

**Evaluación de sustratos fermentados naturalmente a base de pulpa de café sobre el desarrollo de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

Evaluation of substrates naturally fermented pulp-based coffee on the development of seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.)

**Adrianyela NORIEGA SALAZAR<sup>1</sup>, Ramón SILVA-ACUÑA<sup>2</sup>, Moraima GARCÍA DE SALCEDO<sup>2</sup>, Ernesto HURTADO<sup>1</sup>, Deyanira RIVAS SALAZAR<sup>1</sup> y Auristela MALAVE ACUÑA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Maturín, Monagas. Venezuela. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Monagas. Venezuela. E-mail para correspondencia [adrianyelanoriega@gmail.com](mailto:adrianyelanoriega@gmail.com)

**RESUMEN**

El procesamiento del grano de café genera residuos como la pulpa, que al ser fermentada puede ser empleada en tecnologías novedosas para el tratamiento de residuos agroindustriales con el fin de obtener insumos y productos de mayor valor agregado. Su uso es de particular importancia como abono orgánico para los viveros y plantaciones establecidas de café. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la pulpa de café fermentada naturalmente como sustrato en plántulas de lechuga. La pulpa se utilizó como abono orgánico y complemento del sustrato tanto en la forma drenada como sin drenar, del agua proveniente del beneficio, la cual tenía 120 días de fermentación natural en silos bajo condiciones anaeróbicas. Posteriormente, se prepararon los sustratos con suelo, pulpa de café (drenada y sin drenar) y arena en proporciones 1:0:1; 1:1:1 y 1:2:1; respectivamente, obteniéndose un total de seis tratamientos, con cinco repeticiones y la parcela experimental constituida de cinco plantas útiles. El experimento se instaló en condiciones de campo bajo el diseño experimental de bloques al azar. Se sembró una plántula de lechuga por bolsa de polietileno negro, de capacidad aproximada de un kilo de suelo, obteniéndose un total de 25 plantas por tratamiento, los valores de las variables cuantificadas fueron examinadas estadísticamente por análisis de varianza y las comparaciones de las medias de tratamientos se realizó por la prueba de Duncan a 5% de probabilidad. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos que contenían sustratos con pulpa de café fermentada por 120 días en silos y mezclada con proporciones iguales o superiores al suelo, arrojaron los mayores valores de crecimiento en las plantas de lechuga, siendo el mejor sustrato el que estaba constituido por dos partes de pulpa de café drenada y una parte de suelo y arena, mientras que el menor crecimiento de las plantas ocurrió en los sustratos que no contenían pulpa de café. La presencia de la pulpa de café como abono orgánico en el sustrato es limitante para el crecimiento de las plantas de lechuga.

**Palabras clave:** sustrato, abono orgánico, pulpa de café, fermentación natural.

**ABSTRACT**

Coffee bean processing generates waste such as pulp to be fermented allows use novel technologies for the treatment of agroindustrial waste in order to obtain inputs and products of higher added value. Its use is of particular importance for the nurseries and established plantations of coffee as organic fertilizer. In this sense, the objective of the present study was to evaluate the coffee pulp fermented naturally as a substrate in seedlings of lettuce. Pulp was used as organic fertilizer and complement to both substrate in the drained form as without draining the water from the benefit, which had 120 days of natural fermentation in silos under anaerobic conditions. Subsequently, prepared substrates with soil, coffee pulp (drained and undrained) and sand in proportions 1:0:1; 1:1:1 and 1:2:1; respectively, resulting in a total of six treatments, with five repetitions and the experimental plot consisted of five useful plants. The experiment was installed in field conditions in randomized block experimental design. A lettuce seedling was planted by black bag, ability to approximate to a kilo of soil with a total of 25 plants per treatment, values of quantified variables were statistically examined by variance analysis and comparisons of treatment means was carried out by Duncan to 5% probability test. The results obtained indicate that the treatments containing substrates with coffee pulp fermented by 120 days in silos and mixed with ratios equal to or higher than the ground, threw the highest values of growth in plants of lettuce, which was constituted by two parts of drained coffee pulp and a part of soil and sand to be the best substrate, while the slower growth of plants occurred in the substrates containing no coffee pulp. The presence of the pulp of the coffee as organic fertilizer in the substrate, is limiting for growth of lettuce plants.

**Key words:** substrate, organic manure, coffee, natural fermentation pulp

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del café se realiza con el objetivo de obtener un grano, cuyo rico contenido de sustancias aromáticas y estimulantes permiten preparar una infusión altamentepreciada como bebida y como sobremesa (Amaya, *et al.*, 1988); sin embargo, su procesamiento o beneficio puede ser de dos formas mediante la vía seca que incluye el secado del fruto y la eliminación de las envolturas secas en una única operación mecánica o por vía húmeda que es la técnica más común en Centro América, Venezuela y Colombia, donde se utiliza agua e involucra despulpado, desmucilaginado y secado del fruto, esta última metodología de procesamiento, otorga al grano de café mejor calidad de bebida (Braham y Bressani, 1978).

