

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Aprovechamiento de la fibra de coco y la hojarasca para la propagación de vainilla (*Vanilla pompona subsp. grandiflora* (Lindl.) y *Vanilla odorata* C. (Presl)) con fines mitigación ambiental y la conservación de la biodiversidad

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Xiomara Katherine Herrera Chuquilín

Asesor:

Ing. Ivone Vásquez Briones

Tarapoto, Julio de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

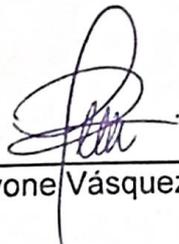
(Ing. Ivone Vásquez Briones), de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Aprovechamiento de la fibra de coco y la hojarasca para la propagación de vainilla (*Vanilla pompona subsp. grandiflora* (Lindl.) y *Vanilla odorata* C. (Presl)) con fines mitigación ambiental y la conservación de la biodiversidad”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) (Xiomara Katherine Herrera Chuquilín) para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 07 días del mes de julio del año 2019



Ing. Ivone Vásquez Briones



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Campus Universitario Milton Afonso, Distrito de Morales, Tarapoto, San Martín a 05 días del mes de Julio del año 2019, siendo las 08:30 am, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Tarapoto, bajo la dirección del Señor Presidente del Jurado: Mg. Delbert Eleasif Condori Moreno y los demás miembros siguientes: Mtra. Daphni Shirley Romero Vela Secretario, Ing. John Patrick Ríos Bartra vocales; y Ing. Ivone Vasquez Briones asesor;

con el propósito de llevar a cabo el acto público de la sustentación de tesis titulada: "Aproximamiento de la fibra de coco y la hojarasca para la propagación de vainilla (Vanilla pompona subsp. grandiflora (Lindl.) y Vanilla odorata C. (Presl)) con fines mitigación ambiental y a conservación de la biodiversidad."

Presentada por el/los Bachiller/es:

Herrera Chuguilín, Xiomara Katherine conducente a la obtención del Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental El señor Presidente inició el acto académico, invitando al/los candidato/s hacer uso del tiempo requerido para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente del Jurado invitó a los miembros del mismo a realizar las preguntas y cuestionamientos correspondientes, los cuales fueron absueltos por el (los) candidato (s). En seguida, el Jurado procedió a las deliberaciones respectivas, luego se registró en el acta el dictamen siguiente:

Bachiller: Herrera Chuguilín, Xiomara Katherine aprobada con por muy bueno con el mérito académico adicional de y

Bachiller: por con el mérito académico adicional de

El Presidente del Jurado solicitó al/los candidato/s ponerse de pie. Luego el Secretario realizó la lectura del acta con el resultado final del acto académico, procediéndose inmediatamente a registrar las firmas respectivas.

[Signature] Presidente

[Signature] Secretario

[Signature] Asesor

[Signature] Vocal

[Signature] Vocal

[Signature] Vocal

[Signature] Candidato

[Signature] Candidato Escaneado con CamScanner

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar a los sustratos fibra de coco y hojarasca, para propagar *Vanilla pompona* y *Vanilla odorata*; para lo cual se seleccionaron plantas madre de zonas endémicas a fin de extraer el material vegetativo; en vivero se instalaron módulos de 1 m x 5 m para cada especie, con 10 repeticiones por tratamiento, que fueron evaluados durante 4 meses. Los resultados se analizaron mediante ANOVA en SPSS Statistics 24; donde se determinó que, en el número de raíces para *V. pompona* el sustrato ideal fue la hojarasca y para *V. odorata* la fibra de coco, ambos casos con 2 unidades; en la longitud de raíz, para ambos casos, el sustrato ideal fue la hojarasca con 246.33 y 100.90 mm respectivamente; en la brotación, el sustrato ideal para *V. pompona* fue la hojarasca con 6.52 mm y para *V. odorata* a la fibra de coco con 4.56 mm; en el diámetro de brote, para ambos casos el sustrato ideal fue la hojarasca con 1.76 y 2.29 mm respectivamente; en la longitud de brote, tanto para *V. pompona* como para *V. odorata* el sustrato ideal fue la hojarasca con 44.00 y 141.93 mm respectivamente y en el número de hojas, ambas tienen como sustrato ideal a la hojarasca. Concluyendo que, el sustrato hojarasca es ideal en la propagación de *V. odorata* y *V. pompona*; con tendencia a que ambos podrían ser empleados en formulas específicas evitando su disposición inadecuada y reemplazando el uso de agroquímicos contaminantes.

