

CAPÍTULO II

5. Artículo 1. Efecto de abonos líquidos fermentados en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) y lechuga (*Lactuca sativa* var. Iceberg) en la zona hortícola de Cartago, Costa Rica.

5.1. Resumen

Costa Rica, posiblemente, es el mayor consumidor de plaguicidas con 18.2 kg/ha de ingrediente activo al año y en fertilizantes 700 kg/ha por tierra cultivable al año, lo cual genera una serie de efectos negativos para el ambiente, sobre todo en caso de un manejo inadecuado de estos insumos químicos. Con el fin de reducir los riesgos por estos productos, se pueden aplicar prácticas agroecológicas incluyendo abonos orgánicos y métodos de control biológico.

El presente trabajo busca cuantificar el efecto de la aplicación foliar de bioles en brócoli (*Brassica oleracea*) y lechuga (*Lactuca sativa*) y documentar las percepciones de los productores sobre el uso de estos abonos orgánicos. En el cultivo de brócoli la incidencia de *Plasmodiophora brassicae* en el experimento y la severidad alcanzada condicionó el efecto de los bioles para las variables desarrollo y cosecha, para minimizar el efecto por una incidencia diferente de la hernia del brócoli en los diferentes tratamientos, se analizaron los datos de crecimiento solamente para las plantas en la categoría 3 (escala 3), ya que esta categoría representaba a la mayoría de las plantas seleccionadas como unidad útil

Como resultado se obtuvo que algunos bioles mostraron beneficios marcados sobre el crecimiento: para brócoli, plantas tratadas con B2-15% (biol 2 al 15%) superaron el testigo absoluto en un 30% en altura a los 70 días y que plantas tratadas con B4-5% superó el testigo al doble en peso y en rendimiento. La validación de bioles para la lechuga se encontró que el B4-10% incrementó el rendimiento en las dos fincas superando al testigo absoluto en un 50%. En el cultivo de brócoli la *P. brassicae* posiblemente estuvo presente en el área experimental antes de la siembra lo que causó mucha variabilidad entre las plantas y tratamientos, enmascarando los efectos de los bioles. En las entrevistas realizadas todos los productores afirmaron que utilizan abonos orgánicos y más de la mitad comentaron que los abonos líquidos y sólidos generan beneficios al suelo y cultivo. Para estudios futuros, se recomienda evitar posibles enfermedades, analizando detalladamente el sitio y establecer bloques o repeticiones en diferentes lugares y fincas, también aumentar la cantidad de plantas seleccionadas (unidad útil) por tratamiento, o bien alargando la duración de experimento en campo con dos o tres ciclos por cultivo y minimizar riesgos fitosanitarios y estadísticos.

Palabras claves: abonos orgánicos, bioles, *Plasmodiophora brassicae*, brócoli y lechuga

5.2. Abstract

Costa Rica is potentially the largest consumer of pesticides in the world with 18.2 kg of active chemical ingredients per hectare each year, and also of fertilizers at 700 kg per hectare of arable land each year, which generates a series of negative effects on the environment, especially due to the inadequate management of these chemical inputs. In order to reduce the risks of these products, ecologically friendly practices can be used such as organic fertilizers and biological control methods.

The present project seeks to quantify the effect of foliar application of biofertilizers on broccoli (*Brassica oleracea*) and lettuce (*Lactuca sativa*) and document producer perceptions concerning the use of these organic fertilizers. In the cultivation of broccoli, the incidence of *Plasmodiophora brassicae* in the experiment and the severity reached conditioned the effect of the biofertilizers for the development and harvest variables, to minimize the effect of a different incidence of broccoli hernia in the different treatments, were analyzed. The growth data only for the plants in category 3 (scale 3), since this category represented the majority of the selected plants as a useful unit

As a result, it was found that some biofertilizers showed marked benefits on growth: for broccoli, plants treated with B2-15% (biofertilizer 2 to 15%) exceeded the absolute control by 30% in height at 70 days and that plants treated with B4-5% exceeded the control to double in weight and in yield. The validation of biofertilizers for lettuce was found that B4-10% increased the yield in the two farms, surpassing the absolute control by 50%, the *P. brassicae* illness was possibly present in the experimental area before planting, which led to high variability between plants and treatments groups, masking the effects of the biofertilizers. In the interviews performed, all the producers affirmed their use of organic fertilizers and more than half commented that liquid and solid organic fertilizers generate benefits for the soil and the crops. In future studies, it is recommended to minimize potential damage from plant diseases in the experimental area by analyzing the site in detail and by establishing blocks or planting repetitions in different places/farms. Furthermore, it is recommended to increase the number of plants in each plot and to repeating the planting cycles two or three times per crop to minimize the risks of plant diseases.

Key words: organic fertilizers, biofertilizers, *Plasmodiophora brassicae*, broccoli and lettuce

5.3. Introducción

Costa Rica ocupa el primer lugar a nivel mundial en consumir plaguicidas para la producción agrícola con un promedio de 18.2 kg/ha de ingrediente activo por año (Araya 2015). Igualmente, según datos del Banco Mundial en el consumo de fertilizantes por país Costa Rica es el número uno a nivel latinoamericano con 700 kg/ha por tierra cultivables superando a Colombia con un consumo de 649 kg (BM 2016). De acuerdo con MIEC (2011), se registraron grandes importaciones de fertilizantes en el país en el periodo de enero 2010 a marzo 2011 especialmente 5,000 ton de N-P-K (10-30-10), alrededor de 62,000 ton de Nitrato de Amonio y 69,000 ton de Urea (46%).

La aplicación inadecuada y mal uso de fertilizantes en el campo, ocasionan varios efectos negativos para el ambiente, especialmente, el nitrógeno y fósforo terminan en los cuerpos de agua causando la eutrofización; lo que significa que aumenta las concentraciones de nutrientes más allá de lo normal al igual que en el suelo, causando un desequilibrio ecológico. Otro efecto negativo es lo que ocasiona el Óxido nítrico (NO) causante de lluvia acida y el Óxido Nitroso (N₂O) genera GEI causando el aumento de la temperatura a nivel global contribuyendo al cambio climático (Martínez *et al.* 2013).

Dentro de los recursos agroecológicos para reducir el uso de fertilizantes químicos se hallan los abonos orgánicos como composta, vermicompost, bocashi, biofertilizantes (fijadores de nitrógeno como Azospirillum-Rhizobium-Micorrizas) y bioles (a base de excretas de animales, ceniza vegetal, harinas, melaza, suero y MM). Los abonos orgánicos son insumos vitales para los sistemas agrícolas sostenibles, pues pueden solucionar problemas de nutrición en los cultivos, estos recursos son utilizados con mayor frecuencia en la producción agrícola orgánica por su bajo costo en la elaboración (CEDECO 2005; Ramos 2016).

La aplicación de abonos orgánicos no genera ningún tipo de daño al ambiente, su mayor influencia está en mejorar las características físicas, químicas, y biológicas del suelo sobre todo mejora el rendimiento en los cultivos (CEDECO 2005; Trinidad 2008). Según Huamaní (2014), la utilización de bioinsumos en la agricultura evita la degradación de los suelos, mejorándolos al incorporar materia orgánica rica en microorganismos que ayudan a mantener su fertilidad. Estas enmiendas son de suma importancia para los pequeños productores en mantener una alta fertilidad en sus áreas de producción (Muschler 2016).

Por lo tanto, los bioles hoy día son usados en todos los sistemas de producción ecológica para fortalecer el equilibrio nutricional y los mecanismos de defensa del cultivo debido al contenido de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales y enzimas que se puede encontrar en los fermentados (Restrepo 2007). El presente trabajo permite evaluar, en cultivos de brócoli (*Brassica oleracea*) y lechuga (*Lactuca sativa*), el efecto de la aplicación de los bioles. De la misma forma se documentaron las percepciones de los productores sobre el uso de abonos orgánicos y sus beneficios para mejorar la fertilidad del suelo y cultivo.

5.4. Metodología

El trabajo de investigación fue dividido en tres fases; la primera fase de experimentación se realizó en el INA- Agricultura orgánica con el establecimiento de la parcela experimental del brócoli, la segunda fase fue entrevistar a productores de la región sobre el uso de abonos orgánicos y la tercera fase fue validar en campo la eficiencia de los dos mejores bioles en el cultivo de lechuga.

5.4.1. Fase de experimentación

Lugar del estudio

El Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) se localiza en la Chinchilla, San Rafael de Oreamuno, Cartago, a una altitud de 1600 metros sobre el nivel de mar, su posición geográfica se encuentra en las coordenadas CRTMOS X-511238 y Y-1092728 con una temperatura mínima promedio de 16 °C y máxima promedio de 25.2 °C, la precipitación promedió es de 1500 mm. Se encuentra en la región con mayor producción agrícola de Costa Rica en donde la mayoría de su suelo es de origen volcánico del orden Andisoles del Gran Grupo: Tropohumult, suelos aptos para la siembra de una amplia gama de cultivos. Datos obtenidos del Atlas digital de Costa Rica, ver Figura 3 (Ortiz y Soto 2008).



