

Estudio comparativo de un fertilizante algal, a partir de la especie *Caulerpa sertularoides* respecto a un fertilizante químico y orgánico comercial, en un cultivo de *Coriandrum sativum*

Study of the efficiency of an algal fertilizer from *Caulerpa sertularoides* species compared to a commercial chemical and natural fertilizer, using a culture of *Coriandrum sativum*

Sindy Sandoval

charmend_16@hotmail.com

Tulio Villorín

tuliovillorinsimosa@gmail.com

Margarita González

mcmachinve@hotmail.com

Universidad Pedagógica Experimental Libertador –
Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela

Artículo recibido en junio 2016 y publicado en enero 2017

RESUMEN

*En el presente trabajo se estudió la eficacia de un fertilizante algal a base de la especie *Caulerpa sertularoides*, con respecto a cultivos tratados con fertilizantes químicos y orgánicos comerciales para el desarrollo de siembra de *Coriandrum sativum* (cilantro). La investigación corresponde a un trabajo de campo con un diseño experimental con grupo control. Se realizaron cuatro cultivos: uno como grupo control, el segundo con el fertilizante algal, el tercero con el fertilizante químico comercial y el cuarto con el fertilizante orgánico comercial. Para comprobar la eficacia de cada fertilizante se realizaron las medidas del número de tallos y su altura y del número de hojas. Los resultados obtenidos indicaron una mayor cantidad de tallos en el cultivo algal y un mayor tamaño de hojas con fertilizante químico. Finalmente, se realizó un análisis cualitativo al fertilizante algal, para establecer la presencia de metales pesados, resultando positivo para mercurio y arsénico.*

Palabras clave: Cultivos; fertilizantes; *Caulerpa sertularoide*; *Coriandrum sativum*

ABSTRACT

*In this paper the effectiveness of a fertilizer based algal species *Caulerpa sertularoides* with respect to commercial crops treated with chemical and organic fertilizers for the development of planting coriander (cilantro) was studied. The research corresponds to a field with an experimental design with control group: one control group, the second with the algal fertilizer, the third commercial chemical fertilizer and the fourth with commercial organic fertilizer, four cultures were performed. To test the efficacy of each fertilizer measures the number of stems and their height and leaf number were made. The results indicated a greater amount of algal culture stems and leaves larger than with chemical fertilizer. The algal fertilizer qualitative analysis was performed to establish the presence of heavy metals, resulting positive for mercury and arsenic.*

Key words: crops; fertilizers; *Caulerpa sertularoide*; *Coriandrum sativum*

INTRODUCCIÓN

El *Coriandrum sativum* conocido popularmente como cilantro, es una de las especies de mayor implicaciones económicas, ya que es un cultivo con un rendimiento y de buen precio a nivel internacional.

El aumento de la productividad del cilantro (tanto en hojas como de semillas), es mayor cuando se utilizan fertilizantes. En tal sentido, conocer el fertilizante adecuado para trabajar el cultivo del cilantro, ayudaría a la obtención de buenas cosechas del mismo. En Venezuela existen pocos estudios relacionados con la búsqueda de los fertilizantes más apropiados, que se puedan utilizar para el cultivo de esta planta, sin ocasionar daños secundarios y que proporcione la optimización del rendimiento del cultivo y su calidad.

Es importante señalar que los fertilizantes químicos comerciales son los más utilizados a nivel de agricultura por su efectividad, en cuanto al rápido crecimiento de las plantas, sin embargo, éstos generan consecuencias secundarias, debido a la saturación del suelo y su impacto ambiental.

Dada la importancia actual de buscar soluciones que impacten, en la menor medida posible al ambiente, la presente investigación estudió el

uso de un alga como fertilizante, siendo ésta una forma innovadora de abordar la producción de fertilizantes naturales que permita optimizar el cultivo del cilantro.

