

Extracción de aceite esencial de raíces de *Chrysopogon zizanioides*(L.) Roberty desarrolladas en agua

Extraction of essential oil from roots of *Chrysopogon zizanioides* (L.)Roberty developed in water

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Grupo de Investigación PROMNMAFOR: Productos Madereros y No Madereros AgroForestales. Mérida 5101- Venezuela.¹adrianap@ula.ve; ²enid@ula.ve; ³pdelfina@ula.ve; ⁴eversoncamacho9@gmail.com

Padilla-Baretic, Adriana¹; Marcano, Enid²; Padilla, Delfina³ y Camacho, Everson⁴

Fecha de Inicio de la investigación: 02/2017

Fecha de terminación de la investigación: 03/2018

RESUMEN

La conveniencia de contar con raíces de vetiver limpias, libres de restos inorgánicos indeseables tales como piedras o arenisca, para la obtención de aceite esencial por arrastre de vapor fue el estímulo promotor de este estudio. Se evaluó la reproducción por esquejes de la especie *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty, utilizando dos tratamientos de medio acuoso: uno de control y uno con humus líquido, usando botellas plásticas PET como envases para la producción de raíces. Los resultados obtenidos indican que es factible el cultivo de vetiver en medio acuoso y que es posible obtener cantidades aceptables de aceite esencial de las raíces producidas en agua. No hubo diferencia significativa del desarrollo de raíces entre los tratamientos y se obtuvo un rendimiento de aceite esencial de 0,4741% a partir de raíces desarrolladas en ambos medios acuosos durante cinco meses.

Palabras clave: vetiver, aceite esencial, medio acuoso.

ABSTRACT

The benefit of having clean vetiver roots, free of undesirable inorganic residues such as stone or sandstone for obtaining essential oil by steam dragging, was the main reason for this research. The reproduction by cuttings of the *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty species was evaluated by using two aqueous medium treatments: one by control and one with liquid humus, using plastic PET bottles as container for root production. The reached outcomes show that it is possible the cultivation of vetiver in aqueous medium, as well as obtaining big quantities of essential oil from roots produced in water. There was not significant different in root development between the treatments and an essential oil yield of 0.4741% was obtained from roots developed in both aqueous media over five months.

Key words: vetiver, essential oil, aqueous medium.

INTRODUCCIÓN

La especie *Chrysopogon zizanioides*(L.) Roberty, de sinonimia *Vetiveria zizanioides*(L.) Nash, es una gramínea perenne, originaria del sureste asiático, se encuentra desde India hasta China. No tiene rizomas, ni estolones y se propaga mediante divisiones radicales o esquejes enraizados. La planta crece en grandes macollas a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa. Las hojas relativamente rígidas, largas y angostas tienen hasta 75 centímetros de largo y no más de ocho milímetros de ancho y, aunque son lisas, sus bordes son ásperos hacia abajo. Poseen un sistema radical fuerte que puede alcanzar profundidades que oscilan alrededor de los cinco metros (Luque y Ceballos, 1997).

El pasto vetiver se cultiva con variados propósitos: la planta ayuda a estabilizar el suelo y lo protege frente a la erosión, puede también proteger cultivos frente a plagas y malas hierbas; debido a las propiedades fibrosas de sus hojas se puede utilizar para hacer manualidades y cuerdas; es una gramínea ampliamente conocida por su importancia en perfumería.

El aceite esencial -AE- de vetiver, extraído de las raíces de la planta posee un particular aroma y una lenta evaporación, características éstas que lo convierten en un componente conocido como nota base, contenido en 36% de los perfumes: Caleche, Chanel n°5, Dioressence, Parure, Opium, entre otros. Además, las raíces de vetiver han sido tradicionalmente usadas en infusión para combatir el insomnio, la taquicardia, el dolor de cabeza, los mareos y la ansiedad. Las aplicaciones terapéuticas y aromáticas del AE de raíces de vetiver son mundialmente reconocidas, debido a que en su composición química hay predominancia de sustancias que le confieren actividad biológica antioxidante, sedativa y antiinflamatoria, además de un agradable aroma. (Barroso, 2017; Padilla y otros, 2011).