Figura 3. Ubicación donde se elaboraron los bioles

Selección de muestra

Para el experimento, se seleccionaron cuatro tipos de bioles: el B1 (abono sólido + sales minerales) fue proporcionada por un productor de la región San Rafael de Oreamuno, el B2 (estiércol + sales) y B3 (hojas de *Erythrina poeppigiana*+ sales) fueron recomendadas por el INA y el B4 (básico), fue considerado como una receta base para la elaboración de cada biol mencionado (ver Cuadro 6). A cada biol se le asignó al azar un tipo de microorganismo de montaña (MM-proveniente del INA) como inoculante, resultando de la siguiente manera; al B1 el MM (1), al B3 el MM (2), para el B2 y 4 se asignó el MM (3).

Cuadro 6. Ingredientes de los cuatro tipos de bioles

Productor orgánico		INA		Receta base			
B1		B2		B3		B4	
-Suero 60 l	-Suero 60 l	-Suero 60 l	-Suero 60 l	-Suero 60 l	-Suero 60 l	-Suero 60 l	-Suero 60 l
-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg	-Melaza 10 kg
-Ceniza 1kg	-Ceniza 1kg	-Ceniza 1kg	-Ceniza 1kg	-Ceniza 1 kg	-Ceniza 1 kg	-Ceniza 1 kg	-Ceniza 1 kg
-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg	-Roca fosfórica 2 kg
-MM (1) 6 l	-MM (3) 6 l	-MM (2) 6 l	-MM (2) 6 l	-MM (2) 6 l	-MM (3) 6 l	-MM (3) 6 l	-MM (3) 6 l
-Vermicompost 10 kg	-Boñiga 50 kg	-Poró 10 kg	-Poró 10 kg	-Poró 10 kg			
-Sulfato de manganeso 500 g	-Magnesio 1 kg	-Manganeso 500 g	-Manganeso 500 g	-Manganeso 500 g			
-Sulfato de magnesio 500 g		-Sulfato de potasio 500 g	-Sulfato de potasio 500 g	-Sulfato de potasio 500 g			
-Sulfato de potasio 500 g		-Sulfato de zinc 500 g	-Sulfato de zinc 500 g	-Sulfato de zinc 500 g			
-Zinc 500 g		-Sulfato de magnesio 500 g	-Sulfato de magnesio 500 g	-Sulfato de magnesio 500 g			
-Cáscara de huevo 100 g							

El cultivo seleccionado para este experimento fue el brócoli (*Brassica oleracea*) Hid. Avenger de ciclo productivo de 85 a 95 días, adaptado al tipo de suelo y al clima de la zona hortícola de Cartago y frecuentemente cultivado por los productores de la zona. La compra de las plántulas fue hecha en Cartago a una empresa dedicada a producción y ventas de plantas de diversas hortalizas, para evitar problemas de enfermedades en la raíz.

Diseño y estructura experimental

El experimento se realizó con un diseño factorial incompleta con parcelas divididas (DCA) con 14 tratamientos y tres repeticiones en campo. La estructura de los tratamientos estuvo conformada por el factor "bioles" que está compuesta por los 4 tipos de biol y el factor "dosis" con tres niveles 5, 10 y 15%, en conjunto representa un total de 12 tratamientos, más dos testigos (absolutos y químicos), ver Figura 4. El área experimental fue de 425 m², estuvo compuesto por 42 unidades de observación (U.O) de 1.20 m de ancho y 5 m de largo con una superficie de 6 m² por U.O, ubicadas en 9 camas de siembra de 25 m de largo y 1.20 m de ancho.

Diseño experimental en campo								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
B2-10%	B3-10%		B3-15%	TA	B4-5%	B2-15%	T10 (5%)	
B3-5%	TQ	B2-15%	B2-5%	B4-15%	B2-10%	B3-15%	B4-10%	
B3-5%	B1-15%	TA	B3-15%	B2-5%	B2-10%	B3-10%	B1-5%	B3-5%
B1-15%	TQ	B1-5%	B2-15%	B4-15%	B4-10%	B4-15%	B1-15%	B2-5%
B3-10%	B1-10%	B1-10%	TQ	B4-5%	B1-10%	B4-10%	TA	B1-5%
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Biofermentos

B1 5

B2 10

B3 15

B4

Tratamientos

B1-5%

B1-10%

B1-15%

B2-5%

B2-10%

B2-15 %

B3-5%

B3-10%

B3-15 %

B4-5%

B4-10%

B4-15%

Testigo Químico

Testigo absoluto

Figura 4. Diseño y estructura experimental

Por unidad de observación (O.U) se sembraron 39 plantas de brócoli a una distancia de 0.45 cm entre plantas y 0.40 entre línea. De las 39 plantas, se seleccionaron 10 plantas por U.O como unidad útil para la toma de datos, en cada parcela se consideró el efecto borde con el objetivo de tener independencia en las U.O (ver Figura 3). La frecuencia de aplicación de los tratamientos fue cada semana durante todo el ciclo del brócoli, fueron en total 13 aplicaciones y se utilizaron 3 mochilas de aspersión de 20 l por cada dosis. Por cada biol aplicado se lavó muy bien la mochila para evitar combinaciones de residuos y garantizar la homogeneidad de las unidades experimentales. La aplicación de los tratamientos se realizó en la tercera semana después del trasplante y fue de manera foliar.

Manejo agronómico del cultivo

Preparación del suelo

Para el manejo de suelo se utilizó un tractor para el rastreo, subsolado y rotador de placa móvil. El uso de rastreo tiene la función de pulverizar y deshacer terrón previo a la formación de camas, después se recurrió a un subsolador que rompe capas compactadas en perfiles profundos de 35 a 50 cm y proporcionar al suelo mayor captación e infiltración de humedad, además de incorporar materia orgánica. Por último, se utilizó un rotador de placa móvil para dejar el suelo suave y sin terrones, fue necesario mojar el suelo durante 2 horas (esta actividad se realizó tres veces) (ver Figura 5).



Figura 5. Utilización de rotador en la formación de camas para la siembra del brócoli

Desinfección de suelo

El INA proporcionó los extractos naturales para la desinfección de las camas, se utilizaron mezclas de cuatro especies como: extractos de cocción de *Euphorbia cotinifolia* (leche de sapo) 4 litros, *Ricinus communis* (Higuerilla) 4 l, *Cymbopogon citratus* (citronela) 2 l y *Cnicus benedictus* (Cardo santo) 2 l. La mezcla de estos extractos fue de 12 l y disuelto en 200 l de agua y por medio de una regadera se mojaron las camas para desinfectarlas y evitar problemas de insectos, bacterias y hongos que puedan afectar el desarrollo del brócoli.

Siembra del brócoli

Se utilizaron 9 charolas de brócoli Hib. Avenger de 200 cavidades cada una, con un total de 1,800 plantas para cubrir toda el área experimental. Este híbrido es líder en el mercado por su amplia adaptación y consistentes rendimientos, sus características son un follaje moderado, el vigor es bien formado, grano fino, tallo grueso, sin presencia de tallo hueco y resistente a condiciones de estrés con gran tolerante a mildiú veloso, por último, su ciclo productivo es de 85 a 90 días. Para el trasplante de las plántulas en campo, se desinfectó el suelo con *Trichoderma spp.* Como beneficios estimula el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas actuando como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes.

Riego

El riego utilizado fue por aspersión y tuvo la capacidad de distribuir el agua por toda el área experimental para cubrir las necesidades fisiológicas del cultivo para su crecimiento. El tiempo de riego asignado fue de dos horas los días lunes, miércoles y viernes de cada semana.

Control de malezas

Se utilizó un motocultor o tractor para el volteo del suelo y se eliminaron las primeras malezas. Por ser un área de producción orgánica no se aplicó ningún producto químico para el control de maleza, por lo tanto, el control se realizó de manera manual (deshierbes y chapias) cada 15 días durante el ciclo del cultivo.

Variables evaluados

- **Altura:** Para la toma de altura de la planta de brócoli se utilizó una cinta métrica extensible. El registro de altura se realizó en los días 35, 50, 70, 90 días después del trasplante. La cinta métrica extensible se desplegó desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja más alta (Ubidia 2014).
- **Peso de la inflorescencia:** Se utilizó una balanza digital para tomar el peso de la inflorescencia al momento del corte y evitar cualquier error al trasladar a otro lugar (Carrillo 2010).
- **Rendimiento:** Para el rendimiento por tratamiento se consideró el peso de las inflorescencias de las 30 plantas seleccionadas como unidad útil (Carrillo 2010).

5.4.2. Fase de entrevista a productores

Se seleccionaron 15 productores de la región de San Rafael de Oreamuno y 15 productores de Turrialba, Costa Rica, que cumplieran con las características que se muestran en el Cuadro 7. La herramienta utilizada fue entrevistas semi-estructuradas, que permitió reunir información sobre la percepción de los productores respecto al uso de abonos orgánicos y los beneficios para mejorar las propiedades físicas (estructura, porosidad, aireación, retención de humedad, estabilidad de agregados) y biológicas del suelo (mejorar la vida microbiana del suelo mediante M.O).

