

**Efecto de la aplicación de suero
ácido de leche en la producción de lechuga
(*Lactuca sativa* L.)**

Kevin Andrés Oña Méndez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de la aplicación de suero
ácido de leche en la producción de lechuga
(*Lactuca sativa* L.)**

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

Presentado por

Kevin Andrés Oña Méndez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Efecto de la aplicación de suero ácido de leche en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Kevin Andrés Oña Méndez

Resumen. El aprovechamiento del suero como subproducto del procesamiento en la industria láctea, es una alternativa para el enriquecimiento en la fertilidad del suelo, así como también la regulación del pH y degradación de materia orgánica. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de suero ácido en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga, variedad Kristine y en el pH del sustrato. Se utilizó un sustrato elaborado de 50% abonos orgánicos, 25% arena y 25% turba. Los tratamientos evaluados fueron mezclas de suero + agua ajustados a conductividades eléctricas de 1, 2, 3 mS/cm, comparadas con un testigo (agua). El efecto del suero se evaluó a los días 14, 21, 28 y 35 después del trasplante (DDT) en el peso fresco foliar (g) y pH de la solución del sustrato sustrato, y los rendimientos (t/ha) al día 35 DDT. Al día 14 y 21 DDT no hubo diferencias en el peso fresco, sin embargo a los días 28 y 35 DDT con una concentración de 1 mS/cm se obtuvo el mayor peso fresco foliar. El tratamiento 1 mS/cm presentó los mayores rendimientos (8.4 t/ha) en comparación con el testigo (5.4 t/ha). El pH de la solución del sustrato, fue superior en los tratamientos con suero, independientemente de la conductividad eléctrica. La aplicación de suero al sustrato generó un mayor peso fresco y rendimiento de lechuga a los días 28 y 35 DDT, e incrementó el pH en la solución del sustrato a los 14, 28 y 35 DDT.

Palabras clave: Abonos orgánicos, conductividad eléctrica, peso fresco.

Abstract. The use of whey as a by-product of the processing in the dairy industry, is an alternative that is presented for the enrichment of soil fertility, as well as pH regulation and organic matter decomposition. The objective of the study was to evaluate the effect of the application of acid whey on the growth and yield of lettuce cv. Kristine and the pH of the substrate solution. A substrate made of 50% organic fertilizers, 25% sand and 25% peat was used. The treatments were a mixtures of whey plus water adjusted to electrical conductivity of 1, 2, 3 mS/cm, compared to a control (water). The effect of whey was assessed at day 14, 21, 28 and 35 after transplant (DAT) on foliar fresh weigh, yields (t/ha) at the end of the growing cycle 35 DAT and changes in pH of the substrate solution. At 14 and 21 DAT there were no differences in weight, however with a concentration of 1 mS/cm at 28 and 35 DAT foliar fresh weight was higher relative to the control. The treatment applied with 1 mS/cm had higher yields (8.4 t/ha) compared to the control (5.4 t/ha). The pH of the substrate solution, was superior to the control in all treatments, regardless of the electrical conductivity. The application of whey to the substrate generated a higher foliar fresh weight and yield of lettuce at 28 day and 35 DAT, and increased pH of the substrate solution at 14, 28 and 35 DAT.

Key words: Electrical conductivity, fresh weight, organic fertilizers.

CONTENIDO

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Portadilla..... | i |
| Página de firmas..... | ii |
| Resumen..... | iii |
| Contenido..... | iv |
| Índice de cuadros y anexos..... | v |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MATERIALES Y METODOS..... | 3 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 7 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 10 |
| 5. RECOMENDACIONES..... | 11 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 12 |