El beneficio del grano de café por vía húmeda permite conservar mejor la calidad del grano de café, pero contamina las corrientes de agua y la vegetación (CENICAFÉ, 1998). Debido a que del procesamiento de 100 kg de café en cerezas se obtiene sólo 20% de café trillado (oro), el 80% restante pertenece a subproductos, correspondiendo 40% a la pulpa fresca, 20% de mucílago, 17% de agua y 3% entre pergamino y película plateada (Amaya, *et al.*, 1988). En este sentido, la pulpa de café representa el principal desecho generado del beneficio húmedo. Ante esta realidad, se han realizado muchos estudios (Maestre, 1977; Braham y Bressani, 1978; Ramírez, 1998; Pujol, *et al.*, 2000; Noticias del café, 2003). De acuerdo con la disponibilidad y composición química de la pulpa de café se han propuesto varias formas de aprovecharla o utilizarlas, entre los cuales destaca: ensilaje destinado a la alimentación animal; torta de pulpa de café; el jugo tratado mediante procesos microbiológicos que originan productos ricos en energía para consumo animal (Ferrer, *et al.*, 1995; Ramírez, *et al.*, 1997; Ramírez, 1998 y Ramos, *et al.*, 2000), extracción de cafeína y proteína; fermentación natural utilizada como abono orgánico, energía en forma de gas, etc. (Braham y Bressani, 1978; Pujol *et al.*, 2000).

El ensilado es el proceso utilizado para la descomposición de la pulpa de café y consiste en la fermentación anaeróbica, la cual tiene como finalidad preservar y almacenar la pulpa mientras se le da uso posterior. La fermentación es producida en ausencia de aire, por bacterias que producen ácidos, principalmente láctico las cuales disminuyen el pH a niveles que impiden el desarrollo de nuevas bacterias (Ferrer, *et al.*, 1995; Suárez, 2012). Lozano *et al.*,

2000 definen la fermentación como diversos procesos que realizan los microorganismos transformando el piruvato en productos finales de 2, 3 y 4 átomos de carbonos. La fermentación puede ocurrir de dos formas: una de ellas es en presencia de oxígeno y se denomina fermentación aeróbica, donde los microorganismos que la realizan son dependientes del aire. La otra forma ocurre en ausencia de oxígeno y se llama fermentación anaeróbica, en este caso los microorganismos no requieren oxígeno para transformar los compuestos químicos (Lozano *et al.*, 2000).

El uso de la fermentación natural permite emplear tecnologías novedosas para el tratamiento de los desechos agroindustriales con el fin de obtener insumos y productos de mayor valor agregado. En el caso particular del procesamiento de frutas, se generan residuos que se componen de cáscara, pulpa, mucílago y hasta semillas; sin embargo, por su alto contenido de humedad y carbohidratos solubles y fermentables, son inestables al aire, deteriorándose durante las primeras 24 horas, lo que imposibilita su utilización durante períodos mayores de este tiempo, por lo tanto, es necesario su preservación y almacenaje bajo ciertas condiciones hasta su uso (Pagán, 2004).

Maestre (1977), comparó la magnitud promedio del crecimiento y del peso seco de plántulas de café con aplicaciones de pulpa descompuesta y de pulpa seca triturada. El autor concluyó que los máximos crecimientos de las plántulas se lograron con la mezcla de 7 partes de pulpa descompuesta y 3 partes de tierra, lo cual equivale a la mezcla de 4 partes de pulpa seca con 6 partes de tierra. Por su parte, Uribe y Salazar (1983), evaluaron el efecto de fertilizantes químicos en comparación con la pulpa de café aplicada en dos formas: incorporada al hoyo de siembra y esparcida superficialmente sobre el suelo, reportando que la pulpa de café produjo aumentos apreciables en producción en relación con el testigo sin fertilizar. Las aplicaciones superficiales de 12 y 6 kg sobre la siembra con pulpa descompuesta tuvieron producción similar a las aplicaciones de 50 g. de fertilizantes comerciales cada tres meses por año; sin embargo, la aplicación de la pulpa al hoyo de siembra solamente es necesaria donde la deficiencia de materia orgánica lo indique. Luna Rodríguez *et al.* (2013), compararon la influencia de tres sistemas de manejo en café sobre la fertilidad física, química y biológica del suelo en municipio de Masatepe (Nicaragua) empleando leguminosas como sistema

de sombra y pulpa de café en los hoyos. Se encontraron los mejores resultados cuando se adicionó pulpa de café, además el manejo orgánico del cultivo con la pulpa aumentó la diversidad de macro fauna presente en los sistemas manejados orgánicamente

En macetas sembradas con maíz se aplicó pulpa de café y fertilizantes químicos, encontrándose que la pulpa mejoró el nivel del potasio de 0,12 a 2,48 centimol/kg de suelo, mientras que los fertilizantes N, P, K bajaron significativamente el pH de 5,2 a 4,4. Por otra parte, la pulpa aumentó considerablemente el calcio y el magnesio intercambiable, el nitrógeno total, la materia orgánica y el poder de nitrificación. Se notó también, mejoras en la estructura del suelo en cuanto a mayor facilidad de drenaje (López y Calle, 1956).

En Colombia, la aplicación de hasta 16 ton/ha de pulpa de café descompuesta a suelo francoarenoso (serie Chinchiná), donde crecían cafetos "in situ" durante 12 meses, no causó variación en altura de plantas, grosor del tallo, número de hojas y peso seco de la parte área; sin embargo, los elementos Ca, Mg y K mostraron similar efecto como nutrientes del suelo, aplicados bien en forma de materia orgánica o en forma de sales minerales simples con excepción del nitrógeno el cual tuvo mayor tiempo de sustentación cuando provino de materia orgánica (López, 1966).