Cuadro 7. Características importantes que se tomaron en cuenta para seleccionar a los encuestados

Características

Localización	Productor	Uso de Abono	Tipo de sistema
Tierra blanca			
Paso Ancho en Oreamuno	Orgánico-Convencional	Foliar – al suelo	Invernadero-Campo
Turrialba			

5.4.3. Fase de validación en campo

Área de estudio

La validación de los bioles con mayor eficiencia se realizó con dos productores que se dedicaban principalmente a la producción de hortalizas mayores y menores. La primera finca se encuentra en la región con mayor producción agrícola del país en San Rafael de Oreamuno, Cartago (9°53'05.99 N y 83°51'44.38 O) a una altura de 1673 msnm donde la mayoría de su suelo son de origen volcánico del orden Andisoles. La segunda finca se localiza en Chitaría, Turrialba (9°55'23.00 N y 83°35'21.42 O) a una altura de 890 msnm, con suelos Ultisoles, ver Figura 6. Datos obtenidos del Atlas digital de Costa Rica. (Ortiz y Soto 2008; CIA 2017; INTA 2015)

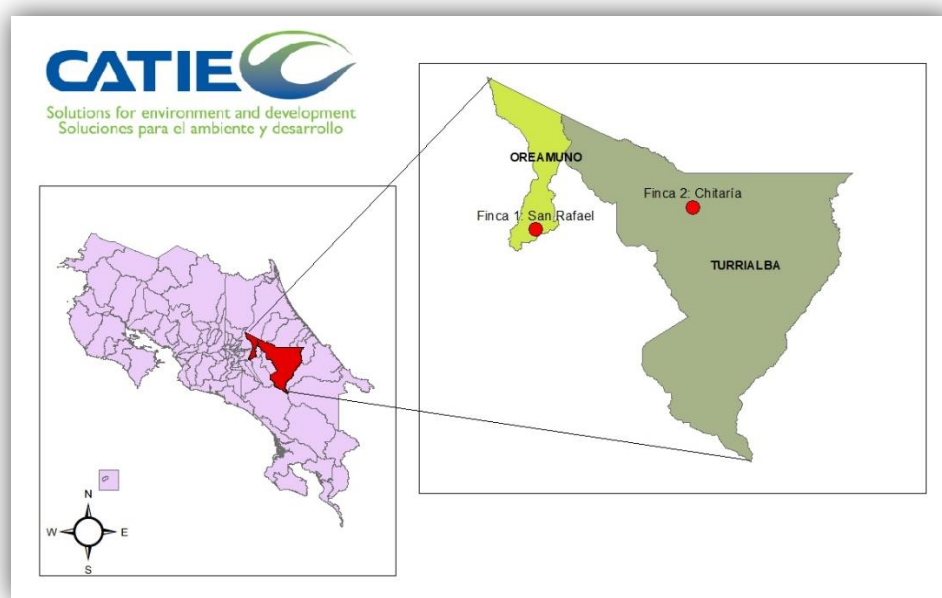


Figura 6. Ubicación de la Finca 1: San Rafael y Finca 2: Chitaría

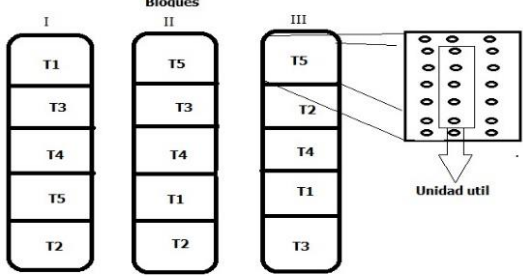


Prueba de eficacia de bioles en el cultivo de lechuga

Con los resultados obtenidos de las encuestas a productores, se tuvo el dato de cuántos se dedican a la producción orgánica y cuántos aplican bioles, de los 30 productores entrevistados se seleccionaron dos fincas al azar para evaluar el efecto del B4 y B3. No se seleccionó el B2 por estar elaborado con boñiga y no permitirse su aplicación en cultivos de hojas de ciclo corto, por seguridad sanitaria. El cultivo seleccionado para la validación en campo fue la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Iceberg tipo acogollada de ciclo corto, que fue comprada a una empresa productora de plántulas de hortalizas en Cartago, ideal para ser producida en altitudes de entre los 600 a 1700 msnm, el manejo estuvo a cargo de cada productor (Vázquez 2015).

Diseño experimental

El experimento se realizó con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para evitar el efecto área en las fincas. La estructura está conformada por el factor "bioles" y el factor "dosis" con dos niveles de 5, 10% además un testigo absoluto. Fueron un total de cinco tratamientos repetidos en cada bloque, ver Cuadro 8. Para la finca 1 cada bloque estuvo conformado por 3 camas de siembra. En la finca 2, los tres bloques están representada con 1 cama de 12 metros de largo y 1.50 m de ancho. La distribución de los tratamientos fue similar, ver Cuadro 8.

Cuadro 8. Diseño y estructura en la validación en fincas

Tratamientos	Diseño en campo
<ol style="list-style-type: none"> 1. B3-5% 2. B3-10% 3. B4-5% 4. B4-10% 5. TA 	<div style="text-align: center;"> <p>Bloques</p>  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">Finca 1 Finca 2</p>

Se seleccionaron 6 plantas como unidad útil para la toma de datos; es importante mencionar que en cada parcela se consideró el efecto borde, con el objetivo de tener independencia entre parcelas en cada bloque. La frecuencia de aplicación de los tratamientos fue semanal durante todo el ciclo de la lechuga, por lo tanto, se realizaron 4 aplicaciones en el tiempo

para cubrir el requerimiento nutricional de los 40 días del cultivo. La variable principal a evaluar fue el rendimiento.

5.4.4. Análisis de datos

El análisis de la información se hizo mediante el programa estadístico Infostat versión 2017 (Di Rienzo et al., 2017)

Desarrollo del cultivo: Altura

Modelo Estadístico: $Y_{ij} = \mu + T_{\text{tratamiento}(i)} + T_{\text{tiempo}(j)} + T_i T_j + \epsilon_{ijk}$

Donde:

Y_{ij} : Factor de interés (altura)

μ : Media general

$T_{\text{tratamiento}(i)}$: Efecto del i-ésimo de tratamiento (1, 2, 3... 14)

$T_{\text{tiempo}(j)}$: Efecto del j-ésimo de tiempo

$T_i T_j$: Efecto de interacción de tratamiento por tiempo

ϵ_{ijk} : Es el término de error aleatorio, independiente, y supuestamente distribuido normal con media cero y varianza constante.

Variables cosecha: Rendimiento

Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + P_i + D_j + P_i D_j + \epsilon_{ijk}$

Donde:

Y_{ij} : Factor de interés (peso de la inflorescencia y rendimiento)

μ : Media general

P_i : Efecto del i-ésimo de productos 1, 2, 3 y 4

D_j : Efecto del j-ésimo de dosis 5, 10 y 15 %

$P_i D_j$: Efecto de interacción de producto dosis

ϵ_{ijk} : Es el término de error aleatorio, independiente, y supuestamente distribuido normal con media cero y varianza constante

Percepciones de los productores sobre el uso de abonos orgánicos

Para responder a este objetivo de investigación sobre las percepciones de los productores en el uso de abonos orgánicos y sus beneficios en mejorar la fertilidad del cultivo, se sometieron las entrevistas semi-estructuradas a un análisis descriptivo. Además, para visualizar con mayor claridad y facilidad los resultados se presentan gráficos de barras del uso de abonos.

Variable rendimiento en la validación de campo

Para la validación de los bioles utilizados y el nivel de dosis, los tratamientos fueron analizados en el programa estadístico infoStat, mediante un diseño en bloques completos al azar (DBCA), dentro de cada bloque los tratamientos fueron asignados a las parcelas en forma aleatoria, para las comparaciones de medias se seleccionó el método DGC. (Di Rienzo *et al.* 2017)

Modelo: $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$

Y_{ij} = Rendimiento

μ = Media general

T_i = El efecto del i -ésimo tratamientos (1, 2, 3, 4, 5)

B_j = El efecto del j -ésimo bloque (1, 2, 3)

ϵ_{ij} = Es el término de error aleatorio, independiente, y supuestamente distribuido normal con media cero y varianza constante

5.5. Resultados

5.5.1. Fase de experimentación del brócoli

Para minimizar el efecto por una incidencia diferente de la hernia (*Plasmodiophora brassicae*) del brócoli en los diferentes tratamientos, se analizaron los datos de crecimiento (altura), peso de inflorescencia y rendimiento, solamente para las plantas en la categoría 3 (escala 3), ya que esta categoría representaba a la mayoría de las plantas seleccionadas como unidad útil (ver Cuadro 9). La escala de daño se realizó después de la cosecha, se observó un 57% de plantas útil en la escala 3 (raíz con 3 a 4 nódulos y un daño del 50 %), seguido con un 24 % en la escala 5 y 10% en la escala 4 (ver Figura 7).



