

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

**UNIDAD XOCHIMILCO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**

**LICENCIATURA EN AGRONOMÍA**

**INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

Evaluación de la aplicación de *Arthrospira maxima* sobre indicadores de crecimiento y rendimiento del cultivo de jitomate bajo invernadero.

**Prestador de servicio social:**

Aimar Casanova Chao

Matrícula: 2113059164

**Asesor Interno:**

Dr. Antonio Flores Macías

No. Económico. 13174

**Lugar de realización:**

Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Antiguo Canal de Cuemanco. CP.16036, Xochimilco. Ciudad de México

**Fecha de inicio y término:**

Del 7 de octubre del 2017 al 7 de abril del 2018.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> -----	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> -----	<b>4</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> -----	<b>7</b>
<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b> -----	<b>7</b>
<b>ACTIVIDADES REALIZADAS</b> -----	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS</b> -----	<b>8</b>
<b>RESULTADOS</b> -----	<b>9</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> -----	<b>10</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> -----	<b>11</b>

## RESUMEN

La investigación científica se ha orientado a la búsqueda de productos que sustituyan a los químicos sintéticos debido al daño colateral que éstos generan. Entre los organismos utilizados en la agricultura orientada hacia la sustentabilidad, están las algas marinas.

El valor de los productos obtenidos de algas, no sólo se relaciona con su alto contenido en N, P, K, sino que también tienen propiedades especiales que estimulan una mayor germinación de las semillas, mayor resistencia a las heladas e inducen resistencia a plagas de insectos y a enfermedades fitopatógenas.

El presente trabajo de investigación estuvo orientado en aplicar el alga *Arthrospira maxima* (a través del biomejorador comercial “Spirulina máxima”) en un cultivo bajo invernadero de jitomate y estudiar cómo podría afectar su crecimiento y producción.

Las actividades realizadas fueron establecimiento del cultivo de jitomate, instalación de sistema de riego por goteo, aplicación del extracto a base de *Arthrospira maxima* y hacer las mediciones y comparaciones en los frutos cosechados.

Los cuatro tratamientos evaluados mostraron diferentes resultados con relación a las variables evaluadas. La aplicación del extracto del alga *Arthrospira máxima* no mostró ocasionar un efecto positivo.

Para demostrar que el biomejorador comercial “Spirulina máxima”, (cuyo ingrediente activo es el alga *Arthrospira máxima*) pudiera tener un valor como agroinsumo en la producción agrícola se requieren nuevas investigaciones.

## INTRODUCCIÓN

Como resultado del efecto negativo en los ecosistemas, de los agroinsumos sintéticos utilizados en la agricultura moderna, la investigación científica se ha orientado a la búsqueda de productos que sustituyan a esos químicos sintéticos, lo cual ha favorecido la utilización de extractos vegetales, organismos, microorganismos y productos naturales en los procesos productivos agrícolas (Sánchez *et al.*, 2013).

El deterioro ecológico provocado por las actividades agrícolas, en países como México, ha sido ocasionado por el manejo inadecuado de los recursos naturales y el uso intensivo de agroquímicos sintéticos. Lo anterior obliga a implementar alternativas

de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos naturales y que tiendan a promover una agricultura sustentable (Velasco *et al.*, 2001).

Entre los organismos utilizados en la agricultura orientada hacia la sustentabilidad, están las algas marinas, que contienen más de 70 microelementos. Entre sus sustancias orgánicas, las algas marinas contienen hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y sustancias de naturaleza estimulante y antibiótica (Senn, 1987).

El uso de algas en el contexto de la agricultura orgánica y sustentable, favorece la conservación y el mejoramiento de la fertilidad del suelo, incrementan y eficientizan las funciones y metabolismo general de la planta, lo que se manifiesta en una mayor productividad de los cultivos (Canales, 2006).

México cuenta con extensos litorales donde proliferan las algas marinas, con la probabilidad de que sean suficientes para tratar gran parte de las hectáreas agrícolas del país (Canales, 2006).

## MARCO TEÓRICO

Aproximadamente la mitad de las especies mexicanas de algas dulceacuícolas conocidas, están en la zona central del país; en tanto que de muchos de los estados no se tiene información relativa a su ficoflora. Considerando que no se cuenta con información ficoflorística de los estados más grandes del país, se estima que en más de la mitad del país está poco explorada la población de algas dulceacuícolas y no hay información sobre su utilización en el sector agrícola (Novelo y Tavera, 2011).

Son varias las razones por las cuales la utilización de algas en agricultura debiera de investigarse como un insumo en el proceso de producción. México cuenta con extensos litorales con una plataforma marina donde proliferan las algas, pero aún no se ha cuantificado esta producción. Sin embargo, considerando las enormes cantidades que el mar arroja a las playas y que ahí se pudren, es muy probable que, al utilizarlas, haya algas suficientes como materia prima para tratar la mayor parte de la superficie agrícola de riego y de buen temporal que México tiene (Canales, 2006).

