

Ensilado biológico de pescado y su efecto sobre el crecimiento de plantas de tomate silvestre (*Solanum Pimpinellifolium* L.) y comercial (s. *Lycopersicum* L.)

Effects of biological fish silage on the growth of wild (*Solanum Pimpinellifolium* L.) and commercial (s. *Lycopersicum* L.) tomato plants

EDWIN ROJAS LUCIANO (1);
DENIA MILLA SALINAS (1),
CARLA ACUÑA NÚÑEZ (1);
JHOYSI CASAS GOÑAS (1);
RAMSÉS SALAS ASENCIOS (1).

ABSTRACT

Wild (*Solanum pimpinellifolium* L.) and commercial (*S. lycopersicum* L.) tomato plants were maintained with hydroponic solution and fish biological silage. Wild tomato plants watered with fish silage had higher main stem length and branch number, and both tomato species accumulated higher dry weight percentage. These results suggest the nitrogen of the fish silage would be the important component to the higher growth of aerial part of tomato plants.

Keywords: *Solanum pimpinellifolium*, *Solanum lycopersicum*, fish silage, plant growth

RESUMEN

Plantas de tomate silvestre (*Solanum pimpinellifolium* L.) y comercial (*S. lycopersicum* L.) fueron mantenidas con solución hidropónica y con ensilado biológico de pescado, evaluando el crecimiento del tallo principal, número de ramas y porcentaje de materia seca. Las plantas de tomate silvestre que fueron regadas con el ensilado de pescado tuvieron un mayor crecimiento del tallo principal así como del número de ramas, mientras que ambas especies generaron un mayor porcentaje de materia seca en hojas. Estos resultados permiten sugerir que el nitrógeno del ensilado de pescado sería el componente importante para el mayor crecimiento de la parte aérea de estas plantas.

Palabras clave: *Solanum pimpinellifolium*, *Solanum lycopersicum*, ensilado de pescado, crecimiento de plantas

¹ Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.
rsalas@unfv.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El aumento del tamaño de la población ha generado dos problemas importantes: la mayor producción de alimentos y el incremento del daño ambiental por efecto de la actividad y el consumo humanos. El primer problema desencadenó un uso descontrolado de agroquímicos como fertilizantes o plaguicidas, lo que produjo a largo plazo una pérdida de la fertilidad de los suelos agrícolas y una dependencia de nutrientes químicos debido al efecto de lixiviación por ser aplicados de forma soluble (Flores, 2017). Los agentes químicos pueden generar un efecto tóxico en el ser humano, por ejemplo debido a la presencia en los suelos agrícolas de compuestos residuales provenientes de pesticidas (Eskenazi et al., 2004; Hernández et al., 2004).

Por otro lado, la actividad industrial genera productos de desecho que al no ser procesados contribuyen a la contaminación ambiental. En el caso de la industria pesquera, se considera que por cada tonelada de producto final, se genera la misma cantidad de material de desecho o subproductos de baja calidad (Karim, Lee y Arshad, 2015), lo que significa a nivel mundial una producción anual de 70.3 millones de toneladas de desechos orgánicos (Haider et al., 2015). Esta situación ha despertado el interés en la reutilización de los productos de descarte de la industria pesquera, principalmente como alimento para animales (Al-Marzooqi, Al-Farsi, Kadim, Mahgoub y Goddard, 2010) o como fertilizante para plantas bajo la forma de ensilado (Karim et al., 2015).

El ensilado de pescado es un producto líquido generado por la digestión de partes o del cuerpo entero de peces, producto de la actividad de ácidos o enzimas del mismo pez o de microorganismos (Ferraz de Arruda, Borghesi y Oetterer, 2007). La degradación de los tejidos puede producirse agregando ácidos orgánicos o inorgánicos (ensilado químico) o agregando una fuente de carbono y cepas de *Lactobacillus spp.* para inducir una fermentación láctica (ensilado biológico, Ramírez et al., 2013).