El pasto vetiver suele reportarse como muy resistente a sequías o inundaciones, con amplio rango de adaptación a suelos secos hasta suelos inundables, se puede decir que es una planta cosmopolita. Si bien este pasto es ampliamente usado para retener la erosión de los suelos debido a sus largas y enmarañadas raíces, resulta paradójico que sus raíces deban ser extraídas del suelo para comercializarlas para obtener su apreciado contenido de AE; en este caso la reproducción se lleva a cabo en terrenos planos y arenosos dejando crecer las plantas entre 18 y 24 meses (Barroso, 2017).

Para la obtención manual de las raíces se excava con una pala alrededor y debajo de la planta, formando un círculo que incluya todo el sistema radicular. Se quita parte de la tierra adherida y se eliminan las hojas. En la cosecha mecanizada se cortan las hojas y después se pasa el arado con profundidad de unos 10 cm por debajo de la superficie suelo, luego se separan cortando las raíces. Éstas se disponen al aire libre durante varias horas para provocar la eliminación de la humedad, luego se completa el secado bajo techo. Pueden ser directamente utilizadas para la destilación o se pueden acopiar en fardos (Scavo, 2004).

La destilación de las raíces de vetiver es lenta y dificultosa debido a la textura de las raíces y a la baja densidad de la esencia; es recomendable dejar macerar las raíces en agua por 24 horas antes de la destilación. El proceso de arrastre por

vapor puede durar entre 35 a 40 horas para completar la destilación (Rosales y otros, 2015).

El vetiver no es una planta acuática, pero se adapta bien a la humedad. Esta característica la ha convertido en objeto de múltiples investigaciones relacionadas, fundamentalmente, con su propagación en medio acuático para tratamientos de aguas contaminadas, siendo nulos o escasos los reportes de trabajos relacionados con la producción de vetiver en medios acuosos para la obtención de raíces destinadas a la extracción de su esencia.

En la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes -FCFA-ULA-, específicamente en el Laboratorio de Bioenergía, se desarrolla una línea de investigación relacionada con la extracción AE por arrastre de vapor. Se ha evidenciado el problema causado en la destilación de raíces de *Crhysopogon zizanioides*(L.) Roberty, cuando en éstas quedan residuos del suelo que afectan el proceso; por ejemplo: las piedras integradas a la red de raicillas han suscitado el rompimiento del material de vidrio de los destiladores, además, restos de tierra causan obstrucción en los equipos y consecuente pérdida de materia prima, tiempo y energía.

En vista de la ventaja que representa contar con raíces limpias, libres de restos de compuestos inorgánicos del suelo, para la destilación de raíces de vetiver por arrastre de vapor, se planteó la posibilidad de reproducir la especie vetiver, utilizando un medio acuoso contenido en botellas de polietileno tereftalato -PET- de 1,5 L como tubetes de enraizamiento, considerando la eventualidad de obtener un rendimiento de AE a partir de raíces creciendo en sustrato acuoso, comparable al rendimiento de AE de raíces creciendo en sustrato suelo. De este modo, se observó el desarrollo de las raíces para dos tratamientos de sustrato acuoso: agua potable con 0,3% de humus líquido de lombriz -T1- y agua potable sin fertilizante -T2-.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación pretendió demostrar que es viable producir raíces limpias para la obtención de AE de vetiver. Para tal fin se diseñó un experimento de dos tratamientos: un tratamiento con humus de lombriz -T1- y otro de control -T2-. Las siguientes tres hipótesis se formularon bajo la suposición de diferencia entre el desarrollo de las raíces de las plantas crecidas con humus y sin humus, además de existir diferencia en la cantidad de AE extraído de raíces provenientes de plantas desarrolladas en medio acuoso y las desarrolladas en tierra. La cuarta hipótesis es una hipótesis de correlación que supone relación entre la longitud de las raíces y la cantidad de raíces desarrolladas en los esquejes.