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| Cuadros | Página |
|--|--------|
| 1. Resultados de análisis químico de suero ácido utilizado para la aplicación en cultivo de lechuga cv. Kristine..... | 3 |
| 2. Dosis y frecuencia de aplicación (tres veces/semana) de suero ácido para la aplicación en cultivo de lechuga cv. Kristine, Zamorano, Honduras..... | 4 |
| 3. Aporte de nutrientes de la muestra de suero, a conductividades eléctricas de uno, dos y tres mS/cm en una muestra de un litro..... | 4 |
| 4. Concentración aproximada de nutrientes en el suero, a conductividades eléctricas de uno, dos y tres mS/cm aplicado por hectárea con una densidad de 88,889 plantas/ha durante el ciclo de cultivo | 4 |
| 5. Análisis químico del sustrato (compost, bocashi y lombrihumus con relación 2:2:1, 25% arena y 25% turba) para la producción de lechuga cv. Kristine..... | 5 |
| 6. Rendimiento (t/ha) y peso fresco foliar (g/planta) a los 14, 21, 28, y 35 DDT de lechuga cv. Kristine. Zamorano, Honduras..... | 7 |
| 7. pH del sustrato a los 14, 21, 28, y 35 días después de trasplante, de lechuga cv. Kristine. Zamorano, Honduras..... | 7 |

1. INTRODUCCIÓN

El suelo, es un recurso natural, compuesto por varios elementos como partículas minerales, agua, aire, materia orgánica, y organismos del suelo. Este, se encuentra limitado por problemas comunes relacionados directamente con la actividad humana (FAO 2017). Los problemas que se presentan debido a la actividad humana son: la erosión, la desertificación, la contaminación, la compactación, el crecimiento de las ciudades y la pérdida de fertilidad (Bitácora Forestal 2011). La pérdida de fertilidad en el suelo es producto de cambios desarrollados en la composición del suelo, debidos a la contaminación y toxicidad de sustancias químicas, además de cambios en la estructura del suelo por mal uso de implementos agrícolas en el suelo (FAO 2017).

La materia orgánica en el suelo cumple un rol importante dentro de la composición del mismo, ya que contiene minerales, los cuales se van liberando lentamente y podrán ser utilizados por las plantas. En ella viven millones de microorganismos que le dan vida al suelo y que cumplen una gran cantidad de funciones importantes, como son descomponer la materia orgánica y liberar minerales (UCR s.f.) Las ventajas que tiene la incorporación de materia orgánica en los suelos agrícolas se ve reflejada en el efecto en la composición del suelo, al brindar estabilidad en la estructura y formación de agregados (Julca *et al.* 2006).

Son varios los productos para el mejoramiento, a partir de la materia orgánica. Los más utilizados como el bocashi, es un abono orgánico el cual activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrientes (Agüer 2013). El compost, es un abono orgánico que se puede preparar en una forma relativamente sencilla y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos (González 2017). El lombrihumus es un tipo de abono orgánico cuya función contribuye en el aporte de nutrientes, nitrógeno y hormonas. Además incrementa la tolerancia de cultivos ante heladas, mejora las características de terrenos arcillosos y arenosos (Huerto 2013).

El uso de derivados de productos lácteos ha sido una actividad agrícola que ha tomado fuerza en la actualidad. Una nueva forma ha surgido a partir de la utilización de suero de leche, solucionando algunos problemas relacionados con el aporte de nutrientes, regulación de pH y degradación de materia orgánica (Ketterings *et al.* 2017). El suero de leche, puede ser obtenido de dos formas, tanto ácidas como dulces. Estas presentan diferencias a pesar de ser derivados de productos lácteos. El suero dulce es un derivado de la producción de queso, ocurre cuando en la leche se produce un proceso en el cual se utiliza cuajo, es decir, mediante una fermentación enzimática de la leche (Grupo Poachteca 2015). Por otra parte, el suero ácido es un subproducto de alimentos como el yogur de estilo griego, queso cottage

y queso crema. Se obtiene por la acidificación natural o por la acción de ácidos orgánicos en una fermentación ácida de la leche, presenta un pH entre 4.3 - 4.7 (Grupo Poachteca 2015).

