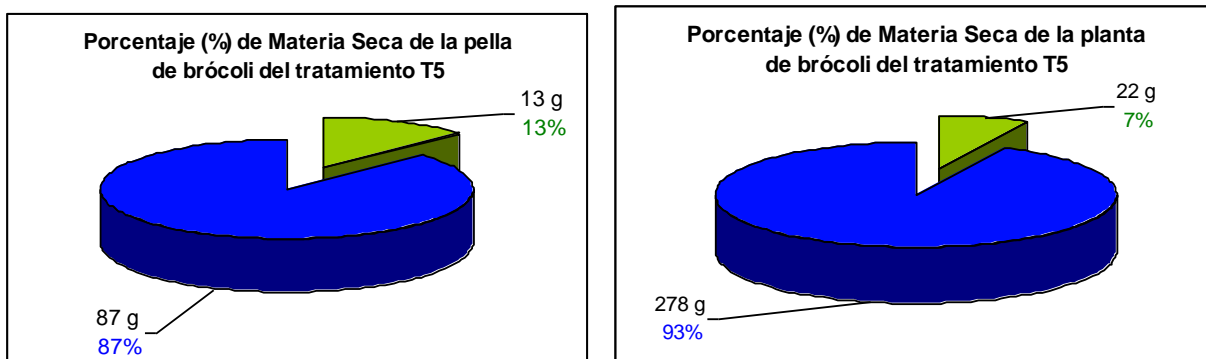


**c) Porcentaje de materia seca tratamiento T5, (variedad futura)**

Al igual que los anteriores tratamientos, los resultados que se obtuvieron de este tratamiento en el rendimiento de materia seca producida por esta variedad, se pueden observar en la figura 24, que de los 100g de muestra llevadas al laboratorio, 13g de la muestra de la pella de brócoli es materia sólida y los restantes 87g, es contenido de agua. Esto nos indica que de cada 100g consumidos como alimento, solo el 13% es

aprovechado por nuestro organismo como fibra natural y los restantes 87%, son absorbidos y distribuidos como agua metabólica por el cuerpo.

**Figuras 24 y 25.** Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli.



#### 6.1.7.2 Materia Seca Variedad Pirata

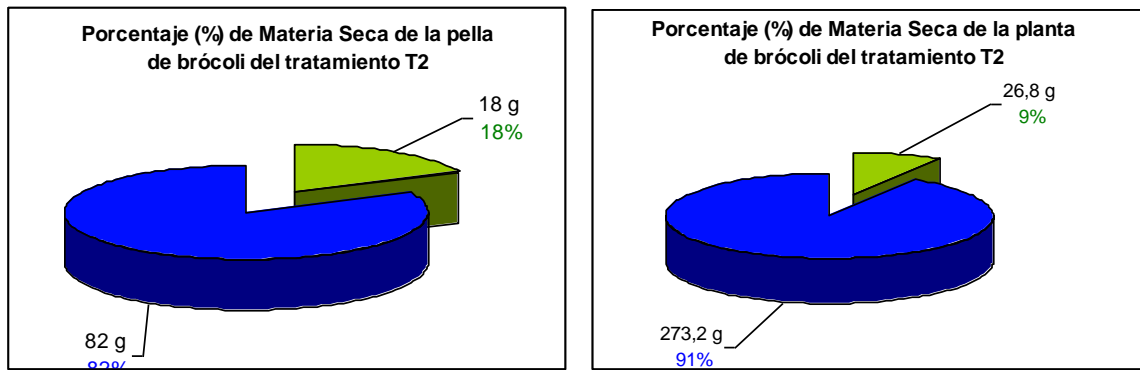
##### a) Porcentaje de materia seca tratamiento T2, (variedad pirata)

Los resultados que se obtuvieron en el rendimiento de materia seca producida por esta variedad, se pueden observar en la figura 26, donde vemos claramente que de 100g de muestra de pella llevadas al laboratorio, 18g de la pella de esta variedad es materia sólida y los restantes 82g es contenido de agua. Esto indica que de cada 100g consumidos como alimento, solo 18g son aprovechados por nuestro organismo como fibra natural y los restantes 82g serán absorbidos y distribuidos como agua metabólica por el cuerpo, transportando una serie de elementos nutritivos al torrente sanguíneo.

Al igual que la pella, el porcentaje de materia seca obtenido en la muestra del resto de la planta en laboratorio, observamos que de 300g de muestra, solo el 26.8g de la planta como tal esta compuesta de materia sólida y los restantes 273,2g esta compuesto de agua, entonces los 300g de muestra sometidos al secado en laboratorio, entre el 9% y 11% es materia sólida y el 90% a 91% restante en agua, como se puede ver en las figuras 27, 29 y 31; de tal forma al igual que con la otra variedad podemos utilizar estos restos después de la cosecha principal de la pella de brócoli, en la alimentación de ganado, como una fuente de forraje verde, como complemento

nutricional a un alimento de ración seca, ya que aporta bastante contenido líquido en su composición vegetal.

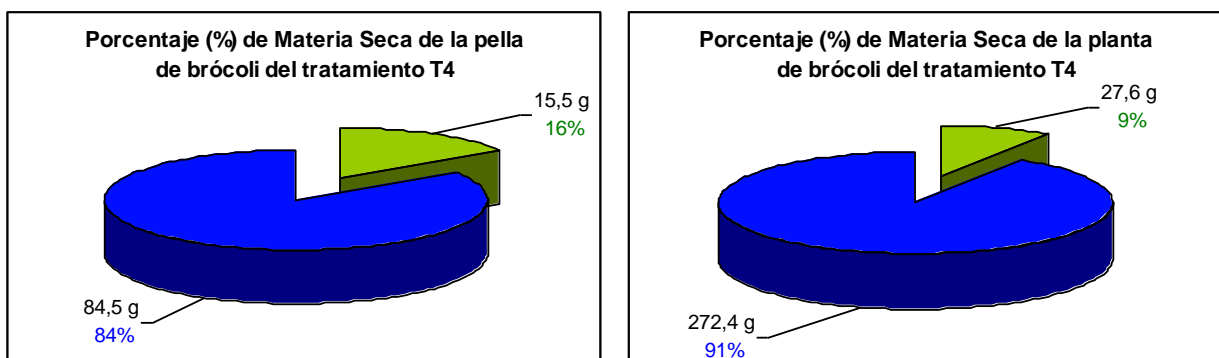
**Figuras 26 y 27.** Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli.



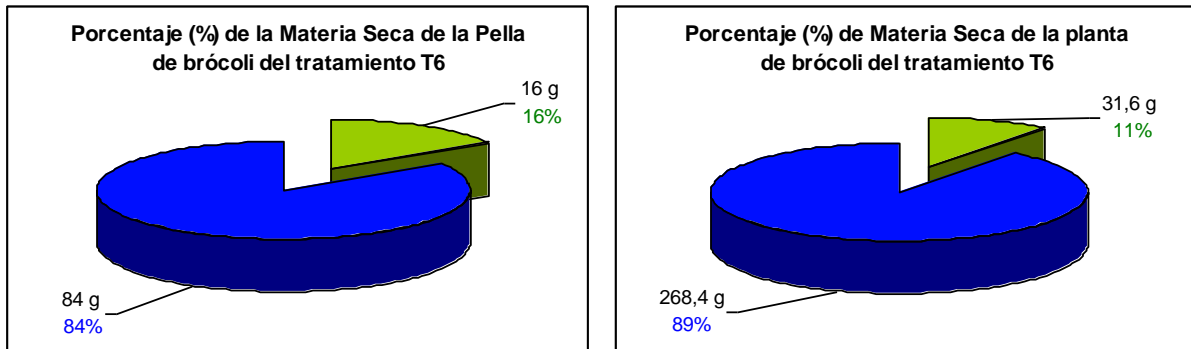
**b) Porcentaje de materia seca tratamientos T4 y T6, (variedad pirata)**

De forma similar al anterior tratamiento, los resultados que se obtuvieron de estos tratamientos en el rendimiento de materia seca producida por esta variedad, se pueden observar en las figuras 28 y 30, donde se observamos claramente que de los 100 g de muestra en laboratorio, entre 15g y 15,5g de la muestra de la pella de brócoli es materia sólida y los restantes 84g son contenido de agua. Esto nos indica que de cada 100g consumidos como alimento, solo 16% será aprovechado por nuestro organismo como fibra natural y los restantes 84% serán absorbidos y distribuidos como agua metabólica por el cuerpo.