- Hipótesis 1: existe diferencia significativa en el desarrollo longitudinal de las raíces -LR- crecidas en medio acuoso y las raíces crecidas en medio acuoso con humus.
- Hipótesis 2: existe diferencia significativa en el desarrollo del número de las raíces -NR- crecidas en medio acuoso y el de las raíces crecidas en medio acuoso con humus.
- Hipótesis 3: existe diferencia en el rendimiento de AE obtenido de

extracciones de raíces crecidas en suelo y en medio acuoso.

- Hipótesis 4: existe relación entre las variables longitud máxima de la raíz de los esquejes producidos en medio acuoso -LR- con la variable cantidad de raíces observadas en dichos esquejes -NR-.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de reproducción de plantas de vetiver en envases PET, se llevaron a cabo en las instalaciones físicas de la FCFA-ULA, específicamente en el Centro de Acopio y Reciclaje; la extracción de aceite de raíces de vetiver se ejecutó en el Laboratorio de Bioenergía de la misma Facultad.

Se montó una estructura con varas de bambú como soporte para 50 botellas de 1,5 L. Las botellas PET fueron cortadas por la base y colocadas con las tapas hacia abajo. Adicionalmente se usó pedazos de yesca o anime poliestireno expandido para sostener los esquejes destinados a las mediciones de crecimiento de raíces. Se estableció una réplica para T1 de 30 esquejes en agua con 0,3% de humus líquido de lombriz y un tratamiento control T2 de 20 esquejes en agua potable, con la finalidad de producir raíces para la fase de destilación.

Cada esqueje objeto de medición fue extraído del envase PET para medir la longitud de la raíz más larga presentada, la nomenclatura usada fue LRT1 para esquejes creciendo con humus y LRT2 para esquejes creciendo en agua de control. Las mediciones se realizaron cada 22 días aproximadamente en un lapso de 5 meses.

En cada esqueje objeto de medición se contó el número de raíces desarrolladas, la nomenclatura usada fue NRT1 para esquejes creciendo con humus y NRT2 para esquejes creciendo en agua de control. Los registros fueron hechos al mismo tiempo que los registros de longitud de raíces.

Al finalizar el ensayo de crecimiento, las raíces fueron procesadas en un equipo de hidrodestilación construido con vasijas de cobre y condensadores de tubo con receptores tipo Clevenger de vidrio. Este sistema obedece al principio de arrastre de vapor de las moléculas volátiles presentes en la materia prima a utilizar.

Con la finalidad de corroborar que de las raíces de vetiver provenientes de plantas crecidas en medio acuoso, se obtiene AE en cantidades comparables con las de las plantas crecidas en suelo, se procedió a determinar el rendimiento en porcentaje del AE de las raíces de las plantas producidas en el ensayo -RT1yT2%- y la cantidad producida por la destilación de las raíces provenientes de macollas crecidas en tierra -Rmt-.

Se determinó la densidad del AE obtenido por arrastre de vapor usando una micropipeta graduada para pesar con precisión 0,5 mL del AE en la balanza electrónica.

Adicionalmente, se hizo un registro de producción de AE en mL vs tiempo de destilación en minutos para graficar los valores de destilación de AE en el tiempo.

Todos los datos fueron procesados usando el programa SPSS 20 usando los siguientes análisis:

Variable longitud de raíz -LR-

Se procedió a la aplicación de un análisis de varianza -ANOVA- para establecer

la existencia, o no, de diferencia significativa al 95% de confianza, entre las raíces crecidas en T1 y las crecidas en T2 durante 5 meses.

Con la finalidad de conocer si existe, o no diferencia significativa al 95% de confianza entre T1 y T2 en algún momento en el ensayo, se aplicó el ANOVA en cada grupo de datos para cada registro en el tiempo.

Se aplicó un ANOVA para comparar LR integrando los dos tratamientos, con la finalidad de observar si en algún momento del ensayo el crecimiento longitudinal se detuvo; esto fue posible con la aplicación del post hoc de medias de Duncan del SPSS 20.

Variable número de raíces -NR-

Se procedió a la aplicación de un análisis de varianza -ANOVA- para establecer la existencia, o no, de diferencia significativa al 95% de confianza, entre el número de raíces crecidas en T1 y las crecidas en T2 durante 5 meses.

