

**Efecto de la aplicación de biol activado y  
silicio en la calidad del cultivo de alcachofa  
(*Cynara scolymus* L.) en  
Latacunga, Ecuador**

**Pablo Guido Baldeón Mendoza**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre; 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Efecto de la aplicación de biol activado y  
silicio en la calidad del cultivo de alcachofa  
(*Cynara scolymus* L.) en  
Latacunga, Ecuador**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Pablo Guido Baldeón Mendoza**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre; 2009

**Efecto de la aplicación de biol activado y silicio en la calidad del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en Latacunga, Ecuador**

Presentado por:

Pablo Guido Baldeón Mendoza

Aprobado:

---

Gloria E. Arévalo, M.Sc.  
Asesora Principal

---

Miguel Vélez, Ph.D.  
Director Carrera Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Jeffery Pack, D.P.M.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Alfredo Rueda, Ph.D.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Coordinador Área de Fitotecnia

## RESUMEN

Baldeón, P. 2009. Efecto de la aplicación de biol activado y silicio en la calidad del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) Latacunga, Ecuador. Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 25 p.

Se probó el efecto de aplicar biol activado, silicio y su combinación en la calidad de inflorescencias (capítulos) de alcachofa, en la hacienda Bethania en Latacunga, Ecuador a 2865 msnm desde Enero a Agosto de 2009. Se utilizaron tres activaciones (A) para el biol (B): A1=Urea (46-0-0) + Seaweed Extract (0.38-0.2-1.8-2.6CaO-0.88MgO) + melaza; A2=Nitromag (27-0-0-6CaO-4MgO) + Seaweed Extract (0.38-0.2-1.8-2.6CaO-0.88MgO) + melaza y A3=Urfos (17-44-0) + melaza). El silicio (ortosilicato de potasio) fue aplicado al follaje S1= 4 L/ha, al suelo S2= 4 L/ha y al suelo y follaje S3= 2 L/ha cada uno. Las aplicaciones de biol activado y silicio se hicieron al follaje y al suelo sobre cultivo con tres edades: cultivo 1: 32 semanas después de trasplante (SDT) y cuatro aplicaciones cada dos semanas, cultivo 2 (14 SDT 16 aplicaciones) y cultivo 3 (8 SDT 18 aplicaciones). Se evaluaron: número de capítulos/planta, g/capítulo, presencia de ombligo y compactación de capítulos. Se realizó ANDEVA, GLM y LSD para la separación de medias. En los cultivos 1 y 3 el testigo (sin aplicaciones), obtuvo mayor o igual producción de capítulos, y estos rendimientos se redujeron a mayor número de aplicaciones; silicio foliar siempre causó un efecto negativo; en el cultivo 2 no hubo efecto sobre número de capítulos. En peso no hubo diferencias, los tratamientos BA1S1 y S1 disminuyeron el número de capítulos/planta y tuvieron un efecto negativo en la producción, reduciéndola (5,606 a 3,609 y 4,810 a 3,471 kg/ha, respectivamente) a más número de aplicaciones. En ombligo no se observó efecto. El grado de compactación mejoró con el biol activado (BA1, BA3 y BA1S1 en el cultivo 1 y BA2 y BA2S2 en el cultivo 3).

**Palabras clave:** Capítulo, Nitromag, Seaweed extract, Urfos.

## ABSTRACT

Baldeón, P. 2009. Application effect of activated biol and silicon in the quality of artichoke (*Cynara scolymus* L.) in Latacunga, Ecuador. Special Project Program, Zamorano, Honduras. 25 p.

Activated biol and silicon with their combination were evaluated in the quality of inflorescences (heads) of artichoke. The study was carried out in Latacunga, Ecuador at 2865 msnm from January to August 2009. Three types of activation (A) for the biol (B) were used: A1=Urea (46-0-0) + Seaweed Extract (0.38-0.2-1.8-2.6CaO-0.88MgO) + molasses, A2=Nitromag (27-0-0-6CaO-4MgO) + Seaweed Extract (0.38-0.2-1.8-2.6CaO-0.88MgO) + molasses, and A3=Urfos (17-44-0) + molasses). Silicon (potassium orthosilicate) was applied to foliage S1= 4 L/ha, soil S2= 4 L/ha and soil and foliage S3= 2 L/ha each. Applications of biol and silicon were made to the foliage and soil on three crop ages: Crop 1: 32 weeks after transplantation (WAT) and four total applications, every two weeks; Crop 2 (14 WAT 16 total applications) and Crop 3 (8 WAT 18 total applications). Factors evaluated include: number of heads/plant, g/head, presence of buttons and compaction of heads. Analysis was done by GLM; ANOVA was evaluated and LSD was used for mean separation. In Crops 1 and 3 the control applications was greater or equal in yield, number of heads, and these fall with increased applications; foliar silicon always caused a negative effect on all variables. In crop 2 there was no effect. BA1S1 and S1 treatments reduced the number of heads/plant with a negative trend of the treatments. BA1S1 and S1 treatments had a negative effect on production, which were reduced from 5606 to 3609 and from 4810 to 3471 kg/ha respectively as more applications were made. There was no effect of treatments in any of the crops on increased buttons. In Crops 1 and 3 there was a positive effect on compaction of heads, improving their ratings in treatments BA1, BA3 and BA1S1 in crop 1 and BA2 and BA2S2 in crop 3.