**Figuras 28 y 29.** Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli.



**Figuras 30 y 31.** Comparación del porcentaje de materia seca de la pella de brócoli y comparación del porcentaje de materia seca de la planta de brócoli.



Para transformar a rendimiento por hectárea de materia seca de pellas se usó la siguiente fórmula:

$$\text{MSP} = \% \text{MSP} / 100 * (\text{PF} / 6) * 40.000$$

donde:

- MSP = Materia seca pellas en Kg./ha
- %MSP = Porcentaje de materia seca pellas
- PF = Peso fresco de 6 plantas en Kg. (biomasa)
- 40.000 = Número de plantas/ha.

Los resultados que se obtuvieron utilizando la fórmula anterior para transformar a rendimiento de materia seca por hectárea, indica que si aplicamos el tratamiento utilizado para el tratamiento T4 de la variedad pirata en una superficie de una hectárea, obtendremos alrededor de 6.091,5 kg de materia seca o fibra útil para consumo humano, producida bajo este sistema de producción con lombrices como se puede observar en la tabla 9.

**Tabla 9.** Rendimiento de materia seca (MS) de los tratamientos en estudio.

<b>Rendimiento / Ha de Materia Seca (MS)</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>Peso Fresco 6 plantas</b>	<b>Peso / Pellas en seco</b>	<b>MSP / Ha. Kg/ Ha.</b>
<b>Variedad Futura</b>			
T1	2535	14,8	2501,2
T3	3705	10,3	2544,1
T5	3145	13	2725,7
<b>Variedad Pirata</b>			
T2	3070	18	3684,0
T4	5895	15,5	6091,5
T6	2860	16	3050,7

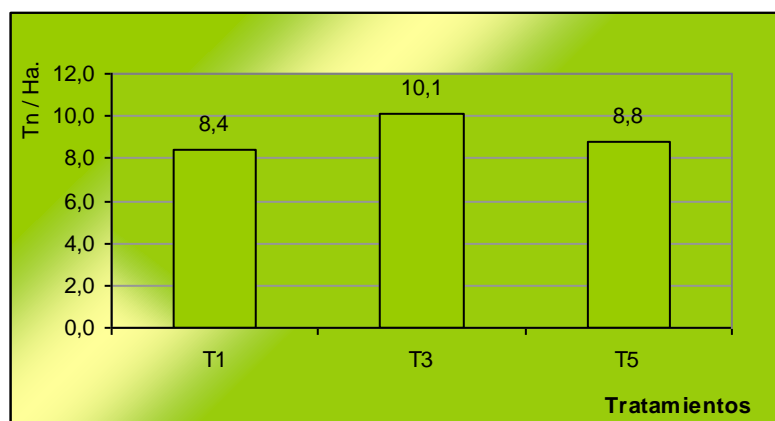
### 6.1.8 Rendimiento del cultivo en Kg./m<sup>2</sup>

Los datos a continuación, son el resultado de los datos obtenidos con la ayuda de una balanza electrónica de una capacidad de 30 kilos, tomando el peso de cada una de las pellas cosechadas, expresando el valor en kg/pella, que se sumaron para tener el peso total/unidad experimental, dividiéndolo posteriormente por el número de pellas, para obtener el promedio peso/pella para cada unidad experimental y finalmente se transformaron a TM/Ha, como podemos observar en las tablas 10 y 11.

**Tabla 10.** Rendimiento del cultivo de brócoli, en kg/Ha y Tn/Ha en la variedad futura.

<b>RENDIMIENTO DEL CULTIVO</b>					
<b>Rendimiento en (kg) variedad FUTURA</b>					
<b>Característica</b>	<b>Cantidad (unid.)</b>	<b>Peso total pella/ trat</b>	<b>Peso Prom. pella/ trat</b>	<b>Kg/Ha.</b>	<b>Tn/Ha.</b>
<b>Tratamiento T1</b>					
medianos	22	4.796	0.218	7107	7.1
pequeños	5	0.930	0.186	1376	1.3
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>5.726</b>	<b>0.404</b>	<b>8483</b>	<b>8.4</b>
<b>Tratamiento T3</b>					
medianos	23	6.170	0.268	9112	9.1
pequeños	4	0,720	0.180	1080	1.0
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>6,890</b>	<b>0.448</b>	<b>10192</b>	<b>10.1</b>
<b>Tratamiento T5</b>					
medianos	22	5.060	0.230	7490	7.4
pequeños	5	1.000	0.200	1480	1.4
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>6.060</b>	<b>0.430</b>	<b>8978</b>	<b>8.8</b>

**Figura 32.** Rendimiento en toneladas por hectárea de la variedad Futura.



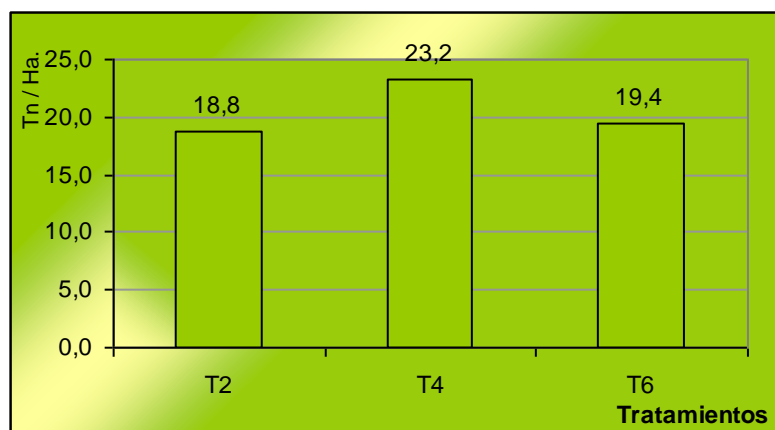
Estos resultados finales nos indican que esta variedad cultivada en una superficie de una hectárea, bajo este sistema de producción orgánica, utilizando lombriz californiana, se puede obtener rendimientos de 10.1 Tn/Ha y 8.8 Tn/Ha, en comparación al tratamiento testigo como se puede ver en la figura 32 y la tabla 10.

**Tabla 11.** Rendimiento del cultivo de brócoli, en kg/Ha y Tn/Ha en la variedad pirata.

RENDIMIENTO DEL CULTIVO					
Rendimiento en (kg) variedad PIRATA					
Característica	Cantidad (unid.)	Peso total pella/ trat	Peso Prom. pella/ trat	Kg/Ha.	Tn/Ha.
<b>Tratamiento T2</b>					
medianos	21	10.500	0.500	15540	15.5
pequeños	6	2.280	0.380	3390	3.3
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>12.780</b>	<b>0.880</b>	<b>18930</b>	<b>18.8</b>
<b>Tratamiento T4</b>					
medianos	23	14.030	0,610	20740	20.7
pequeños	4	1.720	0,430	2580	2.5
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>15.750</b>	<b>1.040</b>	<b>23320</b>	<b>23.2</b>
<b>Tratamiento T6</b>					
medianos	22	11.200	0,509	16593	16.5
pequeños	5	2.000	0,400	2960	2.9
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>13.200</b>	<b>0.909</b>	<b>19553</b>	<b>19.4</b>

Estos resultados finales que se observan en la tabla 11 y figura 33, indican que esta variedad cultivada en una superficie de una hectárea, bajo este sistema de producción orgánica, utilizando lombriz californiana, se puede obtener rendimientos superiores entre 23.2 Tn/Ha a 19.4 Tn/Ha, en relación a los obtenidos con la variedad futura, de 10.1 Tn/Ha y 8.8 Tn/Ha.