El valor de los productos obtenidos de algas, no sólo se relaciona con su alto contenido en N, P, K, sino que también tienen propiedades especiales que estimulan una mayor germinación de las semillas, mayor resistencia a las heladas e

inducen resistencia a plagas de insectos y a enfermedades fitopatógenas (Guillen, 2012).

Al incinerarlas, las algas dejan un residuo de cenizas cinco o seis veces mayor que el que dejan las plantas terrestres; consecuentemente, tienen más metabolitos y, por lo tanto, más enzimas. Esta es la razón del porqué, al usar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura, se aporta un complejo enzimático diverso y cuantioso, que ocasiona cambios positivos en las plantas y en el suelo (Canales, 2006).

Las algas optimizan el aprovechamiento de los minerales, fortalecen la pared celular, facilitan la asimilación de carbohidratos y sintetizan con facilidad las proteínas y vitaminas que requieren las plantas para cumplir óptimamente sus funciones fisiológicas (Herrera, 1995).

Fox y Cameron (1961) mencionan que, al aplicar foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que éstas contienen fortalecen en las plantas su sistema defensivo y su sistema alimentario (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor). Las microalgas cianóticas se pueden también aplicar foliarmente o al suelo, y fijan el nitrógeno del aire aún en las plantas no leguminosas (Martínez y Salomón, 1995), lo que resulta en plantas más sanas, con mejor nutrición y más vigorosas (Canales, 2006).

La incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos; al aportar 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en algunos tipos de algas, se tienen agentes quelantes como ácido alguínico, fúlvico y manitol, así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades. Las algas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Las algas tienen mejores propiedades que los fertilizantes porque liberan más lentamente el nitrógeno, son ricas en microelementos y no están contaminadas con semillas de malezas (Crouch y Van Staden, 1992).

El presente trabajo de investigación utilizó como material experimental el alga *Arthrospira maxima* (a través del biomejorador comercial "Spirulina máxima") y el cultivo agrícola de jitomate *Solanum lycopersicum*.

### *Arthrospira maxima*

Anteriormente, *A. maxima* era conocida como *Espirulina maxima* por haber pertenecido al género *espirulina* antes de su escisión. Es una cianobacteria planctónica originaria de Centroamérica, con poblaciones masivas en áreas tropicales y subtropicales, caracterizada por sus altos niveles de carbono y alto pH. Esta especie es utilizada como suplemento nutricional que se elabora en forma de comprimidos. Su elevado contenido en proteínas de buena calidad la convierte en un sustituto de la proteína de soja, en la fabricación de alimento para animales, en uso tanto ganadero como para mascotas. También se emplea como materia prima en la elaboración de los pigmentos ficocianina y xantofila (Amador, 2001). La aplicación foliar de extractos de *A. maxima* facilita la nutrición y mejora el crecimiento de los frutos (Canales, 2006). Históricamente, se ha utilizado de cuatro maneras (Carabias, 2000):

- Como biomejorador para una agricultura de riego de corte moderno, donde las condiciones topográficas e hidrológicas lo permiten;
- Como biomejorador para una agricultura de temporal en la que prevalece la incertidumbre de precipitación;
- Para la extracción de especies vegetales de uso industrial (candelilla, lechuguilla, guayule, jojoba, palma samandoca, entre otras);
- Para alimentación en la ganadería extensiva, especializada y dirigida a la exportación.

### *Solanum lycopersicum*

Es una especie de planta herbácea del género *Solanum* de la familia *Solanaceae*; es nativa de Centro y Sudamérica y su uso como alimento se habría originado en México hace unos 2500 años; se le considera de las especies hortícolas más importantes para el consumo humano, y genera importantes ingresos, empleos y aporta un alto valor nutritivo para la dieta (Velasco *et al.*, 2005).

Es la hortaliza que ocupa la mayor superficie sembrada en todo el mundo, alrededor de 3, 593,490 hectáreas, con una producción de más de 53 millones de toneladas (Acosta *et al.*, 2002), se le considera una hortaliza muy perecedera, susceptible a

daños mecánicos por manejo y empaques inadecuados, así como al ataque de patógenos e insectos de campo (Sánchez *et al.*, 2013).

## OBJETIVO GENERAL

Aplicar extracto de *Arthrospira maxima* en cultivo de jitomate bajo cubierta en el área agronómica del CIBAC y evaluar su efecto como biomejorador agronómico.