Parra (1959) estudió el efecto de la pulpa descompuesta, sobre el crecimiento de plántulas de café, aislada y en combinación con el nitrógeno, el fósforo y el potasio. El crecimiento se determinó midiendo los pesos frescos y secos de las plántulas. También, se evalúo la succulencia de los tejidos, la fertilidad del suelo, el contenido de nutrientes en las hojas. La aplicación de la pulpa de café y fósforo, revelaron aumento del potasio. Cuando se aplicó fósforo disminuyó la succulencia de las raíces y la concentración de nitrógeno en las hojas.

En un estudio microbiológico y fisicoquímico de la pulpa de café, sola y mezclada con el mucílago en tres estados: fresco, almacenada en pilas durante dos meses y luego de su transformación por la lombriz (*Eisenia foetida*) se quiso conocer su valor potencial como fertilizante biológico, se constató que la pulpa y el mucílago presentaban alta riqueza microbiana, principalmente en bacterias y levaduras. El mejor lombricomposto obtenido fue el de la pulpa sola que presentó mayor porcentaje de materia orgánica y minerales (Blandón et al., 1999).

La utilización de la pulpa de café como abono orgánico por la Cooperativa Victoria (Coopevictoria) en Grecia, generó aumento de cenizas que se utilizan como componentes en la producción de compost, lo que ha redundado en una mejor calidad del sustrato utilizado y mejoras al proceso de producción. La conversión de 350 mil toneladas de pulpa generaría aproximadamente 87 mil toneladas de abono orgánico estas se podrían utilizar en las hectáreas de cultivo de café, viveros, etc. (Pujol et al., 2000).

La composición química de la pulpa de café fermentada naturalmente y deshidratada reveló valores de humedad de 7,9%, materia seca 92,1%; extracto etéreo 2,6; fibra cruda 20,8%; proteína cruda 10,7%; cenizas 8,8 % y extracto libre de nitrógeno 49,2 %. Así mismo, se encontró entre otros compuestos de la pulpa que destacan los taninos con 1,8 a 8,56%; sustancias pécticas totales 6,5%, azúcares reductores 12,4% azúcares no reductores 2,0%, cafeína 1,3%; ácido clorogénico 2,6 % y ácido cafeico total 1,6 %. Se cree que estos últimos compuestos son los responsables de la toxicidad observada en la pulpa de café (Braham y Bressani, 1978).

Ante las bondades señaladas para la pulpa del café en los diferentes estudios anteriores se planteó la presente investigación con el objetivo de evaluar la pulpa de café fermentada naturalmente por 120 días, como parte del sustrato para el desarrollo de plántulas de lechuga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### El área experimental

La presente investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Monagas, Estación Experimental Caripe, ubicada en Boquerón, vía Sabana de Piedra, Municipio Caripe, estado Monagas. La ubicación geográfica de esta unidad de investigación es la siguiente: altitud, 1.050 m, longitud oeste entre 63° 11' y 63° 37' y latitud norte entre 10° 04' y 10° 19'. El tipo de suelo de la zona se caracteriza por ser arcillo-limoso de 0-20 cm, con una estructura fuerte fina, en bloques subangulares; débilmente duro o duro seco, friable húmedo, pegajoso y muy plástico mojado; no calcáreo y con pH de 5,5. Este suelo pertenece a la clasificación de vertic Dystropepts arcilloso final fragmental, isohiperférmita (FONAIAP-CENIAP, 1989).

## Obtención de la pulpa de café

Los frutos maduros fueron obtenidos de plantaciones de café de 6 años de edad de lotes del cultivar Catuáí Rojo, ubicadas en la Estación Experimental Caripe. Después de ser cosechados manualmente, se llevaron en bolsas plásticas al galpón de almacenamiento y procesamiento, donde se despulparon en una máquina despulpadora modelo Jotagallos nº 4, lográndose mediante el rozamiento mecánico separar el grano de la pulpa.

La pulpa se recolectó de dos formas: sin agua y con el agua utilizada durante el proceso del beneficio. La primera de ellas es la que se definió como pulpa drenada, y se obtuvo liberando al medio el agua proveniente del beneficio (agua residual del lavado del café), la cual contiene numerosos compuestos químicos como: mucílagos, ácido clorogénico, catequinas, antocianinas, taninos entre otros; que son contaminantes del medio ambiente (Braham y Bressani, 1978; CENICAFÉ, 1998;

Zambrano et al., 1999; Pujol et al., 2000 y Noticias del café, 2003). La segunda forma de obtener la pulpa de café se definió como pulpa sin drenar, es decir pulpa con agua residual del lavado del café durante el beneficio (Zambrano et al., 1999). En este caso no se vierte al medio ambiente ningún tipo de residuo o subproductos del café derivados del beneficio húmedo, sino que se llevó completo al silo para su fermentación.

## La pulpa de café como sustrato en el cultivo de lechuga

El efecto como sustrato de la pulpa de café drenada y sin drenar con 120 días de fermentación natural, se evaluó preparando seis sustratos, utilizando para ello la pulpa de café como componente de la mezcla y como cultivo indicador la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Entre una de las razones por la cual se utilizó el cultivo de lechuga en este ensayo, es porque no se han reportado estudios similares con esta especie; sin embargo, para especies como el café se han publicado varios trabajos de López (1966); Maestre (1977); Uribe y Salazar (1983) y García et al., 1987. Por otra parte, la lechuga es muy cultivada en el municipio Caripe y es de ciclo corto, lo cual permitió obtener resultados confiables y en poco tiempo.