**Figura 33.** Rendimiento en toneladas por hectárea de la variedad Pirata.



Así mismo si comparamos con un sistema de producción tradicional utilizando una tecnología recomendable y con un promedio de rendimiento de 23Tn/Ha a 30Tn/Ha; los rendimientos obtenidos en este trabajo de investigación, demuestran que se puede obtener rendimientos semejantes con este sistema de producción, tomado en cuenta que es un sistema de producción bajo ambiente controlado que genera las condiciones más favorables para un cultivo en producción.

## 6.2 Lombriz Californiana

### 6.2.1 Número de individuos adultos/m<sup>3</sup>

**Tabla 12.** Número de individuos por muestra de los tratamientos en estudio.

Número de Individuos por muestra en 150 cm <sup>3</sup>												
Tratamientos	Adultos			Prom.	Juveniles			Prom.	Cocones			Prom.
T4	2	1	3	2,0	45	25	20	30	27	30	28	28
	3	2	2	2,3	35	28	35	33	25	28	27	27
	2	2	4	2,7	28	31	26	28	30	32	29	30
Promedio				2,3				30				28
T6	3	4	3	3,3	50	28	19	32	25	18	30	24
	3	3	5	3,7	30	36	32	33	28	23	18	23
	2	3	3	2,7	37	30	27	31	32	31	22	28
Promedio				3,2				32				25
T3	4	3	2	3,0	27	30	48	35	18	16	33	22
	2	1	2	1,7	22	35	13	23	28	22	23	24
	1	2	2	1,7	30	22	22	25	20	20	27	22
Promedio				2,1				28				23
T5	3	4	3	3,3	36	19	20	25	20	16	19	18
	2	3	4	3,0	41	23	16	27	25	22	28	25
	2	2	5	3,0	28	31	23	27	27	29	26	27
Promedio				3,1				26				24



Para la obtención de los resultados de esta variable, se realizó el muestreo al azar en tres regiones superficiales de cada tratamiento en estudio, con un cilindro metálico de una capacidad para 150 cm<sup>3</sup> de muestra, los mismos que facilitaron la obtención de los datos que se presentan en tabla 12.

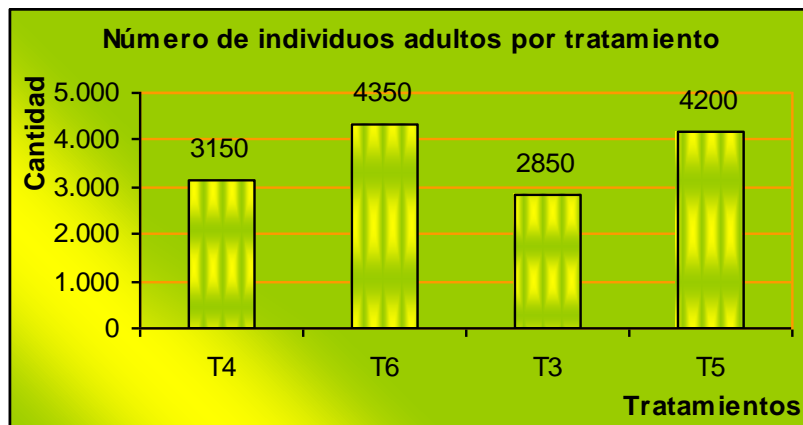
**a) Número de lombrices adultas por tratamiento**

**Tabla 13.** Número total de lombrices por tratamientos de estudio.

Número de lombrices por tratamientos área de 0.20 m <sup>3</sup>			
Tratamientos	Total lombrices Adultas	Total lombrices Juveniles	Total cocones
<b>T4</b>	3150	40950	38400
<b>T6</b>	4350	43350	34050
<b>T3</b>	2850	37350	31050
<b>T5</b>	4200	35550	31800

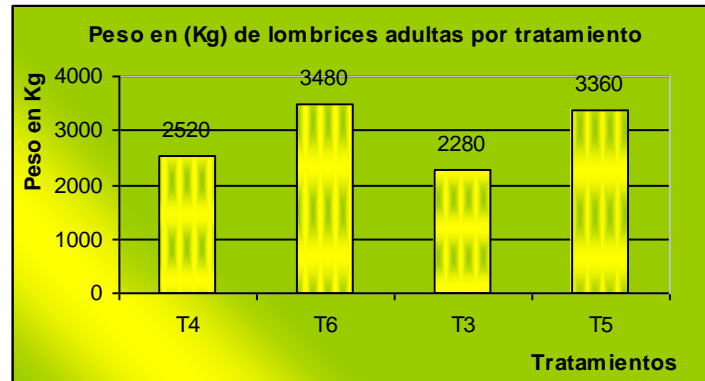
Para obtener la cantidad total de lombrices adultas de cada tratamiento, se procedió a realizar el procesamiento de los datos obtenidos, durante el muestreo de los tratamientos, como se observa en la tabla 13, los mismos que concluyeron en los resultados que se pueden observar en la figura 34; donde los tratamientos obtuvieron un importante crecimiento poblacional en un promedio de 1400 %, que en un inicio en los tratamientos T4 y T3 se realizó la siembra de una población base de 250 lombrices adultas, y en los tratamientos T6 y T5 se sembró una población base de 400 lombrices adultas.

**Figura 34.** Número de lombrices adultas por tratamiento de estudio.



De igual forma se calculo la cantidad de lombrices adultas haciendo una relación de peso por cada unidad de lombriz, sabiendo que cada lombriz tiene como peso corporal, entre 0.8 g a 1 g, como se puede observar el la figura 35.

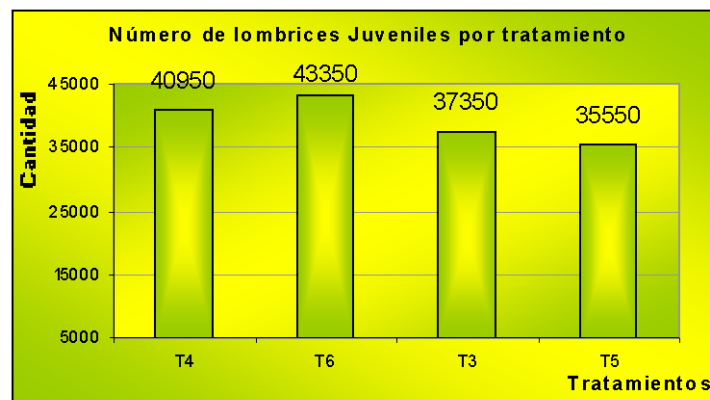
**Figura 35.** Peso en kg de lombrices adultas por tratamiento de estudio.



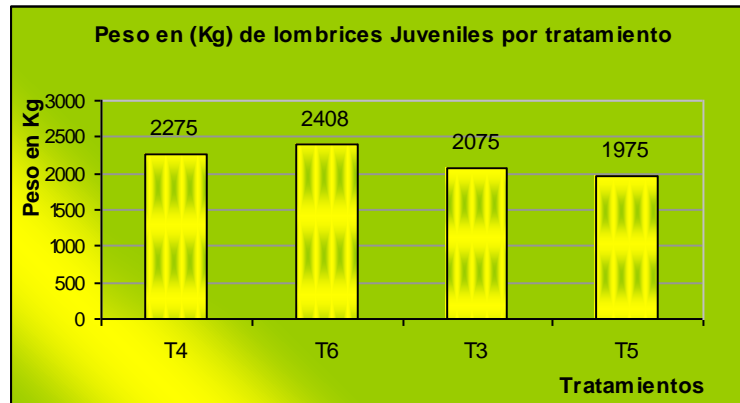
#### b) Número de lombrices juveniles por tratamiento

Para realizar el cálculo de la cantidad total de lombrices juveniles de cada tratamiento, se procesaron los datos obtenidos, durante el muestreo de los tratamientos, los mismos que concluyeron en los resultados que se pueden observar en la tabla 13 y la figura 36, donde observaremos que en los tratamientos T4 y T6, se registraron los mayores niveles de crecimiento poblacional en comparación a los tratamientos T3 y T5. Así mismo, se realizo una relación de peso de las lombrices para obtener la cantidad de lombrices totales, con la que se contaba en ese momento por unidad experimental, realizando el pesado de aproximadamente 16 a 18 lombrices jóvenes que dieron el peso de 1g en relación corporal al peso de una lombriz adulta. figura 37.