Palabras claves: Vainilla, propagación, sustrato, enraizamiento, raíz, tallo.

Abstract

The objective of this research was to evaluate coconut fiber and litter substrates to propagate *Vanilla pompona* and *Vanilla odorata*; for which mother plants from endemic areas were selected in order to extract the vegetative material; In the nursery, modules of 1 m x 5 m were installed for each species with 10 repetitions per treatment that were evaluated for 4 months. The results were analyzed using ANOVA in SPSS Statistics 24; where it was determined that, in the number of roots for *V. pompona*, the ideal substrate was litter and for *V. odorata* coconut fiber, both cases with 2 units; in root length, for both cases, the ideal substrate was litter with 246.33 and 100.90 mm, respectively; in budding, the ideal substrate for *V. pompona* was litter with 6.52 mm and for *V. odorata* coconut fiber with 4.56 mm; in the shoot diameter, for both cases the ideal substrate was litter with 1.76 and 2.29 mm respectively; in shoot length, both for *V. pompona* and *V. odorata* the ideal substrate was litter with 44.00 and 141.93 mm respectively and in the number of leaves, both have litter as ideal substrate. Concluding that the leaf litter substrate is ideal in the propagation of *V. odorata* and *V. pompona*; with a tendency that both could be used in specific formulas avoiding their inadequate disposal and replacing the use of polluting agrochemicals.

Keywords: Vanilla, propagation, substrate, rooting, root, stem.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional ha conllevado a una mayor demanda de materia prima que, al procesarse, genera grandes cantidades de residuos que se disponen en botaderos o se abandonan al aire libre y que por su cantidad en masa y volumen son un problema para la sociedad y el ambiente (Liew et al., 2017). Entre los residuos orgánicos generados a gran escala, se consideran los de la extracción de aceite de palma, obtención de azúcar de caña, derivados de coco, producción de arroz, trigo y cebada, procesamiento de frutas y faenado de animales (Bušić et al., 2018).

Según (Bibiloni, 2015), el calentamiento global, efecto invernadero, lluvia ácida y otros fenómenos han traído graves problemas en el comportamiento y sobrevivencia de la flora y fauna; donde muchas especies yacen extintas o en peligro crítico de extinción. No resultando sensato pensar que muchas actividades sin control, uso desmesurado de agroquímicos, escaso control de emisiones y vertimientos no alteren el ecosistema y la biodiversidad, además de convertir a muchas plagas en resistentes a los tratamientos convencionales (Dara, 2019).

Así, la producción de vainilla enfrenta graves problemas, donde la resistencia de plagas como *Fusarium oxysporum f. sp. Vanillae* (Fov) causarían entre el 30-52% de la muerte de las plantas (Jiménez et al., 2015), organismos que impiden el enraizamiento rápido, brotación de yemas que alteran la absorción de agua y nutrientes; la cual estaría influenciada por exceso de humedad (> 50%) y suelos degradados (Olivares, 2011). Por lo que, es importante considerar el clima, propiedades del suelo e incluso su nicho ecológico (Santillán Fernández et al., 2018).

En el Perú, existiría un déficit de propagación de vainilla, por lo que, diversas instituciones como el Laboratorio Takiwasi realizan identificación botánica, caracterización fenológica y estudios de las características técnicas de las camas de propagación para mejorar su eficiencia. Por otra parte, el personal técnico del proyecto “Pompona Project”, se viene reuniendo con cultivadores locales promoviendo la siembra de vainilla en Alto Mayo y en el distrito de San Antonio (Laboratorio Takiwasi/TAKIWASI, 2016).

El bajo rendimiento de vainilla, estaría relacionado con la degradación de los suelos, erosión genética de las poblaciones, baja producción de biomasa, disminución de cobertura del suelo, deforestación, y escasos manejo del cultivo (Bory et al., 2008). Así mismo, la baja variabilidad genética agroecológica se debería al sometimiento que fue sometida (Villanueva et al., 2017). La propagación vegetativa sería responsable de la reducción de su diversidad genética que impiden contrarrestar problemas fitosanitarios y de producción (Soto, 2010).