El uso de derivados de pescado como abono orgánico grandemente favorece el desarrollo y producción de las plantas debido a su alto contenido de nutrientes. La harina de pescado contiene un 7.74% de nitrógeno (Monares, Ceja, Escalera, Vásquez y Ochoa, 2012), mientras que el ensilado de pescado puede contener un 26.9% de este elemento (Ramírez et al., 2013). Esta fuente de nitrógeno se vuelve muy importante para el desarrollo

del follaje y producción de fruto en hortalizas. Monares et al. (2012) obtuvieron un mayor rendimiento de fruto en las primeras cosechas de calabacines (*Cucurbita pepo*) cuando se usó harina de pescado como abono orgánico. Tanuja y Nayak (2017) utilizaron ensilado fermentado y abono de vaca en una proporción 1:1, obteniendo un mayor tamaño y producción de vainas de oca o ñajú (*Abelmoschus esculentum*).

El tomate sigue siendo uno de los principales cultivos de interés comercial a nivel mundial, por lo que se busca permanentemente mejorar la productividad de estos cultivos, sea en campo o en condiciones de invernadero. La producción orgánica de tomate presenta como atractivo la independencia del uso de plaguicidas y de abonos sintéticos, pero además permite buscar alternativas nutricionales que sean mucho más asequibles y que favorezcan el rendimiento de los cultivos. Márquez, Cano y Rodríguez (2008) evaluaron la producción en condiciones de invernadero de tomate orgánico en función del tipo de sustrato (arena o perlita) y del tipo de abono orgánico (biocomposta o vermicomposta), obteniendo en todos los casos una producción nueve veces mayor que cuando el cultivo orgánico se realiza en campo, además de mantener la calidad del fruto.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del ensilado biológico de pescado como nutriente sobre el crecimiento de plantas de tomate silvestre (*Solanum pimpinellifolium* L.) y comercial (*S. lycopersicum* L.).

MÉTODO

El presente trabajo se realizó en condiciones de invernadero, en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Se usaron semillas de tomate comercial (*S. lycopersicum*), variedad Río Grande, y de tomate silvestre (*Solanum pimpinellifolium*), las cuales fueron germinadas en placas Petri y luego de 11 días las plántulas fueron colocadas en bandejas de telgopor (poliestireno expandido) y regadas por capilaridad con solución hidropónica comercial para hortalizas (Universidad Nacional Agraria La Molina). A las seis semanas, se realizó el trasplante a macetas de plástico (dos plantas por maceta) usando como sustrato arena fina desinfectada, y se mantuvieron con dos soluciones de riego: el grupo Control en ambas especies se regó con la misma solución hidropónica y el grupo Experimental se regó por inundación utilizando una solución de ensilado biológico de pescado (1 g/L)

preparado a partir de vísceras de pescado, azúcar, abono de aves de corral, y harina de maíz.

Cada 15 días se realizaron mediciones de la altura del tallo principal y el número de ramas. A los 157 días de cultivo se realizaron las últimas mediciones y luego se extrajeron las plantas, cortándolas en tres partes: raíz, tallo y hojas. Cada sección fue pesada por separado (peso húmedo) y luego fue colocada en una estufa a 40°C por cuatro días para luego volver a pesarla (peso seco). Con estos datos se obtuvo el porcentaje de materia seca (PMS) a través de la fórmula:

$$PMS = \left[\frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso Húmedo}} \right] \times 100$$

Todas las mediciones se realizaron por triplicado, presentándose como resultados las medias, cada una acompañada de su desviación estándar. El análisis estadístico fue realizado mediante comparaciones de medias y el análisis de varianza.

RESULTADOS

Los resultados presentados corresponden a las medias de las tres mediciones realizadas para cada parámetro y en todos los casos el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las especies y los tratamientos. La Figura 1 muestra los valores de longitud del tallo principal de plantas de tomate silvestre (*S. pimpinellifolium*) en diferentes días de cultivo. Se puede observar que a partir del día 143, las plantas que fueron tratadas con ensilado biológico tenían el tallo más largo que aquellas que fueron mantenidas con la solución hidropónica. Un resultado inverso se puede observar en el caso del tomate comercial (*S. lycopersicum*), en donde más bien el tallo principal de las plantas Control empezó a presentar una mayor altura desde el día 129 (Figura 2).