Las algas son plantas marinas que poseen cantidades significativas de macronutrientes en su estructura, tales como: carbohidratos, fosfatos y compuestos nitrogenados; los cuales son la principal fuente de alimento de las plantas, además es una excelente alternativa en términos de sustentabilidad, por el bajo impacto ambiental y por su regulado aporte de nutrientes debido a su descomposición. En consideración, ésta puede ser una alternativa positiva para mejorar, de forma masiva, la producción agrícola (Menéndez, 2004).

De acuerdo con lo anterior, se realizó un estudio comparativo de la eficiencia de un fertilizante algal, a partir de la especie *Caulerpa Sertularoides*, con respecto a un fertilizante químico comercial y a un fertilizante orgánico comercial, para el cultivo de *Coriandrum sativum* (cilantro).

Además de un análisis cualitativo de metales al fertilizante algal, ya que los demás fertilizantes a emplear son certificados.

MÉTODO

De acuerdo con el Manual de trabajo de grado de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2008), el tipo de investigación es de campo y el diseño es experimental, pues los objetivos de estudio van orientados a evaluar los cambios de una variable (independiente) y estimar su influencia en otras variables de respuesta (dependiente).

Los datos se recolectaron de forma directa de la realidad, seleccionando el alga para fertilizante y la planta a cultivar, además, se tuvo un grupo control, que permitió comparar y a su vez obtener resultados más acertados.

Población y muestra

Con relación a la especie *Coriandrum sativum*, la población estuvo constituida por las semillas de la misma disponibles en la ciudad de Caracas y la muestra fue seleccionada a través de un muestreo no probabilístico de tipo intencional, tomando en cuenta que las semillas fuesen certificadas. De esta forma, se trabajó con las semillas correspondientes al lote N° D14691U, con 95% de pureza, de la marca "Votre Jardín" (ver figura 1).



Figura 1. Semillas certificadas de *Coriandrum sativum* utilizadas para los cultivos.

En cuanto a la especie *Caulerpa sertularoides*, la población corresponde a las algas presente en la playa del Balneario Camurichico, de La Guaira, estado Vargas. Para la selección de la muestra, primero se procedió a la identificación del alga con la ayuda de un experto, quien aplicó los protocolos taxonómicos necesarios con apoyo en lo descrito por Howe (2001).

Para los fertilizantes químicos y orgánicos comerciales la población estuvo conformada por la variedad de fertilizantes existentes en el mercado en la ciudad de Caracas y la muestra fue seleccionada a través de un muestreo no probabilístico de tipo intencional, tomando en cuenta que fuesen certificados, siendo los fertilizantes seleccionados: el fertilizante químico "A" y el fertilizante orgánico "B".

Etapas de la investigación

La investigación se dividió en dos etapas: a) la etapa previa, consistió en la identificación, recolección y el tratamiento del alga para convertirla

en fertilizante, además de realizar un análisis cualitativo de metales por la técnica de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total (TXRF); b) La etapa experimental donde se desarrolló el cultivo, desde la siembra, el crecimiento, hasta la culminación del mismo, con la aplicación de los fertilizantes en estudio. En el cuadro 1, se resumen las variables del estudio de cada una de las etapas de la investigación.

Cuadro 1. Variables de la investigación en cada una etapa del estudio.

Variables				
Fases	Dependiente	Independiente	Controlada	Interviniente
Etapa previa			*Especie <i>Caulerpa sertularoides</i> *Período y zona de recolección del alga.	Condiciones acuíferas (contaminación ambiental) del alga antes de su recolección. Condiciones del suelo.
Etapa Experimental	Crecimiento de la planta <i>Coriandrum sativum</i> . El tiempo de desarrollo de la planta.	Fertilizantes empleados en los cultivos (algal, químico comercial y orgánico comercial).	Frecuencia de riego. Cantidad de fertilizante adicionado al cultivo. Tiempo de cultivo	

*Se aplicaron los estudios taxonómicos requeridos para la identificación del alga con ayuda de un experto y el adecuado proceso de recolección.

