



## EFFECTOS DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO Y EL DESARROLLO Y CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*)

Analissa Arcila<sup>1</sup>, Luis Amaíz<sup>2</sup>, Domenico Pavone<sup>1,3</sup>, Rafaél López-Loyo<sup>2</sup>, Rosmary Vargas<sup>2</sup>, Oscar Valbuena<sup>1,3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT); <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA), Facultad de Ciencias de la Salud (FCS); <sup>3</sup>Centro de Biotecnología Aplicada (CBA), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT); Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

### Resumen

Los elevados volúmenes de vinaza generados por las empresas fabricantes de bebidas alcohólicas y bioetanol han propiciado la búsqueda de usos de la vinaza que minimicen la contaminación ambiental y que generen algún producto de mayor valor agregado. En este estudio se determinaron, al adicionar vinaza de caña de azúcar, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del suelo y su efecto sobre el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L). El tratamiento con cantidades de vinaza 20 %v/v (17- 36 mL equivalentes a 51-109 m<sup>3</sup> /ha), disminuyó el pH del suelo, aumentó moderadamente la conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica y redujo (90%) la biomasa microbiana. El pretratamiento de semillas con vinaza a diferentes concentraciones disminuyó la germinación y a concentraciones de 75-100% de vinaza, la inhibió totalmente. La longitud de los tallos, número de hojas/planta y biomasa de las plantas y masa aérea/planta aumentaron a niveles del 36-55%. Estos resultados sugieren un posible uso de la vinaza como enmienda orgánica en suelos para cultivar de cilantro.

**Palabras clave:** cilantro. *Coriandrum sativum*, germinación, microbiota, biomasa, vinaza.

### Effects of the sugarcane vinasse on the soil properties and the development and culture of coriander (*Coriandrum sativum*)

#### Abstract

The high volumes of vinasse generated by the alcoholic beverages and bioethanol industries have driven the search for vinasses uses that reduce the environmental pollution and yield some high aggregated value product. In this study physical chemical and microbiological parameters in soils and its effects on the coriander (*Coriandrum sativum* L) cultivation after addition of 20% v/v sugarcane vinasse were assessed. The treatment with vinasse (17-36 mL equivalent to 51-109 m<sup>3</sup> /ha) decreased the pH and increased the electric conductivity and organic matter content, the microbial biomass was (90%) reduced. The treatment of seeds with different vinasse concentrations decreased the germination and at 75-100% it was totally inhibited. The length of stems, number of leaves/plant and plant and aerial biomasses increased to 36-55% levels. These results suggest a possible use of vinasse as organic amend in soils to grow coriander.

**Key words:** coriander, *Coriandrum sativum*, germination, microbiota, biomass, vinasse.

## Introducción.

El principal subproducto de las empresas fabricantes de bebidas alcohólicas destiladas y bioetanol es la vinaza, líquido proveniente de la fermentación de mostos agrícolas de variado origen presentando altas demandas química y biológica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente), altas concentraciones de carbohidratos, fenoles, nitrógeno, fósforo, potasio y hierro, pH bajo y coloración oscura (Rodrigues & Hu, 2017; Djukic-Vukovic *et al.*, 2013). El volumen de vinaza generado supera por más de un orden de magnitud al de etanol fabricado, únicamente en los Estados Unidos, Brasil, México y Argentina se producen más de  $1,4 \times 10^{12}$  L/año (España-Gamboa *et al.*, 2017; Rodrigues & Hu, 2017; Farias-Silva & Souza-Abud, 2016) y en Venezuela en solo dos empresas productoras de ron se generaron  $1,7 \times 10^6$  L/año (Gómez & Rodriguez, 2000). Estos elevados volúmenes causan, antes de su descarga al medio ambiente, problemas de almacenamiento y altos costos para su procesamiento (Moraes *et al.*, 2015; Djukic-Vukovic *et al.*, 2012) reportándose efectos negativos sobre el medio ambiente (Christofoletti *et al.*, 2013) y ecosistemas, particularmente en suelos y aguas (Rodrigues & Hu, 2017; Jiang *et al.*, 2012). Debido a su alto valor de DQO se ha indicado su posible uso como fuente de carbono y minerales para el cultivo de una amplia variedad de especies vegetales, señalándose la necesidad de efectuar pretratamientos adecuados de las vinazas antes de su uso en riego o procesos industriales (Farias-Siva & Souza-Abud, 2016; Amir *et al.*, 2005; Marques *et al.*, 2013). El uso apropiado de vinazas en procesos oxidativos, fermentativos y químicos constituyen actividades que pueden contribuir a disminuir su contenido orgánico y mineral, a transformar la materia orgánica y mineral en biomasa nutritiva y ahorro en el gasto de agua de riego en labores agrícolas (Rodrigues & Hu, 2017).

Debido a su contenido de minerales y alta DQO, su abundancia, bajo valor económico y causante de problemas ambientales y ecológicos es deseable se investigue sobre su posible utilización en actividades productivas industriales/agropecuarias que generen insumos de alto valor agregado, tal es el caso de cultivos de especies vegetales de periodo vegetativo corto. El cilantro (*Coriandrum sativum* L) es una planta anual de la familia de las Apiáceas de 40-60 cm de altura, de ciclo vegetativo corto, crecimiento a los 40-45 días y floración a los 75. Es ampliamente distribuido en los cinco continentes y utilizado como condimento y material medicinal (Shashidhart *et al.*, 2017) debido a su contenido de sustancias bioactivas (Laribi *et al.*, 2015), aceites esenciales (Nadeem *et al.*, 2013; Orav *et al.*, 2011) y vitaminas (Bajpai *et al.*, 2005). Su producción es superior a las 600.000 t/año, siendo su principal productor India, Venezuela importa cilantro en más de 100 t/año (Arizo & Curioni, 2011). En este trabajo se determinan algunos parámetros fisicoquímicos del suelo utilizado para crecer cilantro antes y después de su tratamiento con diferentes cantidades de vinaza de caña de azúcar 20% v/v y luego de 90 días de germinación de sus semillas. Adicionalmente se determinan parámetros biométricos y fisiológicos de las plantas antes y después del tratamiento con vinaza.

## Métodos y Materiales

**1-Vinaza:** la muestra fue tomada de la laguna de disposición final de una empresa destiladora de etanol, en recipientes de 20 L y trasladada al Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA UC); se filtró con un colador de algodón, se diluyó con agua destilada a una concentración de 20 % v/v y se almacenó a 10 °C hasta su uso.