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre los valores de longitud medidos en los diferentes días. Comparando ambas especies, se pudo observar una mayor longitud de tallo en *S. pimpinellifolium* (con una longitud final de 126.5 ± 2.12 cm. para las plantas Control y de 135.5 ± 7.44 cm. para las plantas mantenidas con ensilado) que en *S. lycopersicum* (que alcanzó una longitud final de 76 ± 12.73 cm. para en las plantas Control y 62.25 ± 15.41 cm. para las plantas mantenidas con ensilado), diferencia que se empezó a hacer más notable a partir de los 129 días (Figura 3).

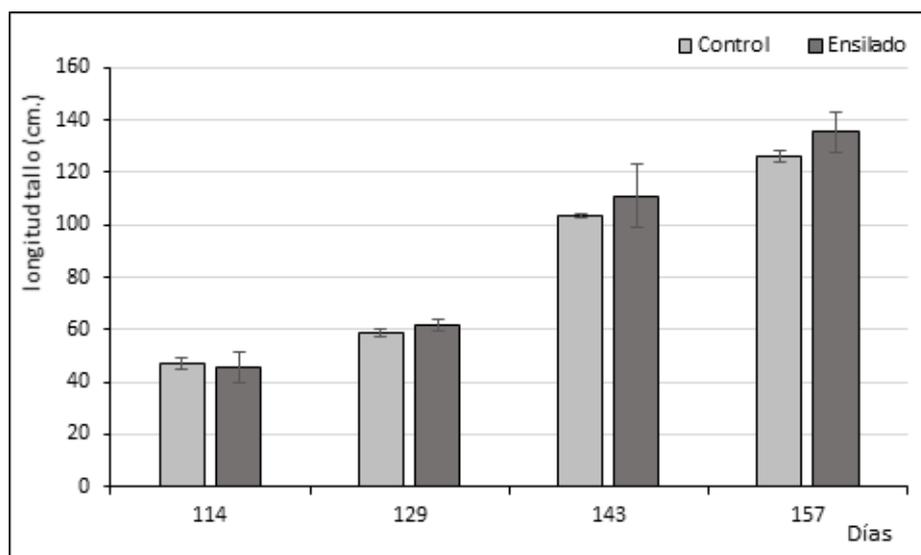


Figura 1. Longitud del tallo principal de tomate silvestre (*S. pimpinellifolium*) mantenidos con solución hidropónica comercial para tomate (Control) y con ensilado biológico de pescado.

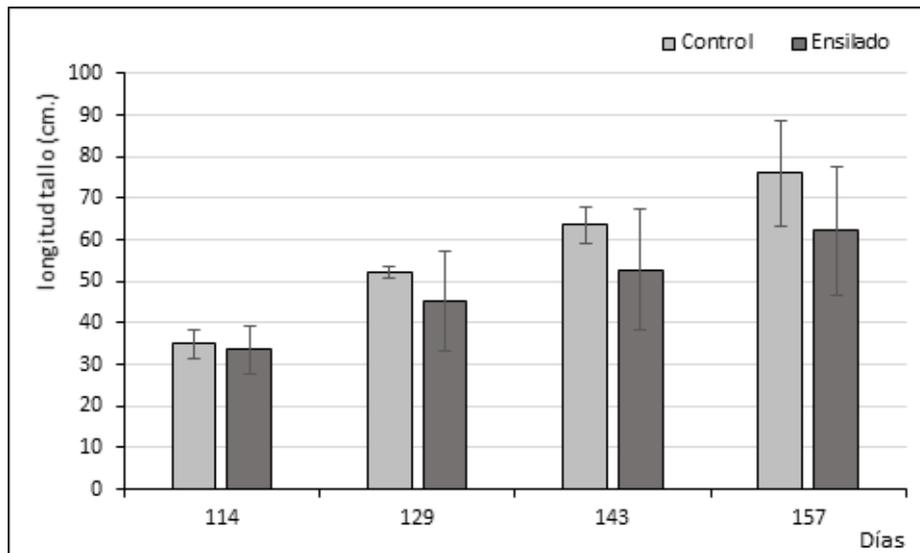


Figura 2. Longitud del tallo principal de tomate comercial (*S. lycopersicum*) mantenidos con solución hidropónica comercial para tomate (Control) y con ensilado biológico de pescado.