Figura 7. Escala de daño de *P. brassicae* y el porcentaje de afectación en las plantas seleccionadas como unidad útil

Cuadro 9. Incidencia de daño por Hernia (*P. brassicae*) al día 90 en el área experimental

1	2	3	4	5	6	7	8	9
B2-10%	B3-10%		B3-15)	TA	B4-5%	B2-15%	B4-5%	
B3-5%	TQ	B2-15%	B2-5%	B4-15%	B2-10%	B3-15%	B4-10%	
B3-5%	B1-15%	TA	B3-15%	B2-5%	B2-10%	B3-10%	B1-5%	B3-5%
B1-15%	TQ	B1-5%	B2-15%	B4-15%	B4-10%	B4-15%	B1-15%	B2-5%
B3-10%	B1-10%	B1-10%	TQ	B4-5%	B1-10%	B4-10%	TA	B1-5%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Escala de daño			S-D		E-1		E-2	
			E-3		E-4		E-5	

Los tratamientos menos afectados por la *P. brassicae* fueron B2-10%, B4-5%, B4-10%, B4-15%, B2-15%, B3-15%, B3-10%, TA y B1-5 % y los tratamientos más afectados fueron B1-15%, TQ, B3-5%, B2-5% y B1-10% (ver Cuadro 10), por lo tanto, para lograr observar efecto de los tratamientos en brócoli, se analizaron las plantas útiles con la escala de daño 3 en la raíz, para tener homogeneidad en los datos e interpretar los efectos de los bioles en las variables de desarrollo y cosecha.

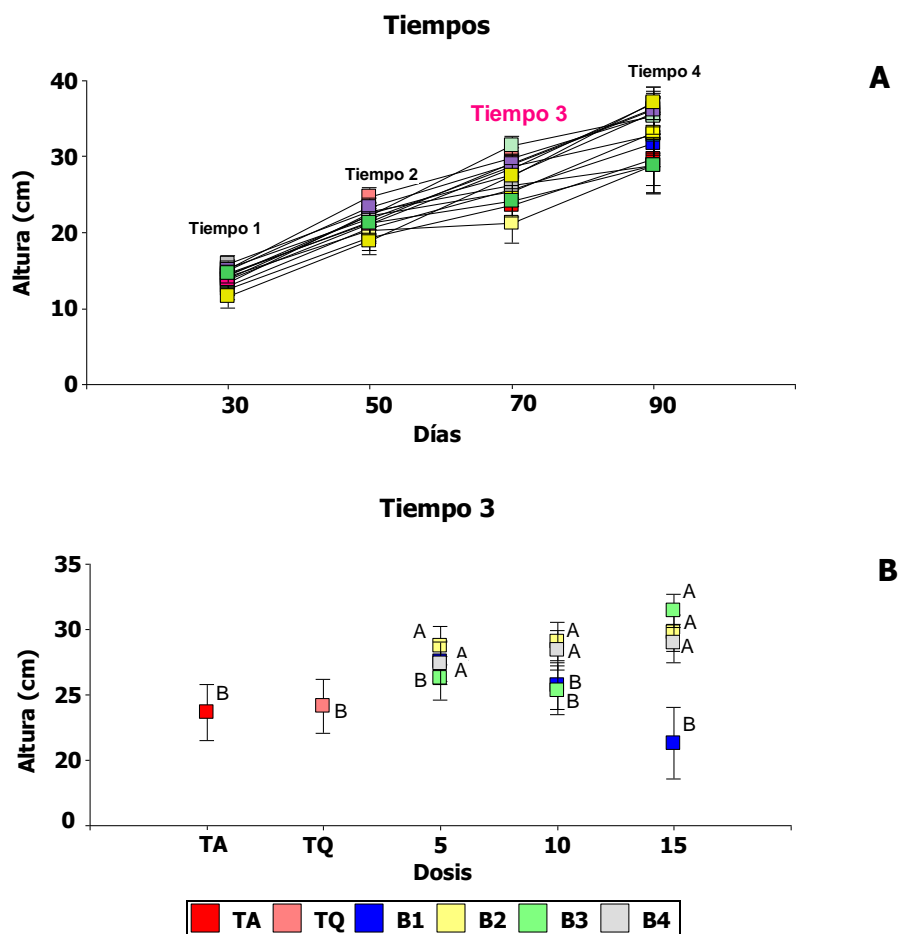
Cuadro 10. Tratamientos de menor a mayor incidencia *P. brassicae*

Tratamientos	Plantas totales	Escala de daño en las raíces del brócoli					
		SD	1	2	3	4	5
B2-10%	30	0	4	1	21	2	2
B4-5%	30	0	2	3	20	3	2
B4-10%	30	0	1	0	21	3	5
B4-15%	30	0	0	3	20	5	2
B2-15%	30	0	0	5	21	0	4
B3-15%	30	0	0	4	19	3	4
B3-10%	30	0	4	0	16	4	6
TA	30	0	2	3	17	1	6
B1-5%	30	0	0	2	20	1	7
B1-10%	30	0	0	1	18	0	11
B2-5%	30	0	0	2	16	1	11
B3-5%	30	0	0	1	14	3	12
TQ	30	0	0	1	13	0	16
B1-15%	30	0	0	0	11	2	17

Altura

En la Figura 8 (A) se observa una interacción en los tiempos con el efecto de los tratamientos reflejándose con mayor claridad en el tiempo 3 a los 70 días, esto se debe a la gran variabilidad ocasionada por *P. brassicae*. Se encontró diferencia significativa en las medias ajustadas por DGC ($P < 0.0025$) para el tiempo-3 (70 días), el B3-15% tuvo mayor altura con un promedio de 31.43 cm, siendo el tratamiento con menor daño, de las 30 plantas (p) útiles, hubo 20 p con escala de daño 3, 3 p con escala de daño 2 y 4, por último 2 p con escala de daño 5. El B2-5, 10 y 15 % mantuvo un crecimiento similar con un promedio de 27 a 30 cm. Con menor altura fueron los tratamientos B1-15%, los testigos (absoluto y

químico) y el B3-5 y 10 %, en promedio tenían más plantas útiles dañadas (escala de daño 5) ocasionado por *P. brassicae*, ver Figura 8 (B).



B1. Biol con sales minerales-**B2.** Biol con estiércol y sales-**B3.** Bolo (con hojas de poro (*Erythrina poeppigiana*) y sales-**B4.** Biol básico-**TQ.** Producto químico y **TA.** Absoluto-DGC (Alfa=0.05)-Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 8. (A) Incremento de la Altura del brócoli en los tiempos. (B) Altura de la planta en el tiempo-3 con relación a los tratamientos

Al contrastar los diferentes tratamientos evaluados, se encontró que los bioles son mejores que los testigos con una significancia de $p < 0.0453$. En los bioles se encontró que el B2 y B3 son mejores que el B4 y B1 con una diferencia significativa de $P < 0.0418$. Por dosis se halló mayor altura en el B2 y B3 al 15 % con una diferencia de $p < 0.0070$ (ver Cuadro 11).

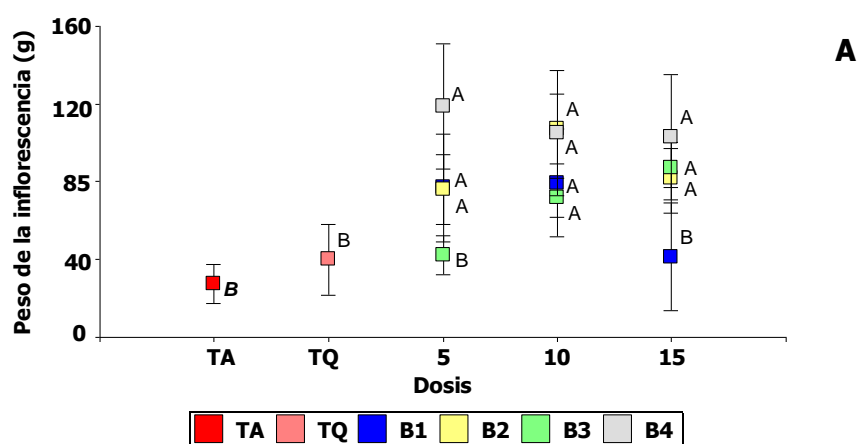
Cuadro 11. Contrastes ortogonales de los productos más dosis (tratamientos)

Producto-Dosis	Contraste	E.E.	F	gl (núm.)	gl (den)	p- valor
TA vs bioles	-3.10	1.53	4.10	1	112	0.0453
B4, B1 vs B3, B2	-1.98	0.96	4.24	1	112	0.0418
B4, B1 al 15% vs B3, B2 al 15%	-4.86	1.77	7.54	1	112	0.0070
Total			0.09	1	112	0.7616