**Keywords:** Nitromag, Seaweed extract, Urfos.

## CONTENIDO

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Portadilla.....                 | i   |
| Página de firmas.....           | ii  |
| Resumen .....                   | iii |
| Abstract .....                  | iv  |
| Contenido .....                 | v   |
| Índice de cuadros y anexos..... | vi  |
| <br>                            |     |
| 1. INTRODUCCIÓN.....            | 7   |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 11  |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 17  |
| 4. CONCLUSIONES .....           | 21  |
| 5. RECOMENDACIONES.....         | 22  |
| 6. LITERATURA CITADA .....      | 23  |
| 7. ANEXOS .....                 | 24  |

## ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

### Cuadro

|  |    |
|--|----|
| 1. Análisis del biol, realizado por laboratorios Ciencia Lab, 2002. Guayaquil, Ecuador.....  | 8  |
| 2. Análisis del biol, realizado por laboratorios Ciencia Lab, 2002. Guayaquil, Ecuador.....  | 9  |
| 3. Contenido de microorganismos en el biol activado con Urea y Seaweed Extract.....  | 12 |
| 4. Contenido de microorganismos en el biol activado con Nitromag y Seaweed Extract.....  | 12 |
| 5. Composición de las sustancias usadas para formar los activadores de biol. Latacunga, Ecuador.....                                       | 12 |
| 6. Componentes y dosis de los activadores utilizados para 40 litros de biol activado/ha, en alcachofa. Latacunga, Ecuador.....             | 13 |
| 7. Tratamientos.....   | 15 |
| 8. Número de capítulos cosechados por planta en el cultivo de alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> L.), Latacunga, Ecuador.....              | 17 |
| 9. Peso por capítulo cosechado (g) en el cultivo de alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> L.), Latacunga, Ecuador.....                        | 18 |
| 10. Producción (kg/ha) en el cultivo de alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> L.), Latacunga, Ecuador.....                                    | 18 |
| 11. Porcentaje de ombligo por planta en el cultivo de alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> L.), Latacunga, Ecuador.....                      | 19 |
| 12. Grado de compactación (1=flojo, 2=medio y 3=compacto) en el cultivo de alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> L.), Latacunga, Ecuador..... | 19 |

### Anexo

|   |    |
|---|----|
| 1. Cultivo de alcachofa 8 SDT (Cultivo 3).....          | 24 |
| 2. Cultivo de alcachofa 14 SDT (Cultivo 2).....         | 24 |
| 3. Cultivo de alcachofa 32 SDT (Cultivo 1).....         | 25 |
| 4. Inflorescencia inmadura (capítulo) de alcachofa..... | 25 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La inclusión de fitorreguladores en los procesos agrícolas en Ecuador es una técnica de cultivo que tiene por objetivo mejorar la producción y calidad de cosecha de los cultivos. Existe la posibilidad de obtener fitorreguladores a partir de efluentes resultantes de la descomposición anaeróbica de materiales orgánicos (estiércol y desechos de animales de granja), lo cual abre un espacio importante dentro de la práctica de la Agricultura Orgánica. El biol es el producto resultante de esa descomposición anaeróbica (SIAMAG 2009).

Análisis realizados sobre la composición del biol muestran un aumento significativo de la población de microorganismos benéficos cuando se adiciona una fuente de nitrógeno 24 horas antes de la aplicación<sup>1</sup>; este proceso de añadir una fuente de nitrógeno para estimular la multiplicación de los microorganismos presentes en el biol se ha denominado activación.

La alcachofa (*Cynara scolymus* L.) pertenece a la familia Asteraceae y es considerada una planta bianual y trianual. Tiene tallos gruesos y hojas pubescentes con una nervadura central muy gruesa en la base; en ocasiones las hojas presentan espinas en los bordes. La raíz es profunda con abundantes ramificaciones. La inflorescencia inmadura (capítulo) es la parte comestible de la alcachofa. Está constituida por un receptáculo terminal en el extremo del tallo, que a su vez está compuesto por las flores reunidas en cabezuelas terminales. Este conjunto está recubierto por brácteas carnosas agrupadas de tal forma que antes de alcanzar la madurez presentan una forma oval más o menos regular en función de la variedad, condiciones climáticas y otros factores. Las brácteas pueden ser de color verde o con diferentes tonalidades de morado. Es un cultivo con alta demanda hídrica de entre 7,000 y 10,000 m<sup>3</sup> por hectárea y necesita de vernalización (acumulación de horas frío) para empezar la producción. Puede adaptarse bien a temperaturas de entre 5 a 20 °C.