Etapa previa

Recolección del alga *Caulerpa sertularoides*

Tal como se indicó, el alga fue recolectada en la playa del balneario Camurichico, ubicado en La Guaira, ésta recolección se realizó durante el período de surgencia (julio-septiembre 2013). Una vez identificada el alga, se procedió a la recolección, tomando aproximadamente 15 g de algas de las rocas del malecón, se guardaron en bolsas herméticas almacenadas en una cava con hielo, para ser trasladadas hasta el laboratorio.

Tratamiento del alga *Caulerpa Sertularoides*

Una vez en el laboratorio, se lavó con abundante agua desionizada la especie colectada, esto con el fin de eliminar todo organismo diferente al que se pretende estudiar. El proceso se llevó a cabo varias veces para garantizar un mejor lavado. Seguidamente, se secó el alga en una estufa a temperatura de 110 °C hasta que se deshidrató por completo la muestra. Posteriormente, se maceró utilizando una pequeña cantidad de acetona para evitar pérdida de la muestra, ya que, este solvente, no interviene con la composición química de la planta, debido en parte a que se volatiliza rápidamente. En este punto, el alga ya se encuentra lista para su incorporación en los diferentes cultivos como fertilizante.

Análisis cualitativo de metales

Una vez tratada el alga para transformarlo en un fertilizante para su posterior uso, se sometió a un análisis por la técnica experimental de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total (TXRF); se tomó 0.1 g del alga tratada y se introdujo en el equipo.

Etapas Experimentales

Desarrollo de los cultivos

Los cultivos se realizaron en la parroquia El Junquito, municipio Libertador del Distrito Capital. Para la preparación de los mismos, en primer lugar se adicionó la misma cantidad de abono (7 kg) certificado en cada uno de los cuatro maceteros donde se realizó la siembra de los cultivos de *Coriandrum sativum*, el cual, permitió verificar las cantidades en porcentaje que se adicionaban de nutrientes, sin tomar en cuenta los diferentes fertilizantes a emplear, lográndose con esto, minimizar la variación de nutrientes por parte de factores diferentes a los fertilizantes. Luego de preparar cada uno de los maceteros con abono, a los maceteros 1, 2 y 3 se le agregaron 20 g.m² de fertilizante algal, orgánico y químico respectivamente (ver figura 2), es importante señalar que el cuarto macetero fue el grupo control del experimento.

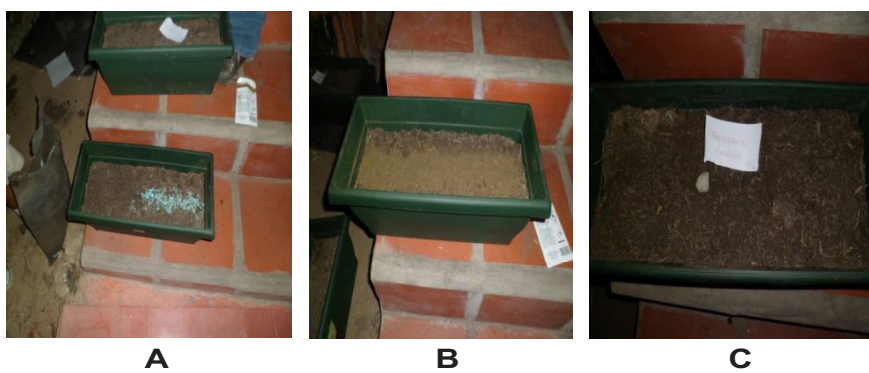


Figura 2. Adición de fertilizante a maceteros. A) macetero con fertilizante químico. B) Fertilizante algal. C) fertilizante orgánico.

Se agregó el fertilizante en la mitad de los maceteros, puesto que no se puede colocar en contacto directo con la semilla, ya que pueden causar efectos secundarios en términos de fitotoxicidad, lo cual hace que la semilla no germine ya que está en exceso el fertilizante y los nutrientes cambian bruscamente el pH y la salinidad del suelo (Canales, 1999).