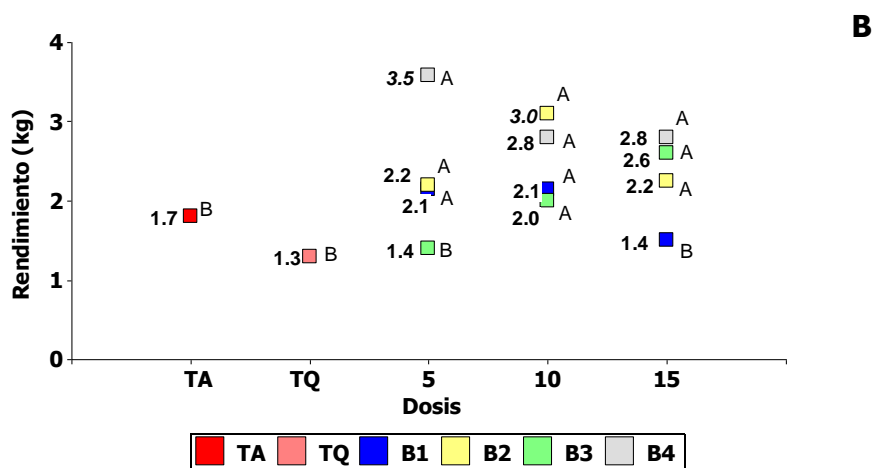
Variables de cosecha

Peso de la inflorescencia y rendimiento

Hay diferencia significativa ($p < 0.0060$) en las medias ajustadas por DGC en los tratamientos. Por lo tanto, el B4-5% obtuvo mayor peso de inflorescencia con 124 g y un rendimiento de 3.58 kg superando al doble a los testigos, siendo el tratamiento menos dañado por *P. brassicae*. De las 30 plantas (P) útiles hubo 20 p con escala de daño 3, 3 p con escala de daño 2 y 4, por último, 2 p con escala de daño 5. Otros tratamientos con mejor peso el B4-10 y 15 % y el B2-10 % obtuvieron en peso de inflorescencia entre 100 a 110 g superando a los testigos (absoluto y químico). El B3-5% y el B1-15% obtuvieron el menor promedio de 30 a 50 fueron tratamientos afectados por el patógeno (ver Figura 9) (A) y (B). De igual manera, el B3 incrementó el peso cuando se incrementó la dosis. Al contrastar los cuatro bioles se encontró que superan a los testigos (absoluto y químico) con una significancia de $p < 0.0001$ y $p < 0.0354$ respectivamente, ver Cuadro 12.



B1. Biol con sales minerales-**B2.** Biol con estiércol y sales-**B3.** Bolo (con hojas de poro (*Erythrina poeppigiana*) y sales-**B4.** Biol básico-**TQ.** Producto químico y **TA.** Absoluto-DGC (Alfa=0.05)-Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



B1. Biol con sales minerales-**B2.** Biol con estiércol y sales-**B3.** Bolo (con hojas de poro (*Erythrina poeppigiana*) y sales-**B4.** Biol básico-**TQ.** Producto químico y **TA.** Absoluto-DGC (Alfa=0.05)-Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 9. (A) Peso de la inflorescencia del brócoli. (A) Rendimiento del brócoli por tratamiento

Cuadro 12. Contrastes ortogonales para el rendimiento del brócoli

Producto_Dosis	Contraste	E.E.	F	gl(núm.)	gl(den)	p-valor
TA vs bioles	-51.79	11.39	20.67	1	28	0.0001
TQ vs bioles	-39.98	18.08	4.89	1	28	0.0354
Total			0.06	1	28	0.8075

5.5.2. Fase entrevista a productores

Situación de los productores

Las entrevistas fueron realizadas a 30 productores. El 100% trabajan con hortalizas de ciclo corto (remolacha, lechuga) y largo (zanahoria, papa, tomates y brócoli). Se encontró que el 100% de los entrevistados son propietarios de su finca, de los cuales el 57% se dedican a la producción orgánica, el 33% combina el sistema de producción orgánico y convencional, solo el 10% de los productores manejan su finca de manera convencional (ver Figura 10).

Tipo de producción

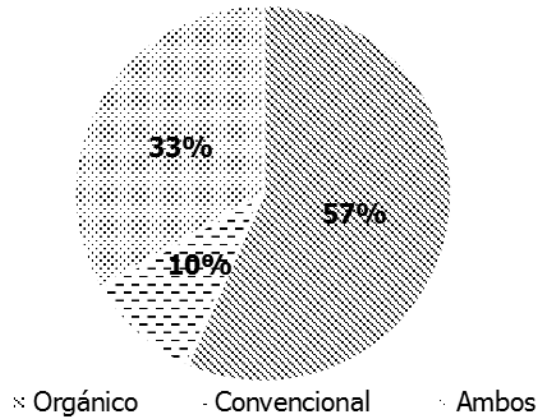


Figura 10. Sistemas de producción



Figura 11. Finca convencional con cultivo de cebolla (*Allium cepa*)



Figura 12. Finca con manejo orgánico y convencional en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Uso de abonos en las fincas

Se encontraron que el 100% de los productores utilizan abono orgánico desde semillero hasta el crecimiento de los cultivos, 10 productores entrevistados mencionaron que utilizan hasta cuatro tipos de abono (composta, bioles, vermicompost y bocashi), 5 productores solo utilizan vermicompost, 3 productores utilizan estiércol al inicio de cada producción y son los que practican la agricultura convencional (ver Figura 13). Por otra parte, se logró conocer las dosis y la frecuencia de uso de los abonos; para el caso de los bioles la mayoría utilizan dosis de 500 ml a 1 L disuelto en 20 l de agua, 2 veces a la semana durante el ciclo productivo. Con relación a los abonos sólidos utilizan de 60 a 200 g por planta aplicándolo 2 veces durante el ciclo del cultivo.

Tipos de abonos que utilizan

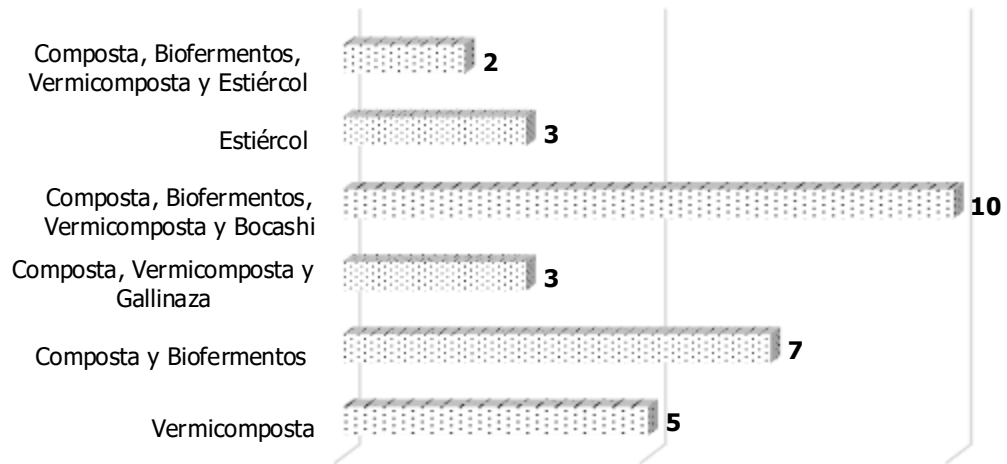


Figura 13. Conjunto de abonos aplicados por los productores

Abonos sólidos

Se encontraron que 30 productores utilizan más de un abono orgánico (composta, vermicompost, estiércol, gallinaza y bocashi), de los cuales solo 3 productores compran estiércol para aplicar al inicio de cada ciclo productivo y 5 productores utilizan la vermicompost. Después de conocer que los 30 productores utilizan algún tipo de abono se procedió a conocer su opinión sobre los beneficios que aporta al suelo, la mayoría de los productores calificaron como bueno ya que mejora las características físicas, retención de humedad y supresión de enfermedades en el suelo, aporta a la productividad y calidad del cultivo, por último solo calificaron como muy bueno la aplicación de abono en mejorar las características químicas del suelo y la rentabilidad del abono (ver Figura 14).