Bajo condiciones de altura a campo abierto se puede cultivar en altitudes de hasta 3300 msnm, dependiendo de las temperaturas promedio que se registren en cada zona (Córdova Castro y Solano Chávez 2006). Requiere suelos profundos y bien drenados con alto

---

<sup>1</sup> Burneo, J. 2008. Jefe del Departamento de Investigación de PRONACA (Procesadora Nacional de Alimentos), Análisis de laboratorio sobre la activación de biol. Laboratorio Agrobiológico. Quito, Ecuador.

contenido de materia orgánica (2.5 a 5% o más) y con un pH ideal entre 7 a 8 (Ruales Piedra y Ruiz Molina 2006).

El biol es una fuente de fitorreguladores que se obtienen como producto del proceso de descomposición anaeróbica de desechos orgánicos; contiene nutrientes y reguladores de crecimiento (Cuadro 1), carbohidratos, proteínas, ácidos orgánicos, vitaminas y aminoácidos (Cuadro 2). Durante la producción de biogás a partir de la fermentación metanogénica (fermentación anaeróbica) de los desechos orgánicos, en los colectores laterales del digester aparece un residuo líquido sobrenadante que constituye el biol (denominación aceptada por la Red Latinoamericana de Energías Alternas) (Medina 1990). Los materiales que van a servir de alimento para los microorganismos deben tener una relación de carbono/nitrógeno entre 20:1 a 30:1 (Medina 1992).

Cuadro 1. Análisis del biol, realizado por laboratorios Ciencia Lab, 2002. Guayaquil, Ecuador<sup>2</sup>.

| Macronutrientes y Oligoelementos         | Contenido (%)   |
|--|-----------------|
| Nitrógeno (N)                            | 0.26            |
| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 0.14            |
| Potasio (K <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 1.22            |
| Calcio (Ca)                              | 2.01            |
| Magnesio (Mg)                            | 0.40            |
| Azufre (S)                               | 2.30            |
| Cloro (Cl)                               | 0.11            |
| Sodio (Na)                               | 0.30            |
| Yodo (I)                                 | 1.00            |
| Micronutrientes                          | Contenido (ppm) |
| Boro                                     | 8.79            |
| Manganeso                                | 3.50            |
| Hierro                                   | 16.80           |
| Cobre                                    | 0.90            |
| Cobalto                                  | 0.40            |
| Zinc                                     | 5.80            |
| Compuestos reguladores de crecimiento    | Unidad          |
| Auxinas                                  | 0.08 ppb        |
| Citoquininas                             | 67.00 ppm       |
| Giberelinas                              | Activas         |

Fuente: Análisis de biol realizados por laboratorios Ciencia Lab, 2002.

<sup>2</sup> Información suministrada por: Burneo, J. 2009. Jefe del Departamento de Investigación de PRONACA, Ecuador.

Cuadro 2. Análisis del biol, realizado por laboratorios Ciencia Lab, 2002. Guayaquil, Ecuador<sup>3</sup>.

| Carbohidratos, Proteínas y Ácidos orgánicos | Contenido (%) |
|---|---------------|
| Manitol                                     | 1.00          |
| Ácido alguinio                              | 3.36          |
| Proteína cruda                              | 0.45          |
| Fibra cruda                                 | 0.73          |
| Cenizas                                     | 3.12          |
| Azúcares                                    | 6.50          |
| Vitaminas                                   | Contenido     |
| Vitamina E                                  | 0.31 mg/100g  |
| Riboflavina                                 | 0.10 mg/100g  |
| Tiamina                                     | 0.23 ppm      |
| Niacina                                     | 2.80 ppm      |
| Caroteno                                    | 7.69 ppm      |
| Ácido fólico                                | 0.03 ppm      |
| Biotina                                     | 0.04 ppm      |
| Vitamina C                                  | 38.55 ppm     |
| Aminoácidos                                 | Trazas        |
| Alamina                                     | PRESENCIA     |
| Arginina                                    | PRESENCIA     |
| Ácido aspártico                             | NEGATIVO      |
| Citrulina                                   | NEGATIVO      |
| Cisteína                                    | PRESENCIA     |
| Glicina                                     | PRESENCIA     |
| Ácido glutámico                             | PRESENCIA     |
| Histidina                                   | PRESENCIA     |
| Isoleucina                                  | NEGATIVO      |
| Lisina                                      | PRESENCIA     |
| Metionina                                   | NEGATIVO      |
| Ornitina                                    | NEGATIVO      |
| Fanilalanina                                | NEGATIVO      |
| Prolina                                     | PRESENCIA     |
| Serina                                      | NEGATIVO      |
| Treonina                                    | PRESENCIA     |
| Triptófano                                  | NEGATIVO      |
| Triosina                                    | NEGATIVO      |

Fuente: Análisis de biol realizados por laboratorios Ciencia Lab, 2002.

<sup>3</sup> Información suministrada por: Burneo, J. 2009. Jefe del Departamento de Investigación de PRONACA, Ecuador.

En pequeñas cantidades los fitorreguladores del biol son capaces de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas influyendo en procesos como: enraizamiento, ampliando la base foliar, mejora la floración y activa el poder germinativo de las semillas (Córdova Castro y Solano Chávez 2006).