**2-Suelo:** las muestras se colectaron en el sector agrícola de Aguirre, Municipio Montalban, Estado Carabobo, Venezuela; 10°12'50. 44" N de latitud y 68°16'38.36"

O de longitud (Google Maps, 2015). Las muestras se tomaron a una separación de 10 m, mediante un muestreo de tipo zig-zag, colectando material hasta 30 cm de profundidad y un área total aproximada de 40 m<sup>2</sup>. Se colectaron 10 muestras, las cuales se mezclaron para constituir una muestra única empleada en todos los experimentos.

**3-Semillas de cilantro** (*Coriandrum sativum* L): semillas certificadas fueron adquiridas de Agrovitas C.A., Valencia, Venezuela.

**4-Determinación de parámetros fisicoquímicos:** porciones de suelo se secaron al aire por 72 h, se tamizaron en una malla de 2 mm y se almacenaron en recipientes herméticamente sellados. El contenido de materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE) y pH se determinaron de acuerdo a Nelson & Sommers, 1996; Jackson, 1970, respectivamente y el contenido de sólidos

**6-Germinación de semillas de cilantro:** 10 semillas se sumergieron en 10 mL de diferentes diluciones de vinaza (5, 10, 20, 50, 70 y 100% v/v) durante 12 h y a temperatura ambiente. Luego las semillas se sembraron a 2 cm de profundidad y 3 cm de separación en una bandeja con suelo agregándose 20 mL de agua por aspersión. Por cada concentración de vinaza se implementaron 3 réplicas. El tiempo de emergencia de la plántula fue hasta de 20 días después de la siembra.

**7-Dosis de vinaza aplicadas al suelo:** la vinaza fue aplicada en una sola dosis, por vertido directo (chorreo) y luego de 72 h se sembraron las semillas. Los volúmenes de vinaza 20 %v/v adicionados por bolsa de cultivo fueron 17, 26, 30, 33 y 36 mL (tratamientos T1-T5 respectivamente) con una superficie libre promedio de 33cm<sup>2</sup>. Por cada dosis de vinaza y el control T0 (suelo con vinaza y sin semillas), se implementaron 8 réplicas. En algunos experimentos se implementaron dos controles, In (suelo de Aguirre sin ninguna

totales (peso seco) por gravimetría (Norma COVENIN 2461-2005). Las determinaciones se efectuaron por triplicado.

**5-Characterización microbiológica:** porciones de suelo fresco se transfirieron a recipientes esterilizados y se conservaron a 4 °C hasta su uso. Porciones de 10 g de suelo se resuspendieron en 90 mL de agua peptonada 0,1 % estéril, preparándose diluciones (10<sup>-1</sup>, 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-5</sup>) y sembrándose, mediante el método de vertido en placas (Madigan *et al.*, 2004), en agares nutritivo, Mac Conkey, cetrimida y Sabouraud (suplementado con amoxicilina) para la cuantificación de aerobios mesofilos (AM), coliformes totales (CT), *Pseudomonas* sp (P) y mohos y levadura (ML), respectivamente. Las placas se incubaron por 48 h a 37 °C.

adición) y T0 (suelo de Aguirre con vinaza y sin semillas).

**8-Determinación de parámetros biométricos:** las mediciones se efectuaron antes de la floración de las plantas determinándose longitud del tallo (desde la base a la rama distal más larga), número de hojas por planta, peso fresco y peso seco (PF y PS respectivamente) de la planta incluida la raíz y de la masa aérea (hojas, tallo y ramas).

**9-Análisis estadísticos:** se aplicaron pruebas de ANOVA, Turkey, Kruskal-Wallis y Mann Whitney. Todas se ejecutaron con el programa estadístico Past, versión 2.

## Resultados.

**1-Characterización fisicoquímica del suelo tratado con vinaza 20% y usado para cultivar cilantro.** Algunos parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después de adicionar vinaza 20% y su posterior uso en cultivar cilantro se presentan en la tabla 1A.

El pH en T1-T5 permaneció a niveles ligeramente ácidos, ubicándose entre 5,70 (T4) y 5,95 (T5), mientras que en los controles sin vinaza In (suelo de Aguirre sin ningún tratamiento) y T0 fueron de 6,05 y 5,97 respectivamente. Las pruebas estadísticas ANOVA y Turkey indicaron diferencias significativas en T1 y T4-T5 respecto a los controles In y T0 ( $p=1 \times 10^{-6}$ ). La conductividad eléctrica CE incrementó, comparada a In, en todos los tratamientos incluido T0, sin mostrar una relación respecto a la dosis de vinaza aplicada. El control In presentó el valor más bajo, 60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que en los otros tratamientos T0-T5 los valores fueron muy superiores variando entre 765  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2047

$\mu\text{S}/\text{cm}$  (T2). Las variaciones en la CE (valor promedio de 1526  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) indican que los suelos tratados son ligeramente salinos, al asumir que valores inferiores a 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  constituyen suelos no salinos (Boulding, 1994). La materia orgánica en los tratamientos T1-T4, variando, con altibajos, entre 8,27 (T1) y 11,01% (T2), para disminuir a 7,12% en T5, valor más bajo que el detectado en los controles In y T0 (7,94 % en ambos casos); sin embargo, el valor promedio (T1-T5) fue de 8,91% superando el valor de los controles, y el incremento en los tratamientos T1-T4 fue estadísticamente significativo ( $p=0,001$ ) en relación a los controles.

**Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de suelo utilizado para cultivar cilantro en presencia de vinaza 20% v/v**

**A: Valores de pH, conductividad eléctrica (CE) y materia orgánica (%MO).**

Tratamiento	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{c}$ )	%MO (g/g)
<b>In</b>	6,05 $\pm$ 0,07	60 $\pm$ 5	7,94 $\pm$ 0,46
<b>T0</b>	6,97 $\pm$ 0,08	1.128 $\pm$ 31	7,94 $\pm$ 0,46
<b>T1</b>	5,73 $\pm$ 0,08	1.560 $\pm$ 104	8,27 $\pm$ 1,91
<b>T2</b>	5,89 $\pm$ 0,08	2.047 $\pm$ 202	11,00 $\pm$ 0,57
<b>T3</b>	5,81 $\pm$ 0,09	765 $\pm$ 140	9,05 $\pm$ 0,11
<b>T4</b>	5,70 $\pm$ 0,11	1.299 $\pm$ 116	9,13 $\pm$ 0,38
<b>T5</b>	5,95 $\pm$ 0,17	1.959 $\pm$ 124	7,12 $\pm$ 0,98
Promedios T1-T5	5,82 $\pm$ 0,11	1526 $\pm$ 522	8,91 $\pm$ 1,42