## METODOLOGÍA UTILIZADA

La investigación agrícola estuvo orientada a estudiar cómo la utilización de algas marinas en el sistema de producción de un cultivo agrícola, en este caso del jitomate, podría afectar su crecimiento y producción. El área Agronómica del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco de la UAM Xochimilco, es un espacio que cuenta con la infraestructura para lograr tal fin.

El cultivo de jitomate saladette Cid F1 se estableció sobre de slabs de fibra de coco, a una distancia de 80 cm entre hileras y 33 cm entre plantas. Con una navaja se realizó un corte horizontal en los extremos superiores de cada slab, por donde se introdujo la cintilla de riego que contaba con goteros integrados cada de 10 cm. Las cintillas se conectaron a un tubo de PVC que funcionó como línea principal de suministro de agua; que previamente se le habían colocado válvulas iniciales que abastecerían esta cintillas. La nutrición se realizó con base en la solución de Steiner (Steiner, 1961). Para el tutoreo de las plantas se utilizó rafia resistente a rayos UV.

El extracto de *A. máxima* (Spirulina máxima) se evaluó en un arreglo experimental de bloques al azar, en el que se estudiaron cuatro tratamientos con seis repeticiones cada uno: aplicación foliar; aplicación al suelo; combinados (foliar y suelo); agua (como testigo).

El biomejorador comercial “Spirulina máxima”, se aplicó al suelo, de manera foliar o combinada a una concentración del 5%, disuelto en agua procedente del suministro de la red pública. Para la fertilización del cultivo se emplearon fertilizantes solubles comerciales, los cuales se aplicaron según la etapa fenológica del cultivo de acuerdo a un programa de fertilización previamente definido (Tjalling, 2006). El control de plagas y enfermedades se realizó priorizando utilizar productos naturales y mediante un manejo integrado que consistió en la instalación de 15 trampas adhesivas amarillas

(elaboradas con cartulina fosforescente, pegamento y aceite) para la captura de mosquita blanca de la especie *Bemisia tabaci*, la cual solía tener presencia en nuestro cultivo de jitomate.

La solución a base de *A. maxima* se aplicó durante el ciclo de cultivo con una aspersora manual de mochila, iniciando la primera aplicación al inicio de la floración y posteriormente, después de cada corte de fruto. Debido a que no se encontró información sobre la etapa fenológica del cultivo, recomendada para la aplicación de *A. máxima*, se decidió aplicarla antes de la transformación de flor a fruto, ya que en esta etapa se inicia una mayor demanda de nutrientes por el mismo fruto.

Las mediciones se realizaron semanalmente para cuantificar los indicadores rendimiento de frutos ( $\text{kg planta}^{-1}$ ), peso promedio por fruto, diámetro longitudinal y ecuatorial del fruto.

Posteriormente, con base en los datos obtenidos, se procedió a realizar un ANOVA y posterior análisis de medias mediante la prueba de Tukey (0.05).

## ACTIVIDADES REALIZADAS

- Establecimiento del cultivo de jitomate en condiciones previamente mencionadas y en invernadero.
- Se instaló el sistema de riego por goteo y se realizaron las prácticas agronómicas (poda, tutorio, preparación de soluciones nutritivas y cosecha).
- Una vez por semana, se realizó la aplicación foliar, al suelo y combinada del biomejorador cuyo ingrediente fue el alga *A. maxima*.
- Al iniciar la madurez comercial, se iniciaron las mediciones sobre los frutos cosechados (peso promedio por fruto; rendimiento de frutos, diámetro ecuatorial y diámetro longitudinal). De manera paralela se cuantifico el rendimiento por tratamiento.
- Aplicación de pruebas estadísticas (Anova y Tukey) para analizar y comparar las diferencias en los tratamientos.

## OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS

- Se estableció el arreglo experimental en bloques al azar, con plantas de jitomate de la variedad Cid F1, en semihidroponia (Slabs de fibra de coco).

- Se realizaron mediciones semanales de indicadores de crecimiento.
- Se aplicaron los diferentes tratamientos cada semana.
- Se realizó una medición semanal del rendimiento del cultivo (por tratamiento), una vez iniciada la cosecha.
- Se realizaron los análisis estadísticos a los datos obtenidos en las diferentes mediciones.

## RESULTADOS

Los cuatro tratamientos evaluados mostraron diferentes resultados con relación a las variables evaluadas. En el caso de peso promedio del fruto (Tabla 1), diámetro ecuatorial (Tabla 2) y rendimiento promedio por planta (Tabla 3), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, aparentemente, la aplicación del extracto de alga *A. máxima* no ocasionó efecto alguno sobre esas variables, aunque Canales (2000), menciona que se ocasiona un incremento en el rendimiento de los cultivo.