En cuanto a los cultivos la Cámara de Sanidad, Agropecuaria y Fertilizantes (2006) recomienda incorporar el fertilizante sólido al suelo en partículas muy pequeñas para que los nutrientes que va a aportar se integren al mismo con mayor rapidez y efectividad.

Se plantaron cinco semillas de *Coriandrum sativum* por triplicado en cada una de los maceteros, abriendo un agujero de 1cm de profundidad con el fin de evitar obstrucciones en el crecimiento de la planta, agregando las cinco semillas en cada agujero y tapando cuidadosamente; con una separación entre los agujeros de 12 cm, para prevenir inconveniente con el crecimiento de las raíces entre los triplicados. Seguidamente se añadieron 500 mL de agua a cada macetero para garantizar el desarrollo del primer ciclo de la planta, el cual consiste en la germinación de la semilla. Los cuatro cultivos se colocaron dentro de un invernadero, realizado con una malla de polietileno de 60 % que garantiza en gran medida que ningún insecto o roedor pudiera interferir en el desarrollo de los cultivos (ver figura 3).

La malla también presenta beneficios en otros aspectos, debido a que permite generar una temperatura cálida, así como evitar la incidencia directa de los rayos UV en los cultivos, lo cual minimiza la deshidratación brusca del suelo (Hernández, 2003).



Figura 3. Invernadero creado para el desarrollo de los cuatro cultivos de la investigación.

Posterior a la siembra, se agregaron 250 mL de agua diariamente a cada macetero durante 9 días para garantizar la humedad necesaria del suelo y la planta. Cabe destacar que desde la siembra de las semillas hasta su germinación, corresponde al primer ciclo del cultivo.

Al comenzar el ciclo dos, se cambió la cantidad de agua de riego, utilizándose 200 mL de ésta durante los próximos 18 días. Las plantas se encontraban en la fase de desarrollo, en la cual crece su tallo con mayor rapidez.

Durante el ciclo tres se disminuyó la cantidad de agua, empleándose 150 mL durante los últimos 7 días para garantizar la mayor eficacia de transporte de nutrientes de los fertilizantes a los cultivos. Esta etapa se culminó con las medidas de altura de tallos, el tamaño y número de hojas por sistema.

RESULTADOS

Etapa Previa

Recolección de *Caulerpa sertularoides*

Aplicando el protocolo respectivo, las algas de la especie *Caulerpa sertularoides* recolectadas (ver figura 4) corresponden a un color verde, encontrándose ancladas con rizoides a la superficie del suelo, con aspecto de ramas o plumas alargadas y cuya altura se encontraban entre 3 y 5 cm.



Figura 4. *Caulerpa sertularoides*. Tomado de <http://www.wetwebmedia.com.ar> [Consulta: 2013, Junio 10].

Cabe destacar, que la recolección se realizó durante el período de surgencia, conocido como un fenómeno oceanográfico que consiste en el movimiento vertical de las masas de agua, de niveles profundos hacia la superficie, siendo la surgencia costera la más conocida y la más relacionada con las actividades humanas, ya que da origen a las zonas pesqueras más productivas. Las aguas profundas, son ricas en nutrientes que incluyen nitrato y fosfato, productos de la descomposición de la materia orgánica hundida desde las aguas superficiales (Fuenteseca y otros, 1993).

Cuando la materia orgánica es traída a la superficie, estos nutrientes son utilizados mayormente por los vegetales que allí se desarrollan, es por ello, que en estos periodos, se encuentra proliferación de algas en las zonas costeras, aumentando el tamaño y la cantidad de especies en estos ecosistemas.

Análisis cualitativo de metales

El análisis con la técnica de (TXRF) se llevó a cabo con el alga digerida, la figura 5 representa el gráfico del espectro que muestra los metales presentes en el alga.