Suelos arenosos expuestos a intemperismo pueden contener hasta un 40% de silicio (Si), comparado con un mínimo 9% de los suelos tropicales. La mayoría de suelos tropicales están compuestos por aluminio y óxidos de hierro; en estos suelos el silicio es lavado a causa de las condiciones ambientales. La mayoría de fuentes de Si incluyen silicatos minerales primarios, secundarios y cuarzo (Tisdale y Nelson 1993).

El ácido silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) es la principal forma de silicio en solución. Altas concentraciones de Si en solución, hacen que  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  tienda a formar precipitados de silicato amorfo  $\text{SiO}_2$ . La solubilidad de Si en agua no se ve afectada por el pH en rangos de 2 a 9 (Tisdale y Nelson 1993).

Actualmente no existen estudios en alcachofa que demuestren el efecto del biol activado, razón por la cual el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la aplicación con tres activadores de biol y la combinación con silicio en la calidad de inflorescencias inmaduras (capítulos) en el cultivo de alcachofa.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 UBICACIÓN**

El estudio se llevó a cabo en la hacienda Bethania en las afueras de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi en Ecuador a 2865 msnm entre los meses de Enero a Agosto de 2009. La ubicación geográfica es  $0^{\circ} 56' 17''$  en dirección Sur y  $78^{\circ} 33' 51''$  hacia el Oeste; la zona está clasificada como bosque húmedo montano alto.

### **2.2 SELECCIÓN DEL CULTIVO**

Se seleccionó un lote de alcachofa en tres etapas fenológicas de la planta: cultivo 1. Planta en producción con 32 semanas después de trasplante (SDT); cultivo 2. Planta en crecimiento con 14 SDT; cultivo 3. Planta en desarrollo vegetativo inicial con 8 SDT. Estos tres cultivos con edades diferentes recibieron los mismos tratamientos. El cultivo contaba con riego por aspersión.

El área total de estudio fue  $16,000 \text{ m}^2$  de las cuales  $8,400 \text{ m}^2$  fueron ocupados por el cultivo 1;  $5,600 \text{ m}^2$  por el cultivo 2 y  $2,000 \text{ m}^2$  por el cultivo 3. La densidad de siembra para los tres cultivos fue 11,111 plantas/ha, con una separación de 1.2 m entre hileras y 0.75 m entre plantas.

### **2.3 OBTENCIÓN DEL BIOL**

Se logra a través de la fermentación anaeróbica de las heces frescas de bovino en un tanque de  $1 \text{ m}^3$  de volumen, sellado herméticamente en el cual se coloca la materia fresca diluida en agua alrededor de 90% (Medina 1992) junto con materiales como suero de leche y melaza que sirven como fuente de energía para los microorganismos descomponedores de las heces. Se añadieron levaduras y microorganismos específicos para la descomposición de materia orgánica al inicio del proceso de fermentación anaeróbica que duró 40 días. Al final del proceso se colectó biol que correspondió entre 80 a 85% del volumen inicial.

### **2.4 ACTIVACIÓN DEL BIOL**

La activación del biol consistió en agregar fuentes de nitrógeno para promover la multiplicación de bacterias y microorganismos presentes en el biol. Las dosis de los

activadores se determinaron de los resultados de los análisis realizados en laboratorios Agrodiagnostic, Ecuador el 24 de noviembre de 2008 (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Contenido de microorganismos en el biol activado con Urea y Seaweed Extract.

| T2        | Hora                     |                         |                          |
|-----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|           | 0                        | 12                      | 24                       |
| Bacterias | $40 \times 10^4$ UFC/mL  | $61 \times 10^4$ UFC/mL | $30 \times 10^6$ UFC/mL  |
| Hongos    | $11 \times 10^1$ PROP/mL | $4 \times 10^2$ PROP/mL | $15 \times 10^3$ PROP/mL |
| Levaduras | $12 \times 10^2$ LEV/mL  | $17 \times 10^2$ LEV/mL | $22 \times 10^3$ LEV/mL  |

T2: Biol 100 mL + Urea 1.87g + Seaweed Extract 0.93 mL

UFC=Unidades formadoras de colonias, LEV=Levaduras, PROP=Propágulos de micelio.

Cuadro 4. Contenido de microorganismos en el biol activado con Nitromag y Seaweed Extract.

| T5        | Hora                    |                         |                          |
|-----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
|           | 0                       | 12                      | 24                       |
| Bacterias | $20 \times 10^4$ UFC/mL | $21 \times 10^5$ UFC/mL | $42 \times 10^5$ UFC/mL  |
| Hongos    | $2 \times 10^1$ PROP/mL | $7 \times 10^2$ PROP/mL | $13 \times 10^3$ PROP/mL |
| Levaduras | $2 \times 10^1$ LEV/mL  | $14 \times 10^1$ LEV/mL | $11 \times 10^2$ LEV/mL  |

T5: Biol 100 mL + Nitromag 3.8 g + Seaweed Extract 0.93 mL

UFC=Unidades formadoras de colonias, LEV=Levaduras, PROP=Propágulos de micelio.