**Tabla 1.** Peso promedio del fruto (g).

Tratamiento	Peso fruto
Testigo	243.0 <sup>a</sup>
Combinado	200.0 <sup>a</sup>
Foliar	187.8 <sup>a</sup>
Suelo	182.5 <sup>a</sup>

Valores promedio con literal en supraíndice igual no muestran diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ )

**Tabla 2.** Diámetro ecuatorial promedio del fruto (cm).

Tratamiento	Diámetro ecuatorial
Combinado	32.3 <sup>a</sup>
Foliar	32.2 <sup>a</sup>
Testigo	31.0 <sup>a</sup>
Suelo	30.1 <sup>a</sup>

Valores promedio con literal en supraíndice igual no muestran diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ )

**Tabla 3.** Rendimiento promedio por planta (g).

Tratamiento	Rendimiento
Combinado	2400.0 <sup>a</sup>
Foliar	2253.3 <sup>a</sup>
Testigo	2915.7 <sup>a</sup>
Suelo	2189.7 <sup>a</sup>

Valores promedio con literal en supraíndice igual no muestran diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ )

Con relación a la variable diámetro longitudinal del fruto (Tabla 4), se observó que el tratamiento foliar y al suelo mostraron un efecto significativamente mayor en comparación con el tratamiento combinado. Al parecer, el tratamiento combinado tuvo un efecto negativo sobre esta variables, ya que el valor promedio que alcanzo este tratamiento fue significativamente menor que al ser aplicados de manera independiente.

**Tabla 4.** Diámetro longitudinal promedio del fruto (cm).

Tratamiento	Diámetro longitudinal
Foliar	40.1 <sup>a</sup>
Suelo	39.1 <sup>a</sup>
8Testigo	24.6 <sup>ab</sup>
Combinado	9.9 <sup>b</sup>

Valores promedio con literal en supraíndice igual no muestran diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ )

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación del extracto del alga *A. máxima* no mostró un efecto positivo sobre las variables evaluadas en el cultivo de jitomate saladette estudiado: peso promedio de fruto, diámetro ecuatorial, rendimiento promedio por planta. Con relación a diámetro longitudinal los resultados muestran un efecto negativo cuando las aplicaciones al suelo y foliar se combinan.

Nuevas investigaciones se requieren para tener mayores datos que pudieran demostrar que el biomejorador comercial “Spirulina máxima”, cuyo ingrediente activo es el alga *A. máxima* pudiera tener un valor como agroinsumo en la producción agrícola.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. G. F., Quiñones, P.F.J., Galván, L. R. 2002. ¿Cómo producir tomate en la región de Delicias, Chihuahua? Folleto técnico No. 8 INIFAP-SAGARPA. México.
- Amador, M. 2001. La situación de la producción inorgánica en Centro América. Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. IICA. México.
- Canales, B. 2006. Uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, papa, chile y tomatillo. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Carabias-Martínez R., Rodríguez-Gonzalo E., Moreno-Cordero B., Pérez-Pavón J.L., García-Pinto C., Fernández-Laespada E. 2000. Surfactant cloud point extraction and preconcentration of organic compounds prior to chromatography and capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 902(1), 251-265. USA.
- Crouch, I.J. and van Staden, J. 1992. Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology. Belgium.*
- Fox, B.A., Cameron. A.G. 1961. A chemical approach to food and nutrition. University of London Press. England.
- Guillén, A. H. 2012. Características fenotípicas de hoja y fruto en selecciones de aguacate criollo de clima subtropical en el estado de Nayarit. *Revista Fuente. México.*
- Herrera, A.J.A. 1995. Efecto de ALGAENZIMS MR en el desarrollo de trigo (*Triticum aestivum*), var. AN-Tongo 91, en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez, L.J. y J. Salomon. 1995. Efecto de un extracto de algas y varios fitorreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant.

Tesis doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México

- Novelo, Eberto; Tavera, Rosaluz. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. **Hidrobiológica**. México.
- Sánchez, R. M., Alfaro, R. E. 2013. Notas para la historia de la horticultura y el autoabasto urbano en México. *Sociedad y Ambiente*, vol. 1, núm. 2, julio-octubre, pp. 116-140. El Colegio de la Frontera Sur Campeche. México.
- Senn, T.L. 1987. *Seaweed and plant growth*. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. *Plant Soil* 15. USA.
- Velasco, M. C., Medina, R., Moreno, L. C., Gutiérrez, S. 2005. Estudio comparativo de medios de cultivo para crecimiento y recuperación del *Streptococcus mutans* ATCC 25175 *in vitro*. *Nova*, 3(3). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Velasco, Z.M.E., Hernández, G.A., González, H.V.A., Pérez, P. J., Vaquera, H.H., Galvis, S.C. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) *Técnica Pecuaria en México*, vol. 39, núm. 1, enero-abril, 2001, pp. 1-14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.