**B: Carga microbiana.**

Tratamiento	AM	CT	P	ML
	UFC/g	UFC/g	UFC/g	UFC/g
<b>In</b>	1,5 x 10 <sup>6</sup> $\pm$ 2178	1,4 x 10 <sup>3</sup> $\pm$ 124	< 1	4,17 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 364
<b>T0</b>	2,0 x 10 <sup>6</sup> $\pm$ 26,29	1,8 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 29	< 1	5,30 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 95
<b>T1</b>	6,00 x 10 <sup>5</sup> $\pm$ 4700	1,23 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1485	< 1	5,30 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 143
<b>T2</b>	6,04 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 3007	3,00 x 10 <sup>3</sup> $\pm$ 400	< 1	5,25 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 70
<b>T3</b>	4,55 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1414	1,53 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1626	< 1	5,10 x 10 <sup>3</sup> $\pm$ 565
<b>T4</b>	2,71 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 2610	4,00 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 82	< 1	1,60 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 197
<b>T5</b>	4,00 x 10 <sup>5</sup> $\pm$ 7071	3,15 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 615	< 1	2,24 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1414
Promedios T1-T5	2,20 x 10 <sup>5</sup>	1,25 x 10 <sup>4</sup>	< 1	8,91 x 10 <sup>3</sup>

**In:** suelo de Aguirre sin ningún tratamiento. **T0:** cultivo control sin vinaza. **T1-T5:** cultivos con vinaza (17, 26, 30, 33 y 36 mL por bolsa respectivamente). **AM:** aerobios mesófilos; **CT:** coliformes totales; **P:** *Pseudomonas* sp; **ML:** mohos y levaduras

**2- Caracterización microbiológica de suelo tratado con vinaza 20%.** Las cargas de aerobios mesófilos AM después de adicionar cantidades diferentes de vinaza 20% a muestras de suelo se detalla en la

tabla 2. A las 24 h de tratamiento la carga bacteriana, comparada con el control In, descendió desde  $1,5 \times 10^6$  UFC/g a valores cercanos a  $2,3 \times 10^5$  UFC/g equivalente

**Tabla 2. Efecto de la vinaza 20% sobre la carga microbiana del suelo (UFC/gss).**

Tratamiento	<u>Aerobios mesófilos (AM) x 10<sup>-5</sup></u>		<u>Coliformes totales (CT)x10<sup>-3</sup></u>	
	<u>24h</u>	<u>48h</u>	<u>24h</u>	<u>48h</u>
<b>In</b>	15,0	-	1,8	-
<b>T1</b>	2,3	1,8	4,9	6,0
<b>T3</b>	1,7	1,6	9,0	5,9
<b>T5</b>	2,3	2,0	3,0	22,0

In: suelo control sin agregado de vinaza; T1, T3 y T5: suelos complementados con 17, 30 y 36 mL de vinaza 20% respectivamente; gss: gramos de suelo seco.

a una reducción del 85 % (), observándose en la carga bacteriana un ligero incremento a las 48 h de tratamiento. En la tabla 2 se muestra la carga correspondiente a los coliformes totales CT en los sistemas descritos anteriormente. La carga de CT incrementó desde  $1,8 \times 10^3$  UFC/g en el control In a valores máximos de  $2,2 \times 10^4$  UFC/g (tratamiento TA5, 48h); a las 24 h todos los tratamientos superaron al control In. Aunque los CT incrementaron y los AM disminuyeron, nunca los CT superaron a los AM.

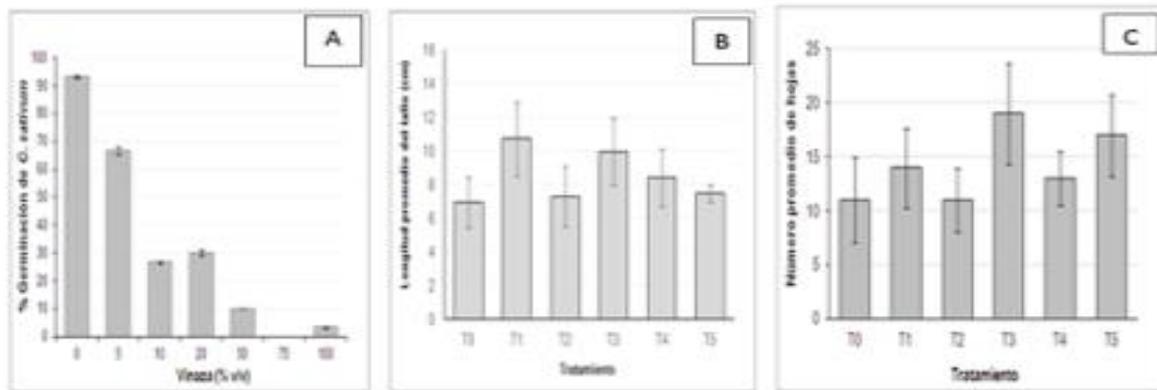
Luego se procedió a determinar las cargas microbianas de AM, CT, *Pseudomonas* sp (P) y mohos/levaduras (ML) en muestras de suelo tratadas con vinaza 20% y utilizadas para cultivar cilantro después de 90 días de la germinación. En este ensayo se incluyeron dos controles, suelo de Aguirre (In) y suelo utilizado para cultivar cilantro (T0), ambos sin adicionar vinaza 20%. En la tabla 1B se muestran los resultados. En ninguno de los ensayos (controles In y T0 y sistemas tratados con vinaza 20% T1-T5) se detectó P. Las cargas de AM ( $2,0 \times 10^6$  UFC/g) y ML ( $5,3 \times 10^2$  UFC/g) en T0 fueron ligeramente superiores a los

correspondiente valores en In ( $1,5 \times 10^6$  y  $4,17 \times 10^2$  UFC/g). Al comparar T0 con T1-T5 se detectó un descenso en los AM (desde  $2,0 \times 10^6$  a valores del orden de  $10^4$  UFC/g); la población fúngica ML permaneció constante en T1 y T2 (en el orden de  $10^2$  UFC/g) para crecer progresivamente hasta valores de  $2,2 \times 10^4$  UFC/g en T5. La carga en CT mostró variabilidad, mostrando altibajos, sin relación a la dosis de vinaza aplicada; en general todos los tratamientos T1-T5 presentaron mayor contenido de CT ( $4,0 \times 10^2$  a  $3,15 \times 10^4$  UFC/g) respecto al control T0 ( $1,8 \times 10^2$  UFC/g). Es de hacer notar que los AM en los tratamientos T1-T5, con un promedio de  $2,2 \times 10^5$  UFC/g predominaron sobre los CT y ML con valores promedios de  $1,25 \times 10^4$  y  $8,91 \times 10^3$  UFC/g respectivamente.