La cantidad de suero ácido a aplicar se determina de acuerdo al área, tomando en cuenta la disponibilidad o carencia de nutrientes, este método consiste además en impulsar la descomposición de la materia orgánica. Además, promueve la resistencia a plagas y enfermedades, incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante (Watson *et al.* 2017). Contiene bacterias lácticas, las cuales aceleran los procesos de descomposición de materia orgánica, e incrementa la disponibilidad de nutrientes (Arias 2007).

El suero posee una interacción con los microorganismos que se encuentran en el suelo, al momento de ser incorporado en el mismo. Esta interacción tiene el efecto de crear cambios bioquímicos que permiten el aumento de la disponibilidad de nutrientes en las plantas. (Ketterings *et al.* 2017). El uso de suero, surge como una nueva práctica de emplear fertilizantes orgánicos, evitando desgastes en el suelo, y propiciando un ambiente lleno de condiciones favorables, y enriqueciendo la actividad de microorganismos. La actividad microbiana permite incrementar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a la fijación de nitrógeno, y la descomposición de materia orgánica, además la mayor parte es aportada por el disacárido galactosa-glucosa (lactosa) (González 2009).

Realizar aplicaciones de suero en cultivos hortícolas puede generar beneficios en el rendimiento; incrementando la cantidad de microorganismos en el suelo, los cuales descomponen la materia orgánica y aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes (Valdivieso 2018).

Los objetivos de este estudio fueron:

- Evaluar el efecto de la aplicación de suero ácido en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga.
- Determinar el efecto de la aplicación de suero ácido en los cambios en el pH de la solución del suelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación.

El estudio se desarrolló en la Unidad de Agricultura Orgánica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yegüare a 30 km de la carretera Tegucigalpa a Danlí, Honduras, durante los meses de julio y agosto de 2018. En este tiempo se presentó una temperatura promedio de 23 °C, y una precipitación de 52 mm (datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en el lote Zorrales).

Suero ácido.

Para el estudio se utilizó suero ácido proveniente de la Planta Procesadora de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana. El suero utilizado es un subproducto de la elaboración de queso mozzarella. Se tomó una muestra de suero ácido, y se realizó un análisis en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana. El análisis indicó un pH fuertemente ácido, una conductividad eléctrica alta, un alto contenido de potasio, además de calcio y sodio y bajo contenido de magnesio y micronutrientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de análisis químico de suero ácido utilizado para la aplicación en cultivo de lechuga cv. Kristine

| pH | CE | Ca | Mg | K | Na | Cu | Fe | Mn | Zn |
|------|-----------|----------------|----|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | | -----mg/L----- | | | | | | | |
| 4.54 | 8.8 mS/cm | 345 | 67 | 2018 | 581 | <0.03 | >0.10 | <0.02 | >0.01 |

Fuente: Laboratorio de suelos, Zamorano.

Tratamientos.

Se evaluaron tres concentraciones de una mezcla de suero y agua hasta alcanzar conductividad eléctrica de uno, dos y tres mS/cm; estas fueron comparadas con un testigo sin aplicación (Cuadro 2).

La aplicación del suero se realizó tres veces por semana a partir del día siete después de trasplante (DDT), iniciando con una dosis de 50 mL de mezcla (agua + suero) por planta. En el día 14 DDT se incrementó la dosis de aplicación a 100 mL/planta y 150 mL/planta a partir del día 21 DDT (Cuadro 2), para un total de 1.35 L/planta. No se realizaron aplicaciones adicionales de fertilizantes.

Cuadro 2. Dosis y frecuencia de aplicación (tres veces/semana) de suero ácido para la aplicación en cultivo de lechuga cv. Kristine, Zamorano, Honduras.

| Tratamientos | Conductividad | & Dosis (mL/planta) | | |
|--------------|-------------------|---------------------|---------|---------|
| | Eléctrica (mS/cm) | D7-D13 | D14-D20 | D21-D35 |
| 1 | 1 | 50 | 100 | 150 |
| 2 | 2 | 50 | 100 | 150 |
| 3 | 3 | 50 | 100 | 150 |

&D: Día después de trasplante.