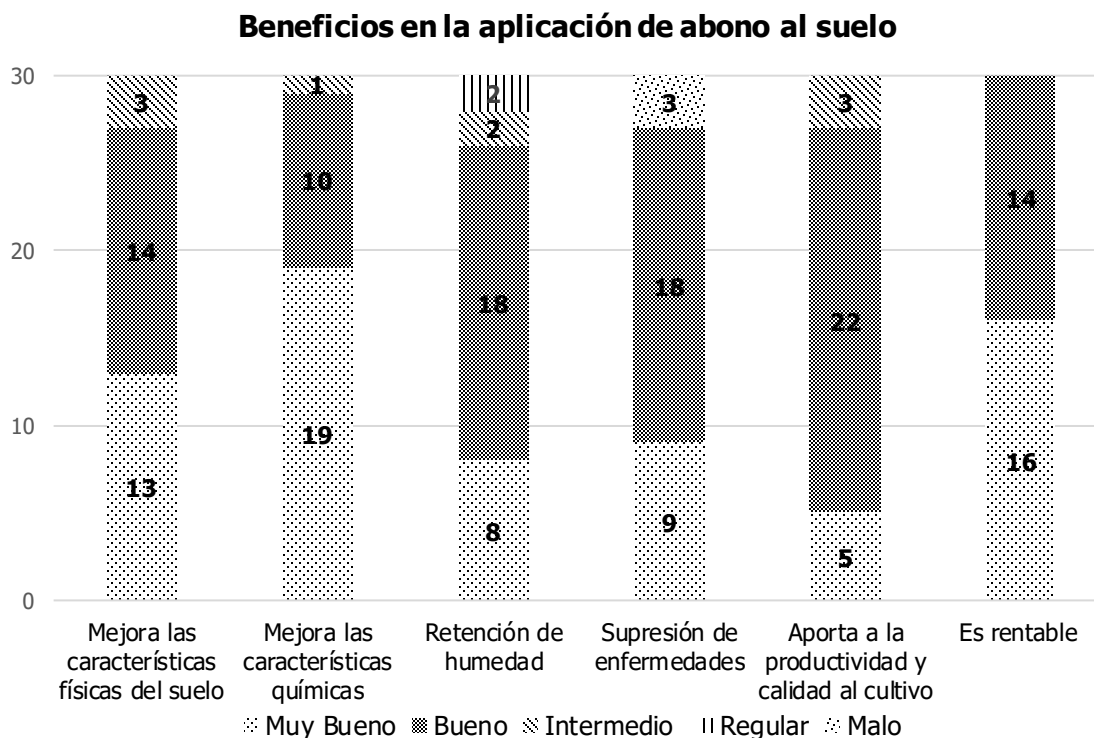


Figura 14. Opinión sobre el uso de abonos sólidos en los suelos agrícolas

Bioles

Se identificaron a 19 productores que utilizan bioles. Como ingredientes principales para su elaboración utilizaron microorganismo de montaña (MM), suero, melaza y roca fosfórica. De los cuales, 5 productores incluyeron la boñiga a su biol, y otros 6 productores incluyeron en el biol los ingredientes principales mencionados más ceniza y sales minerales. Después de conocer cuántos se dedican a hacer este tipo de abono foliar se procedió a conocer el punto de vista de cada productor, calificando como muy buenos los beneficios de aplicar abono foliar en términos de rentabilidad, mejoramiento del crecimiento del follaje, mejoras en la productividad y calidad de cultivo. La efectividad de abonos para poder suprimir enfermedades foliares fue evaluado como bueno (ver Figura 15).

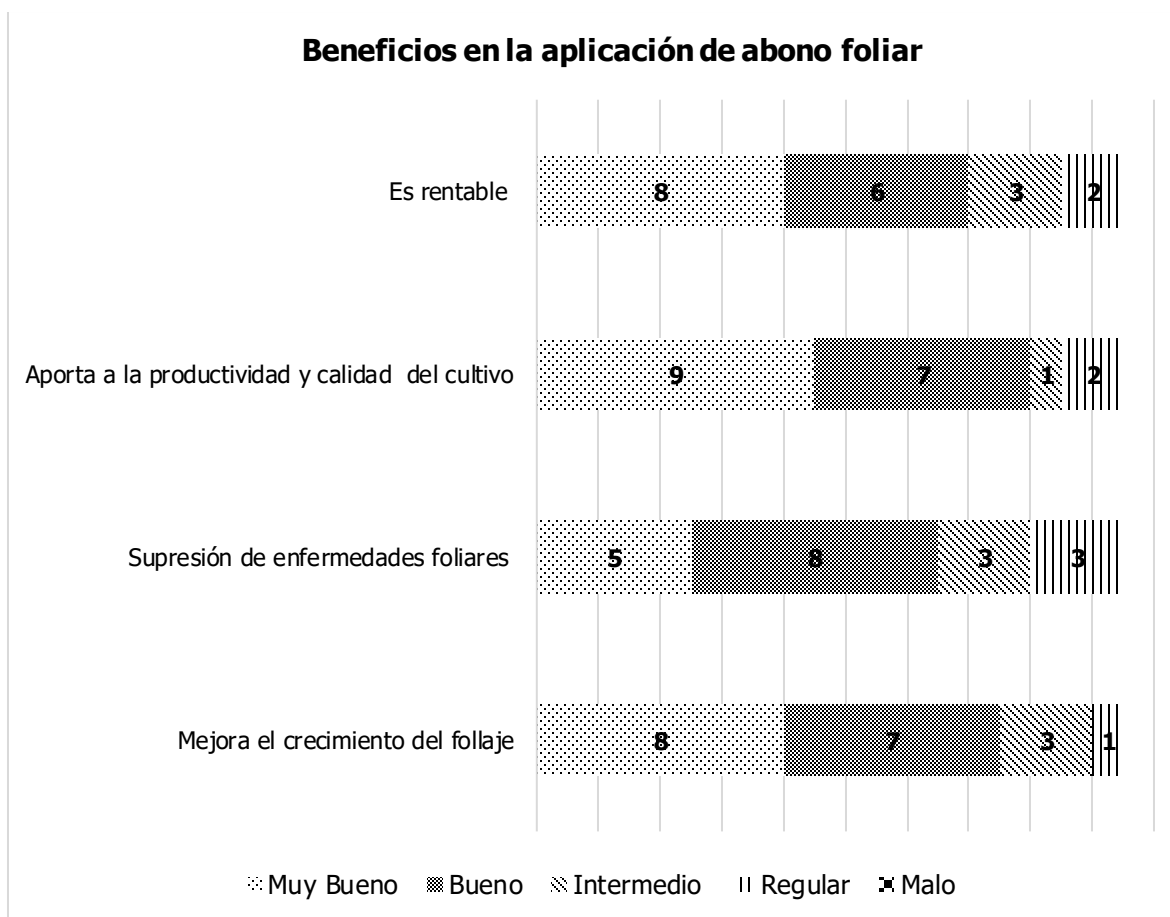


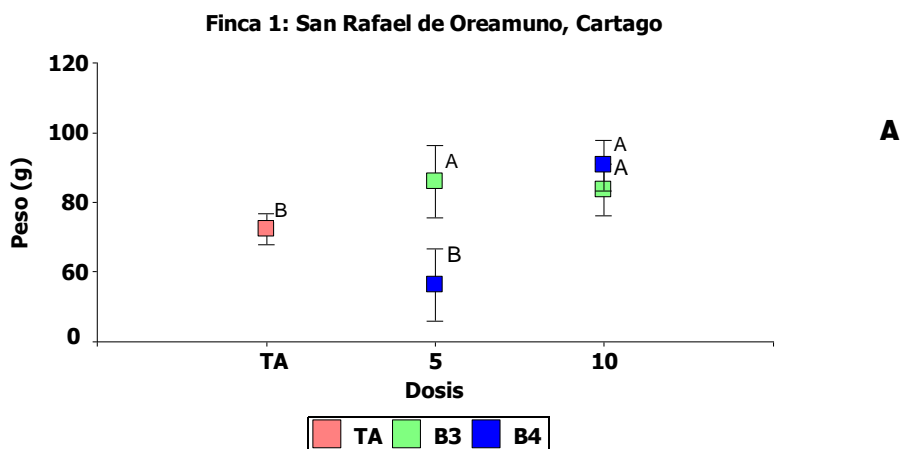
Figura 15. Opinión sobre el uso de abonos foliares en los cultivos agrícolas

5.5.3. Fase validación en fincas orgánicas

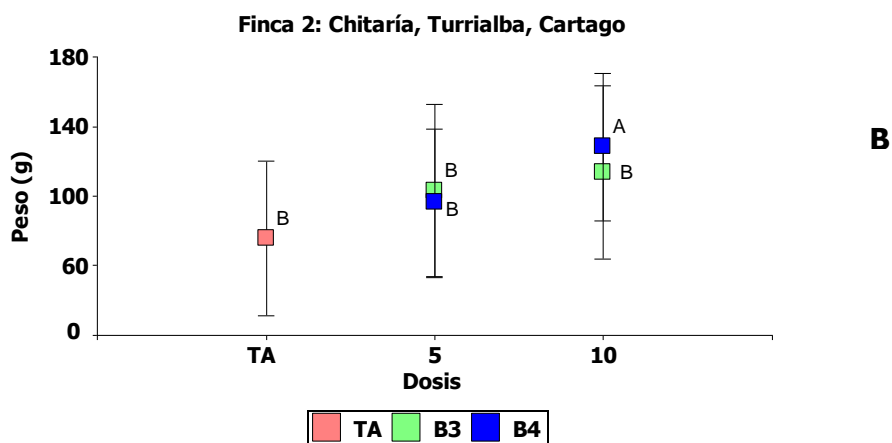
En términos generales, hay mayor rendimiento de la lechuga en la finca 2 (Chitaría, Turrialba), superando con un 34% de rendimiento a la finca 1 (San Rafael de Oreamuno). Esta diferencia también está relacionada al manejo del cultivo porque en la finca 1 existía mucha competencia de malezas y en la finca 2 el manejo fue de mayor responsabilidad. Por lo tanto, se encontró diferencia significativa con la aplicación de bioles en la finca 1 ($p < 0.0338$) y finca 2 ($p < 0.0001$).