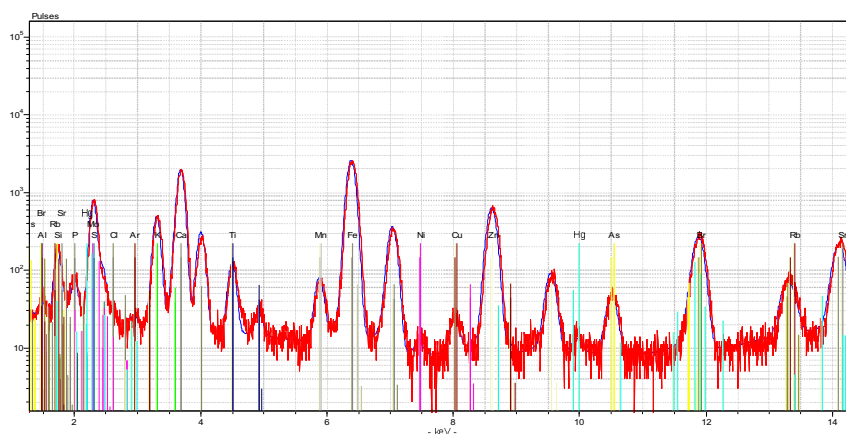


Figura 5. Espectro TXRF de una muestra del fertilizante alga *Caulerpa sertularoides*.

Tal como se evidencia en el espectro, la *Caulerpa sertularoides*, contiene muchos metales en su composición, importantes para cumplir con la función de fertilizante, sin embargo se detecta la presencia de Arsénico y Mercurio, metales que se conocen por su toxicidad en diferentes medios biológicos. En el mismo sentido, Fernández (2008) argumenta que las algas son plantas micorrizadas por presentar mayor tolerancia a los metales pesados, debido a que los hongos logran inmovilizar estos metales en las raíces, además también se da el fenómeno de quelación en su pared celular de los exudados de dichos hongos, esto último da pie al intercambio catiónico entre la planta y el hongo. El mismo autor asegura que es necesario tener en cuenta la interacción de los metales pesados con el entorno e interior de la planta. Por cuanto los aspecto de tolerancia y detoxificación son el punto principal para esta explicación. En primer lugar, es necesario mencionar la rizosfera y las micorrizas, siendo esta la interfase de un milímetro entre el suelo, la raíz de la planta y los hongos que se encuentran asociados con las raíces. Estas últimas, presentan una

interacción directa con las hifas de determinados hongos, allí se da la simbiosis, ya que la planta obtiene del hongo lo que él posee gracias al suelo y al mismo tiempo el hongo obtiene parte de lo que viene del aire, de esta manera la planta recibe algunos nutrientes, minerales y agua del suelo. (Ver figura 6)

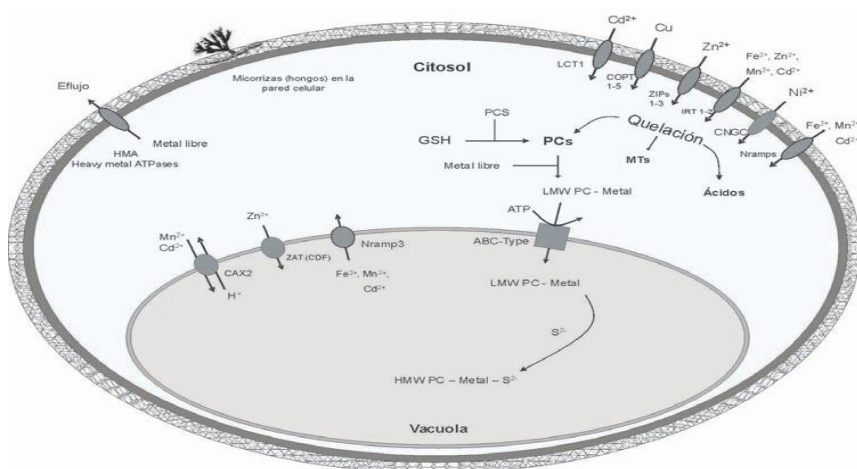


Figura 6. Mecanismos de tolerancia y detoxificación de metales pesados en plantas. Tomado de Vullo (2003).