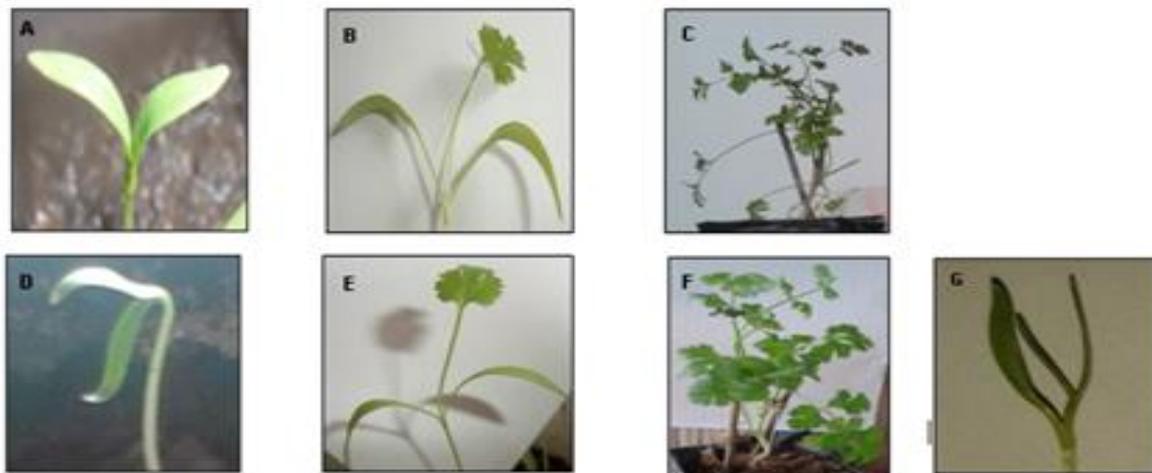
**3-Efectos de la vinaza 20% sobre el desarrollo de cilantro.** Efecto sobre la germinación de semillas: el porcentaje de semillas germinadas de cilantro tratadas con vinaza pura a diferentes concentraciones se muestra en la figura 1A. Se detectó inhibición en todas las concentraciones ensayadas, la germinación disminuyó a 66,6% (20 plantas de 30 posibles) en el

tratamiento al 5%, decreciendo progresivamente hasta valores de 0 y 3,3% (1 planta de posible 30); al 50% se obtuvieron 3 plantas (10% de germinación) y a concentraciones de 50 y 100%, las

plántulas obtenidas presentaron alteraciones morfológicas en las hojas primarias, con hojas fusionadas y una tercera hoja aparentemente independiente (figura 2G). Adicionalmente la apariencia de las plantas fue endeble.



**Figura 1. Efectos de la concentración de vinaza sobre el desarrollo de cilantro.** A: % de germinación de semillas. B: longitud promedio del tallo. C: número promedio de hojas.



**Figura 2. Desarrollo vegetativo de *C. sativum* con y sin vinaza.** A: hojas primarias de T0 a los 8 días de siembra. B: primera hoja diferenciada de T0. C: planta completa T0 a los 90 días de cultivo. D: germinación de cilantro tratado con vinaza al 20% v/v, 8 días después de la siembra. E: primera hoja diferenciada de T1. F: planta completa de T1 a los 90 días de cultivo. G: alteración morfológica de las hojas de cilantro tratada con vinaza al 50% v/v.

Efecto sobre el tallo: la longitud del tallo en plantas de cilantro se muestra en la figura 1B, observándose incrementos en todos los

tratamientos, la longitud de 7 cm en T0 incrementó a 11 cm en T1, estadísticamente significativo ( $p=0,018$ ), para luego

disminuir progresivamente hasta 8 cm en T5.

Efecto sobre el número de hojas: en la figura 1C se evidencia que en T3 las plantas presentaron el mayor número de hojas (19). En general todos los tratamientos con vinaza presentaron un mayor número de hojas que el control T0 (11 hojas), diferencias estadísticamente significativas

( $p=0,00081$ ), mostrando una variación entre 11 (T2) y 17 (T5) hojas con valores intermedios de 13 y 14 hojas en los otros tratamientos.

Efecto sobre la biomasa: los pesos frescos (PF) y pesos secos (PS) de las plantas de cilantro después de 90 días de la germinación se muestran en la tabla 3A

**Tabla 3. Biomasa de cilantro en presencia y ausencia de vinaza 20 %v/v.**

<b>A: masa de planta completa.</b>			
Tratamiento	Peso fresco (PF) (mg/planta)	Peso seco (PS) (mg/planta)	PS/PF
<b>T0</b>	388,31±60,51	90,75±17,47	0,234
<b>T1</b>	706,09±110,30	123,21±29,79	0,174
<b>T2</b>	500,30±40,22	155,25±12,40	0,310
<b>T3</b>	518,83±90,04	133,96 ±18,90	0,258
<b>T4</b>	588,68±44,49	116,31±14,01	0,198
<b>T5</b>	693,25±47,81	108,67 ±16,02	0,157
Promedios T1-T5	601,43±95,65	127,48±18,1	0,219±0,06
<b>B: masa aérea.</b>			
<b>T0</b>	346,83	38,84	0,112
<b>T1</b>	611,51±166,75	56,56±18,21	0,092
<b>T2</b>	384,20±83,72	42,32±9,88	0,110
<b>T3</b>	422,32±82,87	59,01±18,95	0,140
<b>T4</b>	523,93±113,81	52,87±12,98	0,101
<b>T5</b>	636,95±55,65	53,90±3,500	0,085
Promedios T1-T5	515,78±111,75	52,93±6,40	0,105±0,03

**T0:** sin vinaza. **T1-T5:** con vinaza (17, 26, 30, 33 y 37 mL por bolsa respectivamente)

En todos los tratamientos con vinaza 20% los PF y PS superaron al del control T0 (388,31 y 90,75 mg/planta, respectivamente). En los tratamientos T1-T5 el mayor y menor valores de PF se evidenciaron en T1 (706,09 mg) y T2 (500,3 mg); el mayor valor de PS correspondió a T2 (155,25 mg) y el menor a T5 (108,67 mg). Los valores promedios de PF y PS en T1-T5 fueron 601,43 y 127,48 mg respectivamente, valores muy superiores a los respectivos valores en T0. Al calcular el cociente PS/PF se observa, en los tratamientos T1-T5, valores superiores e inferiores al correspondiente a T0 (0,234).