La activación se hizo 24 horas antes de realizar las aplicaciones. Las sustancias que se usaron para formar los activadores fueron: Urea, Nitromag, Seaweed Extract y Urfos y su efecto como activador no se probó en análisis de laboratorio (Cuadro 5).

Cuadro 5. Composición de las sustancias usadas para formar los activadores de biol. Latacunga, Ecuador.

| Sustancia       | Composición (%) |                               |                  |      |      |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------|------|
|                 | N               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  |
| Urea            | 46              | 0                             | 0                | 0    | 0    |
| Nitromag        | 27              | 0                             | 0                | 6    | 4    |
| Urfos           | 17              | 44                            | 0                | 0    | 0    |
| Seaweed Extract | 0.38            | 0.20                          | 1.80             | 2.60 | 0.88 |

Cuadro 6. Componentes y dosis de los activadores utilizados para 40 litros de biol activado/ha, en alcachofa. Latacunga, Ecuador.

| Activador | Componentes             | Dosis     |
|-----------|-------------------------|-----------|
| USM       | Urea                    | 1.5 kg/ha |
|           | Seaweed Extract (algas) | 0.5 L/ha  |
|           | Melaza                  | 0.5 L/ha  |
| NSM       | Nitromag                | 3.0 kg/ha |
|           | Seaweed Extract (algas) | 0.5 L/ha  |
|           | Melaza                  | 0.5 L/ha  |
| UrM       | Urfos                   | 2.0 kg/ha |
|           | Melaza                  | 0.5 L/ha  |

USM=Urea+Seaweed Extract+Melaza; NSM=Nitromag+Seaweed Extract+Melaza; UrM=Urfos+Melaza.

## 2.5 SILICIO

Se utilizó ortosilicato de potasio como fuente de silicio para las aplicaciones foliares y al suelo a razón de 4 L/ha por aplicación.

## 2.6 APLICACIONES

Para las aplicaciones en drench (chorro de líquido al suelo) de biol activado y silicio se utilizó una bomba de mochila manual de 20 L. La dosis de 40 L de biol activado fue diluido para un volumen final de 1000 L/ha.

Para las aplicaciones foliares de biol se utilizó una bomba de motor nebulizadora de ultra bajo volumen (ULV) de 15 L, un tamiz para colar el biol y se añadió adherente para mejorar la cobertura y adherencia del producto.

Para las aplicaciones foliares de silicio se utilizó una bomba de mochila manual de 20 L debido a que el silicio debe ser aplicado con grandes cantidades de agua dirigido al haz de las hojas.

Las aplicaciones foliares y al suelo se hicieron cada dos semanas hasta el final del primer ciclo de producción. Se realizaron cuatro aplicaciones para el cultivo 1; 16 aplicaciones para el cultivo 2 y 18 aplicaciones para el cultivo 3.

## 2.7 TOMA DE DATOS

La toma de datos se realizó semanalmente durante la cosecha y dependiendo del cultivo: 8 semanas en el cultivo 1; 22 semanas en el cultivo 2; y 16 semanas en el cultivo 3. Por falta

de tiempo en el cultivo 3 la toma de datos y las aplicaciones se terminaron antes de que culminara su primer ciclo de producción.

## **2.8 VARIABLES MEDIDAS**

### **2.8.1 Variables de producción**

- Número de inflorescencias (capítulos): se midió el número total de capítulos por planta/tratamiento durante el primer ciclo.
- Peso promedio/capítulo/planta/semana: se tomó el peso total de capítulos con una balanza casera en gramos.
- Producción (kg/ha/ciclo): sobre la base de la cosecha de la planta asignada de acuerdo a la densidad de siembra, fue calculada la producción/hectárea/ciclo de cada tratamiento.

### **2.8.2 Variables de calidad**

- Ombligo: porcentaje de capítulos cosechados con ombligo (apertura en la punta de la flor en forma de ombligo o cráter), que es un aspecto no deseable.
- Compactación de capítulo: se tomaron en cuenta tres grados de compactación en una escala 1 a 3, siendo: 3 (compacto). Al apretar con los dedos las brácteas están muy firmes y compactas. 2 (compacto medio). Al apretar con los dedos las brácteas están medianamente firmes y poco compactas y 1 (flojo). Al apretar con los dedos las brácteas están muy sueltas y nada compactas. Se realizó la medición al momento de la cosecha y con base en la apreciación sensorial de la persona que mide calidad; la calificación 3 es la más deseada en aspectos de calidad.