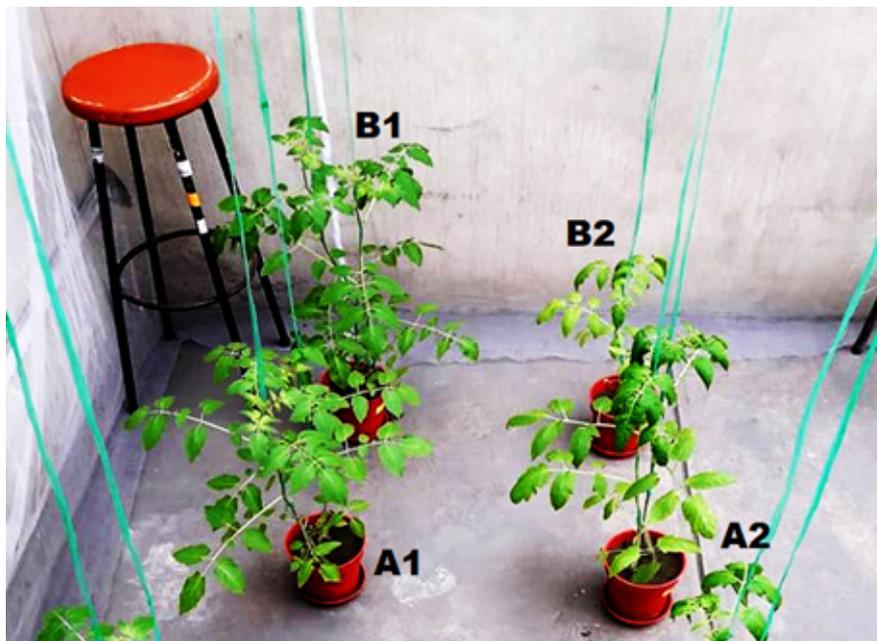


Figura 3. Apariencia de las plantas de tomate comercial (A) y silvestre (B) a los 129 días de cultivo. A1 y B1, riego con ensilado; A2 y B2, plantas Control.

La Figura 4 muestra el número de ramas de plantas de *S. pimpinellifolium* en diferentes días de cultivo con solución hidropónica (plantas Control) o con ensilado biológico de pescado. Se puede observar que, si bien a los 114 días hay mayor número de ramas en las plantas

tratadas con ensilado, a partir de los 129 días el número de ramas es mayor en las plantas Control. El mismo resultado global se obtuvo en el caso de cultivos de *S. lycopersicum*, aunque hay una tendencia de mantener un mayor número de ramas a los 157 días (Figura 5).

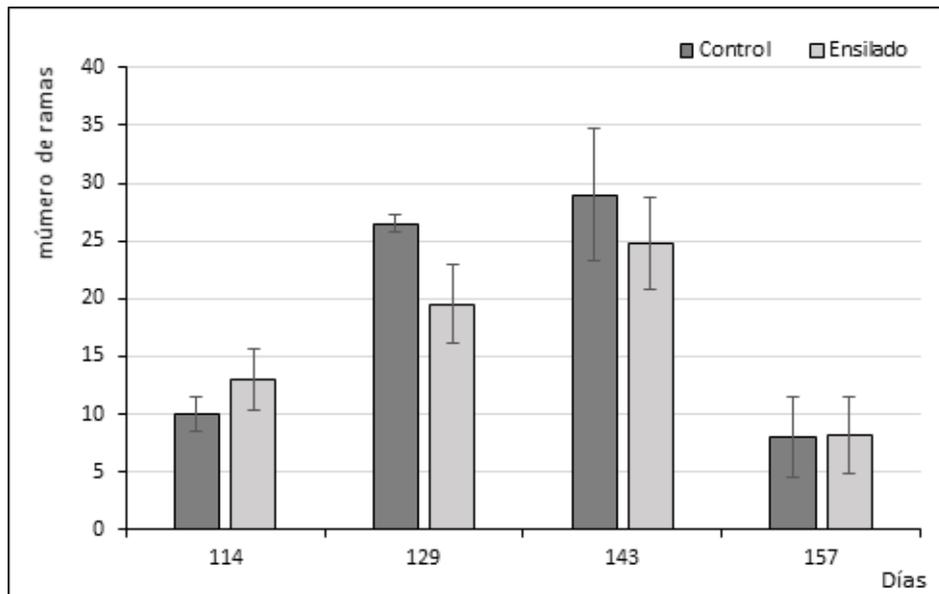


Figura 4. Número de ramas en diversos tiempos de cultivo de tomate silvestre (*S. pimpinellifolium*) mantenidas con solución hidropónica (Control) y con ensilado biológico de pescado.