Para el cultivo y aprovechamiento de vainilla, se debe considerar condiciones como el desarrollo de sistemas agroforestales o sistemas tecnificados tales como el cultivo intensivo con sombra artificial (Santillán Fernández et al., 2018). Sin embargo, un tema en común para los sistemas de producción, entre otros aspectos, para que la vainilla pueda crecer con un “sistema radicular” bien desarrollado es necesario contar con un sustrato rico en materia orgánica, bien ventilado y con buena capacidad para retener humedad (Nascimento et al., 2019).

Actualmente, se reconocen a los sustratos orgánicos como una necesidad de primer orden en el abonamiento y primera fuente de nutrientes para la producción de vainilla; presentando buenos resultados los sustratos enriquecidos con hojarasca y otros materiales orgánicos (Nascimento et al., 2019). En cultivos extensivos, se utilizan productos de poda, observado mejoras significativas con aplicación de vermicompost, cáscaras de coco, hojarasca de Neem, ceniza vegetal, harina de huesos, hojas secas, bagazo de caña y paja de arroz (Exley, 2010).

La vainilla es una especie de importancia económica fuera del campo ornamental, después del azafrán la cual es costosa por su utilidad en la alimentación, industria química dedicada a la extracción de esencias y principios activos muy útiles en los ambientadores, control de plagas por repelentes y otros usos diversos (Ambika & Supriya, 2018); además, de su importancia ambiental por los servicios ecológicos que esta brinda al controlar diversas plagas y promover el crecimiento de otros organismos que participan activamente en la polinización (Liu et al., 2019).

Por su parte, la fibra de coco es un residuo del proceso de extracción de aceite de coco, coco rallado, harina de coco y otros que por lo general no se le da un tratamiento adecuado (de Oliveira et al., 2017). Por su parte, la hojarasca es un producto del ciclo de vida vegetal, constituido por las hojas, flores, frutos o ramas envejecidas que caen; los cuales, dependiendo de la climatología y geomorfología son arrastrados a los cauces de aguas loticas generando embalses o alcanzando aguas lenticas y promoviendo la eutrofización (Tabucanon et al., 2019).

En muchos casos, los residuos orgánicos se convierten en contaminantes que alteran al ambiente y la salud, los cuales requieren de un manejo adecuado acorde con normativa (Daniel-Gromke et al., 2015). Bajo este contexto, se promueve reducir la contaminación atmosférica, así como la producción de energías limpias, aprovechando los bonos de carbono que se reciben por la reducción de las emisiones de metano y bióxido de carbono, principales gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global (Daniel-Gromke et al., 2015).

Considerando el reporte de UICN y Bird Life International, el deterioro de la biodiversidad es evidente, donde un 22% de mamíferos y un 13% de aves están amenazadas de extinción; alrededor del 1.8 % de especies vegetales se extinguen en aproximadamente 5 años y un 4.5 % entra a la lista de especies en peligro de extinción cada año. Se calcula que la tasa de extinción es actualmente entre 100 y 1.000 veces superior a la natural, lo que supone entre 18.000 y 55.000 especies extinguidas cada año (WWF & SEO Birdlife, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en camas almacigueras de propagación vegetativa, instaladas en el Instituto de Investigación Biológica de las Cordilleras Orientales (INIBICO), ubicado en el Jr. Ventanilla s/n Sector Ventanilla, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y región San Martín, cuyas coordenadas WGS 84 UTM y Zona 18 S: son: N 9283649 y E 352179 a una altitud de 492 m.s.n.m. temperatura media de 27 °C y precipitación de 92.7 mm/mes (Figura 1).