Con la finalidad de conocer si existe, o no diferencia significativa al 95% de confianza entre T1 y T2 en algún momento en el ensayo, se aplicó el ANOVA en cada grupo de datos para cada registro en el tiempo.

Se aplicó un ANOVA para comparar NR integrando los dos tratamientos, con la finalidad de observar si en algún momento del ensayo la generación de nuevas raíces se detuvo; esto fue posible con la aplicación del post hoc de medias de Duncan del SPSS 20.

Variable rendimiento y densidad del AE-R% y ?-

Los valores de R% y ? no fueron procesados estadísticamente debido a que tanto el R% de AE extraído de raíces provenientes de medio acuoso como el proveniente de raíces del suelo, obedecen a una única destilación respectivamente. Ésta es la razón por la que se consideró la variable R% y la ? como indicadores de esta investigación. Para el caso de ?, con el AE obtenido fue posible realizar algunas réplicas y determinar el coeficiente de variación -CV%-.

Relación entre LR y NR

Para conocer la existencia o no, de una relación entre la LR y NR se procedió a la aplicación del análisis de regresión lineal del SPSS 20. Se graficó la ecuación de la recta experimental.

Grafica de destilación de AE en el tiempo.

Se registró el volumen en mL de AE extraído durante la destilación de las raíces hasta observar la disminución total de emisión de volátiles en el receptor Clevenger. Esto se hizo con la finalidad para de estimar el punto óptimo para detener el proceso de extracción. Los datos obtenidos fueron graficados para observar la tendencia de paralelismo de la curva experimental con el eje X.

RESULTADOS Y ANALISIS

Se presenta un resumen de los resultados considerados representativos del estudio debido a que la totalidad de los registros y procesamiento estadístico de datos ocuparía un espacio excesivo para cumplir con las exigencias de

publicación.

Variables de crecimiento LR y NR

Es importante señalar que para iniciar el ensayo se sometieron 30 esquejes a tratamiento con humus y 20 esquejes a tratamiento control, sin embargo, para el momento del primer registro se observó sobrevivencia de 18 y 13 esquejes respectivamente. Éstos permanecieron vivos durante la todo el ensayo, es decir, se observó sobrevivencia de alrededor de 60% para ambos tratamientos. Este valor podría ser atribuido a una inadecuada manipulación inicial de los esquejes de reproducción, por ejemplo, en cuanto a longitud de corte de la raíz puesto que Orihuela (2007) reporta como conveniente dejar 5 cm de raíz y 20 cm de follaje. En el presente estudio se procedió al corte total de raíces y se dejó 10 cm de follaje para iniciar la puesta en marcha del experimento.

Cuadro 1. Resumen del ANOVA de las variables LR y NR

Grupos de contraste	Factor	A	H ₀
LRT ₁ vs. LRT ₂	Tratamiento	0,159	se acepta
NRT ₁ vs. NRT ₂	Tratamiento	0,012	se rechaza
LR vs.tr	Tiempo	0,000	se rechaza
NR vs.tr	Tiempo	0,000	se rechaza

H₀: hipótesis de igualdad. α : probabilidad de rechazar H₀ siendo ésta verdadera.

El cuadro 1 resume los resultados obtenidos al aplicar el ANOVA de un factor. En éste se puede observar que para LR no hay diferencia significativa en las raíces crecidas con humus y las raíces crecidas en agua de control durante todo el ensayo. En lo que respecta al NR se verificó que existe diferencias significativas entre tratamiento con humus y tratamiento control. En vista de que el ANOVA para NR y factor tratamiento se contrasta para dos tratamientos sin tomar en cuenta las fechas de registro, se procedió al ANOVA con factor tratamiento tomando en cuenta cada registro para observar en qué momento las diferencias de NRT₁ y NRT₂ aparecieron. Se corroboró que sólo en el primer registro, es decir, 45 días, existió diferencia significativa con probabilidad α de 0,014. Es posible que la aplicación de humus al inicio del desarrollo de raíces, incentive la producción de raíces de manera más acelerada que cuando los esquejes están creciendo en agua potable sin ningún otro añadido; otra posibilidad es que se trate de una mera eventualidad del azar.