En la Figura 16 (A) para la finca 1, los bioles superaron e igualaron al testigo absoluto. El B4-10% obtuvo mayor peso con 90 g y un rendimiento 1.4 kg, superando con 24% al testigo absoluto, el B4 aumentó el peso al incrementar la dosis de aplicación; con dosis 5% tuvo menor peso y rendimiento estando por debajo del testigo, este comportamiento se debió al daño por enfermedad, especialmente en el bloque tres. En el caso de B3 no hay cambio en las dos dosis con relación al rendimiento. Al realizar los contrastes el B4 fue mejor que el

B3 con una significancia de $p < 0.0492$). En la Figura 16 (B) para la finca 2 de nuevo el B4-10% obtuvo mayor registro de peso con un promedio de 120 g y un rendimiento de 1.9 kg superando con 60% al testigo absoluto. Al realizar los contrastes el B4-10% fue mejor con un nivel de significancia de $p < 0.0001$ (ver Cuadro 13).



B3. Biol bolo (con hojas de poro (*Erythrina poeppigiana* + sales)-**B4.** Biol básico-**TA.** testigo absoluto- DGC (Alfa=0.05)- Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



B3. Biol bolo (con hojas de poro (*Erythrina poeppigiana* + sales)-**B4.** Biol básico-**TA.** testigo absoluto- DGC (Alfa=0.05)- Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 16. (A). Peso de la lechuga en San Rafael de Oreamuno, Cartago. (B). Peso de la lechuga en Chitaría, Turrialba, Cartago

Cuadro 13. Contrastes ortogonales en las fincas de San Rafael de Oreamuno y Chitaría, Turrialba

Finca-1						
Prod_Dosis	Contraste	E.E.	F	gl(núm.)	gl(den)	p-valor
B3-5% vs B3-10%	-29.60	13.23	5.01	1	10	0.0492
Finca-2						
Prod_Dosis	Contraste	E.E.	F	gl(núm.)	gl(den)	p-valor
B4-5% vs B4-10%	-32.00	3.11	105.75	1	10	<0.0001

5.6. Discusión

La incidencia de *P. brassicae* en toda el área de experimento del brócoli fue la principal variabilidad externa que condicionó el efecto de los bioles. La incidencia y severidad alcanzada por el patógeno fue del 100%, incrementando su daño a medida que aumentó el desarrollo del cultivo y durante las altas precipitaciones en los meses de mayo-julio. Estos daños concuerdan con Castillo y Guerrero (2008), la incidencia y severidad de la hernia agranda a medida que aumenta el desarrollo del cultivo, afectando gravemente el rendimiento del brócoli. Por su parte, Tamayo y Jaramillon (1992) afirman que la precipitación o temporal de lluvias aumenta el daño de la hernia. Condiciones óptimas para que el patógeno se fragmente en porciones multinucleadas que forman a su vez un zoosporangio y que liberan de 4 a 8 zoosporas secundaria que producen nuevas infecciones en el cultivo (Agris 2005).

El efecto de los bioles en brócoli puede estar enmascarado con la incidencia de *P. brassicae*, el efecto de bioles en la variable altura se reflejó con mayor claridad en el tiempo 3 a 70 días de crecimiento del brócoli. Por lo tanto, el B3-15% elaborado con hojas de poro (*Erythrina poeppigiana*) y el B2 con estiércol con la misma dosis obtuvieron mayor altura en el brócoli. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Guamangallo (2014) y Zambrano (2009) al utilizar biol con la misma dosis registrando en el tiempo 3 obtuvo mayor altura del brócoli con un promedio de 40 cm. Al igual Maheshbabu *et al.* (2008) reportaron mayor altura, pero en planta de trigo aplicando biol al 15% y con biol artesanal de hojas de *Gliricidia sepium*, registró mayor altura para chile habanero (*Capsicum chinense*) superando al biol con estiércol (Salaya 2010).

En el peso y rendimiento del brócoli fueron condicionados por la alta incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae*. Según Castillo y Guerrero (2008) la enfermedad disminuye el tamaño de la inflorescencia del brócoli y se estima que puede disminuir el rendimiento hasta un 20-50%. Considerando la presencia del patógeno se obtuvo por parte del B4-5 % un peso de la inflorescencia de 123 g y en rendimiento de 3.58 kg, superando por doble a los testigos, comparándolo con Guamangallo (2014) al usar biol de roca fosfórica al 10 % en

brócoli, obtuvo un peso en la inflorescencia de 300 g en promedio, pero sin la afectación de *P. brassicae*. Otro resultado similar ha sido obtenido por Proaño (2015) al utilizar dosis de 20 l de biol/ha obtuvo un rendimiento de 4.4 -5.0 kg/m² y un peso en la inflorescencia de brócoli de 388 g.

Al validar la eficiencia de los dos tipos de bioles en la región productiva de Cartago, se pudo observar mejor resultado en el B4-10%, obteniendo mayor peso y rendimiento en lechuga hasta un 50%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios previos en cultivo de lechuga donde Bonillo et al. (2015), obtuvo un 53% de aumento con respecto al testigo en lechuga utilizando biol (supermacro) al 10% y Aguilar (2015) obtuvo con la aplicación de biofermento con harinas de roca en tres variedades de lechuga (crespa, romana y seda) rendimiento de 79% (4.4 – 5.0 kg/m²). Pero igual Hu y Qi (2013) obtuvo el mismo efecto al aplicar microorganismo líquido con composta aumento significativamente la biomasa de paja de trigo, los rendimientos de grano, la paja y nutrición de granos en comparación con el tratamiento donde no se trató (testigo).

Según Fernández *et al.* (2010), los abonos líquidos estimularon a obtener mayor peso y rendimiento, lo cual coincide con la investigación al aumenta un 50% el rendimiento respecto al tratamiento testigo. Mismo resultado lo obtuvo Mazariegos y Colindres (2002) aplicando SM al cultivo de ají (*Capsicum frutescens*) en concentraciones de 16% lograron efectos positivos respecto al testigo.

El 57% de los productores encuestados se dedican a la producción orgánica, son productores consientes en el cambio de paradigma del consumidor y el surgimiento de nuevos espacios de ventas con gran potencial económico (Brenes 2003). El beneficio que obtiene los productores al usar abono sólido es en mejorar las características físicas, biológicas y químicas del suelo (Trinidad 2015), incrementando las concentraciones de nitrógenos, fósforo, potasio y la degradación de residuos de plaguicidas en el suelo (Nieto *et al.* 2002; Hernández *et al.* 2010; Soto y Muñoz 2002). Los abonos líquidos se tienen una gran aceptación por parte de los productores, opinaron que beneficia el crecimiento del follaje, suprime o retarda el daño de enfermedades y aportan beneficio en la calidad de los cultivos. Similar a lo encontrado por Acosta (2012) donde el 70% de los 30 productores encuestados en Alajuela y Turrialba opinan que es muy bueno el uso de abonos líquidos y mejorando el crecimiento de follaje, la productividad y la calidad de cultivo.

5.7. Conclusiones

1. En lechuga, con excepción del B4-5% en una de las dos fincas, ambos bioles mostraron una tendencia consistente de aumentar el tamaño de la planta y el rendimiento al aplicar mayores concentraciones. Los aumentos fueron estadísticamente significativos para el tratamiento B4-10% en ambas fincas, con un incremento en el rendimiento del 50% con relación con el testigo absoluto.
2. Para brócoli, la interferencia fuerte de la hernia de la col (*P. brassicae*) no permitió analizar los datos de crecimiento y rendimiento en todas las plantas útiles a los 90 días. Por ende, se analizó solamente el 57% de plantas con escala de daño 3 en la raíz. De estas plantas, aquellas tratadas con el B3-15% en el tiempo 3 (70 días) desarrollaron mayor altura. Las plantas tratadas con el B4-5% tuvieron mayor peso y rendimiento superando al doble a los testigos.
3. La mayoría de los productores entrevistados consideraron a los bioles como una práctica agroecológica efectiva para la producción sostenible y sus beneficios se reflejan en una gran aceptación, ya que su uso puede aumentar la productividad del sistema y reducir la contaminación con sustancias tóxicas.
4. Para las variables crecimiento y rendimiento del brócoli y lechuga no se encontraron ventajas significativas entre los bioles que contenían sales minerales (B1, B2 y B3) con respecto al que carecía de sales adicionales (B4). Posiblemente, este comportamiento se puede atribuir a reacciones químicas entre las sales que se usaron en la elaboración de los bioles, por ende, es necesario conocer cuáles son las sales minerales que provocan mayor salinidad y cuáles tienen mayor solubilidad. Considerando estas reacciones al momento de mezclar se tendrá mayor seguridad en la aportación de los nutrientes para la planta.