**Figura 36.** Número de lombrices juveniles por tratamiento de estudio.



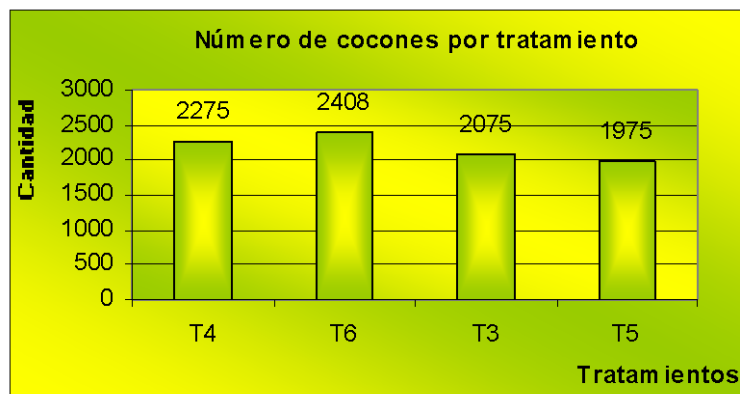
**Figura 37.** Peso en (Kg) de lombrices juveniles por tratamiento de estudio.



### 6.2.2 Número de huevos/ m<sup>3</sup>

Este dato fue obtenido mediante la selección de todos los huevos o cocones al final del trabajo de estudio; realizando un conteo general y una relación, tomando en cuenta el crecimiento poblacional desde la siembra de las lombrices adultas hasta la cosecha del vermicompost, como se observa en la figura 38.

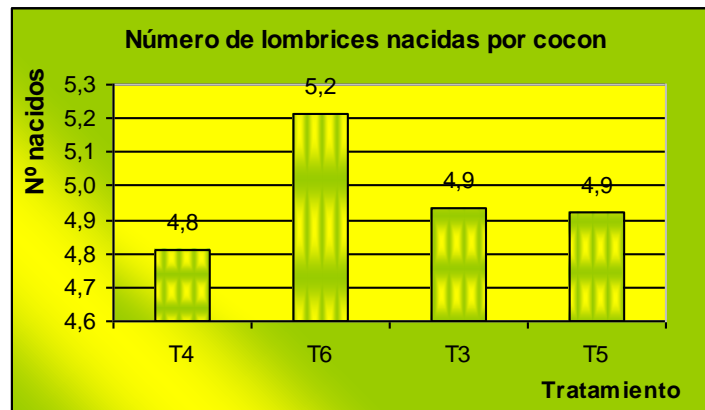
**Figura 38.** Número de huevos o cocones por tratamiento de estudio



### 6.2.3 Número de lombrices nacidas por cocon

Este dato fue tomado, realizando la siembra de cien huevos o cocones en recipientes separados donde solamente se sembró un huevo en cada uno de ellos, controlando la temperatura y humedad para el desarrollo y eclosión de las lombrices, mismos que nacieron en un tiempo de treinta y siete días como promedio del conteo de tres repeticiones (figura 39).

**Figura 39.** Número de lombrices nacidas por cocon.



### 6.3 Análisis Económico

Para realizar el análisis económico del presente trabajo de estudio, se tomo en cuenta que los materiales e insumos utilizados para el sistema de producción de brócoli y la producción de lombriz californiana, se realizo un acondicionamiento del lugar, tomando en cuenta que el sistema tiene por objeto principal la producción de lombriz californiana y como complemento a este, el aprovechamiento de la producción del cultivo de brócoli.

La tabla 14 reporta la inversión realizada para la compra de materiales e insumos que se requirieron para la implementación del presente trabajo en estudio que asciende a un costo total de 6240.41 bolivianos.

**Tabla 14.** Egresos para la implementación del trabajo de investigación.

EGRESOS					
Detalle	Cantidad	Unidad	Precio/U	Subtotal	Total
			Bolivianos	Bolivianos	
<b>Materiales y Suministros</b>					
<b>Material biológico</b>					<b>3133,75</b>
Lombriz californiana ( <i>Esenia foetida</i> )	8	kilos	150	1200	
(Brassiaca oleracea) var. Futura	1	onzas	25	25	
(Brassiaca oleracea) var. Pirata	1	onzas	250	250	
Abono (estiércol ovino)	6	cubo	130	780	
Mano de obra (Siembra a la Cosecha)	1	jornal	850	850	
Servicios básicos ( Agua)	12,5	m3	2,3	28,75	
<b>Cajas de cultivo (1.00 x 1.00 x 0.25)</b>					<b>1683,5</b>
<b>Herramientas de Campo</b>					<b>1126</b>
<b>Total Parcial</b>					<b>5943,25</b>
<b>Imprevistos 5 %</b>					<b>297,163</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>6240,41</b>

Al momento de distinguir los resultados de la tabla 15, por el concepto de venta de pellas de brócoli, previa clasificación por tamaño según los parámetros establecidos en las tablas 11 y 12, los ingresos de venta de la variedad pirata fueron superiores al ingreso de venta de la variedad futura, esto por contar con un mayor número de pellas, ya que las pellas de la variedad futura alcanzaron diámetros pequeños donde se tuvieron que formar ramos de tres unidades para su comercialización, dando así menores ingresos por concepto de venta de este producto.

La tabla 15 representa los ingresos obtenidos por concepto de venta de pellas del cultivo de brócoli, venta de lombriz californiana y venta de humus de lombriz.

**Tabla 15.** Ingresos por concepto de ventas.

<b>I N G R E S O S</b>				
<b>Ingresos Venta de Brócoli</b>				
<b>Característica</b>	<b>Cantidad (unid.)</b>	<b>Precio (Bs./unidad)</b>	<b>Ingreso (Bs.)</b>	
<b>Variedad PIRATA</b>				
Medianos	64	7	448	
Pequeños	17	3,5	59.5	
<b>Total</b>	<b>81</b>		<b>507.6</b>	
<b>Variedad FUTURA</b>				
Medianos	58	3	174	
Pequeños	23	2,5	57.5	
<b>Total</b>	<b>81</b>		<b>231.5</b>	
<b>INGRESO TOTAL</b>			<b>739.10</b>	
<b>Ingresos Venta de Lombriz californiana por Kilo</b>				
PIRATA	18	140	2520	
FUTURA	17		2380	
<b>TOTAL</b>			<b>4900</b>	
<b>Ingresos Venta de Humus de Lombriz californiana por (qq)</b>				
Peso humus por repetición (kg)	Humus total (Kg) (12 unid exp.)	Humus total (qq de 46 kg)	Precio (Bs./qq)	Ingreso (Bs.)
120.7	1448.4	31.5	130	<b>4093</b>
<b>TOTAL INGRESO BRUTO</b>				<b>9732.10</b>

La comercialización de lombriz se realizó a un precio de 140 bolivianos por kilo de lombriz, teniendo un ingreso de 4.900 bolivianos por concepto de venta de este producto. Así mismo, se realizó la venta del humus de lombriz o vermicompost obtenido por medio de la transformación del estiércol ovino a vermicompost, generando

un total de 31.5 qq de 46 kilos cada uno; durante el etapa de producción de brócoli, del cual se obtuvo un ingreso de 4.093 bolivianos como se puede observar en la tabla 15.

Realizando la suma total de los ingresos por conceptos de ventas, se tuvo un ingreso total de 9.732,10 bolivianos, del mismo monto que se realizo el descuento del monto de inversión realizado de 6.240,41 bolivianos para la implementación del presente trabajo de investigación, obteniendo un ingreso neto de 3491,70 bolivianos razonable, como se puede observar en la tabla 16.