## Evaluación de sustratos a base de pulpa de café drenada con 120 días de fermentación natural en plántulas de lechuga

Se prepararon mezclas de sustratos que contenían pulpa de café con 120 días de fermentación, suelo proveniente del área experimental y arena lavada de río, para mejorar la estructura, de acuerdo a lo recomendado por García et al, (1987). La proporción de los sustratos o mezclas evaluadas fueron seis (6) y se describe en el Cuadro 1. La selección de los sustratos se basó considerando que el ingrediente básico común utilizado en países tropicales es suelo, en mezcla con arena y materia orgánica en diferentes proporciones (Manual de Formulación de Sustratos, 2002). Para la preparación de las mezclas, previamente se acondicionó la pulpa de la siguiente manera; se tomó la pulpa del silo, se dejó tres días al aire libre y después se pasó por un tamiz de 5mm de diámetro, el suelo y la arena también se tamizaron antes de preparar las muestras.

Las plantas de lechuga que se utilizaron en este ensayo tenían 28 días de germinadas y se adquirieron a productores de la zona, el mismo día que fueron trasplantadas. Se sembró una planta de lechuga por bolsa de polietileno negra de 1 kg de capacidad. Estas bolsas fueron identificadas y colmadas con diferentes mezclas de sustratos (Cuadro 1) antes de la siembra y se utilizaron 25 bolsas por tipo de sustrato.

## Variables cuantificadas y análisis estadísticos

Se evaluó el comportamiento de los sustratos sobre las plántulas de lechuga como cultivo referencial de acuerdo con las siguientes variables: número de hojas (NH), altura de la planta (AP), ancho de las hojas (AH), diámetro del cuello (DC), longitud de la hoja (LH), longitud de la raíz (LR), peso fresco (PFF) y seco foliar (PSF) y el peso fresco (PFR) y seco radical (PSR).

El experimento se distribuyó en condiciones de campo en el diseño experimental de bloques al azar, con cinco (5) plantas de lechuga por parcela y cinco (5) repeticiones, siendo los tratamientos los diferentes sustratos (Cuadro 1). En la organización de los tratamientos no se utilizó pulpa sola, de acuerdo a los resultados de investigaciones realizadas por López (1966) y Maestre-Maestre (1977).

Los valores de las variables cuantificadas fueron examinados estadísticamente por análisis de

varianza, y en los casos donde se detectó diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Duncan para su comparación (Steel y Torrie 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De forma general, se puede señalar que entre los tratamientos con pulpa de café drenada y sin drenar. Particularmente el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) presentó los mejores valores promedios de número de hojas, altura de la planta, ancho de las hojas y diámetro del cuello, y para las variables longitud de las hojas, longitud de la raíz, peso fresco y seco tanto de las hojas como de la raíz fueron los tratamientos: (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) y (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1), los que presentaron los mejores valores promedios, lo cual ratifica con el planteamiento de que el empleo de abono orgánico como sustrato mejora la estructura física y provee nutrientes para el crecimiento adecuado y para el desarrollo de plantas, además de aportar beneficios al suelo aumentando el tenor de materia orgánica (Amaya, *et al.*, 1988; Cadena, (1982), Blandón, *et al.*, (1998). Por otro lado, también es conocido que cualquier suelo puede beneficiarse de los abonos orgánicos, pero los suelos arenosos y arcillosos se benefician mucho más, debido a que, al incrementarse la materia orgánica en ellos, se retienen más nutrientes y agua (Maestre, 1977; Cadena, 1982; Cepeda, 1991; Blandón *et al.*, 1998, y Blandón *et al.*, 1999).

Además de ello, se constató, que los tratamientos sin la presencia de pulpa de café descompuesta por 120 días [(T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) y (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1)], fueron los que mostraron los menores valores en cuanto al número de hojas, altura de la planta, ancho de las hojas, diámetro del cuello, longitud de las hojas, peso fresco y peso seco de la raíz de plántulas de lechuga. Particularmente para los objetivos de este experimento donde la pulpa descompuesta por 120 días se incorporó a los sustratos evaluados empleando plántulas de lechuga como cultivo referencial se obtuvieron los siguientes resultados para la cada una de las variables cuantificadas.

### Número de hojas

De acuerdo a lo observado en el Cuadro 2 para esta variable, los resultados obtenidos para el número de hojas de las plantas de lechuga desarrolladas en distintos sustratos o tratamientos, permiten señalar que hubo diferencias significativas entre los

tratamientos y la comparación de medias por la prueba de Duncan reveló que en los tratamientos (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) y (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) no hay diferencias en el número de hojas y que esta condición se le puede atribuir a que son los tratamientos con una y dos partes de pulpa de café, que favorecen las condiciones del sustrato. Por otra parte, el tratamiento (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) es diferente al resto de los tratamientos y los tratamientos sin pulpa de café [T<sub>1</sub>- Suelo-arena (1:0:1) y T<sub>4</sub>- Suelo- arena (1:0:1)] no presentaron diferencias significativas en cuanto al número de hojas y presentan los menores valores medios.