Con base en el análisis químico del suero y de acuerdo a las diluciones de suero + agua, se calculó el aporte de nutrientes (mg) por litro de solución aplicada (Cuadro 3) y el aporte de nutrientes por hectárea (Cuadro 4).

Cuadro 3. Aporte de nutrientes de la muestra de suero, a conductividades eléctricas de uno, dos, y tres mS/cm en una muestra de un litro.

| Tratamientos C.E. (mS/cm) | Ca | Mg | K | Na |
|------------------------------|----------------|------|-------|-------|
| | -----mg/L----- | | | |
| 1 | 46.0 | 8.9 | 269.0 | 77.5 |
| 2 | 95.8 | 18.6 | 560.6 | 161.4 |
| 3 | 147.9 | 28.7 | 865.0 | 249.0 |

Cuadro 4. Concentración aproximada de nutrientes en el suero, a conductividades eléctricas de uno, dos y tres mS/cm aplicado por hectárea con una densidad de 88,889 plantas/ha durante el ciclo de cultivo.

| Tratamientos C.E. (mS/cm) | Ca | Mg | K | Na |
|------------------------------|-----------------------|-----|-------|------|
| | -----kg/ha/ciclo----- | | | |
| 1 | 5.5 | 1.1 | 32.3 | 9.3 |
| 2 | 11.6 | 2.2 | 67.3 | 19.4 |
| 3 | 17.8 | 3.4 | 103.9 | 29.9 |

Sustrato.

El sustrato utilizado para el estudio fue compuesto de una mezcla de 50% abonos orgánicos (compost, bocashi, lombrihumus con relación 2:2:1), 25% arena y 25% turba. Los abonos orgánicos fueron elaborados en la Unidad de Agricultura Orgánica con ingredientes disponibles en la zona.

Se realizó un análisis químico del sustrato en el Laboratorio de Suelos. El sustrato presentó un pH ligeramente ácido de 6.52, con alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, magnesio y zinc (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis químico del sustrato (compost, bocashi y lombrihumus con relación 2:2:1, 25% de arena y 25% de turba) para la producción de lechuga cv. Kristine.

| pH | CO | MO | N _{total} | P | K | Ca | Mg | Na | Cu | Fe | Mn | Zn |
|------|------------------|------|--------------------|-----------------|------|------|-----|-----|----|-----|-----|------|
| | -----g/100g----- | | | -----mg/kg----- | | | | | | | | |
| 6.52 | 9.6 | 16.8 | 0.8 | 1094 | 3412 | 5388 | 874 | 328 | 3 | 303 | 110 | 31.6 |

C.O.: Carbono Orgánico.

M.O.: Materia Orgánica.

Fuente: Laboratorio de suelos, Zamorano.

Una vez mezclados los componentes del sustrato, se procedió al llenado de bolsas. Se utilizaron bolsas negras de polietileno de 20.32 cm de diámetro y 22.86 cm de alto. Las bolsas se colocaron en una de las camas acondicionadas de la Unidad de Agricultura Orgánica.

Cultivo.

El estudio se realizó en la producción del cultivo de lechuga de variedad Kristine. Se utilizaron semillas de tipo hoja de roble del cultivar Kristine. Las semillas se sembraron en la sección de plántulas de la Unidad de Ornamentales y Propagación de la Escuela Agrícola Panamericana, en bandejas de 162 celdas, se utilizó turba como medio de siembra. Las bandejas permanecieron dos días en cámaras de germinación y 23 días en un invernadero, tiempo en el cual se realizaron labores de riego y fertilización.

Establecimiento y manejo.

Previo al trasplante, se realizó la limpieza de las camas acondicionadas, en donde se colocaron las bolsas, eliminando malezas que hubiesen actuado como hospederos para plagas. Las deshierbas se realizaron semanalmente. Al momento del trasplante, se humedeció el sustrato y se procedió a la siembra de una planta por bolsa. Se regó día de por medio para asegurar que el sustrato se mantenga a humedad suficiente para el cultivo. La densidad de plantas fue de 88,889 plantas/ha acomodadas en bancales con distanciamientos de 37 cm entre plantas por cinco hileras.