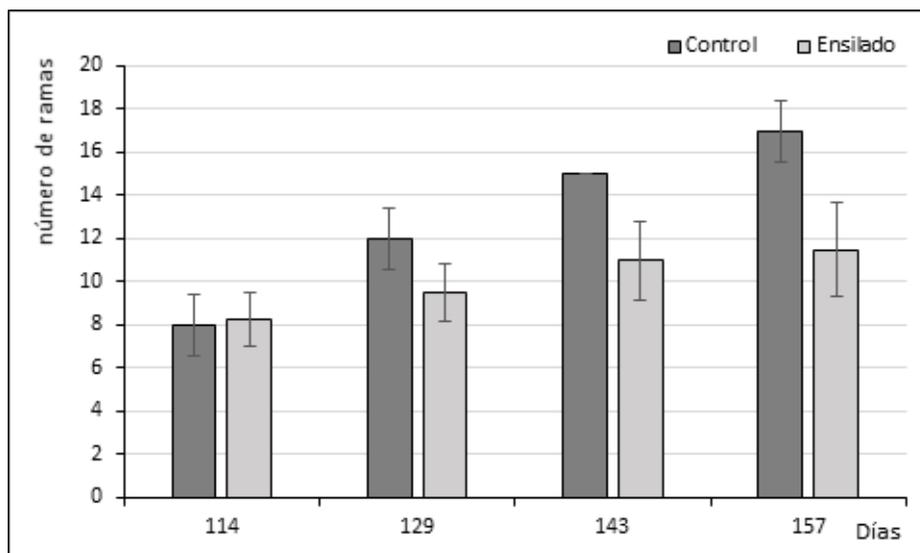


Figura 5. Número de ramas en diversos tiempos de cultivo de tomate comercial (*S. lycopersicum*) mantenidas con solución hidropónica (Control) y con ensilado biológico de pescado.

Si se comparan ambas especies, se puede observar un mayor número de ramas en el tomate silvestre mantenido con solución hidropónica (el máximo fue de 29 ± 5.66 ramas a los 143 días), aunque luego cayó a 8 ± 3.53 a los 157 días. En cambio, en el tomate comercial se incrementó el número de ramas hasta el último día de cultivo, obteniendo un máximo de 17 ± 1.41 ramas en plantas mantenidas con solución hidropónica.

La Figura 6 muestra el porcentaje de materia seca de raíz, tallo y hojas de plantas de tomate silvestre

mantenidos con solución hidropónica o tratados con ensilado biológico de pescado. Se puede observar mayor cantidad de materia seca en las hojas de plantas tratadas con ensilado ($39.51 \pm 2.52\%$), seguido de los tallos de las mismas plantas y con el mismo tratamiento ($27.99 \pm 4.1\%$). En el caso del tomate comercial (Figura 7), la mayor cantidad de materia seca se obtuvo en la raíz de plantas Control (42.02%) y en hojas de plantas tratadas con ensilado ($41.34 \pm 1.58\%$).