**Tabla 16.** Tabla de Ingreso neto de la producción.

<b>I N G R E S O   N E T O</b>	
COSTO TOTAL	6240.41
TOTAL INGRESO BRUTO	9732.10
<b>INGRESO NETO</b>	<b>3491.70</b>

Para obtener la relación de beneficio – costo del trabajo de estudio, dividimos el ingreso bruto total obtenido con el costo total de la implementación del trabajo de estudio; obteniendo un resultado de 1.5, como se observa la tabla 17; este resultado nos indica que el sistema de producción es rentable, ya que de un boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0.50 centavos de boliviano más.

**Tabla Nº 17.** Tabla de Beneficio - costo.

<b>B E N E F I C I O / C O S T O</b>	
COSTO TOTAL	6240.41
TOTAL INGRESO BRUTO	9732.10
<b>INGRESO NETO</b>	<b>1.5</b>

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- El proceso de transformación del vermicompost a partir del estiércol ovino, bajo la interacción de la lombriz californiana y la producción del cultivo de brócoli, han demostrado tener una interacción de mutualismo y asociación importante, ya que la lombriz ha aprovechado como alimento principal y medio de subsistencia al estiércol ovino, a su vez transformándolo en vermicompost, el mismo que fue aprovechado por la planta de brócoli al poseer los nutrientes disponibles inmediatos, para su desarrollo y crecimiento, ya que la velocidad de crecimiento del brócoli se ha encontrado influenciada por la velocidad de transformación del vermicompost viendo que ambas interacciones se desarrollaron proporcionalmente.

- De acuerdo a los resultados obtenidos por las variables de respuesta planteados podemos indicar que los tratamientos T3 y T5 de la variedad futura han respondido favorablemente en el desarrollo y crecimiento de la planta, con relación al medio de cultivo y las condiciones ambientales, pero en comparación al tratamiento T4 de la variedad pirata no ha alcanzado los niveles de crecimiento del tallo y crecimiento vegetativo de la pella, ya que se ha observado que por la influencia de segregaciones genéticas y ambientales, esta variedad ha generado pellas de brócoli de tipo florete semi compacto, ocasionando un bajo rendimiento en la producción de esta variedad. Los mejores niveles de producción de pella de brócoli se han registrado con la variedad pirata en los tratamientos T4 y T6, al presentar esta variedad, características genéticas importantes como porte bajo, hojas anchas, tallo más grueso y sobre todo pellas más grandes y compactas. Demostrando en las hipótesis planteadas que si ha existido diferencia en la producción de pellas de brócoli y que si a existido un efecto positivo entre la interacción de la lombriz y las variables de respuesta en estudio, por medio de la transformación del vermicompst.

- Los resultados obtenidos en el incremento poblacional de lombriz californiana en los distintos tratamiento de estudio y respondiendo la hipótesis planteada, podemos concluir, explicando que ha existido un incremento poblacional en los distintos

tratamientos de estudio en 1.400 % donde en la siembra de las lombrices en los tratamientos T2 y T3 se sembraron 250 lombrices adultas de un peso de 1 gramo cada una y en etapa de reproducción; y en los tratamientos T5 y T6 se sembraron 400 lombrices en las mismas condiciones anteriores; se obtuvieron en la etapa de cosecha del cultivo de brócoli y del vermicompost una población de 3.150 lombrices adultas, 40.950 lombrices juveniles y 2.275 cocones en el tratamiento T4; en el tratamiento T6 se contaron con 4.350 lombrices adultas, 43.350 lombrices juveniles y 2.408 cocones respectivamente, en los tratamientos de la variedad futura se obtuvieron 2.850 lombrices adultas, 37.350 lombrices juveniles y 2.750 cocones en el tratamiento T3 e igualmente en el tratamiento T5 se contaron con 4.200 lombrices adultas, 35.550 juveniles y 1.975 cocones.

- Con respecto al análisis económico del presente trabajo de investigación, los ingresos logrados por concepto de ventas, obtenidos por medio del cultivo de brócoli, producción de vermicompost y crianza de lombriz californiana, pueden cubrir los costos de implementación, operación y producción bajo este sistema orgánico en un año calendario, observando el beneficio costo que este genera, indicando que es factible la implementación y multiplicación de este sistema de producción orgánica, al ser un proyecto sustentable.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- Según los resultados obtenidos de este trabajo de estudio, se recomienda utilizar la densidad poblacional de 250 lombrices por/m<sup>2</sup> en el cultivo de brócoli de la variedad pirata ya que se obtuvieron buenos resultados y aprovechamiento por esta variedad.
- Realizar la investigación de otras especies hortícolas bajo este sistema de producción orgánica con lombrices californianas, a partir de la densidad poblacional recomendada.
- Se recomienda solo utilizar la lombriz californiana sin realizar la mezcla de lombrices nativas, ya que estas mismas presentan un impacto notable en la disminución de la reproducción de la lombriz californiana.
- Se recomienda indagar la procedencia u origen del abono a utilizar como sustrato de crianza, de que no cuente con restos de compuestos de productos veterinarios



dosificados a base de vermicidas, ya que este presenta un efecto nocivo en la crianza de las lombrices.

- Se recomienda en un siguiente trabajo de estudio similar la utilización de variedades similares para poder cuantificar y comparar mejor los rendimientos obtenidos bajo este sistema de producción.
- Se recomienda seguir con las investigaciones del cultivo mismo, tomando diferentes factores de producción.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS G. 1973. Fitopatología. Quinta reimpresión. Editorial Limusa. México. 128 – 129; 113 – 115 pp.
- BARBOZA R, Pacheco P & Pérez A. 2002. Manual de Procedimientos y Referencias Técnicas por productos. Área de Producción y Comercialización. Norma de Comercialización, Intendencia Municipal de Montevideo. Montevideo – Uruguay.
- BARNES R. 2006. Animales Invertebrados. ED. Interamericana. México.
- BENZING A. 2001. Agricultura Orgánica, Fundamentos para La Región Andina Editorial: Neckar – Verlag. Villingen – Schwenningen. Alemania.
- BOLEA J. 2002. Cultivo de Coles, Coliflores y Brócolis. Editorial Síntesis. Primera edición. Barcelona – España.
- BRECHELT A. 2004. Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA), HIVOS. Primera edición. República Dominicana.
- BUSTOS M. 2006. Tecnología Apropiaada de Producción. Quinta Edición. Gráficas Ulloa. Quito – Ecuador. 179 – 183 pp.
- CABRERA J. 2010 Humus de Lombriz. ED. MARBAN. 4ª Ed. Madrid – España.
- CARE 1997. Folleto informativo: producción de humus de lombriz roja californiana, Proyecto "MIRNA" Manejo Integrado de Recursos Naturales y agricultura; La Paz – Bolivia.
- CASERES E. 2009. Producción de Hortalizas. 3 ED. Costa Rica. IICA. 67 p.
- CIPCA 2008. Manual de Producción de Humus de Lombriz, cartilla agricultura sostenible 2008.
- CHOQUE VALERIANO J. Producción de humus de lombriz CIPCA / 2008, 24 p. Agricultura Sostenible Nº 7; La Paz – Bolivia.
- FERRUZZI, C.1988. "Manual de Lombricultura". ED. MUNDI-PRENSA. Madrid – España 136 p.