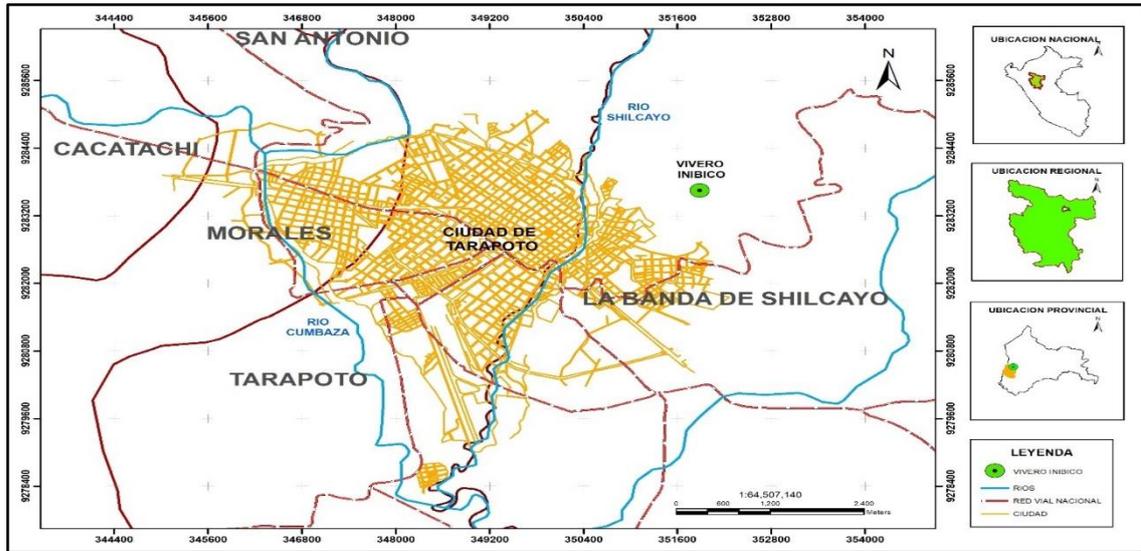


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Materiales y equipos empleados

Los materiales usados durante el ensayo fueron un GPS Garmin OREGON 650; estación meteorológica portátil modelo WS1080 y un Vernier para realizar las mediciones de los brotes.

Metodología

Georreferenciación de plantas seleccionadas

En el Alto Mayo, en la comunidad nativa Shampuyacu, se colectó *V. pompona* y en Tarapoto (INIBICO), *V. odorata*. Se realizó la georreferenciación de las plantas madre de vainilla.

Selección del material vegetativo

Las plantas madre de vainilla seleccionadas presentaron buen vigor y estado de sanidad, 08 de *V. pompona* y 07 *V. odorata*, de donde se obtuvieron 40 estacas (20 para cada especie) (Tabla 1).

Tabla 1

Ubicación geográfica de las plantas madre.

Especie de vainilla	Código de la planta	Coordenadas	
		Este	Norte
Vainilla odorata	M01	351827	9283723
	M02	351823	9283727
	M03	351824	9283726
	M04	351873	9283722
	M05	351868	9283720
	M06	351873	9283710
	M07	351873	9283709
Vainilla pompona	MP1	236144	9364449
	MP2	236150	9364469
	MP3	236106	9364438
	MP4	236170	9364459
	MP5	236194	9364451
	MP6	236109	9364471
	MP7	236199	9364481
	MP8	236106	9364448

Preparación de los módulos o camas de propagación

Las dimensiones de las camas almacigueras (02 unidades) fueron de 1 m x 5 m, las mismas que fueron circuladas con ladrillos y tutores de bambú (1.5 m sobre la superficie). Cada cama fue dividida a 2.5 m para la aplicación de cada sustrato orgánico. En cada cama se instalaron 20 tutores (10 para cada tratamiento) (Figura 2).

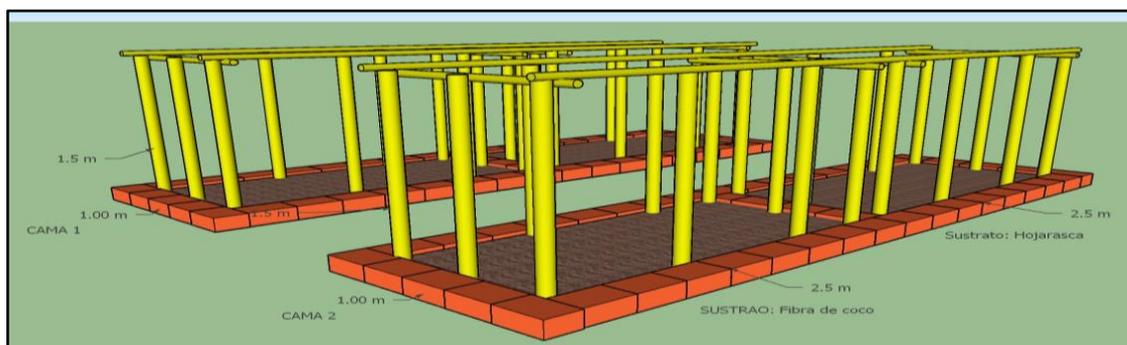


Figura 2. Diseño de los módulos de propagación.

Para cada sistema, se instaló sombra mediante malla Raschel 50% (color negro), ubicado a 1 m de altura sobre los tutores para no permitir luz solar directa.