El promedio de crecimiento longitudinal de raíz LR a los diferentes tiempos de registro son manifiestamente diferentes haciendo evidente que las raíces se desarrollaron sin detener su crecimiento durante todo el tiempo de medición; esto fue corroborado estadísticamente rechazando H₀ con $\alpha = 0,000$. La variable NR también presentó diferencias significativas para los diferentes tiempos de registros. En los cuadros 2 y 3 se presenta los subgrupos para los promedios de cada

registro.

Cuadro 2. Pruebas post hoc de Duncan de datos LR

Factor tiempo de medición en días	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
		1	2	3	4	5
25 días	33	13,391				
45 días	33		19,752			
67 días	33			26,039		
87 días	33			29,600	29,600	
109 días	33				32,558	32,558
129 días	33					35,230
154 días	33					
167 días	33					
Sig.		1,000	1,000	0,160	0,243	0,292

El cuadro 2 presenta los promedios de crecimiento LR en cada registro sin tomar en cuenta a cuál de los tratamientos corresponde cada valor. Se observa que para cada registro sucesivo las raíces habían crecido significativamente. La aparición de algunos valores en un mismo grupo no significa que el crecimiento se detuvo pues estos valores también aparecen en el grupo siguiente.

Cuadro 3. Pruebas post hoc de Duncan de datos NR

Factor tiempo de medición en días	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
45 días	33	6,48		
67 días	33	8,24		
87 días	33		11,82	
109 días	33		13,15	
129 días	33		14,39	14,39
154 días	33			16,03
167 días	33			16,61
Sig.		0,165	0,054	0,099

Del cuadro 3 se deduce que el aumento en NR es significativamente observable en el tiempo, sin embargo, no es tan rápido como para establecer diferencias en cada registro. Lo anterior se verificó a través de la formación de los tres subconjuntos según test de Duncan.

Relación LR vs. NR

Los análisis de regresión y correlación para LR vs. NR arrojaron valores de coeficientes de correlación (r) y de determinación (r²) iguales a 0,773y 0,596 respectivamente, demostrando que sí existe relación entre la longitud máxima de

raíz y el número de raíces en cada esqueje. Un $r=0,773$ indica que existe correlación moderada de las variables involucradas; $r^2= 0,596$ indica que los cambios observados en LR se deben en 59,6% a los cambios observados en NR. La figura 1 representa gráficamente la recta de regresión lineal LR vs. NR cuya fórmula obedece a la función $Y= 0,3944x$.

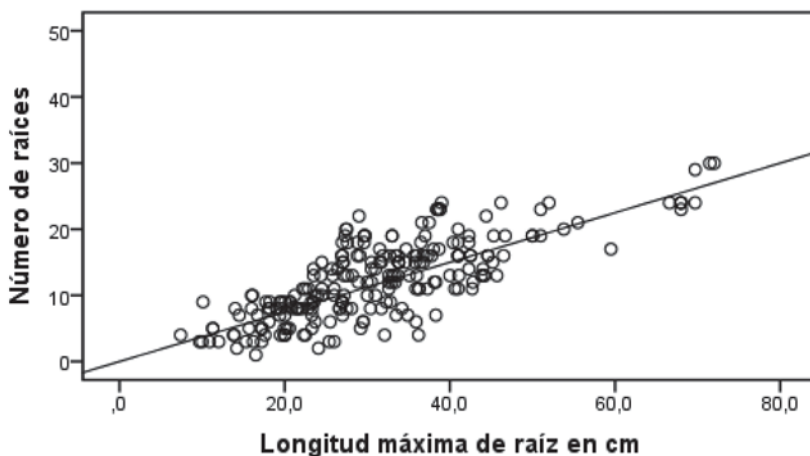


Figura 1. Gráfica de regresión LR y NR

Determinación del factor de sequedad de las raíces de vetiver

El peso seco del material usado en las destilaciones de raíces de plantas crecidas en tierra y medio acuoso se calcula a partir del promedio de los valores experimentales de factores de sequedad -fs-. Los promedios para fs y su coeficiente de variación -CV%- corresponden a 0,2023 y 5,40% para el material proveniente de tierra y; 0,8545 y 1,45% para material proveniente de medio acuoso. Los valores de fs indican que el peso de las raíces provenientes de la tierra se debe en 80% a su contenido de agua y las raíces provenientes de medio acuoso contienen aproximadamente 15% de agua. Lo anterior podría considerarse incongruente, sin embargo, esto se debió a que la intensa y ardua labor de lavado a las que fueron sometidas las raíces provenientes de tierra incrementó la cantidad de agua en el material. El cuadro 4 da cuenta de la confiabilidad de los promedios determinados para fs. Las fórmulas usadas corresponden a:

$$fs = \frac{ms}{mh}$$

$$CH\% = (1 - fs) * 100$$

$$CV\% = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

fs: factor de sequedad; ms: muestra seca en g; mh: muestra húmeda en g; CH%: contenido de humedad en %; CV%: coeficiente de variación en %; s: desviación estándar; X ? : promedio.

Cuadro 4. Interpretación de los valores del coeficiente de variación de Pearson

Ensayos en laboratorio	Interpretación	Pruebas de campo
0 < CV < 10%	Muy bueno	0 < CV < 15%
10 < CV < 15%	Aceptable	15 < CV < 25%
>15%	Desechar	>25%

Fuente: (Gil, 2000) http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agrotec/Agrotec_2000_1_62_67.pdf

Determinación del tiempo óptimo de destilación, rendimiento -R%-
 y densidad -?- del AE

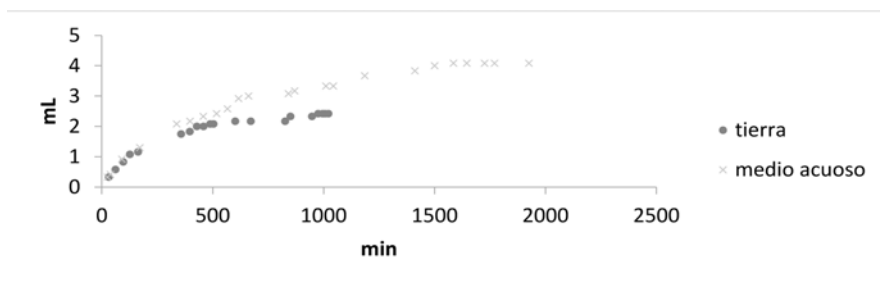


Figura 2. Tiempo de destilación de las raíces de vetiver en min vs. mL de AE obtenido

La figura 2 representa las curvas de destilación de las raíces de vetiver crecidas en tierra y medio acuoso. A partir de este gráfico se estima que el tiempo adecuado para obtener un rendimiento aceptable evitando gastos de energía y tiempo innecesarios, se ubicó entre 14 y 19 horas de destilación.

Los valores calculados para R% son únicos para la extracción de raíces de tierra y medio acuoso: 0,6554% y 0,4741% respectivamente. La razón de un único valor se debe a que se contó con material suficiente sólo para una destilación de cada procedencia: para la destilación de raíces provenientes de plantas crecidas en tierra se procesó 1268,3 g húmedos de raíces y se obtuvo 1,6817 g de AE; para la destilación de raíces crecidas en medio acuoso se usó 675,7 g húmedos de raíces y se obtuvo 2,7343 g de AE. Estos valores fueron obtenidos dividiendo la masa en g del AE obtenido entre la masa húmeda de raíces en g por el fs, todo multiplicado por 100.

$$R\% = \frac{m_{AE}}{mh * fs} * 100 .$$

.Si bien el rendimiento para raíces crecidas en agua es menor, ambos valores se ubican en el rango de referencia que va desde 0,3% hasta 1% (Kirici y otros

(2011), Kim y otros (2005), Thubthimthed y otros (2003)). Es posible que el R% para raíces crecidas en agua aumente cuando éstas hayan alcanzado mayor madurez, teniendo en cuenta que trascurrieron sólo 5 meses desde el inicio de la reproducción de esquejes hasta el momento de la destilación.