El mayor índice PS/PF fue de 0,310 en T2 y el menor fue de 0,157 en T5. En promedio el cociente PS/PF en T1-T5 fue de 0,219 valor muy similar al de T0. Referente a la biomasa aérea (tabla 3B), los tratamientos T1-T5 presentaron valores de PF y PS superiores a T0 (346,83 y 38,84 mg, respectivamente). En los tratamientos T1-T5 los valores de PF oscilaron entre 384,2 (T2) y 636,95 (T5) y los PS se ubicaron entre 42,32 (T2) y 59,01 mg(T3). Los valores promedios para los tratamientos T1-T5 fueron de 515,78 y 52,93 mg para los PF y PS respectivamente, valores muy superiores a los correspondientes del

control. De nuevo el cociente PS/PF promedio de los tratamientos T1-T5 fue de 0,105 valor muy similar al del T0 con 0,112.

### Discusión

En la caracterización fisicoquímica del suelo (tabla 1A), se constató una leve acidificación del pH en los tratamientos con vinaza; el valor promedio de los controles In y T0 de 6,01 bajó a un valor promedio de 5,82 en los tratamientos T1-T5, siendo la variación promedio 0,19 unidades. Los valores de pH en T1-T5 fueron estadísticamente diferentes a los de los controles. Armengol *et al.*, 2003 señalan cambios menores, no significativos, de pH al tratar cultivos de caña de azúcar con diferentes dosis de vinaza. La baja variabilidad del pH contrasta con datos reportando acidificaciones del suelo que alcanzaron hasta 1,58 unidades de pH (Montenegro *et al.*, 2008). Otros reportes (García & Rojas, 2006; Silva *et al.*, 2014; Viteri, 2015; Bautista *et al.*, 2000) indican elevaciones del pH luego de añadir diferentes dosis de vinaza pura.

Aunque la conductividad eléctrica CE varió ampliamente en los controles y diferentes tratamientos, sin relación a la dosis de vinaza aplicada (tabla 1A), la variabilidad en CE a estos niveles, no pareciera modificar, según varios autores, el crecimiento del cilantro. Bautista *et al.* 2000 indica que valores de CE 5 veces superiores a los indicados en nuestros estudios, no influyeron en el desarrollo del cultivo y Hernández *et al.*, 2008 y Callejas *et al.*, 2014 refieren efectos nulos de la variación de la salinidad sobre cultivos de cilantro. Sin embargo, altas cantidades de vinaza ejercen efectos tóxicos sobre la microbiota por elevadas CE (Simanjuntak & Lengkong, 2017)

La adición de vinaza al suelo favoreció el contenido de materia orgánica MO, sin proporcionalidad a la dosis de vinaza aplicada, siendo el promedio de incremento de 2% (8,91-7,94) respecto a los controles.

Estos datos son obtenidos luego de más de 90 días de cultivar cilantro. Armengol *et al.*, 2003 señalan que la adición de materia orgánica proveniente de vinaza, aumentó el rendimiento en cultivos de caña de azúcar. En experimentos previos de nuestro grupo, al segundo día de añadir al suelo (sin cultivar cilantro) vinaza 20%, se evidenció un rápido descenso en la MO, lo cual podría representar consumo de moléculas carbonadas suministradas por la vinaza, por parte de la microflora autóctona del suelo, efecto que coincidió con el incremento en los CT. Más tardíamente se detectó un leve aumento de la MO, probablemente debido a la metabolización de materiales suministrados por la vinaza y su posterior modificación y excreción al suelo, o por muerte de parte de la población microbiana debida a la condición estresante del medio inducida por la vinaza. La permanencia de la MO podría también deberse al estrés provocado por la vinaza que induciría un estado de latencia en la microbiota para evitar la posible toxicidad de moléculas recalcitrantes que suministra la vinaza (Montenegro *et al.*, 2009; Fitz-Gibbon *et al.*, 1998).

Las dosis de vinaza aplicadas fueron establecidas en base a que en experimentos previos de nuestro laboratorio se determinó que la vinaza al 20%v/v, con un contenido de 0,336 g/L de nitrógeno, inducía los mejores resultados al crecer cilantro en suelos suplementados con vinaza. Adicionalmente, otros laboratorios reportan riego de cultivos con volúmenes de vinaza entre los 50 y 250 m<sup>3</sup> /ha (Pineda *et al.*, 2015; Armengol *et al.*, 2003; Gómez & Rodríguez, 2000) y dosis equivalentes de nitrógeno de 90 Kg/ha (Pineda *et al.*, 2015). Se eligieron volúmenes de vinaza 20 %v/v en el intervalo de 51 y 109 m<sup>3</sup> /ha, dosis usualmente usadas en Venezuela (Pineda *et al.*, 2015; Gómez & Rodríguez, 2000), equivalentes a 17,3 a 36,2 Kg/ha de nitrógeno.

El descenso en la población bacteriana de AM (tabla 2A) en presencia de vinaza 20%, ha sido observado en poblaciones microbianas de suelo y agua contaminados por agentes químicos, tales como metales, hidrocarburos y una amplia variedad de moléculas orgánicas (Herrera & Suarez, 2005; Bozo *et al.*, 2007). De tal manera la vinaza, por su alto contenido de moléculas carbonadas (Simanjuntak & Lengkong, 2017) muchas de ellas tóxicas y recalitrantes, lo cual se refleja en sus altos valores de DQO y DBO, unido a cantidades no despreciables de minerales (potasio, fosfatos) y su bajo pH, causan estrés en los ecosistemas (Christofoletti *et al.*, 2013; Vadival *et al.*, 2014; Eykelbosh *et al.*, 2015; Moraes *et al.*, 2015), interfiriendo con la apropiada relación de elementos abióticos/microbiota de importancia en mantener las características del suelo para sustentar actividades agrícolas y agropecuarias (Gad, 2010; Senatore *et al.*, 2017; Simanjuntak & Lengkong, 2017). Adicionalmente a estos factores, altas dosis de vinaza reducen la microbiota al incrementar la conductividad eléctrica del suelo (Simanjuntak & Lengkong, 2017). Bajo estas condiciones es posible que grupos minoritarios de microorganismos autóctonos incrementen su tasa de duplicación e incrementen su población (Hackney *et al.*, 1979; Ferguson & Signoretto, 2011; Cortez *et al.*, 2013), tal como ocurrió con los CT (figura 1B). Korndörfer, 2009, señala que cambios en los procesos conducentes a la fijación y utilización de nitrógeno alteran las interrelaciones químicas y biológicas en los microorganismos, lo cual podría inducir que una subpoblación de organismos no fijadores de nitrógeno, utilizando fuentes nitrogenadas orgánicas suministradas por la vinaza, aumenten su población, mientras se inhibe la proliferación de la población fijadora de nitrógeno. A pesar de la disminución de los AM e incremento en los CT, la biomasa microbiana estuvo preponderantemente representada (sobre el 90%) por los AM, pues si bien también los