Por su parte, la absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimenticia. La absorción y posteriormente acumulación dependen del movimiento de los metales desde la solución del suelo a la raíz de la planta, el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, el transporte de los metales pesados desde las células corticales al xilema desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos y la posible movilización de los metales desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimentos (semillas, tubérculos y frutos) por el floema, quedando disponibles para el consumo humano (Ballesteros, 2011). Este aspecto de la investigación es de gran relevancia ya que, se recomienda en estudios posteriores verificar la transferencia de los metales pesados presentes en el alga a la planta que se cultiva, a fin de establecer parámetros de seguridad alimentaria con respecto a los

niveles máximos permisibles en los cultivos para consumo humano, y así, tener una visión más general de la eficacia del alga como fertilizante.

Etapa Experimental

Desarrollo de los cultivos

En el octavo día se observó que los cultivos comenzaron a germinar, en los cuatro maceteros y en los triplicados. En el caso del cultivo con el fertilizante orgánico, se evidenció que entre los triplicados había existencia de 17 tallos que contemplaban tamaños entre 1 y 3,6 cm de alto, siendo este el cultivo con mayor cantidad de tallos para ese momento. El cultivo que contenía el fertilizante algal presentó entre los triplicados 16 tallos que poseían una altura entre 1 y 4,6 cm de altura, para el cultivo con el fertilizante químico germinaron 13 tallos con una altura promedio de 0,4 a 3,8 cm y para el grupo control germinaron 13 tallos con una altura promedio de 1 a 4,5 cm respectivamente (ver cuadro 2).

Cabe destacar que hubo lluvia progresiva durante esta etapa del cultivo, lo cual fue favorable, debido a que el *Coriandrum sativum* es una planta que amerita estar en un clima húmedo para un óptimo desarrollo. Los resultados arriba planteados, indican que para el primer ciclo de la experimentación el cultivo más favorecido es el que fue tratado con el fertilizante orgánico, ya que presenta mayor cantidad de tallos. En cambio con relación a la altura de los tallos el cultivo más favorecido fue el que presentaba el fertilizante algal (ver figura 7).



Figura 7. Tamaño de los tallos en los cultivos de *Coriandrum sativum*. A) cultivo con fertilizante orgánico. B) cultivo con fertilizante algal. C) cultivo con fertilizante químico. D) cultivo grupo control.

Cuadro 2. Determinación de las características físicas de los cultivos.

Cultivos con diferentes fertilizantes	Ciclo			Tamaño del tallo (cm)			Tamaño de las hojas (mm)			Cantidad de hojas			
	Semana	1	2	3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Grupo Control	1	X			1,2 a 4,5	2,1 a 2,4	1,0 a 3,8						
	2		X		4,5 a 7,9	3,6 a 7,0	3,9 a 7,3						
	3		X		5,3 a 8,5	4,4 a 7,3	4,8 a 8,0	3,0 a 4,0	3,0 a 5,0	2,0 a 3,0	8	7	7
	4			X	6,1 a 9,0	5,7 a 8,2	5,6 a 8,9	2,0 a 4,0	2,0 a 6,0	2,0 a 5,0	10	11	10
Algal	1	X			1,0 a 3,3	0,8 a 1,9	1,2 a 4,6						
	2		X		6,0 a 10,0	5,0 a 9,2	7,0 a 8,1						
	3		X		7,3 a 11,2	6,7 a 10,4	8,5 a 9,0	2,0 a 5,0	2,0 a 5,0	3,0 a 5,0	10	11	6
	4			X	8,6 a 12,1	7,8 a 11,2	9,4 a 9,9	2,0 a 6,0	2,0 a 6,0	3,0 a 6,0	19	16	10
Orgánico	1	X			2,0 a 3,6	1 a 3,5	2,9 a 3,3						
	2		X		5,8 a 9,0	4,0 a 8,0	5,0 a 9,0						
	3		X		7,4 a 10,1	5,3 a 8,6	6,2 a 9,8	3,0 a 4,0	3,0 a 4,0	3,0 a 5,0	10	7	4
	4			X	8,0 a 10,9	6,4 a 9,4	7,6 a 10,7	3,0 a 5,0	3,0 a 6,0	2,0 a 6,0	17	10	8
Químico	1	X			1,5 a 2,5	0,6 a 1,5	0,4 a 3,8						
	2		X		3,0 a 7,5	4,0 a 6,0	5,0 a 8,0						
	3		X		4,7 a 8,3	5,3 a 6,8	5,4 a 8,9	4,0 a 6,0	4,0 a 6,0	4,0 a 6,0	7	2	6
	4			X	5,8 a 9,6	7,2 a 8,0	6,7 a 9,6	5,0 a 9,0	5,0 a 7,0	5,0 a 8,0	19	6	14