- GUERRERO B.J. 2007. Tecnología de Abonos Orgánicos. 9ª Edición. Lima – Perú 258 p.
- GUNADI B., y Edwards, C. A. 2003. “The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedo biología*”. 2003. 47(4):321-329.
- HIDALGO L. 2007 Guía técnica del cultivo de Brócoli. Datos sin publicar
- HUERTOS G. 2010. Manual de procedimiento para calidad del brócoli para agroindustria.
- LEÑADO F. 2009. Como se Cultivan las Hortalizas de la Hoja. ED. Devichi S.A. Barcelona – España. 251 p.
- LIMONGELLI J. 2005. El repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Editorial Hemisferio Sur. Segunda edición. Buenos Aires – Argentina.
- MENDOZA G. Lenin 2008. Manual de Lombricultura. Dirección de Vinculación de Agricultura. Gobernación del Estado de Chiapas – México. 32 p.
- MONTES A. Guía practica Cultivo e Hortalizas. Escuela Agrícola Panamericana.
- MURRAY P.D. 2007. Biología, Introducción al Estudio de la Vida y el Medio Ambiente. ED. Pirámide. Zaragoza – España.
- NDEGWA P.M. Thompson S.A. & Das K.C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology*, National Academy Press, Washington.
- PARKER R. 2000. La ciencia de las Plantas. Edición Paraninfo; Primera Edición. Madrid – España. 592 p.
- PEÑARANDA C. GUILLERMO. 2010. Curso Teórico – Práctico de Lombricultura. Academia de Ciencias de Ucrania, Kiev, Ucrania.
- PINEDA J. Arnold. 2006. Lombricultura, Instituto Hondureño del Café; 1ª Edición, UAO – PASOLAC – Honduras ED. Litografía López SRL. Tegucigalpa – Honduras.

- PINEDA M. R. 2004. Lombricultura. Piura – Perú. CIPCA La Paz – Bolivia.
- QUINO CASERES P.M. 1991. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.
- RAMIREZ, *et al.* 2008. Control de Plagas y Enfermedades en los Cultivos. Primera edición Editorial Grupo Latino Bogotá. Bogota – Colombia.
- REIGOSA M, Pedro L, Sánchez A. 2004. La Eco fisiología Vegetal una Ciencia de Síntesis. Editorial Thomsom. Editores Paraninfo S.A. Segunda reimpresión. Madrid – España.
- RODRIGUEZ G. DIEGO. 2010. Cultivo Ecológico de Hortalizas, Fundación Hogares Juveniles Campesinos, ED. LEXUS, Bogota Colombia; Edición 2010; 175 p.
- ROJAS F. 2001. Catalogo de Plantas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 78 p.
- SAVOIA C. 2009. La Lombricultura. Sociedad Española de Horticultura. Madrid – España 230 p.
- SENAMHI. 2011, informe climático / Ciudad de El Alto.
- SUQUILANDA M. 2003. Manual de Producción Orgánica de Hortalizas en la Sierra Norte y Central del Ecuador. Quito – Ecuador.
- SENASA – Argentina. 2009. Resolución N° 297/83. Reglamentación de Hortalizas Frescas con Destino a los Mercados de Interés Nacional. Buenos Aires – Argentina.
- TINEO B. A. L. 1991. Estudio preliminar de algunos aspectos reproductivos de tres especies de lombriz. Ayacucho – Perú. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Perú.
- USAID 2008, Manual de Producción de Brócoli. Programa de Diversificación, FHIA – Honduras Económica Rural (USAID – RED).
- VIEIRA, M. I. 1997 Minhocas dao lucros Prata editora e distribuidora Ltda., Sao Paulo- Brasil

- VIGLIOLA M. I., Manual de Horticultura, Ed. Hemisferio Sur. Cátedra de horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires – Argentina.

# Anexos

## DIAMETRO DE LA PELLA

Diámetro de la pella de las variedades pirata y futura a los 84 días después del transplante.



**Fotografías 1 y 2:** Diámetro y compactación de la pella de brócoli antes de la variedad pirata a los 84 días después del transplante.



**Fotografías 3 y 4:** Diámetro y compactación de la pella de brócoli antes de la variedad futura a los 84 días después del transplante.



**Fotografías 3 y 4:** Izquierda Brócoli de la variedad futura y derecha comparación de la pella de brócoli de las dos variedades futura a la izquierda y pirata a la derecha.

## LONGITUD DE HOJA



**Fotografías 3 y 4:** Izquierda y derecha, la longitud de la hoja brócoli de mas de 60 centímetros de largo de la variedad pirata.

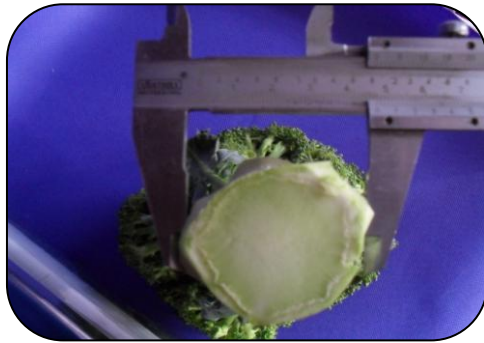
## ANCHO DE HOJAS



**Fotografías 5 y 6:** Izquierda y derecha el ancho de hojas de la planta de brócoli.



## DIAMETRO DEL TALLO



**Fotografías 7 y 8:** Izquierda y derecha comparación del diámetro del tallo de la planta de brócoli en la variedad futura.

## CONFORMACIÓN DE LAS PELLAS DE BRÓCOLI



**Fotografías 9 y 10:** Izquierda pellas de brócoli cosechadas del tipo florete comercial y derecha comparación de la pella de brócoli de tipo florete antes de la cosecha de la variedad futura.



**Fotografías 11 y 12:** Izquierda pellas de brócoli cosechadas del tipo compacto comercial y derecha comparación de la pella de brócoli de tipo compacto, antes de la cosecha de la variedad pirata.

**Datos promedio general de Altura de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.**

<b>Altura de la planta a los 84 Días/ddt.</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	54,4	50,3	52,6
<b>T2</b>	46,9	53,2	56,7
<b>T3</b>	69,2	65,4	73,0
<b>T4</b>	48,2	50,6	62,8
<b>T5</b>	66,7	64,3	74,2
<b>T6</b>	47,4	51,8	48,1

**Datos del promedio general de Altura de plantas de brócoli de la variedad Pirata, a los 84 días después del transplante.**

<b>ALTURA DE LA PLANTA VAR PIRATA A LOS 84 DÍAS</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T2</b>	46,9	53,2	56,7
<b>T4</b>	48,2	50,6	62,8
<b>T6</b>	47,4	51,8	48,1

**Datos del promedio general de Altura de plantas de brócoli de la variedad Futura, a los 84 días después del transplante.**

<b>ALTURA DE LA PLANTA VAR FUTURA A LOS 84 DÍAS</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	54,4	50,3	52,6
<b>T3</b>	69,2	65,4	73,0
<b>T5</b>	66,7	64,3	74,2

Datos promedio general del Número de Hojas de planta de brócoli a los 84 días después del transplante.

Número de hojas a los 84 Días/ddt.			
Tratamientos	Repeticiones		
	I	II	III
T1	9,3	8,8	7,9
T2	8,2	10,8	10,0
T3	10,0	9,3	10,0
T4	8,2	10,8	12,0
T5	9,0	9,9	8,7
T6	8,7	10,1	10,4

Datos promedio general del Número de Hojas de planta de brócoli de la variedad Pirata, a los 84 días después del transplante.

NUMERO DE HOJAS VAR PIRATA A LOS 84 DÍAS			
Tratamientos	I	II	III
T2	8,2	10,8	10,0
T4	8,2	10,8	12,0
T6	8,7	10,1	10,4

Datos promedio general del Número de Hojas de planta de brócoli de la variedad Futura, a los 84 días después del transplante.

NUMERO DE HOJAS VAR FUTURA A LOS 84 DÍAS			
Tratamientos	I	II	III
T1	9,3	8,8	7,9
T3	10,0	9,3	10,0
T5	9,0	9,9	8,7

**Datos promedio general del Diámetro de la pella de brócoli a los 84 días después del transplante.**

<b>Diámetro de la pella a los 84 Días/ddt.</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	8,0	8,2	7,0
<b>T2</b>	10	10	9
<b>T3</b>	9	8,3	9,9
<b>T4</b>	11	13	14
<b>T5</b>	8,3	8,1	7,7
<b>T6</b>	12	12	13

**Datos promedio general del Diámetro de la pella de brócoli de la variedad Pirata, a los 84 días después del transplante.**

<b>DIAMETRO DE LA PELLA VAR PIRATA A LOS 84 DÍAS</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T2</b>	10,3	10,3	9,3
<b>T4</b>	11,1	12,8	13,6
<b>T6</b>	12,2	12,4	12,6

**Datos promedio general del Diámetro de la pella de brócoli de la variedad Futura, a los 84 días después del transplante.**

<b>DIAMETRO DE LA PELLA VAR FUTURA A LOS 84 DÍAS</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	8,0	8,2	7,0
<b>T3</b>	9,1	8,3	9,9
<b>T5</b>	8,3	8,1	7,7

Datos promedio general de la Longitud de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.