Variables medidas.

Las variables medidas del cultivo fueron: peso fresco a los días 14, 21, 28 y 35 DDT, rendimiento de la planta al día 35 DDT propuesto por Benedetto en 2016 y pH de la solución del sustrato a los 14, 21, 28 y 35 DDT de acuerdo a la metodología propuesta por Torres y colaboradores en el 2016. Durante las cuatro semanas de medición, se seleccionaron cinco plantas al azar por cada unidad experimental.

Peso fresco de la planta. Se pesaron cinco plantas por cada tratamiento, para lo cual, se cortó la planta desde la base y se pesó el follaje individualmente en una balanza de la marca Cuisinart.

Rendimiento del cultivo. Para evaluar los efectos del suero en el cultivo, se realizó la cosecha al finalizar el ciclo a los 35 DDT, tomando cinco plantas de cada tratamiento por repetición. Se tomaron datos individuales, con los cuales se calculó el peso promedio por

tratamiento y se calculó el rendimiento en t/ha con base en la densidad de siembra utilizada en la unidad de Olericultura Extensiva de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Evaluación de pH y Conductividad Eléctrica del sustrato. Para evaluar los cambios desarrollados en ésta variable, se utilizó el método propuesto por el Departamento de Horticultura y Arquitectura de Áreas Verdes, de la Universidad de Purdue (Torres *et al.* 2016) en donde fue necesario llevar el sustrato a humedad suficiente para el cultivo, y una hora después se procedió a aplicar 75 mL de agua destilada. El agua que drenó después de aplicar el agua destilada se recolectó para la respectiva medición de pH con un medidor portátil de la marca HANNA, modelo Waterproof HI 98129.

El parámetro de conductividad dentro del estudio no se tomó en consideración para los resultados, debido a que durante la toma de datos se mostró una diferencia entre bloques, y un sesgo notorio entre tratamientos, debido a la metodología utilizada.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar, el cual constó de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, con 32 plantas por repetición, un total de 16 unidades experimentales. Los datos fueron analizados mediante un ANDEVA y una separación de medias de Duncan con una probabilidad ≤ 0.05 usando el programa estadístico SAS versión 9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso fresco foliar y rendimiento.

Para los días 14 y 21 DDT, no hubo un efecto de los tratamientos sobre el peso fresco de la lechuga. Estos resultados pueden atribuirse al poco desarrollo que normalmente se presenta en esta cultivar los primeros 21 DDT. En el día 28 después del trasplante, las plantas aplicadas con suero tuvieron un peso fresco foliar mayor al testigo. A los 35 DDT, las plantas que se les aplicó la concentración baja (1 mS/cm) tuvieron un peso mayor al testigo, 80.2 a 94.1 g/planta versus 61.7 g/planta respectivamente (Cuadro 6).

De acuerdo a las normas de producción integrada del Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA 2007), los niveles óptimos de conductividad eléctrica para lechuga deben ser inferiores a 2 mS/cm. Es evidente que la aplicación de suero incrementa el peso fresco foliar. Sin embargo, al incrementar la conductividad eléctrica, a niveles iguales o superiores a 2mS/cm, el peso tiende a disminuir. De acuerdo a una investigación realizada por Cepeda *et al.* (2014) el efecto de una conductividad mayor a 2 mS/cm en el suelo, inhibe el crecimiento de las plantas, causada por acumulación de iones, principalmente sodio, calcio, magnesio y cloro. Havlin y colaboradores (2005) mencionan que a partir de una conductividad eléctrica de 1,3 mS/cm, se produce una pérdida de productividad del 13%. Lo que justifica el menor peso en los tratamientos utilizando mayores conductividades eléctricas.