## **2.9 TRATAMIENTOS**

Los tratamientos consistieron en la aplicación de biol con diferentes activadores, silicio y la combinación de biol activado y silicio. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tratamientos.

| Tratamiento |            | Aplicación | Dosis (L/ha) |
|-------------|------------|------------|--------------|
| BA1         | Biol + USM | Foliar     | 42.5         |
| BA2         | Biol + NSM | Foliar     | 44.0         |
| BA3         | Biol + UrM | Suelo      | 42.5         |
| BA1S1       | Biol+USM   | Foliar     | 42.5         |
|             | Silicio    | Foliar     | 2.0          |
|             | Silicio    | Suelo      | 2.0          |
| BA2S2       | Biol+NSM   | Foliar     | 44.0         |
|             | Silicio    | Foliar     | 2.0          |
|             | Silicio    | Suelo      | 2.0          |
| BA3S3       | Biol+USM   | Foliar     | 42.5         |
|             | Biol+NSM   | Foliar     | 44.0         |
|             | Biol+UrM   | Suelo      | 42.5         |
|             | Silicio    | Foliar     | 2.0          |
|             | Silicio    | Suelo      | 2.0          |
| S1          | Silicio    | Foliar     | 4.0          |
| S2          | Silicio    | Suelo      | 4.0          |
| S3          | Silicio    | Foliar     | 2.0          |
|             | Silicio    | Suelo      | 2.0          |
| T           | Testigo    | s/a        | s/a          |

Aplicaciones cada dos semanas hasta el final del primer ciclo de producción.

s/a=sin aplicación.

USM=Urea+Seaweed Extract+Melaza.

NSM=Nitromag+Seaweed Extract+Melaza.

UrM=Urfos+Melaza.

## 2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño fue en bloques completos al azar con diez tratamientos y tres repeticiones, utilizando 16 unidades experimentales en el cultivo 1 (con aplicaciones desde 32 semanas después de trasplante), 11 unidades experimentales en el cultivo 2 (con aplicaciones desde 14 SDT) y 8 unidades experimentales en el cultivo 3 (con aplicaciones desde 8 SDT).

## **2.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) 9.1<sup>®</sup>. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el procedimiento de GLM y separación de medias entre tratamientos con la prueba de LSD con una probabilidad  $P \leq 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 NÚMERO DE CAPÍTULOS COSECHADOS/PLANTA

En los cultivos 1 y 3 hubo diferencia entre los tratamientos, el testigo presentó valores similares y mejores que la mayoría de tratamientos. En el cultivo 2 no hubo efecto de los tratamientos. En los tratamientos con silicio y biol activado BA1, BA3, BA1S1, S1, S2 y S3 se observó un efecto negativo, reduciendo el número de capítulos producidos a medida se realizaron más aplicaciones. Esto se puede atribuir a que el silicio en el suelo tiende a mejorar la disponibilidad de fósforo y calcio en el suelo y a su vez a aumentar los niveles en las hojas (Caicedo y Chavarriaga 2007) por lo que se sugiere un nivel de intoxicación en la planta, debido probablemente a una aplicación excesiva de silicio foliar.

Cuadro 8. Número de capítulos cosechados por planta en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.), Latacunga, Ecuador.

| Tratamiento | Tipo de aplicación | Cosechados/planta |           |           |
|-------------|--------------------|-------------------|-----------|-----------|
|             |                    | Cultivo 1         | Cultivo 2 | Cultivo 3 |
| BA1         | Foliar             | 8.6 bc†           | 8.7 ns    | 6.3 bc    |
| BA2         | Foliar             | 9.6 abc           | 5.5       | 7.0 abc   |
| BA3         | Suelo              | 12.1 a            | 6.6       | 4.9 dc    |
| BA1S1       | Foliar y Suelo     | 7.6 c             | 6.6       | 6.6 bc    |
| BA2S2       | Foliar y Suelo     | 10.3 abc          | 7.8       | 7.4 ab    |
| BA3S3       | Foliar y Suelo     | 11.4 ab           | 6.0       | 5.9 bcd   |
| S1          | Foliar             | 7.3 c             | 7.3       | 6.8 bc    |
| S2          | Suelo              | 10.2 abc          | 9.5       | 3.8 d     |
| S3          | Foliar y Suelo     | 8.3 bc            | 7.3       | 6.0 bcd   |
| T           | s/a                | 12.1 a            | 8.0       | 9.3 a     |

† Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de  $P \leq 0.05$ .

ns=no significativo; s/a=sin aplicación.

#### 3.2 PESO DEL CAPÍTULO

En los cultivos 1 y 3 no se presentaron diferencias significativas. En el cultivo 2 los tratamientos BA2, BA3, BA1S1 y S1 presentaron el peso por capítulo más bajo. El testigo se mantuvo sobre los tratamientos con biol activado, silicio y la combinación de estos dos, sin ningún comportamiento lógico que permita determinar las causas exactas de estos efectos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Peso por capítulo cosechado (g) en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.), Latacunga, Ecuador.