El mayor número de hojas presentes en las plantas a los 30 días después de la siembra en sustratos con pulpa drenada y sin drenar, fermentada a 120 días, fue para los tratamientos (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) y (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) de 13,25 hojas para la pulpa drenada y de 12,54 para la pulpa sin drenar respectivamente. Cercano a estos valores están 12,16 y 9,24 en promedio de número de hojas, pertenecientes a los tratamientos: (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) y (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1), respectivamente.

Se puede señalar que los mayores valores se obtuvieron en los tratamientos donde se adicionó pulpa de café, lo que indica que esta materia o abono orgánico incorporado al suelo, le puede aportar algunos beneficios como nutrientes a las bacterias, hongos, lombrices y otros organismos, los cuales reciclan nutrientes en forma disponible para ser absorbidos a través de las raíces de las plantas, y se ven reflejados en el incremento del número de hojas de las plantas.

### Altura de la planta

Se constató incremento en el promedio de la altura de las plantas de lechuga a medida que la proporción de pulpa de café aumenta (Cuadro 2). El análisis de varianza aplicado a esta variable, permite señalar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y la prueba de medias, indicó que entre los tratamientos: (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1), (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) y (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) no existen diferencias significativas, mientras que para los tratamientos: (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) pertenecientes a la pulpa drenada y (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1) correspondiente a la pulpa sin drenar difieren de los anteriores y también entre ellos mismos,

**Cuadro 1. Cantidad (kg) y/o proporciones de suelo, pulpa y arena utilizadas en la validación de la pulpa de café con 120 días de fermentación como abono orgánico o sustratos.**

Tratamientos-Sustratos		Componentes de las mezclas					
		Kg			Proporciones		
		Suelo	Pulpa	Arena	Suelo	Pulpa	Arena
T <sub>1</sub> - Suelo-arena	(1:0:1)	7,1	0,0	7,1	1	0	1
T <sub>2</sub> - Pulpa drenada	(1:1:1)	7,1	2,5	7,1	1	1	1
T <sub>3</sub> - Pulpa drenada	(1:2:1)	7,1	5,0	7,1	1	2	1
T <sub>4</sub> - Suelo-arena	(1:0:1)	7,1	0,0	7,1	1	0	1
T <sub>5</sub> - Pulpa sin drenar (1:1:1)		7,1	2,5	7,1	1	1	1
T <sub>6</sub> - Pulpa sin drenar (1:2:1)		7,1	5,0	7,1	1	2	1

**Cuadro 2. Evaluación del crecimiento de plantas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) expresado en número de hojas (NH), altura de la planta (AP), ancho de las hojas (AH), diámetro del cuello (DC), longitud de la hoja (LH), longitud de la raíz (LR), en diferentes sustratos de pulpa de café drenada y sin drenar con 120 días de fermentación.**

Tratamientos-Sustratos		AP	AH	DC	LH	LR	Proporción NH
(suelo : pulpa : arena)		.....cm.....					
T <sub>1</sub> - Suelo-arena	(1:0:1)	7,04c	6,00c	3,28c	0,56c	12,65a	10,36a
T <sub>2</sub> - Pulpa drenada	(1:1:1)	9,24b	9,82b	5,97b	0,88b	15,38a	8,78a
T <sub>3</sub> - Pulpa drenada	(1:2:1)	13,25a	12,57a	7,64a	1,12a	16,98a	9,30a
T <sub>4</sub> - Suelo-arena	(1:0:1)	7,96c	4,22d	3,28c	0,54c	14,26a	8,96a
T <sub>5</sub> - Pulpa sin drenar (1:1:1)		12,54a	10,45b	7,40a	0,75b	17,04a	11,08a
T <sub>6</sub> - Pulpa sin drenar (1:2:1)		12,16a	9,36b	6,83ab	0,84b	17,18a	13,66a

Medias seguidas de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente a 5% de probabilidad por la prueba de Duncan

arrojando los menores valores, lo que permite ratificar que la ausencia de pulpa de café o materia orgánica en estos dos últimos tratamientos se refleja en el bajo crecimiento de la planta de lechuga.

La altura de la planta en el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) mostró valor de 12,57 cm; sin embargo, para el tratamiento (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1), que no posee pulpa de café, se visualizó el

menor valor de la altura de las plantas con 6,0 cm. Estos valores tan distantes permiten corroborar lo que han señalado investigadores como Maestre (1977); Cadena (1982); Blandón, et al. (1998) y Blandón, et al. (1999), donde hacen ver la necesidad de enriquecer algunos suelos con materia orgánica procedente de la pulpa de café para obtener plantas vigorosas y sanas con disponibilidad equilibrada de los nutrientes necesarios para el desarrollo de estas y también aumentar la agregación del suelo, lo cual

tiene influencia sobre el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas.

### Ancho de las hojas

El valor superior del ancho de la hoja de lechuga lo mostró el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), con 7,64 cm, comparado con el resto de los tratamientos (Cuadro 2). En cuanto a los análisis estadísticos, se puede señalar que hay diferencias significativas entre los tratamientos y que la prueba de media de Duncan, muestra que los tratamientos: (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) y (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) son los mejores, seguido del tratamiento (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) y por último o con los menores resultados en cuanto al ancho de las hojas están los tratamientos (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) y (T<sub>4</sub>) Sueloarena (1:0:1), que no poseen pulpa en su constitución. Para esta variable se ratifica como mejores tratamientos aquellos sustratos con la presencia de pulpa sea ella drenada o sin drenar.