5.8. Recomendaciones

1. El aumento de dosis en la aplicación foliar del B4-10% incrementó el peso de la lechuga, por lo tanto, se considera que existe un mayor potencial si se aplica este biol como inóculo en las bandejas de plántulas. Por ende, se recomienda evaluar el efecto de B4-10% aplicado a plántulas cuyas raíces y sustratos fueron inmersos en el mismo.
2. Como hubo una interferencia de *P. brassicae* en los efectos de los tratamientos, es necesario prevenir enfermedades en futuras investigaciones, para ello se debe analizar detalladamente el sitio y establecer bloques o repeticiones en diferentes lugares/fincas para minimizar riesgos fitosanitarios.
3. Se recomienda, en futuras investigaciones, aumentar el número de plantas en la parcela útil a al menos lo doble (60 plantas) o repetir el experimento a dos o tres ciclos por cultivo para evaluar la respuesta a un plazo más largo.
4. Se recomienda estudiar el efecto potencial de diferentes microorganismos como antagonistas para el control biológico de *Plasmodiophora brassicae*.
5. Los resultados de este estudio sugieren que no se justifica elaborar el biol con varios tipos de sales minerales.
6. Es importante conocer las necesidades nutricionales del cultivo de interés y de acuerdo a estas elaborar el biol específico para cubrir sus requerimientos.

5.9. Bibliografía

- Acosta Almanzar, HA. 2012. Microorganismos eficientes de montaña: Evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 100 p.
- Araya, J. 2015. Día mundial del Ambiente; Costa Rica es el consumidor más voraz de plaguicidas en el mundo. Semanario Universidad. Costa Rica, Viernes 3, Jun. Disponible en <http://semanariouniversidad.ucr.cr/pais/costa-rica-es-el-consumidor-mas-voraz-de-plaguicidas-en-el-mundo/>.
- Agrios, G. 2005. Fitopatología. Segunda Edición. Grupo Noriega. DF, México. 838 p.
- BM (Banco Mundial). 2003-2013. Consumo de fertilizantes (Kilogramos por hectárea de tierras cultivables). Grupo Banco Mundial 2016. Consultado el 15 Nov. 2016. Disponible en <http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS?view=chart>
- Brenes Bonilla, L. 2003. Dirección estratégica para organizaciones inteligentes. Universidad Estatal a Distancia, EUNED. San José, Costa Rica. 170 p.
- Bruulsema, T. 2003. Productividad de los sistemas orgánicos y convencionales de producción de cultivos. Informaciones Agronómicas. Ecuador. 51:8-10.
- Castillo, JA; Guerrero, O. 2008. Efecto de controladores biológicos sobre la hernia de las crucíferas en Tabio, Cundinamarca. Revista Inventum 5:30-40.
- Carrillo, L. 2010. Microbiología Agrícola. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Agrarias. 16 p.
- CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense). 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólido y líquido. Serie Agricultura Orgánica N°8. Consultado 22 jun. 2017. Disponible en http://cedeco.or.cr/files/Abonos_organicos.pdf
- Corea Solórzano, GA; Arróliga, M; Martín, E. 2007. Evaluación de dos variedades de brócoli (Pirata y Green F. Sprouting Calabrese) y tres dosis de fertilización (18-46-0) en la comarca Mombachito, Camoapa (Boaco). Universidad Nacional Agraria, UNA. 49 p.
- CIA (Centro de investigaciones Agronómicas). 2017. Mapa digital de suelos de Costa Rica (en línea). Universidad de Costa Rica. Consultado 21 Sep. 2017. Disponible en http://www.cia.ucr.ac.cr/?page_id=139
- Di Rienzo, JA; Macchiavelli, R; Casanoves, F. 2017. Modelos lineales generalizados mixtos aplicaciones en InfoStat. Primera edición especial ed. 249 p.

- Fernández-Luqueño, F; Reyes-Varela, V; Martínez-Suárez, C; Salomón-Hernández, G; Yáñez-Meneses, J; Ceballos-Ramírez, J; Dendooven, L. 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource technology* 1011:396-403.
- García, JE. 2002. Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica y su relación con América Latina. *Manejo integrado de plagas y Agroecología (Agricultura Orgánica)* 64:116-124.
- Guamangallo, C; Patricio, S. 2014. Aplicación de diferentes dosis de biol enriquecido con roca fosfórica en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica Híbrido Legacy) utilizado como coadyuvante gel de sábila (*Aloe vera*). Msc en Agroecología y Ambiente. Universidad de Ambato. Ecuador. 122 p.
- Hernández-Rodríguez, OA; Ojeda-Barrios, DL; López-Díaz, J; Arras-Vota, A. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnocienc. Chihuahua, México* 4:1-6.
- Huamaní, LY. 2014. Importancia de los abonos orgánicos en la agricultura. Universidad Peruana Unión. *Revista de Investigación Universitaria*. 3: 10-31.
- Hu-Cheng; Qi-Yingchun. 2013. Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *European journal of agronomy*. 46: 63-67.
- INTA (Instituto Nacional de innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria). 2015. Suelos de Costa Rica Orden Andisol. *Boletín Técnico Número 8*. San José CR. 4 p.
- Maheshbabu, H; Hunje, R; Patil, NB; Babalad, H. 2008. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 212:219-221.
- Martínez, E; Aguilar, J; Osornio, A; Aguilar, R; Bucio, M; Bosque, G. 2013. Manual Teórico-Práctico Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura, SAGARPA, COFURPRO, UNAM
- Mazariegos Ramírez, S; Colindres Véliz, C. 2002. Producción de chile picante (*Capsicum frutescens* L.) con y sin presencia de arvenses bajo cinco concentraciones de abono líquido orgánico. Guácimo, CR. Tesis Lic. Guacimo, CR, Universidad EARTH. 44 p.
- Medranda, VEF; García, GAC; Chávez, JEC; Villacorta, HS; Vidal, LRL. 2016. Efecto del biol bovino y avícola en la producción de pimiento dulce (*Capsicum annum* L.). *Revista espamciencia* 71: 33-41.
- Nieto Garibay, A; Murillo Amador, B; Troyo Diéguez, E; Larrinaga Mayoral, JA; García Hernández, JL. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 278 p.

- Ochoa, M; Bustamante, C; Rivero, R. 2000. Utilización de fuentes de abonos orgánicos en combinaciones con fertilizantes minerales (NPK) para la producción de posturas de *Coffea arábica* L. Convención internacional de Educación Superior. Editorial "Félix Varela". Universidad Agraria de la Habana, Cuba. 100 p.
- Ortiz, E; Soto, C. 2008. Atlas Digital de Costa Rica. CD-ROM). Cartago, CR: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Escuela de Ingeniería Forestal. ITCR.
- Proaño, A; Ana, V. 2015. Evaluación del uso de biofermento de harinas con aplicación foliar y al suelo en tres tipos de lechuga. Ingeniera Agrónoma. Honduras Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 24 p.
- Quintuña, L; Lucía, M; Yunga, L. 2016. Discriminación del efecto nutricional de biofertilizantes líquidos enriquecidos con componentes minerales en aplicación foliar en el cultivo de pimiento *Capsicum annuum* L. Pregrado. Ecuador Universidad de Cuenca. 69 p.
- Ramos, F; Lesly, M. 2016. Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras. Ingeniera en Ambiente y Desarrollo. Honduras Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 27 p.
- Salaya, D. 2010. Elaboración artesanal de dos abonos líquidos fermentados y su efectividad en la producción de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Msc. H. Cárdenas, Tabasco, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 101 p.
- Soto, G; Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 65: 123 - 129.
- Tamayo, P; Jaramillon, J. 1992. Situación patológica de las hortalizas cultivadas en el oriente Antioqueño. Revista ICA informa 26:29-38.
- Trinidad Santos, A. 2015. Abonos orgánicos. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural Pesca y Alimentación) Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. México.
- Ubidia Valencia, MM. 20014. Evaluación de la eficiencia de fertilizantes de liberación controlada (CRF) en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica): Datos tomados. Tesis Lic. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 82 p.
- Uribe, K; Córdoba, O; Sánchez, J; Castellanos, D. 2004. Efecto de dos tipos de compost y un biofertilizante sobre algunas poblaciones microbianas edáficas y su posible relación con el desarrollo de un cultivo de zanahoria y cebolla en el municipio de Pueblo Rico (Risaralda, Colombia). 9: 71-72.

- Vásquez-Camacho, JG. 2015. Evaluación agronómica de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres ciclos de siembra consecutivos en San Miguel de la Tigra, San Carlos, Alajuela, CR. Licenciatura en Ingeniería en Agronomía. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede regional san Carlos. 72 p.
- Zambrano Real, A. 2009. Evaluación de tres dosis de biol como complemento a la fertilización nitrogenada en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* italica L) híbrido Legacy en Pichincha. Ecuador, Quito: USFQ, 2009. 97 p.