Cuadro 6. Rendimiento (t/ha) y peso fresco foliar (g/planta) a los 14, 21, 28, y 35 DDT de lechuga cv. Kristine. Zamorano. Honduras.

| Tratamientos C.E (mS/cm) | Peso fresco foliar (g/planta) | | | | Rendimiento (t/ha) | |
|-----------------------------|----------------------------------|--------|-------------------------|---------|-----------------------|--|
| | 14 DDT | 21 DDT | 28 DDT | 35 DDT | 35 DDT | |
| 1 | 3.9 | 15.8 | 61.9 a ^{&} | 94.1 a | 8,4 a | |
| 2 | 3.8 | 14.3 | 53.5 a | 80.2 ab | 7,1 ab | |
| 3 | 3.1 | 12.0 | 40.6 a | 71.2 bc | 6,3 bc | |
| Testigo | 3.5 | 11.4 | 35.4 b | 61.7 c | 5,4 c | |
| Probabilidad | ns | ns | ** | * | * | |

DDT: Días después de trasplante,

ns: No hay diferencia significativa ($P > 0.05$), * $P \leq 0.05$. ** $P < 0.0001$. [&] Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

El desarrollo de las planta de lechuga está determinada por la concentración de nutrientes en el suelo (Alvarez 2018). De acuerdo a la concentración de suero aplicado por hectárea durante todo el ciclo, se puede atribuir también que las conductividades mayores a 2 mS/ms presentaron mayor concentración de nutrientes (Cuadro 3). Sin embargo no se presentaron valores considerables de peso fresco y rendimiento. A diferencia del tratamiento de conductividad 1 mS/cm, el cual presentó los mejores resultados en dichas variables, por lo cual además del aporte nutricional la CE es determinante.

El tratamiento con la aplicación de suero a una concentración de 1 mS/cm obtuvo rendimientos superiores al testigo, de 7.1 a 8.3 t/ha versus 5.5 t/ha del testigo, respectivamente (Cuadro 6). Estos datos son congruentes a un estudio que probó la utilización de microorganismos como bacterias ácido láctico, donde se menciona que la introducción de estos organismos, incrementa la disponibilidad de ciertos nutrientes (García 2016). Los resultados se pueden atribuir a que la aplicación de bacterias lácticas al sustrato, pudo descomponer la materia orgánica del medio y generar disponibilidad de ciertos nutrientes que probablemente intervinieron en el incremento del peso y rendimiento.

De acuerdo a Miranda y Sánchez (2017) los rendimientos de lechuga con una densidad de 88,889 plantas/ha fueron de 20.7 t/ha a diferencia del presente estudio que se obtuvo un rendimiento de 8.4 t/ha en el mejor tratamiento. Similar a lo planteado por Miranda y Sánchez (2017), la Unidad de Olericultura Extensiva obtuvo rendimientos de 20.2 t/ha para el cv. Kristine en las mismas fechas del presente estudio. Los bajos rendimientos obtenidos en este estudio se pudieron atribuir a la utilización de bolsas de polietileno influyendo en el desarrollo y profundidad de raíces en las diferentes etapas del ciclo del cultivo, por otro lado no se aplicó fertilizantes a las plantas, disponiendo únicamente de los elementos proporcionados por el suero y el sustrato.

pH del sustrato.

A través del tiempo los tratamientos y el cultivo modificaron el pH del sustrato a los 14, 28 y 35 DDT ($P \leq 0.05$). Sin embargo, al día 21 DDT, no se presentó diferencia entre los tratamientos. Para esos días, el pH de los tratamientos aplicados con suero, independiente de la conductividad eléctrica, fueron superiores al testigo (Cuadro 7). Estos resultados son similares a un estudio realizado con bacterias ácido lácticas, que fueron introducidas a sustratos, en las cuales no existió un efecto acidificante en los sustratos, al contrario, ocurrió un cambio leve, alcalinizando el pH (García 2016).

Los cambios en el pH se pueden atribuir a que probablemente las bacterias ácido lácticas del suero degradaron el nitrógeno orgánico presente en el sustrato mediante un proceso de mineralización, el cual consiste, en la transformación del nitrógeno en amonio, debido a la posible acción de los organismos presentes en el sustrato (Havlin *et al.* 2005).