Cuadro 5. Densidad del AE obtenido de raíces de vetiver

Muestra raíz	δ (g/mL)	\bar{X}	CV (%)
tierra 1	0,8180	0,8828	5,2157
tierra 2	0,8866		
tierra 3	0,8522		
agua 1	0,8726		
agua 2	0,9432		
agua 3	0,9240		

En el cuadro 5 se puede apreciar los valores de densidad obtenidos para el AE producto de la destilación de raíces crecidas en tierra y medio acuoso. Se observa que los valores obtenidos para estas últimas son mayores; sin embargo, el CV% se ubica según la propuesta de interpretación de Pearson en el rango de 0-10% catalogándose, el estadístico $X^2 = 0,8828\text{g/mL}$ como muy confiable. Es importante resaltar que durante la destilación de las raíces crecidas en medio acuoso el AE tendía a devolverse hacia la vasija contenedora del material cayendo, en el receptor Clevenger, por debajo del agua, aparentando tener mayor densidad que ésta. Es posible que el AE de raíces jóvenes se conforme de componentes de mayor peso molecular y no se haya formado la totalidad de otros metabolitos secundarios más livianos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las plantas de vetiver se adaptan satisfactoriamente al medio acuoso, desarrollando raíces, sin más impedimento que la barrera física del contenedor del sustrato acuoso y el esqueje.

Los resultados de esta investigación exhortan hacia la afirmación de que no es necesario aplicar humus líquido al sustrato acuoso para obtener mejor desarrollo radicular que el observado en sustrato de sólo agua potable.

Fue posible obtener rendimientos aceptables de aceite esencial a partir de raíces desarrolladas en medio acuoso, específicamente 0,4741% en plantas desarrolladas durante 5 meses.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barroso, M. (2017, Diciembre). Vetiver: el aroma de la madre tierra. Perfume serie notas olfativas. Disponible: <https://maitebarrosodelcerro.com/vetiver-el-aroma-de-la-madre-tierra-perfume-serie-notas-olfativas/> [Consulta: 2018, Marzo 20]
- Gil, E. (2000). La uniformidad en la distribución del abono. Técnica agrícola. Disponible: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agrotec/Agrotec_2000_1_62_67.pdf. [Consulta: 2017, Noviembre 17]
- Kim, HJ. Chen, F., Wang, HY., Chung, H. y Jin, Z. (2005). Evaluation of Antioxidant Activity of Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) oil and identification of its antioxidant constituents... J AgricFoodChem. 53(20):7691-5. Disponible: de <http://www.aseanbiodiversity.info> [Consulta, 2017, Octubre, 20]
- Kirici, S., Inan, M., Turk, M., Giray, E. (2011). To Study of Essential Oil and Agricultural Properties of Vetiver (*Vetiveriazizanioides*). Advances in Environmental Biology, 5(2): 447-451. Disponible: <http://www.thefreelibrary.com> [Consulta, 2017, Octubre, 20]
- Luque, O y Ceballos, E. (1997). Otros Sistemas de Flotación para el Tratamiento de Aguas Residuales en Lagunas de Comunidades de Escasos Recursos Económicos. Caracas: Fundación Polar.
- Orihuela, J. (2007). Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*(L) Roberty). Organización Panamericana de la Salud.
- Padilla, A., Marcano, E., Savedra, S. y Padilla, D. (2011). Crecimiento e hidrodestilación de raíces de *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty. Agricultura Andina, 19, 51-58.
- Rosales, Y., Acosta, Y., El Zauahre, M., Mogollón, P. y Zamora, F. (2016). Parámetros agronómicos en pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) Cultivado sobre un Aridisol impactado con lodo petrolizado y tratado con compost. REDIELUZ. Disponible: <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/riedeluz/article/view/21677>. [Consulta 2017, Abril 24]
- Scavo, M. (2004). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales complementario, con pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), provenientes de una planta de producción de gaseosas, en Villa de Cura, Estado Aragua. Tesis de Maestría Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Thubthimthed, S., Thisyakorn, K., Rerk, U., Tangstirapakdee, S. y Suntornanasat, T. (2003). Vetiver Oil and Its Sedative Effect. Proceedings of third international vetiver conference. Disponible: <http://www.vetiver.org>. [Consulta: 2017, Octubre 22]