ML incrementaron su población (tabla 1A) no lograron modificar sustancialmente la composición de la microbiota. Los efectos descritos se detectaron a las 24 y 48 h de tratamiento y parecieran ser estables en el tiempo, pues después de 90 días de cultivar cilantro en presencia de vinaza, aún persiste la condición señalada (tabla 1B). La ausencia de *Pseudomonas* sp en tales tratamientos y controles descartan la posible contaminación por heces fecales animales, del suelo, vinaza y agua de riego utilizados en estos experimentos. Así, el incremento en CT puede justificarse al asumir que bacterias típicas de suelos y aguas pueden mimetizar las características de coliformes fecales en medios de agar suplementados con sales biliares, tal como reportado en otras instancias (Hackney *et al.*, 1979; Wagner-Döbler & Biebl, 2006; Ferguson & Signoretto, 2011)

Los resultados presentados difieren de los reportados por Neves *et al.*, 1983, quien señala aumento sustancial y temporal en las poblaciones bacterianas y fúngicas e inhibición de los actinomicetos al tratar el suelo con vinaza. Senatore *et al.*, 2017 indican aumentos en la población bacteriana y hongos filamentosos, incrementos en los actinomicetos y disminución de las levaduras. Alternativamente, Shang-Dong *et al.*, 2013 reportan que las poblaciones bacterianas y fúngicas no se alteran respecto a los sistemas controles y detectan incremento en los actinomicetos.

Los efectos de la vinaza pura sobre el desarrollo del cilantro se evidenciaron al disminuir el porcentaje de germinación de semillas previamente tratadas con diferentes concentraciones de vinaza, con vinaza 50% solo germinaron 3 semillas de 30 posibles (figura 1A), estos resultados coinciden con los obtenidos por Pandey *et al.*, 2007 en semillas de trigo (*Triticum aestivum* L) y guisantes (*Pisum sativum* L) señalando que a menor concentración de vinaza mayor velocidad y porcentaje de

germinación. A concentraciones superiores a 50% solo germinó 1 semilla, coincidiendo con los resultados de Kadioglu & Faruk, 1990 en girasoles (*Helianthus annuus*) y guisantes (*Pisum sativum* L); Ramana *et al.*, 2002; en tomate (*Lycopersicum esculentum*), chiles (*Capsicum* sp), calabaza (*Cucurbita pepo* L), pepino (*Cucumis sativus* L) y cebolla (*Allium cepa* L) y Navarro *et al.*, 2006 en lechuga (*Lactuca sativa* L), escarola (*Cichorium envidia* L) y achicoria (*Cichorium intybus* L), experiencias donde la germinación fue baja. No obstante, Ramana *et al.*, 2002 reportan que la vinaza 10% muestra un efecto positivo en la germinación de cebolla (*Allium cepa*). Ramana *et al.*, 2002 atribuyen la reducción de la germinación a la cantidad excesiva de sales inorgánicas suministradas por las altas concentraciones de vinaza, lo cual incrementa la presión osmótica sobre la semilla (Rodger *et al.*, 1957). El nivel de tolerancia a la concentración de sal varía, en el caso de cilantro, de una variedad a otra, Yadav *et al.*, 2009, indican que diferencias de 6 dS/cm retrasan considerablemente la germinación. Debe tenerse en cuenta que suelos con valores de CE inferiores a 1,2 dS/cm se consideran no salinos (Boulding, 1994).

Aunque la longitud del tallo incrementó en presencia de vinaza 20% (figura 1B), el crecimiento no fue proporcional a la dosis de vinaza aplicada, a bajas dosis el comportamiento presentó altibajos y a partir del tratamiento T3 se detectó una disminución progresiva en el tamaño del tallo. Tal comportamiento podría justificarse al asumir que a bajas dosis de vinaza, la cantidad de moléculas orgánicas no nocivas se aprovechan para el crecimiento de la planta, pero al alcanzar una concentración crítica, las moléculas recalcitrantes y tóxicas ejercen sus efectos negativos sobre el crecimiento, situación descrita por Yadav *et al.*, 2009. Kamrozzaman *et al.*, 2016 reportan

incremento, respecto al cultivo control, en la altura del cilantro por tratamiento con diferentes fertilizantes, pero la magnitud del efecto fue independiente de la dosis y fertilizante aplicados.

Contrariamente a lo establecido para el tallo, la vinaza 20% no parece alterar negativamente el número de hojas por planta en cilantro (figura 1C). A pesar de la variación observada, sin relación a la dosis de vinaza, pareciera que la presencia de vinaza induce un mayor número de hojas en cilantro. Bello, 2008, trabajando con tomate (*Lycopersicum esculentum*) reporta incremento en el número de hojas al tratar los cultivos con vinaza.

El efecto positivo de la vinaza 20% sobre la biomasa se constató tanto en el peso fresco PF como en el peso seco PS (tabla 3). En ambos parámetros se detectó un incremento considerable en la masa; en plantas completas el PF incrementó hasta un 81,8 % (706,09/ 388,31) y el PS aumentó hasta 71,0% (155,25/90,75). En masa aérea los incrementos alcanzaron valores de 83,6% (636,95/346,83) y 51,9% (59,01/38,84) para el PF y PS respectivamente. Este resultado también fue obtenido por Silva *et al.*, 2014 y por Penatti, 1988 en cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L). El porcentaje de material sólido calculado, índices PS/PF, (11,1 y 10,3 % para el control y tratamientos respectivamente) son ligeramente inferiores a los reportados para semillas de cilantro (12-14,3%) por Usman *et al.*, 2003. La relativa constancia en los índices PS/PF de ambas biomásas respecto a los controles, pareciera indicar que la cantidad y tal vez calidad, del material sólido acumulado, tanto en los sistemas tratados T1-T5 como en el control T0, pudiesen ser iguales o muy similares y que las propiedades físicas, químicas y organolépticas de las plantas no se alteraron por el tratamiento con vinaza. El índice PS/PF en plantas completas (0,219) fue superior al de la masa aérea (0,106), tal

diferencia podría reflejar una mayor cantidad de moléculas orgánicas esenciales (celulosa, lignina, hemicelulosa), en órganos tales como la raíz y el tallo principal, compuestos no abundante en las hojas, flores, frutos, y que son fundamentales para mantener la estructura y viabilidad de la planta.