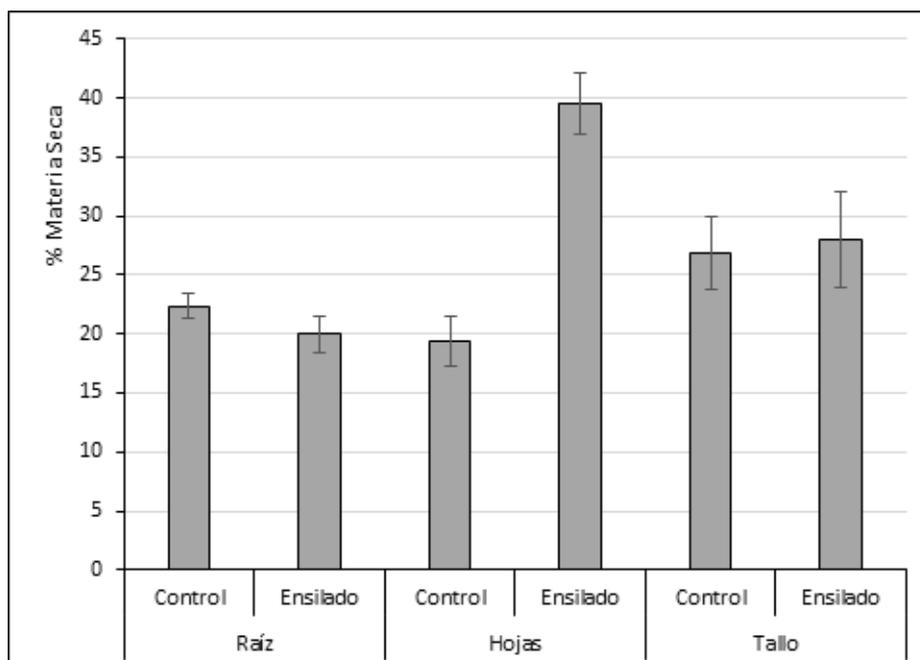


Figura 6. Porcentaje de Materia Seca de raíz, hojas y tallo de plantas de *S. pimpinellifolium* mantenidas con solución hidropónica (Control) y con ensilado biológico de pescado.

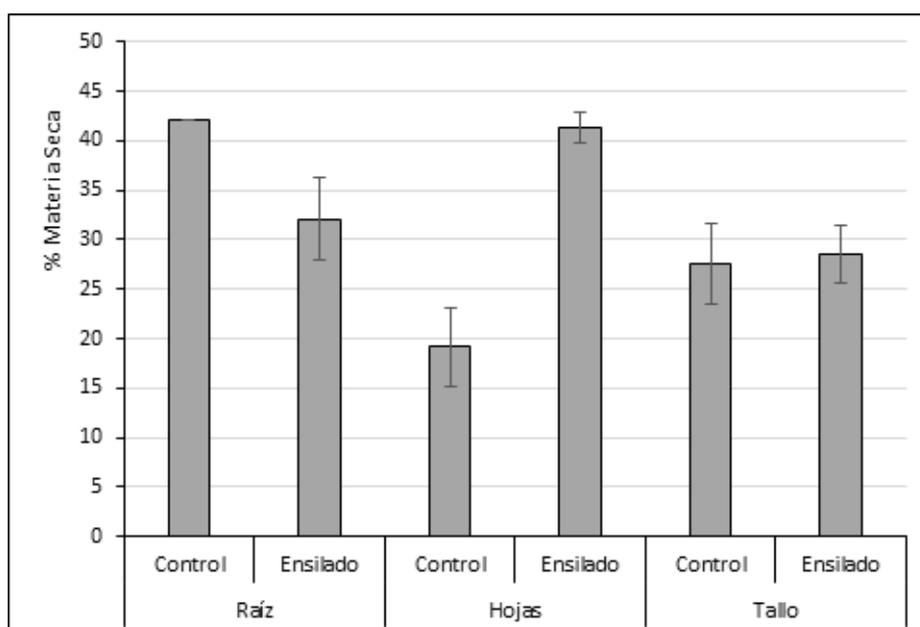


Figura 7. Porcentaje de Materia Seca de raíz, hojas y tallo de plantas de *S. lycopersicum* mantenidas con solución hidropónica (Control) y con ensilado biológico de pescado.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo muestran el beneficio del ensilado biológico de pescado como fuente nutricional para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, siendo su principal componente vísceras de pescado, material que sufrirá la digestión parcial de su tejido por acción de bacterias presentes en el abono de aves que fue agregado, y que es fuente de bacterias

lácticas y otras que participan en la degradación del tejido. Otra alternativa de digestión microbiana es agregando una fuente de *Lactobacillus* (por ejemplo como el yogurt, Gonzáles y Marín, 2005). El crecimiento microbiano puede detenerse a medida que el pH va disminuyendo en el ensilado debido a la fermentación láctica, lo que disminuiría la actividad proteolítica del tejido (Gonzáles y Marín, 2005). Por esta razón se agrega azúcar al ensilado, a fin de mantener a las

bacterias lácticas en multiplicación y en plena actividad biodegradativa.