LONGITUD DE HOJAS			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
T1	39,3	47,1	44,9
T2	29,6	47,6	49,7
T3	58,2	58,8	57,6
T4	53,1	50,6	55,4
T5	49,9	54,0	47,2
T6	51,5	50,3	51,0

Datos promedio general de la Longitud de hojas de plantas de brócoli, de la variedad Pirata, a los 84 días después del transplante.

LONGITUD DE HOJAS VAR PIRATA			
Tratamientos	I	II	III
T2	29,6	47,6	49,7
T4	53,1	50,6	55,4
T6	51,5	50,3	51,0

Datos promedio general de la Longitud de hojas de plantas de brócoli, de la variedad Futura, a los 84 días después del transplante.

LONGITUD DE HOJAS VAR FUTURA			
Tratamientos	I	II	III
T1	39,3	47,1	44,9
T3	58,2	58,8	57,6
T5	49,9	54,0	47,2

Datos promedio general del Ancho de hojas de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.

<b>ANCHO DE HOJAS A LOS 84 DIAS</b>			
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>REPETICIONES</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	13,2	14,6	13,8
<b>T2</b>	9,3	15,6	16,1
<b>T3</b>	19,1	20,9	19,8
<b>T4</b>	18,0	18,5	21,6
<b>T5</b>	16,7	17,4	16,0
<b>T6</b>	17,4	16,8	20,8

Datos promedio general del Ancho de hojas de plantas de brócoli i, de la variedad Pirata, a los 84 días después del transplante.

<b>ANCHO DE HOJAS A LOS 84 DIAS VAR PIRATA</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T2</b>	9,3	15,6	16,1
<b>T4</b>	18,0	18,5	21,6
<b>T6</b>	17,4	16,8	20,8

Datos promedio general del Ancho de hojas de plantas de brócoli, de la variedad Futura, a los 84 días después del transplante.

<b>ANCHO DE HOJAS A LOS 84 DIAS VAR FUTURA</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	13,2	14,6	13,8
<b>T3</b>	19,1	20,9	19,8
<b>T5</b>	16,7	17,4	16,0

Datos promedio general del Diámetro del tallo de plantas de brócoli a los 84 días después del transplante.

DIAMETRO DEL TALLO A LOS 84 DIAS			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
T1	2,4	2,4	2,4
T2	3,3	3,2	3,2
T3	2,6	2,6	2,7
T4	3,4	3,6	3,6
T5	2,5	2,3	2,5
T6	3,0	3,2	3,2

Datos promedio general del Diámetro del tallo de plantas de brócoli i, de la variedad Pirata, a los 84 días después del transplante.

DIAMETRO DEL TALLO A LOS 84 DIAS VAR PIRATA			
Tratamientos	I	II	III
T2	3,3	3,2	3,2
T4	3,4	3,6	3,6
T6	3,0	3,2	3,2

Datos promedio general del Diámetro del tallo de plantas de brócoli, de la variedad Futura, a los 84 días después del transplante.

DIAMETRO DEL TALLO A LOS 84 DIAS VAR FUTURA			
Tratamientos	I	II	III
T1	2,4	2,4	2,4
T3	2,6	2,6	2,7
T5	2,5	2,3	2,5

**Datos promedio general del Número de individuos Adultos, Juveniles y cocones en muestras de 150 centímetros cúbicos.**

Número de Individuos adultos en 150 cm3												
tratamientos	Adultos			prom	Juveniles			prom	Cocones			prom
T4	2	1	3	2,0	45	25	20	30	27	30	28	28
	3	2	2	2,3	35	28	35	33	25	28	27	27
	2	2	4	2,7	28	31	26	28	30	32	29	30
promedio				2,3				30				28
T6	3	4	3	3,3	50	28	19	32	25	18	30	24
	3	3	5	3,7	30	36	32	33	28	23	18	23
	2	3	3	2,7	37	30	27	31	32	31	22	28
promedio				3,2				32				25
T3	4	3	2	3,0	27	30	48	35	18	16	33	22
	2	1	2	1,7	22	35	13	23	28	22	23	24
	1	2	2	1,7	30	22	22	25	20	20	27	22
promedio				2,1				28				23
T5	3	4	3	3,3	36	19	20	25	20	16	19	18
	2	3	4	3,0	41	23	16	27	25	22	28	25
	2	2	5	3,0	28	31	23	27	27	29	26	27
promedio				3,1				26				24

Área total en cm3	Número de lombrices por tratamientos área de 0.2025 m3			Peso(kg) de los individuos por tratamiento área de 0.2025 m3		Tot cocones
	Área Unid Exp.	Total Adultos	Total Juveniles	Total cocones	Total Adultos	
202500	3150	40950	38400	2520	2275	38400
202500	4350	43350	34050	3480	2408	34050
202500	2850	37350	31050	2280	2075	31050
202500	4200	35550	31800	3360	1975	31800

Número de individuos por tratamientos área de 0.2025 m3			
T4	3150	40950	38400
T6	4350	43350	34050
T3	2850	37350	31050
T5	4200	35550	31800

Peso(kg) de los individuos por tratamiento área de 0.2025 m3		
T4	2520	2275
T6	3480	2408
T3	2280	2075
T5	3360	1975



## Número de lombrices por cocon

### Repetición 1

Nº MUESTRA		REPETICIONES					Prom	Prom Lom Nas por cocon	
		1	2	3	4	5			
T4	1	5	6	8	3	6	6	T4	5
	2	5	5	3	4	3	4		
	3	3	6	4	6	8	5		
	4	6	6	3	3	10	6		
	5	8	6	5	8	6	7		
T6	1	8	4	6	9	8	7	T6	5
	2	6	2	5	10	6	6		
	3	2	0	7	6	3	4		
	4	10	4	5	3	4	5		
	5	0	3	4	2	6	3		
T3	1	2	6	3	6	4	4	T3	5
	2	2	4	5	5	4	4		
	3	8	6	8	5	4	6		
	4	3	2	3	6	6	4		
	5	5	4	8	5	3	5		
T5	1	6	4	6	4	5	5	T5	5
	2	8	3	6	5	6	6		
	3	5	8	5	6	5	6		
	4	4	2	6	3	3	4		
	5	8	4	5	6	8	6		

### Repetición 2

Nº MUESTRA		REPETICIONES					Prom	Prom Lom Nas por cocon	
		1	2	3	4	5			
T4	1	4	5	8	5	5	5	T4	5
	2	6	7	3	10	5	6		
	3	5	3	5	5	5	5		
	4	5	5	5	3	5	5		
	5	3	5	6	2	5	4		
T6	1	7	5	6	5	4	5	T6	5
	2	9	6	6	4	5	6		
	3	5	5	5	3	6	5		
	4	7	5	6	5	5	6		
	5	4	6	5	3	9	5		
T3	1	5	5	7	2	5	5	T3	6
	2	5	4	5	0	10	5		
	3	6	9	9	5	5	7		
	4	7	5	10	3	6	6		
	5	9	5	2	9	7	6		
T5	1	8	3	3	5	9	6	T5	5
	2	9	5	5	3	5	5		
	3	10	9	3	10	3	7		
	4	5	2	5	5	2	4		
	5	3	3	4	9	5	5		