### Diámetro del cuello

El mayor valor del diámetro del cuello fue de 1,12 cm y se obtuvo en el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) (Cuadro 2). El análisis de varianza de esta variable, mostró diferencias significativas entre los tratamientos a 5 % de probabilidad y que el mejor tratamiento para incrementar el diámetro del tallo fue el (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), seguido de los tratamientos (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1), (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) y (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1). Mientras que los que arrojaron los menores valores en el diámetro del tallo corresponden a los tratamientos: (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) de la pulpa drenada y (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1) de la pulpa sin drenar que no poseen pulpa de café como materia orgánica. Estos resultados permiten corroborar lo señalado por Maestre (1977); Cadena (1982), Blandón, *et al.* (1998) y Blandón, *et al.* (1999), donde manifiestan la necesidad de enriquecer algunos suelos con materia orgánica procedente de la pulpa de café para conseguir mejor desarrollo y crecimiento de las plantas. Por lo tanto, cuando las plantas de lechuga de este ensayo se desarrollaron en presencia de pulpa de café se logró el mayor crecimiento, mientras que las plantas que crecidas en ausencia de la pulpa de café mostraron el menor diámetro de crecimiento del cuello.

Similar a lo constatado para las variables número de hojas, altura de la planta, ancho de la

hoja específicamente para el diámetro del cuello, los mayores valores los arrojó el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) (dos partes de pulpa drenada, una parte de suelo y una parte de arena), lo que indica que hay una relación en cuanto a esas variables y la pulpa utilizada debido a que favorece el desarrollo de las plantas de lechuga. Por otra parte, se puede mencionar que se observó un ligero aumento a medida que se incrementó la adición de pulpa de café a la mezcla de sustrato.

### Longitud de las hojas

Los valores obtenidos de longitud de las hojas revelaron los mayores resultados en los tratamientos (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1), (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1), (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) y (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) de 17,8 cm; 17,04 cm, 16,98 cm y 15,38 cm, respectivamente.

Los análisis estadísticos indicaron que no hay diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, se puede expresar que a mayor cantidad de pulpa drenada y sin drenar, mayores son los valores de longitud de hojas, mientras que los tratamientos sin pulpa arrojaron los menores valores con 12,65 cm de longitud para el tratamiento (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) de la pulpa drenada y con 14,26 cm para el tratamiento (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1) de la pulpa sin drenar.

### Longitud de la raíz

En cuanto a la longitud de la raíz de las plantas de lechuga, se puede señalar al tratamiento (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1), con el mayor valor (13,66 cm), en comparación con el resto de los demás tratamientos (Cuadro 2). El análisis de varianza permite señalar que no hay diferencias significativas entre los tratamientos a 5% de probabilidad; aunque en promedio, el tratamiento que se destacó [T<sub>6</sub>-Pulpa sin drenar (1:2:1)] constituido por dos partes de pulpa de café sin drenar, una parte de suelo y una parte de arena. Este comportamiento posiblemente sea debido a que parte del agua del beneficio húmedo del café le proporcionó a la planta nutrientes o condiciones que permitieron la formación de un sistema radical funcional y abundante que benefició el desarrollo de las plantas.

### Peso fresco y peso seco de la raíz

Se observa que el menor valor de peso fresco y peso seco de la raíz lo presentó el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), con 1,94 g y 0,26 g respectivamente, mientras que los mayores valores los arrojó el tratamiento (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1)

con 4,22 g para peso fresco y 1,95 para peso seco de la raíz. En este caso particular se puede inferir que, aunque el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) mostró los menores valores provienen de una mezcla con alta cantidad de pulpa, es posible que el hecho de que se drenara o se le tratara de eliminar el agua del beneficio disminuyera la presencia de algún compuesto que pudiera favorecer el peso de la raíz de la planta de lechuga.

Se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al peso fresco y peso seco de la raíz. La comparación de las medias de peso fresco de las raíces por la prueba de Duncan reveló que el mejor tratamiento fue el (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) lo que indica que la pulpa sin drenar en su mayor concentración contribuye con el desarrollo de las raíces de las plantas de lechuga; sin embargo, los tratamientos: (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1), (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) y al (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1) son similares entre sí y con valores intermedios, mientras que los tratamientos (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1), (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) y (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) son iguales estadísticamente y arrojaron los menores valores, esto permite indicar que cuando los tratamientos poseen la pulpa drenada sus raíces no se desarrollan tanto como las de las muestras de sustratos con pulpa sin drenar.

En cuanto al peso seco de la raíz, evaluado por la prueba de Duncan, se puede decir que se sigue manteniendo el tratamiento (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1), como el mejor para que se desarrollen las raíces de la plantas, luego continúan los tratamientos (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1) y (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) que no se diferencian estadísticamente y por último o con los más bajos valores se encuentran los tratamientos (T<sub>1</sub>) Sueloarena (1:0:1), (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) y (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1).

### **Peso fresco y peso seco de la parte aérea**

En este caso se puede señalar que a medida que se incrementan las cantidades de pulpa de café los valores de peso fresco y seco de las hojas se incrementan significativamente, con la excepción del tratamiento (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) que disminuye. La muestra con pulpa de café sin drenar, se destacaron en el tratamiento (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) con valores de 25,26 g de peso fresco de las hojas y 2,13 g de peso seco de las hojas. Comparando estas dos variables se puede decir, que hay relación entre los pesos debido a que los tratamientos con los mayores valores de peso fresco

se corresponden con los mayores valores de peso seco de las hojas.