| Tratamiento | Tipo de aplicación | Peso (g/capítulo) |           |           |
|-------------|--------------------|-------------------|-----------|-----------|
|             |                    | Cultivo 1         | Cultivo 2 | Cultivo 3 |
| BA1         | Foliar             | 72.9 ns           | 75.5 ab†  | 59.5 ns   |
| BA2         | Foliar             | 64.0              | 58.4 c    | 57.9      |
| BA3         | Suelo              | 71.6              | 56.5 c    | 61.7      |
| BA1S1       | Foliar y Suelo     | 71.9              | 77.9 a    | 52.1      |
| BA2S2       | Foliar y Suelo     | 62.3              | 78.0 a    | 57.7      |
| BA3S3       | Foliar y Suelo     | 72.4              | 63.2 bc   | 54.9      |
| S1          | Foliar             | 65.3              | 59.3 c    | 51.6      |
| S2          | Suelo              | 67.4              | 75.5 ab   | 52.8      |
| S3          | Foliar y Suelo     | 64.5              | 76.3 ab   | 57.2      |
| T           | s/a                | 64.7              | 74.2 ab   | 61.4      |

† Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de  $P \leq 0.05$ .

ns=no significativo; s/a=sin aplicación.

### 3.3 PRODUCCIÓN

En producción no se observó un efecto positivo de los tratamientos. El testigo fue igual o mejor que los demás tratamientos. Los tratamientos BA1S1 y S1 tuvieron un efecto negativo en la producción, reduciendo la producción a medida el número de aplicaciones aumentó, como se mencionó previamente debido a una posible intoxicación de las plantas aplicadas con silicio y a que el silicio aplicado al follaje puede tener un efecto negativo (Epstein 1999).

Cuadro 10. Producción (kg/ha) en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.), Latacunga, Ecuador.

| Tratamiento | Tipo de aplicación | Producción (kg/ha) |           |           |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
|             |                    | Cultivo 1          | Cultivo 2 | Cultivo 3 |
| BA1         | Foliar             | 6370 abcd†         | 6633 ab   | 3831 bc   |
| BA2         | Foliar             | 6353 abcd          | 3330 e    | 4081 abc  |
| BA3         | Suelo              | 8601 a             | 3667 de   | 2753 cd   |
| BA1S1       | Foliar y Suelo     | 5606 cd            | 5146 bcde | 3609 bcd  |
| BA2S2       | Foliar y Suelo     | 6294 bcd           | 6242 abc  | 4380 ab   |
| BA3S3       | Foliar y Suelo     | 8319 ab            | 3841 de   | 3148 bcd  |
| S1          | Foliar             | 4810 d             | 4237 cde  | 3471 bcd  |
| S2          | Suelo              | 6903 abcd          | 7295 a    | 2005 d    |
| S3          | Foliar y Suelo     | 5380 d             | 5579 abcd | 3450 bcd  |
| T           | s/a                | 7843 abc           | 5994 abc  | 5612 a    |

† Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de  $P \leq 0.05$ .

s/a=sin aplicación.

### 3.4 PORCENTAJE DE OMBLIGO

En porcentaje de ombligo no se observó efecto de los tratamientos en ninguno de los cultivos.

Cuadro 11. Porcentaje de ombligo por planta en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.), Latacunga, Ecuador.

| Tratamiento | Tipo de aplicación | Porcentaje de ombligo/planta |           |           |
|-------------|--------------------|------------------------------|-----------|-----------|
|             |                    | Cultivo 1                    | Cultivo 2 | Cultivo 3 |
| BA1         | Foliar             | 48.2 ns                      | 27,7 ns   | 45.8 ns   |
| BA2         | Foliar             | 50.8                         | 41.4      | 37.3      |
| BA3         | Suelo              | 47.1                         | 45.1      | 42.1      |
| BA1S1       | Foliar y Suelo     | 57.7                         | 27.1      | 30.3      |
| BA2S2       | Foliar y Suelo     | 65.2                         | 30.1      | 28.4      |
| BA3S3       | Foliar y Suelo     | 59.9                         | 21.6      | 46.9      |
| S1          | Foliar             | 35.7                         | 23.5      | 26.1      |
| S2          | Suelo              | 61.7                         | 30.5      | 47.6      |
| S3          | Foliar y Suelo     | 52.8                         | 19.4      | 62.9      |
| T           | s/a                | 62.5                         | 16.1      | 28.9      |

ns=no significativo; s/a=sin aplicación.

### 3.5 GRADO DE COMPACTACIÓN

El cultivo 2 no fue afectado por los tratamientos. En los cultivos 1 y 3 se observó un efecto positivo, mejorando el grado de compactación en los tratamientos BA1, BA3 y BA1S1 en el cultivo 1 y BA2 y BA2S2 en el cultivo 3. El tratamiento S1 siempre causó un efecto negativo sobre los cultivos 1 y 3. El silicio S1 no manifiesta efectos positivos ya que es absorbido por la planta a través de las raíces (Epstein 1999) y su aplicación foliar resulta en un efecto negativo para la compactación de capítulos.