T= Triplicado

En el ciclo dos, las plantas se encontraban en la fase de desarrollo, en la cual crece su tallo con mayor rapidez. Al octavo día, se volvió a realizar el análisis físico a las plantas de los diferentes maceteros, el cultivo de fertilizante algal y el cultivo del grupo control poseen 23 tallos cada uno y entre cada triplicado; y la altura promedio de los mismos está comprendida entre 5 a 10 cm y 3,6 a 7,9 cm respectivamente. El cultivo con fertilizante orgánico comercial tiene 21 tallos entre los triplicados y la altura promedio se encontraba entre los 4 a 8 cm. Por su parte, el cultivo con fertilizante químico posee 18 tallos y su altura promedio va desde los 3 a los 8 cm. Para este momento se observan dos hojas principales que son comunes en diferentes tipos de plantas. En un solo día de los ocho transcurridos hubo clima soleado, el resto fue de lluvia. Para este momento del avance del experimento, es notorio que el cultivo con mayor desarrollo es el del fertilizante algal (cuadro 2), aunque tiene la misma cantidad de tallos que el grupo control, algunos tallos de su triplicado superan la altura de los demás cultivos por más de 2,1cm (ver figura 8)



Figura 8. Cultivo de *Coriandrum sativum* con fertilizante algal, en el octavo día del ciclo dos.

Para el décimo día comenzaron a notarse las primeras hojas de cilantro en todos los cultivos pero no en todos los triplicados. En el tercer análisis físico, que fue realizado en el décimo octavo día, el crecimiento del tallo de los diferentes cultivos no fue significativo, contrario al crecimiento de las hojas, ya que su tamaño aumentó considerablemente durante esos

cinco días, además de que se manifestaron más hojas (cuadro 2). En cuanto a su olor y color durante todo el tiempo transcurrido ha sido el mismo para todos los cultivos y todos los triplicados. En el caso del cultivo con fertilizante algal presentó 27 hojas al terminar el segundo ciclo, pero al finalizar el tercer ciclo este cultivo tenía 45 hojas entre los triplicados, con un color y tamaño acorde a su tiempo de desarrollo. El cultivo sin fertilizante (grupo control) contenía 22 hojas al culminar el segundo ciclo y al terminar el tercer ciclo presentó entre todos sus triplicados 31 hojas con color y tamaño adecuado (ver figura 9).



Figura 9. Cultivos de *Coriandrum sativum* para el segundo ciclo. En la izquierda el cultivo con fertilizante algal y en la derecha el grupo control.

El cultivo con el fertilizante orgánico en principio muestra 21 hojas y para los últimos días 35 hojas con color y tamaño similares a los cultivos antes mencionados. En cuanto al fertilizante químico al finalizar el segundo ciclo poseía 15 hojas y al terminar el tercer ciclo 39 hojas con un color igual al de los demás cultivos, sin embargo el tamaño de sus hojas superaban el rango de los tres cultivos restantes (ver figura 10). Para esta etapa del desarrollo de la planta aumentó el clima soleado respecto al comienzo de la siembra, aunque en ocasiones el clima fue frío.



Figura 10. Cultivos de *Coriandrum sativum* para el segundo y tercer ciclo. En la izquierda el cultivo con fertilizante orgánico y en la derecha fertilizante químico.