En cuanto al análisis estadístico se encontró diferencias significativas entre los tratamientos tanto para el peso fresco como para el peso seco de la parte aérea de la planta de lechuga. Por otra parte, la prueba de Duncan mostró que los mejores tratamientos para el peso seco de la parte aérea de la planta fueron el (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) y el (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) mientras que los tratamientos: (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), (T<sub>4</sub>) Sueloarena (1:0:1), (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) y (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) fueron iguales estadísticamente. Se reportan diferencias significativas para el peso seco revelando por la prueba de Duncan que los mejores tratamientos fueron el (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1) y el (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1), aunque el tratamiento (T<sub>4</sub>) Suelo-arena (1:0:1) fue similar a los anteriores, pero los tratamientos: (T<sub>1</sub>) Suelo arena (1:0:1), (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1) y (T<sub>2</sub>) Pulpa drenada (1:1:1) mostraron los menores valores, es decir los más bajos pesos frescos y secos de las hojas.

En este sentido, se puede destacar que entre los tratamientos con pulpa de café drenada y sin drenar, los mejores valores de número de hojas, altura de la planta, ancho de las hojas y diámetro del cuello, los arrojó el tratamiento (T<sub>3</sub>) Pulpa drenada (1:2:1), es decir el que tenía la mayor proporción de pulpa de café drenada y para las variables longitud de las hojas, longitud de la raíz, peso fresco y seco tanto de las hojas como de la raíz fueron los tratamientos: (T<sub>5</sub>) Pulpa sin drenar (1:1:1) y (T<sub>6</sub>) Pulpa sin drenar (1:2:1). Este comportamiento permite mencionar que entre las dos pulpas la que le proporciona las mejores condiciones a la planta para su desarrollo es la pulpa drenada, debido a que permitió obtener plantas de mayor tamaño y más vigorosas.

Considerando lo señalado en esta investigación, donde se utilizaron dos tratamientos sin pulpa de café (T<sub>1</sub>) Suelo-arena (1:0:1) correspondiente al testigo drenado y (T<sub>4</sub>) Sueloarena (1:0:1), perteneciente al control del ensayo sin drenar, se puede afirmar de forma general los que mostraron los menores valores en cuanto al número de hojas, altura de la planta, ancho de las hojas, diámetro del cuello, longitud de las hojas, peso fresco y peso seco de la raíz.

**Cuadro 3. Evaluación del crecimiento de plantas de lechuga (mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Lactuca sativa L.*) expresado en peso fresco foliar (PFF), peso seco foliar (PSF), peso fresco radical (PFR), peso seco Colombia. Cenicafé 50(1):5-23. radical (PSR ), en diferentes sustratos de pulpa de café drenada y sin drenar con 120 días de fermentación.**

Tratamientos -Sustratos Proporción (suelo : pulpa : arena )	PFF	PSF	PFR	PSR
	.....	.....g.....		
T <sub>1</sub> - Suelo -arena (1:0:1)	14,90b	1,28b	1,94c	0,33c
T <sub>2</sub> - Pulpa drenada (1:1:1)	13,04b	1,04b	2,06c	0,31c
T <sub>3</sub> - Pulpa drenada (1:2:1)	15,88b	1,18b	1,94c	0,26c
T <sub>4</sub> - Suelo-arena (1:0:1)	15,84b	1,49b	3,06b	0,62b
T <sub>5</sub> - Pulpa sin drenar (1:1:1)	20,28a	1,96a	3,66b	0,67b
T <sub>6</sub> - Pulpa sin drenar (1:2:1)	25,26a	2,13a	4,22a	0,95a

Medias seguidas de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente a 5% de probabilidad por la prueba de Duncan.

Esto concuerda con lo señalado por Cepeda (1991), donde se refiere a que la materia orgánica del suelo mejora la productividad del mismo debido a que esta materia permite el suministro de elementos nutritivos por mineralización, ayuda a compensar los cambios rápidos de pH y sirve como depósito de los elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, entre otros. Los resultados de esta investigación se ratifican por lo señalado por Pérez *et al.* (2013) donde hace referencia a que la eliminación del agua de la pulpa de café, disminuir los sólidos e inhibir la generación de contaminantes, con lo cual se obtiene una pulpa más rica en nutrientes. Por lo tanto, tener suelo con poca materia orgánica o pobres en ésta, como sucede con los tratamientos uno y cuatro se afectan los procesos señalados por el investigador mencionado anteriormente y por ende se reflejan en un bajo desarrollo de las plantas.

### CONCLUSIONES

La presencia de la pulpa de café como abono orgánico en el sustrato es limitante para el crecimiento de las plantas de lechuga.

El mayor crecimiento de las plantas de lechuga se detectó en el sustrato constituido por dos partes de pulpa de café drenada y una parte de suelo y arena, mientras que el menor crecimiento de las

plantas ocurrió en los sustratos que no contenían pulpa de café.