A excepción de los parámetros microbiológicos, germinación y pH en los cuales se detectaron tendencias concretas, la inspección de los datos correspondientes a los parámetros biométricos indica una alta dispersión. La concordancia entre la dosis de vinaza aplicada y la respuesta esperada es difícil de establecer y explicar, lo cual hace complicado la adopción de una conclusión aceptable. Por tal motivo los cálculos de las respuestas fueron efectuados tomando los valores promedios de los correspondientes experimentos, en lugar de los valores específicos de una específica dosis de vinaza. Tal variabilidad podría estar relacionada a condiciones experimentales difíciles de controlar, tales como el grado de compactación del suelo en las bolsas donde se depositaron las muestras de suelo. Es posible grados de compactación diferentes en diferentes zonas de la muestra de suelo, lo cual influye sobre la disponibilidad de agua, oxígeno (aire) y sustancias propias de la vinaza por parte de la microbiota (Simanyuntak & Lengkong, 2017). Tal situación podría variar inclusive de una a otra bolsa y la respuesta del ecosistema podría responder a condiciones muy particulares a las que se intentan estudiar, lo cual dificulta un apropiado análisis de los resultados. Otra posible causa de variabilidad es el volumen de aplicación de la dosis, el cual debería ser accesible a toda la extensión de la muestra de suelo, pues es posible que dosis con pequeños volúmenes no alcancen las zonas más profundas de la bolsa de ensayo, limitando el acceso de la dosis a los microorganismos y tal vez la misma planta. Esta situación sería muy importante al

considerar diferentes bolsas. La solución a esta dificultad sería aplicar las dosis disueltas en el volumen máximo de aplicación de las dosis. Sin embargo, a pesar de la variabilidad observada, se puede afirmar un efecto positivo de la vinaza 20 %v/v sobre el crecimiento del cilantro. En los valores experimentales de los tratamientos T1-T5 ningún valor fue inferior a su respectivo control T0 (figuras 2B y 2C, tabla 2).

### **Conclusión.**

La adición de vinaza 20 %v/v a cultivos de cilantro acidificó levemente el pH y la salinidad del suelo y disminuyó la biomasa microbiana; mientras incrementó el tamaño de la planta (tallo, número de hojas y biomasa). El pretratamiento de las semillas con vinaza a cualquier concentración, no recomendable, disminuyó significativamente la germinación. Los resultados sugieren que volúmenes de vinaza 20 %v/v o menores concentraciones, en dosis equivalentes a 50-110 m<sup>3</sup> /ha, podrían ser aplicados como enmiendas orgánicas para el cultivo de cilantro.

### **Bibliografía.**

- Amir, S., M. Hafidi, G. Merlina, J.C. De Revel. 2005. Structural characterization of fulvic acids during composting of sewage sludge. *Process Biochem.* 40:1693-1700.
- Arizo, O., A. Curioni. 2011. Mercado mundial y regional de cilantro (*Coriandrum sativum* L). *Rev Colomb Cienc Hortíc* 5(2):263-278.
- Armengol, J.E., R. Lorenzo, N. Fernández. 2003. Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas y en los rendimientos de la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales* 24(3):67-71.
- Bajpai, M., A. Mishra, D. Prakash. 2005. Antioxidant and free radical scavenging

activities of some leafy vegetables. *Int J Food Sci Nutr* 56(7):473-481.

Bautista, F., C. Duran, R. Lozano. 2000. Cambios químicos en el suelo por la aplicación de materia orgánica soluble tipo vinaza. *Rev Inter Cont Ambien.* 16(3):89-101.

Bello, A. 2008. La crisis del cultivo del tomate en canarias. Alternativas desde la agroecología. *Agropalca* 3:16.

Boulding, T. 1994. Description and sampling of contaminated soils: A field Manual. 2nd edition. Lewis Publisher. Bloomington, Indiana. USA. p 20.

Bozo, L., M. Fernández, M. López, R. Rojas, P. Suarez. 2007. Biomarcadores de contaminación química en comunidades bacterianas. *Interciencia* 32(1):8-13.

Callejas, R., A. Silva, C. Peppi, O. Seguel. 2014. Factibilidad económica del uso de vinaza, sub producto de la fabricación de pisco, como fertilizante en viñedos. *Rev Colomb Cien Hortíc* 8(2): 230-241.

Cortez, J., Y. Ruiz, L. Medina, O. Valbuena. 2013. Efectos de medios de cultivo preparados con agua de mar sobre indicadores sanitarios en aguas marinas de balnearios de Chichiriviche, estado Falcón, Venezuela. *Rev Soc Ven Microbiol* 33(2):122-128.

COVENIN. 2005. Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de sólidos. Consejo Nacional de normas industriales. Ministerio de Fomento No. 2461.

Djukovic-Vukovic, A., L. Mojovic, S. Nikolic, J. Pejin, S. Kocic-Tanackov, K. Mihajlovski. 2013. Distillery stillage as a new substrate for lactic acid production in batch and fed-batch fermentation. *Chem Eng Trans.* 34:97-102.

España-Gamboa, E., T. Vicent, X. Font, J.J. Dominguez-Maldonado, B. Canto-Canché, G. Hernández-Zarate, L. Alzate-Gaviria.

2017. Pretreatment of vinasse from sugar refinery industry under non-sterile conditions by *Tetrametes versicolor* in a fluidized bed bioreactor and its effect when coupled to an UASB reactor. *J Biol Eng.* 11:42-43.

Eykelbosh, J.A., M.S. Johnson, R.G. Coutu. 2015. Biochar decreases dissolved organic carbon but not nitrate leaching in relation of vinasse application in a brazilian sugarcane soil. *J Environ Manag* 149: 1-16.

Farias-Silva, C.E., A.K. Souza-Abud. 2016. Anaerobic biodigestion of sugar cane vinasse under mesophilic conditions manure as inoculum. *Rev Ambient Agua.* 11:763-777.

Ferguson, D., C. Signoreto. 2011. Environmental persistence and naturalization of fecal indicator organisms. En: Hagedorn C, Blanch AR, Hardwood VI, editors. *Microbial source tracking: Methods, applications and case studies.* 1st edition. Germany. Springer, pp379-397.

Fitz-Gibbon, F., D. Singh, G. McMullan, R. Marchant. 1998. The effect of acid and molasses spentwash concentration on distillery wastewater remediation by fungi. *Process Biochem* 33(8):799-803.

Gad, C.M. 2010. Metals, minerals and microbes: Geomicrobiology and biorremediation. *Microbiology* 156(3):609-643.

García A, Rojas C. 2006. Posibilidades del uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en suelos. *Tecnicaña* 10:125-145.

19-García, A., C. Rojas. 2006. Posibilidades del uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en suelos. *Tecnicaña* 10:125-145.

Girón, M.A. 2010. Use of vinasse for soil reclamation and its impact on elemental loads in vertisol soil and groundwater. *Proc Int Soc Sugarcane Technol.* 27: 1-7.