El incremento del pH en la solución del sustrato de los tratamientos se puede atribuir también, a que el producto de la nitrificación es convertir el amonio en nitrato, liberando iones de hidrógeno, y permitiendo la absorción de nitratos y la liberación de hidróxidos por la planta. De acuerdo a (Havlin *et al.* 2005), la liberación hidróxidos incrementa los niveles de pH en el sustrato.

Cuadro 7. pH del sustrato a los 14, 21, 28, y 35 días después de trasplante, de lechuga cv. Kristine. Zamorano, Honduras

| Tratamientos C.E. (mS/cm) | pH del sustrato | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 0 DDT | 14 DDT | 21 DDT | 28 DDT | 35 DDT |
| 1 | 6.5 | 6.4 a ^{&} | 7.1 | 7.3 a | 7.4 a |
| 2 | 6.5 | 6.5 a | 7.2 | 7.4 a | 7.4 a |
| 3 | 6.5 | 6.6 a | 7.1 | 7.4 a | 7.4 a |
| Testigo | 6.5 | 6.3 b | 6.9 | 6.7 b | 7.2 b |
| Probabilidad | ns | * | ns | ** | * |

DDT Día después de trasplante.

ns. No hay diferencia significativa * $P \leq 0.05$. ** $P > 0.0001$. & Los valores con letras diferentes difieren significativamente, según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

El sustrato presentó niveles altos de materia orgánica de acuerdo al análisis químico realizado, por lo tanto presenta una capacidad de intercambio catiónico alta (Brady y Weil 2008). Al día 14 y 28 DDT, hubo una disminución en el pH en el testigo, probablemente por las bacterias presentes en el sustrato, las que realizaron procesos de nitrificación, liberando iones de hidrógeno en la solución del sustrato, debido a organismos nitrificantes, los cuales son responsables de acidificar el medio (Havlin *et al.* 2005).

Se menciona también que a medida que los microorganismos descomponen la materia orgánica del suelo, liberan CO_2 , el cual reacciona rápidamente con agua para producir H^+ y HCO_3^- , lo cual pudo generar una disminución en los niveles de pH lo cual no ocurrió en los tratamientos donde se aplicó suero (Cuadro 7).

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de suero ácido al sustrato no mostró un efecto sobre el peso fresco de la lechuga variedad Kristine en las etapas tempranas del cultivo, sin embargo se obtuvo un incremento en el peso a partir de los días 28 y 35 después de trasplante.
- El uso de suero ácido ajustado a una conductividad eléctrica de 1 mS/cm generó mejores rendimientos que ajustado a dosis más altas.
- La aplicación de suero independiente de la conductividad generó un incremento en el pH del sustrato.

5. RECOMENDACIONES

- Aplicar suero ácido ajustado a conductividades de 1 mS/cm para mejores rendimientos en cultivos de Lechuga variedad Kristine.
- Evaluar el contenido de elementos en el sustrato al finalizar el experimento, para conocer el cambio en la composición nutricional.
- Desarrollar el experimento en distintos tipos de suelo, para comprobar el efecto del suero en diferentes condiciones del cultivo.
- Realizar la medición de la raíz, (longitud, volumen y diámetro), con el afán de observar si la planta desarrolla mejor sostén en el sustrato utilizado, de igual manera analizar el área de absorción de éstas.
- Realizar más experimentos, incluyendo la variable de conductividad eléctrica, con el fin de conocer el comportamiento de esta variable por efecto de la aplicación de suero.