### BIBLIOGRAFÍA

- Amaya L. F.; Celis, B.; Farrera P. R.; García, A. M.; Manrique M. J.; Medina, J.; Murillo, A.; Romero, A.; Sánchez, L.; Sayago A. M.; SilvaAcuña, R.; Yáñez, P.; Zavala, Y. 1988. Paquete tecnológico para la producción de café. FONAIAP. Maracay, Venezuela. 192 p.
- Bidwell, R. 1990. Fisiología vegetal. 1era edición. S.A.A.G.T. México. Pp 785
- Blandón-Castaño, G., Rodríguez-Valencia N y Dávila-Áreas, M. 1998. Caracterización Microbiológica y Fisicoquímica de los subproductos del beneficio del café en proceso de porcentaje. Cenicafé 49(3): 169-185.
- Blandón, G., Dávila, M. y Rodríguez, N. 1999. Caracterización microbiológica y fisicoquímica de la pulpa de café sola y con -Braham J. and Bressani, R. 1978. Coffee pulp. Composition, technology and utilization. Institute of nutrition of Central America and Panama. Microfiche edition avaible. IDRC. Ottawa. Pp. 95
- Cadena, G. 1982. Pulpa de café para la mancha del hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke) en almácigos. Colombia. Cenicafé 33(3):76-90

- CENICAFÉ, 1998. Tratamientos de aguas residuales del lavado del café. Boletín técnico nº 20. Caldas – Colombia. Pp. 26
- Ferrer, J. Páez, G., Chirino, M. y Mármol, Z. 1995. Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. Luz, Venezuela. 12:417-428
- FONAIAP-CENIAP, 1989. Suelos del estado Monagas. Monolito. Estación Experimental Caripe. Localidad Boquerón, Municipio Caripe. Estado Monagas.
- Gross, F. Silos y ensilados. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 136p.
- López, A. Y Calle, V. 1956. Valor comparativo de la pulpa de café descompuesta como abono. Boletín informativo. Cenicafé 7(81):285-297.
- López, A. 1966. Cambios químicos en el suelo ocasionados por adición de materia orgánica; su valor residual y su efecto sobre plántulas de café hasta un año de edad. Colombia. Cenicafé 17(4):121-131.
- Lozano, J. Galindo, J. García, J. Martínez, J. Peñafiel, P y Solano, F. 2000. Bioquímica y biología molecular para ciencias de la salud. 2da edición. McGRAW-Hill Interamericana. España. 522p
- Luna-Rodríguez, F., López-Mena J. y LariosGonzález R. 2013. Sistema de manejo en café (*Coffea arabica* L.) y su efecto en la fertilidad del suelo y el rendimiento del café oro, Masatepe, Masaya. La calera:12(18):29-36
- Maestre, A. 1977. Evaluación de la pulpa de café como abono para almácigos. Colombia. Cenicafé 28(1):18-26. Manual de formulación de sustrato, 2002. Formulación de sustratos para viveros. Disponible en línea en <http://www.oirsa.org/Publicaciones/VIFINEX/Manuales/Manuales-2002/Costa-Rica/Sustratos-para-Viveros-08.htm>
- Noticias del Café, 2003. Estudian reciclar restos de café para agricultura en Brasil y México. Noticias Mundo del café. <http://www.Noticias%20Mundo%20del%20Cafe.htm>
- Pagán, S., 2004. Producción de ensilaje con residuos de plantas procesadoras de frutas y su utilización en dietas para ovinos. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez. Disponible en línea en <http://dialogo.ugr.es/anteriores/dail03/de283.htm>
- Parra, J. 1959. El valor fertilizante de la pulpa de café. Colombia. Cenicafé 10(10):441-460.
- Pérez-Hernández, O., Michel-Rojas, E., ChuyRodríguez, T., Pérez-Rodríguez, T. y CabreraCastro P. 2013. Reducción de la carga contaminante en el medioambiente de zonas costeras. Sus consecuencias en el cambio climático. Ciencia en su PC. Revista electrónica. Nº2.
- Pujol, R., Zambrano, L., Sanarnesia, M. y Bonilla, F. 2000. Estudio del impacto ambiental del cultivo y procesamiento del café. Disponible en línea en <http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/cambioactitud/Articulo%20Caso%20del%20Cafe.html>
- Ramos, M., González, N. Ramírez, C. Y Sánchez, F. 2000. Actividad antioxidante de la pulpa de café y sus derivados. Disponible en línea en [http://www.unet.edu.ve/~frey/variros/decinv/VI\\_JCT/CIENCIAS%20RESUMENES.htm](http://www.unet.edu.ve/~frey/variros/decinv/VI_JCT/CIENCIAS%20RESUMENES.htm)
- Ramírez, J., Bautista, E; Clifford, M y Adams, M. 1997. Evaluation of coffee pulp silage. 17 eme colloque Scientifique Internacional sur le café, Nairobi, Kenya, pp. 695 –702.
- Ramírez, J. 1998. Coffe pulp is a by product, not a waste. Tea and Coffee trate Journal 170: 1161126.
- Steel, R. y Torrie, J. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw Hill. Bogotá. 102 p.
- Suárez, J. 2012. Aprovechamiento de los residuos de sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. Corporación Universitaria Lasallista Facultad de ingeniería. Especialización en gestión Integral de Residuos Sólidos y peligrosos. Caldas Antioquia: Colombia. 56p.
- Uribe, A. y Salazar, N. 1983. Influencia de la pulpa de café en la producción de cafeto. Colombia. Cenicafé 34(2):44-58.
- Zambrano, F e Isaza, H. 1994. Lavado del café en los tanques de fermentación. Cenicafé 45(3):106-118.