- Gómez, J., O. Rodríguez. 2000. Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. *Rev Fac Agron LUZ*. 17:318-326.
- Google Maps. 2015. Foto satelital de Aguirre, Montalbán. <https://www.google.com>
- 23-Hackney, C.R., B. Ray, M.L. Speck. 1979. Repair detection procedure for enumeration of fecal coliforms and enterococci from sea food and marine environments. *Appl Environ Microbiol* 37: 947-953.
- Herrera, A., P. Suárez. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *Interciencia* 30:171-178.
- Hernández, G., S. Salgado, D. Palma, L. Lagunes, M. Dactelán, O. Ruiz. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33(11): 855-860.
- Jackson, M. 1970. Análisis químico de suelos. 2da edición. Ediciones Omega. Barcelona, España p662.
- Jiang, Z.P., Y.R. Li, G.P. Wei, Q. Liao, T.M. SU, Y. Meng et al. 2012. Effect of long term vinasse application on physical chemical properties of sugarcane field soil. *Sugar Technol*. 14:412-417.
- Kadioglu, A., O. Faruk. 1990. The effect of vinasse on the growth of *Helianthus annuus* and *Pisum sativum*. Part 1 The effects on some enzymes and chlorophyll and protein content. *Environ Poll*. 67:223-232.
- Kamrozzaman, M.M., S. Ahmed, A.F.M.R. Quddus. 2016. Effect of fertilizer on coriander seed production. *Bangladesh J Agril Res* 41(2):345-352.
- Korndorfer, G. 2009. Impacto ambiental del uso de vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo. *Tecnicaña* 115-122.
- Laribi, B., K. Kouki, M. M`Handi, T. Bettajeb. 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L) and its bioactive constituents. *Fitoterapia* 13:9-26.
- Marques, S.S.I., I.A. Nascimento, P.F. Almeida, F.A. Chinatra. 2013. Growth of *Chlorellavulgaris* on sugarcane vinasse: the effect of anaerobic digestion pretreatment. *Appl Biochem Biotechnol* . 171:1933-1943.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, J. Parker. 2004. Brock Biología de los Microorganismos. 10ma edición. Pearson Educación SA. Madrid, España. pp482-483.
- Montenegro, S., J. Menjivar, C. Bonilla, R. Madriñan. 2009. Influencia de la aplicación de vinaza en actividad y biomasa microbiana en un Entic Dystropept y un Fluventic Haplustoll de Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica* 58(1):41-45.
- Moraes, B., M. Zaiat, A. Bonomi. 2015. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. *Renew Sust Energ Rev*. 44:888-903.
- Nadeem, M., F. Anjum, M. Khan, S.Tehseen. 2013. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L). *British Food Journal* 115(5):743-755.
- Navarro, A., R.Arrueta, M. Maldonado. 2006. Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. *Rev de Toxicología* 23(3):m125-129.
- Nelson, D., L. Sommers. 1996. Total carbón, orgánico carbón and organic matter. En: Methods of soil analysis. *Amer Soc Agron* 9:961-1010.
- Neves, M., I. Lima, J. Dobereiner. 1983. Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. *Brasileira das Ciências do Solo*. 7:131-136.
- Orav, A., E. Arak, A. Raal. 2011. Essential oil composition of *Coriandrum sativum* L

fruits from different countries. *J Essential Oil Bearing Plants* 14(1):118-123.

Pandey, S., P. Tyagi, A. Gupta. 2007. Physico-chemical analysis and effect of distillery effluent on seed germination of wheat (*Triticum aestivum*) pea (*Pisum sativum*) and lady's finger (*Abelmoshus esculentus*). *Agricul Biol Sci* 2(6):35-40.

Penatti, C. 1988 Aplicação de vinhaça na usina Sao Manoel. Sao Paulo. Copersugar. *Boletim Tecnico* 44:32-38.

Pineda, E., Y.Chico, M.Vidal, E. Becerra, F. Acosta, I. Fernández, I. Lugo. 2015. Uso alternativo de la vinaza en la fertilización de la caña de azúcar, efectos sobre el cultivo y el suelo. *Centro Agrícola* 42(1): 31-36.

Ramana, S., A. Biwas, S. Kundu, J. Saha, R.Yadava. 2002. Effect of distillery effluent on seed germination in some vegetable crops. *Bioresource Technol* 82:273-275.

Rodrigues, C.E, B. Hu. 2017. Vinasse from sugarcane ethanol production: Better treatment or better utilization ?. *Front Energy Res.* 5:7.

Senatore, D., A.Queirolo, S. Wajswol, N. Bajsa. 2017. Monitoreo de la aplicación de vinaza como fertilizante en caña de azúcar con indicadores microbianos de suelo. *Rev Technol Uruguay Innotec* 13: 92-97

Shang-Dong, Y., L. Jun-Xian, J. Wu, T. Hong-Wei, L. Yang-Rui. 2013. Effects of vinasse and press mud application on the biological properties of soil and productivity of sugarcane. *Sugar Tech* 15(2):152-158.

Shashidhar, M.D., R. Pujari, A.G. Sharatbabu, G.B. Patil, A. Arif, Y. Dharamatti. 2017. Cultivation of coriander

(*Coriandrum sativum* L): A review. *Int J Pure App Biosci* 5(3): 796-802.

Simanjuntak, B.H., C.P.R. Lengkong. 2017. The soil microbiological properties assessment due sugar cane vinasse application. *J Biol & Env Sci* 11(4):251-260.

Silva, A.P.M., J.A. Bono, F.A.R. Pereira. 2014. Aplicação de vinhaça no cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo produtividade de colmos. *Rev Bras Eng Agric Ambiental* 18(1):38-43.

Usman, D.C., C. Usman, C.R. Bonilla, M.S. Sánchez. 2003. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de follaje y rendimiento de semillas de cilantro (*Coriandrum sativum* L) variedad Unapal Precoso. *Acta Agronómica* 52(1-4):59-63.

Viteri, I. 2015. Evaluación de la vinaza de caña como abono orgánico y su posible efecto tóxico en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). Trabajo Especial de Grado para optar al título de Químico de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Universidad Central de Ecuador.

Vadival, R., P.S. Minhas, P. Kumar, Y. Singh, D.V.K. Rao, A. Nimala. 2014. Significance of vinasse waste management in agricultural and environmental quality. *Rev Afr J Agric Res.* 9:2862-2873.

Wagner-Döbler, I., H. Biebl. 2006. Environmental biology Of marine *Roseobacter* lineage. *Ann Rev Microbiol.* 60:255-280.

Yadav, A., S. Avtar, S. Sharma, O. Kamboj, M. Dahiya. 2009. Salt tolerance in coriander (*Coriandrum sativum* L) genotypes. *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 38(2): 83-87.