Las Figuras 1 y 2 permiten observar que el tomate silvestre (*S. pimpinellifolium*) incrementa la longitud del tallo principal más que el tomate comercial (*S. lycopersicum*), así como el número de ramas, el cual alcanza el máximo valor a los 143 días en el tomate silvestre, tanto en las plantas mantenidas con el medio hidropónico Control como en las regadas con el ensilado de pescado, aunque a los 157 días el número de ramas disminuyó. El hecho de alcanzar un mayor número de ramas con cualquiera de los dos tratamientos puede ser característica de la especie, la cual tendría mayor capacidad de asimilar los nutrientes que las plantas de tomate comercial. La disminución del número de ramas a los 157 días podría deberse al mayor desarrollo de las ramas y hojas en el tomate silvestre por efecto del ensilado de pescado, lo cual permite el mayor desarrollo de las hojas, como puede comprobarse puesto que en esta especie se observa el máximo porcentaje de materia seca en hojas al mismo tiempo que alcanza el mayor número de ramas (Figura 6), volviéndose estas plantas más propensas a perder sus ramas debido al peso y tamaño alcanzados.

En el caso del tomate comercial, el mayor porcentaje de materia seca se obtiene en raíz de las plantas mantenidas con los dos tipos de tratamiento, y en las hojas de plantas tratadas con ensilado de pescado (Figura 7). Las raíces de ambas plantas se desarrollan mucho más en las plantas mantenidas con la solución hidropónica que en aquellas tratadas con ensilado de pescado (Figura 8).

El mayor crecimiento en la parte aérea en plantas de tomate silvestre y la raíz y la parte aérea en el tomate comercial tratadas con ensilado, puede deberse principalmente a su alto contenido de nitrógeno proteico más que de minerales, sobre todo por el hecho de que es preparado específicamente a partir de las vísceras de pescado (Banze, da Silva, Enke y Fracalossi, 2017). Castro, Borges y Bezerra (2006) mantuvieron cultivos de tomate cherry con agua efluente de cultivo de tilapias en la que se diluyeron diferentes tipos de fertilizantes, encontrando que, incluso sin agregar ningún fertilizante, el efluente de pescado generó un incremento en la productividad de las plantas y plantearon que este incremento se podía deber a su contenido de nitrógeno orgánico.

Otras posibles fuentes de nitrógeno también pueden tener un efecto benéfico sobre el crecimiento de las

plantas de tomate. Santillana, Arellano y Zúñiga (2005) mostraron que la presencia de bacterias del género *Rhizobium* en el suelo promovían la germinación y el crecimiento de las plantas de tomate, incluso incrementando el peso seco de la parte aérea y de la raíz.