6. LITERATURA CITADA

- Agüer DR. 2013. Generalidades de los abonos orgánicos. [Consultado 2017 nov 15]. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007
- Arias Vega C. 2007, Estudio de 2 Grupos de microorganismos como agentes aceleradores de descomposición de los desechos sólidos orgánicos originados en los comedores de ESPOL. [Tesis] Escuela Superior Politécnica del Litoral-Ecuador. 12p.
- Alvarez Á. 2018. Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga [internet]. Medellín: Gobernación de Antioquia. [Consultado 2018 sep 15]. <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20LECHUGA.pdf>
- Bitácora Forestal 2011. El suelo y sus problemas actuales [internet]. Ciudad de México: [Consultado 2017 nov 10]. <https://bitacoraforestal.wordpress.com/2011/10/26/el-suelo-y-sus-problemas-actuales/>
- Brady N, Weil R. 2008. The Nature and Properties of Soils. 4th Edition. New Jersey (EEUU) Pearson Pentice Hall. 370 p.
- Cepeda A, Valdez L, Castillo A, Ruiz N. 2014. Respuestas de lechuga a la conductividad eléctrica con riego superficial y subirrigación. [Consultado 2018 sep 15]. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000700008
- FAO 2017. El suelo. Depósito de documentos de la FAO. [Consultado 2017 oct 18]. <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm>
- García T. 2016. Evaluación de la producción y aplicación de un biofertilizante a partir de desechos orgánico [Tesis]. Pontificia Universidad Católica de Chile. 16p.
- González JA. 2017. Compost Ecocomunidad [internet]. Montevideo: [Consultado 2017 oct 15]. <http://www.ecocomunidad.org.uy/ecosur/txt/compost.htm>

- González S. 2009. Evaluación de la fermentación de mezclas de suero láctico y melaza para la obtención de etanol. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2009. 4 p. [Consultado 2018 jun 10]. <https://es.scribd.com/document/35362349/evaluacion-de-la-fermentacion-de-mezclas-de-suero-lactico-y-melaza-para-la-obtencion-de-etanol>
- Grupo Poachteca. 2015. Obtención de suero de leche [internet]. [Consultado 2017 oct 30]. <https://www.pochteca.com.mx/suero-de-leche/>
- Havlin J, Tisdale S, Beaton J y Nelson W. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. 4th Edition New Jersey (EEUU) Pearson Pentice Hall. 99 p.
- Huerto M. 2013. Tipos de Abonos orgánicos. EcoAgricultor. [Consultado el 2017 oct 18]. <https://www.ecoagricultor.com/tipos-de-abonos-organicos/>
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2007. Producción integrada, normas de producción lechuga a campo [internet]. Montevideo: INIA; [Consultado 2018 sep 8].: <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/PI/doc/Lechuga%20a%20Campo%20k%20orig.pdf>
- Julca A, Meneses L, Blas R, Bello S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la Agricultura. [Consultado 2017 nov 15]. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100009&script=sci_arttext&tlng=pt
- Ketterings Q, Czymmek K, Gami S, Godwin G, Ganoë K. 2017. Acid Whey application (en línea). Consultado el 24 de octubre de 2017. Disponible en: <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/files/AcidWheyGuidelines2017.pdf>
- Miranda J, Sánchez R. 2017. Efecto de la configuración de la plantación en el rendimiento y rentabilidad de lechuga en campo abierto. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano-Honduras. 17 p.
- Torres A, Camberato D, Lopez R, Mickelbart M. 2016. Producción comercial de cultivos bajo invernadero Y vivero [internet]. Indiana (EEUU). [Consultado 2018 sep 2]. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-237-SW.pdf>
- UCR (Universidad de Costa Rica). (s.f.). Buenas Prácticas Agrícolas [internet]. San José: UCR. [Consultado 2018 jun 2]. <http://www.buenaspracticasadagricolas.ucr.ac.cr/index.php/manejo-suelo/el-manejo-de-la-materia-organica>
- Valdivieso MB. 2018. Lactofermentos. Fitorreguladores en agricultura [internet]. Quito: MAGAP [Consultado 2018 agosto 3]. <https://saludorganicasostenible.com/lactofermentos/>

Watson K, Peterson AE, Powell RD. 2017. Water environment federation whey on agricultural land [internet]. Wisconsin: [Consultado 2018 nov 1]. <http://www.jstor.org/stable/pdf/25039215.pdf?refreqid=excelsior:b953391124ec152a9008fe239fc439d8>