### Repetición 3

Nº MUESTRA		REPETICIONES					Prom	Prom Lom Nas por cocon	
		1	2	3	4	5			
T4	1	2	6	5	0	6	4	T4	4
	2	10	3	4	0	3	4		
	3	3	4	5	0	6	4		
	4	5	4	3	3	5	4		
	5	7	4	5	2	5	5		
T6	1	3	5	6	0	3	3	T6	5
	2	4	4	5	5	4	4		
	3	5	6	6	3	5	5		
	4	5	9	7	7	6	7		
	5	5	5	9	10	5	7		
T3	1	5	10	3	5	5	6	T3	4
	2	3	3	2	4	4	3		
	3	4	4	4	4	2	4		
	4	5	5	5	3	0	4		
	5	6	6	9	4	3	6		
T5	1	6	7	7	5	0	5	T5	4
	2	5	3	6	7	0	4		
	3	3	5	3	6	0	3		
	4	4	6	5	3	3	4		
	5	6	3	3	4	5	4		

# Datos de Anvas

## VARIABLES DE RESPUESTA

### Datos del Anva de Altura de la planta (General)

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Alt;
cards;
```

```
1 T1 54.4
1 T2 46.9
1 T3 69.2
1 T4 48.2
1 T5 66.7
1 T6 47.4
2 T1 50.3
2 T2 53.2
2 T3 65.4
2 T4 50.6
2 T5 64.3
2 T6 51.8
3 T1 52.6
3 T2 56.7
3 T3 73
3 T4 62.8
3 T5 74.2
3 T6 48.1
```

```
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Alt = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;
```

### Datos del Anva de Altura de la planta (var. Futura)

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Alt;
cards;
```

```
1 T1 54.4
1 T3 69.2
1 T5 66.7
```

```

2 T1 50.3
2 T3 65.4
2 T5 64.3
3 T1 52.6
3 T3 73.0
3 T5 74.2
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Alt = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva de Altura de la planta (var. Pirata)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Alt;
cards;
1 T2 46.9
1 T4 48.2
1 T6 47.4
2 T2 53.2
2 T4 50.6
2 T6 51.8
3 T2 56.7
3 T4 62.8
3 T6 48.1
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Alt = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva del Número de hojas de plantas (General)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Numhojas;
cards;
1 T1 9.3
1 T2 8.2
1 T3 10.0
1 T4 8.2
1 T5 9.0
1 T6 8.7
2 T1 8.8
2 T2 10.8
2 T3 9.3
2 T4 10.8
2 T5 9.9

```

```

2 T6 10.1
3 T1 7.9
3 T2 10.0
3 T3 10.0
3 T4 12.0
3 T5 8.7
3 T6 10.4
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Numhojas = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

**Datos del Anva del Número de hojas de plantas (Var. Futura)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Num;
cards;
1 T1 9.3
1 T3 10.0
1 T5 9.0
2 T1 8.8
2 T3 9.3
2 T5 9.9
3 T1 7.9
3 T3 10.0
3 T5 8.7
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Num = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

**Datos del Anva del Número de hojas de plantas (Var. Pirata)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Num;

```

```

cards;
1 T2 8.2
1 T4 8.2
1 T6 8.7
2 T2 10.8
2 T4 10.8
2 T6 10.1
3 T2 10.0
3 T4 12.0
3 T6 10.4
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Num = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva de Longitud de hojas de plantas (General)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ AltHoja;
cards;
1 T1 39.3
1 T2 29.6
1 T3 58.2
1 T4 53.1
1 T5 49.9
1 T6 51.5
2 T1 47.1
2 T2 47.6
2 T3 58.8
2 T4 50.6
2 T5 54.0
2 T6 50.3
3 T1 44.9
3 T2 49.7
3 T3 57.6
3 T4 55.4
3 T5 47.2
3 T6 51.0
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model AltHoja = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva de Longitud de hojas de plantas (Var. Futura)**

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ AltHoja;
cards;
1 T1 39.3
1 T3 58.2
1 T5 49.9
2 T1 47.1
2 T3 58.8
2 T5 54.0
3 T1 44.9
3 T3 57.6
3 T5 47.2
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model AltHoja = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;
```

### **Datos del Anva Longitud de hojas de plantas (Var. Pirata)**

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ AltHoja;
cards;
1 T2 29.6
1 T4 53.1
1 T6 51.5
2 T2 47.6
2 T4 50.6
2 T6 50.3
3 T2 49.7
3 T4 55.4
3 T6 51.0
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model AltHoja = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;
```



### Datos del Anva de Ancho de hojas de plantas (General)

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ AnchHoj;
cards;
1 T1 13.2
1 T2 9.3
1 T3 19.1
1 T4 18.0
1 T5 16.7
1 T6 17.4
2 T1 14.6
2 T2 15.6
2 T3 20.9
2 T4 18.5
2 T5 17.4
2 T6 16.8
3 T1 13.8
3 T2 16.1
3 T3 19.8
3 T4 21.6
3 T5 16.0
3 T6 20.8
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model AnchHoj = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;
```

### Datos del Anva de Ancho de hojas de plantas (Var. Futura)

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ AnchHoj;
cards;
1 T1 13.2
1 T3 19.1
1 T5 16.7
```

```

2 T1 14.6
2 T3 20.9
2 T5 17.4
3 T1 13.8
3 T3 19.8
3 T5 16.0
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model AnchHoj = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva de Ancho de hojas de plantas (Var. Pirata)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ AnchHoj;
cards;
1 T2 9.3
1 T4 18.0
1 T6 17.4
2 T2 15.6
2 T4 18.5
2 T6 16.8
3 T2 16.1
3 T4 21.6
3 T6 20.8
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model AnchHoj = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva del diámetro de tallo de plantas (General)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ DIATALL;
cards;
1 T1 2.4
1 T2 3.3
1 T3 2.6
1 T4 3.4
1 T5 2.5
1 T6 3.0
2 T1 2.4
2 T2 3.2
2 T3 2.6
2 T4 3.6

```

```

2 T5 2.3
2 T6 3.2
3 T1 2.4
3 T2 3.2
3 T3 2.7
3 T4 3.6
3 T5 2.5
3 T6 3.2
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model DIATALL = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

**Datos del Anva de diámetro de tallo de plantas (Var. Futura)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Ditallo;
cards;
1 T1 2.4
1 T3 2.6
1 T5 2.5
2 T1 2.4
2 T3 2.6
2 T5 2.3
3 T1 2.4
3 T3 2.7
3 T5 2.5
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Ditallo = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

**Datos del Anva de diámetro de tallo de plantas (Var. Pirata)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;

```

```

input Bloque Trat $ DiaTall;
cards;
1 T2 3.3
1 T4 3.4
1 T6 3.0
2 T2 3.2
2 T4 3.6
2 T6 3.2
3 T2 3.2
3 T4 3.6
3 T6 3.2
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model DiaTall = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva del diámetro de pella de plantas (General)**

```

Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ DiaPella;
cards;
1 T1 8.0
1 T2 10
1 T3 9
1 T4 11
1 T5 8.3
1 T6 12
2 T1 8.2
2 T2 10
2 T3 8.3
2 T4 13
2 T5 8.1
2 T6 12
3 T1 7
3 T2 9
3 T3 9.9
3 T4 14
3 T5 7.7
3 T6 13
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model DiaPella = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;

```

### **Datos del Anva de diámetro de pella de plantas (Var. Futura)**

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Pella;
cards;
1 T1 8.0
1 T3 9.1
1 T5 8.3
2 T1 8.2
2 T3 8.3
2 T5 8.1
3 T1 7.0
3 T3 9.9
3 T5 7.7
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Pella = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;
```

### **Datos del Anva de diámetro de pella de plantas (Var. Pirata)**

```
Options ls=80 ps=80 nodate nonumber;
data Brocoli;
input Bloque Trat $ Pella;
cards;
1 T2 10.3
1 T4 11.1
1 T6 12.2
2 T2 10.3
2 T4 12.8
2 T6 12.4
3 T2 9.3
3 T4 13.6
3 T6 12.6
;
proc anova data=brocoli;
class Bloque trat;
model Pella = Bloque Trat;
means Trat/duncan tukey;
run; quit;
```