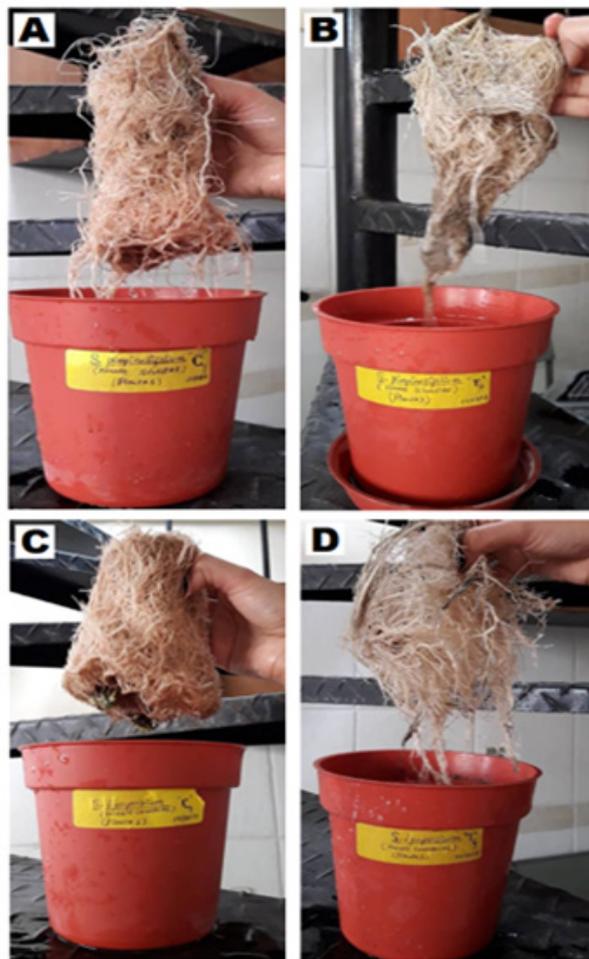


Figura 8. Raíces de plantas de *Solanum pimpinellifolium* (A y B) y *S. Lycopersicum* (C y D) mantenidas con solución hidropónica (Controles, A y C) y tratadas con ensilado biológico de pescado (B y D).

REFERENCIAS

- Al-Marzooqi, W., Al-Farsi, M. A., Kadim, I. T., Mahgoub, O. y Goddard, J. S. (2010). The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided housing systems. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23(12), 1614 – 1625.
- Banze, J.F., da Silva, M.F.O., Enke, D.B.S. y Fracalossi, D.M. (2017). Acid silage of tuna viscera: production, composition, quality and digestibility. *Bol. Inst. Pesca*, 44(Vol. Esp.), 24 – 34. Doi:10.20950/1678-2305.2017.24.34.

- Castro, R.S., Borges, C.M.S. y Bezerra, F. (2006). Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, 110(1), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.06.006>.
- Eskenazi B., Harley K., Bradman A., Weltzien E., Jewell N.P., Barr D.B., Furlong C.E. y Holland N.T. (2004). Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. *Environ. Health Perspectives*, 112(10), 1116 - 1124.
- Ferraz de Arruda, L., Borghesi, R. y Oetterer, M. (2007). Use of fish waste as silage - A review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(5), 879 – 886.
- Flores, M.A. (2017). Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para Título. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- González, D. y Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica, FCV-LUZ*, XV(6), 560 – 567.
- Haider, M.S., Ashraf, M., Azmat, H., Khalique, A., Javid, A., Mustafa, G., Ashraf, S., Irfan, Altaf, M., Ali, Z. y Bashir, F. (2015). Nutritional efficacy of acid fish silage in *Labeo rohita* at grow out stage. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(3, Supp. 2), 519 - 526.
- Hernández, A.F., Gomez, M.A., Pena, G., Gil, F., Rodrigo, L., Villanueva, E. y Pla, A. (2004). Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterases from plastic greenhouse workers. *J. Toxicol. Environ. Health, Part A*, 67, 1095 - 1108. DOI: 10.1080/15287390490452371
- Karim, U.N., Lee, M.F. y Arshad, A.M. (2015). The effectiveness of fish silage as organic fertilizer on post-harvest quality of pak choy (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis*). *European International Journal of Science and Technology*, 4(5), 163 - 174.
- Márquez, C., Cano, P. y Rodríguez N. (2008). Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica en México*, 34(1), 69 – 74.
- Monares-Gallardo, I., Ceja-Torres, L.F., Escalera-Gallardo, C., Vázquez-Gálvez, G. y Ochoa-Estrada, S. (2012). Tamaño de partícula y tiempo de aplicación pre-siembra de harina de pescado (*Plecostomus* spp.) en producción de calabacita. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 147 – 155.
- Ramírez, J.C., Ibarra, J.I., Arce, F., Rosas, P., Ulloa, J.A., Matsumoto, K.S., Vallejo, B., y Mazorra, M.A. (2013). Preparation of biological fish silage and its effect on the performance and meat quality characteristics of quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Archives of Biology And Technology*. 56(6), 1002 – 1010.
- Santillana, N., Arellano, C. y Zúñiga, D. (2005). Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Ecología Aplicada*, 4(1,2), 47 – 51.
- Tanuja, S., y Nayak, S.K. (2017). Effect of fermented fish silage manure on the growth and yield of Okra (*Abelmoschus esculentum* (L.) Moench). *Global Journal of Bioscience and Biotechnology*, 6(2), 272 – 274.