CONCLUSIONES

Es posible decir que el cultivo tratado con el fertilizante algal siempre tuvo mayor crecimiento y mayor cantidad de tallos, probablemente debido a que éste se incorporó en partículas más pequeñas comparado con el fertilizante orgánico, permitiendo que la descomposición del fertilizante algal sea más eficiente que la del fertilizante orgánico, por lo tanto, el aporte de nutrientes al cultivo es más efectivo y la planta se desarrolla con mayor rapidez (Canales, 1999).

Por su parte, se observó mayor tamaño en las hojas del cultivo con el fertilizante químico, porque el fertilizante añadido posee compuestos nitrogenados, siendo el nitrógeno el macro nutriente que cumple la función de aumentar la masa vegetal de las plantas (Marín, 2010).

En el análisis cualitativo de metales pesados se puede concluir según los resultados arrojados, que se evidenció la presencia de Arsénico y Mercurio, metales que son absorbidos por el mecanismo de tolerancia y detoxificación. Se recomienda cuantificar dichos metales pesados para evaluar la influencia de estos en el cultivo.

El cultivo con el fertilizante algal, comparado con los cultivos con el fertilizante orgánico y con el fertilizante químico, presentó un óptimo rendimiento en cuanto a la cantidad de tallos y al tamaño de las hojas; basado en esto, se recomienda estudiar el uso del fertilizante algal en otros cultivos, atendiendo al análisis cuantitativo de los metales pesados previamente.

REFERENCIAS

- Ballesteros, J. (2011). *Determinación de la eficiencia de Azolla caroliniana como matriz de hiperacumulación de Metales Pesados Cuantificado*. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Cámara de Sanidad, Agropecuaria y Fertilizantes. (2006). *Fertilizantes*. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.casafe.org.ar/pdf/Fertilizantes.pdf> [Consulta: 2012 diciembre, 20]
- Canales, B. (1999). *Enzimas-Algas: Posibilidades de su Uso para Estimular la producción Agrícola y Mejorar los Suelos*. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.casafe.org.ar/pdf/Fertilizantes.pdf> [Consulta: 2012 diciembre, 02]
- Caulerpa sertularoides*. [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.wetwebmedia.com>. [Consulta: 2013, Febrero 20]
- Fernández, M. (2008). *La contaminación acumulada en el suelo amenaza la agricultura sostenible*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://goo.gl/aQnrk> [Consulta: 2012, diciembre 20]
- Fuenteseca, J.; Marín, V.; Oyarce, E., Rodríguez, L y Vallejo, L. (1993). *Efectos de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de Bahía Mejillones del Sur (Antofagasta, Chile)*. [Artículo en línea]. Disponible en: <https://goo.gl/ZkhLeW> [Consulta: 2013 Noviembre, 21]
- Hernández, J. (2003). *Crecimiento y desarrollo del cilantro Coriandrum Sativum por efecto de fotoperiodo y la temperatura y su control con fitorreguladores*. Tesis de doctorado. Universidad Agrónoma de Nuevo León, Colombia
- Howe, A. (2001). *Caulerpa certularoides*. *Algae: Native*, 1905, 45-46

- Marín, G. (2010). *Determinación de los Requerimientos Hídricos del Cilantro (Coriandrum sativum), Variedad Unapal Precoso y su Relación con el Desarrollo del Cultivo, la Producción y la Calidad, Comparando un Periodo Seco y Húmedo de Siembra del Cultivo en el Año*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Colombia
- Menéndez, S. (2004). *Algas como fertilizantes y pesticidas*. [Página Web en línea]. Disponible: <https://goo.gl/TIAcfm> [Consulta: 2012, Agosto 23]
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2008). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas. Venezuela
- Vullo, D. (2003). *Microorganismos y Metales Pesados: Una Interacción en Beneficio del Medio Ambiente*. [Artículo en línea]. Disponible en: <https://goo.gl/lfl6LJ> [Consulta: 2013 Diciembre, 15]