Cuadro 12. Grado de compactación (1=flojo, 2=medio y 3=compacto) en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.), Latacunga, Ecuador.

| Tratamiento | Tipo de aplicación | Grado de compactación |           |           |
|-------------|--------------------|-----------------------|-----------|-----------|
|             |                    | Cultivo 1             | Cultivo 2 | Cultivo 3 |
| BA1         | Foliar             | 2.5 a†                | 2.4 ns    | 2.4 ab    |
| BA2         | Foliar             | 1.8 de                | 2.3       | 2.8 a     |
| BA3         | Suelo              | 2.3 ab                | 2.6       | 2.5 ab    |
| BA1S1       | Foliar y Suelo     | 2.3 ab                | 2.3       | 2.6 ab    |
| BA2S2       | Foliar y Suelo     | 1.7 e                 | 2.5       | 2.6 a     |
| BA3S3       | Foliar y Suelo     | 2.2 bc                | 2.4       | 2.4 ab    |
| S1          | Foliar             | 2.2 bc                | 2.4       | 1.8 c     |
| S2          | Suelo              | 2.1 bcd               | 2.2       | 2.5 ab    |
| S3          | Foliar y Suelo     | 1.8 de                | 2.5       | 2.4 ab    |
| T           | s/a                | 2.0 cde               | 2.2       | 2.2 b     |

† Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de  $P \leq 0.05$ .

ns=no significativo; s/a=sin aplicación.

La aplicación de biol activado, silicio y la combinación de estos, no produjo resultados favorables para el cultivo, probablemente debido a la alta variabilidad de la composición del biol, ya que las materias primas que se utilizan para su elaboración son de contenido variable y no se determinó el contenido de las mismas. El silicio aplicado al follaje no tuvo efectos positivos sobre los cultivos limitando en algunos casos el desarrollo normal de las plantas, cuyo efecto sea causa de la dosis de aplicación (muy baja o muy alta).

## 4. CONCLUSIONES

- La aplicación de biol activado y/o silicio no produjo efectos positivos sobre los parámetros de calidad: porcentaje de ombligo y compactación en el cultivo de alcachofa.
- La aplicación de biol activado con tres activadores y con silicio muestra una tendencia al mejoramiento de la compactación sin un comportamiento regular.
- La aplicación de biol activado, silicio y sus combinaciones redujo el número de capítulos cosechados por planta.
- El silicio aplicado al suelo mostró mejores pesos por capítulo en contraste al silicio aplicado al follaje para uno de los cultivos, pero que siempre tuvo un efecto negativo en las demás variables.
- A medida que se hicieron más aplicaciones el efecto negativo fue más evidente.
- El silicio aplicado foliarmente manifiesta efecto negativo.
- La aplicación de biol activado foliarmente puede mejorar la compactación de capítulos de alcachofa.

## 5. RECOMENDACIONES

- No realizar aplicaciones de silicio o silicio combinado con biol activado en aplicaciones foliares para el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.).
- Realizar una réplica del estudio utilizando un diseño que permita realizar análisis de tipo factorial, con tratamientos sencillos (sin combinación) para medir el efecto real del silicio y biol activado.
- Evaluar la composición del biol, previo a su utilización.
- Evaluar la frecuencia de aplicación de biol y silicio para determinar niveles de toxicidad.
- Realizar la siembra en una misma fecha para evitar desuniformidad en el cultivo.
- No aplicar silicio foliar o bajar la dosis y evaluar sus efectos.

## 6. LITERATURA CITADA

Burneo, J. 2008. Procedimiento para preparación y aplicación del Biol en cultivos de legumbres y varios. Documento informativo. Jefe de Investigación y Desarrollo – Pronaca. Quito, Ecuador.

Caicedo, L. y W. Chavarriaga. 2007. Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad colombia (en línea). Consultado 24 Oct 2009. Disponible en:  
[http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/agronomia15\(1\)\\_2.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/agronomia15(1)_2.pdf)

Córdova Castro, F.F. y R.F. Solano Chávez. 2006. Evaluación de la eficacia de tres biorreguladores en cuatro épocas de aplicación en el cultivo de alcachofa en dos localidades. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. 121 p.

Epstein, E. 1999. Silicon. Department of Land, Air and Water Resources-Soils and Biogeochemistry, University of California. 24 p.

Medina, A. 1990. El Biol: fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola. Cochabamba, Bolivia. 79 p.

Medina, A. 1992. El Biol y Biosol en la Agricultura. Cochabamba, Bolivia. 47 p.

Ruales Piedra, R.P y J.F. Ruíz Molina. 2006. Necesidades nutricionales de la Alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en suelos franco arcillosos en la provincia de Imbabura. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. 127 p.

SIAMAG, 2009. El Biol (en línea) Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Consultado 18 May 2009. Disponible en:  
<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/organicos/biol.htm>

Tisdale, S. y W. Nelson. 1993. Soil fertility and fertilizers. Silicon. Quinta edición., NY, US. Macmillan Coll Div. 648 p.

## 7. ANEXOS



Anexo 1. Cultivo de alcahofa 8 SDT (Cultivo 3).



Anexo 2. Cultivo de alcahofa 14 SDT (Cultivo 2).



Anexo 3. Cultivo de alcachofa 32 SDT (Cultivo 1).



Anexo 4. Inflorescencia inmadura (capítulo) de alcachofa.