Preparación y aplicación de los sustratos a utilizar

La hojarasca se colectó en las instalaciones de INIBICO, la cual estaba constituida por hojas de árboles frutales como guaba y mango; la fibra de coco, fue recolectado por donación, como coco seco y transportado desde el distrito de Pucacaca, provincia de Picota, región San Martín; estos se partieron y humedecieron por tres días, posteriormente se trituraron hasta obtener el componente fibroso. El sustrato fibra de coco se instaló en dos capas (inferior: cocos partidos y superior: fibra de coco). Cada división se instaló con 0.75 m³ de cada sustrato, donde se evaluó individualmente cada especie de vainilla. Considerando lo descrito por Osorio, (2012) los sustratos orgánicos brindarían Ca, Mg, Mn, K y N además de soluciones orgánicas que facilitarían el desarrollo.

Colecta del material vegetativo (esquejes, estacas y lianas).

El material vegetativo se colectó de las plantas de vainilla previamente georreferenciadas de la comunidad nativa Shampuyacu e INIBICO, de donde se tomaron esquejes entre 5 a 6 nudos (0.8 - 1 m), los cuales reposaron en un ambiente ventilado por 24 horas antes de su siembra.

Las lianas fueron obtenidas considerando características sobresalientes de productividad, calidad de taza y tolerancia a la pudrición de raíces y tallos, así como la quemadura de hojas. Los esquejes se seleccionaron en función a su vigor y buen estado de sanidad considerando las recomendaciones de Laboratorio Takiwasi/TAKIWASI, (2016a). En caso de *V. pompona* fueron colectadas en la comunidad Shampuyacu y *V. odorata* de módulos de propagación de INIBICO, para lo cual se utilizó una tijera de poda y el material vegetativo se depositó en papel periódico y se aseguró en cajas de cartón previa codificación para ser transportadas al lugar de ensayo.

Sistematización y análisis de los resultados

La evaluación se realizó entre los meses de diciembre del 2017 a abril del 2018, donde se evaluó el diámetro y longitud de tallo, diámetro y longitud de raíz, además del número de hojas que fueron registrados en los formatos de campo. Los resultados finales fueron procesados y analizados mediante D.B.C.A.

Diseño experimental

Corresponde a un diseño experimental puro completamente al azar (D. B. C. A.); donde cada uno de los dos (02) tratamientos constó de 10 repeticiones, la unidad experimental fue un esqueje, lo que dará un total de 20 esquejes o unidades experimentales (Tabla 3).

Tabla 23

Esquema de tratamiento en el estudio

Tratamiento	<i>Vanilla pompona subsp. grandiflora</i> (Lindl.)		<i>Vanilla odorata</i> C. Presl.	
	Sustratos orgánicos		Sustratos orgánicos	
	Fibra de coco	Hojarasca	Fibra de coco	Hojarasca
	T1	T2	T1	T2
R1	P1	P11	P1	P11
R2	P2	P12	P2	P12
R3	P3	P13	P3	P13
R4	P4	P14	P4	P14
R5	P5	P15	P5	P15
R6	P6	P16	P6	P16
R7	P7	P17	P7	P17
R8	P8	P18	P8	P18
R9	P9	P19	P9	P19
R10	P10	P20	P10	P20

T: Tratamiento, R: Repetición, P: Planta (estaca).

Según el diseño completamente al azar (D. B. C. A.), con 10 repeticiones, se probaron dos tipos de sustratos naturales de la zona (Fibra de coco y hojarasca) y muestras vegetativas (estacas) y se generó una base de datos en el Software Office 2019 y la aplicación Microsoft Excel 2019, que fueron sometidos a un análisis de variancia (ANOVA) y prueba de rangos múltiples de Duncan (0,05), para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos; , para ello se utilizó el programa SPSS 24.

RESULTADOS

Análisis de varianza de la variable número de raíces del brote

Para *Vainilla pompona*, análisis de varianza (ANOVA), arroja un p-valor de 0.055, explicando una parte significativa de la variación del enraizamiento. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato – tiempo) explican el 73,6 % de la varianza de enraizamiento. La intersección presentó un p-valor de 0.000, indicando que el número de raíces del brote es diferente de cero. Así mismo para *V. odorata*, muestra que el modelo corregido presentó un p-valor de 0.080, indicando que el modelo explica a una parte significativa de la variación en el enraizamiento. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato – tiempo) explican el 94,6 % de la varianza del enraizamiento. La intersección presentó un p-valor de 0.014, indicando que el número de raíces es diferente de cero.

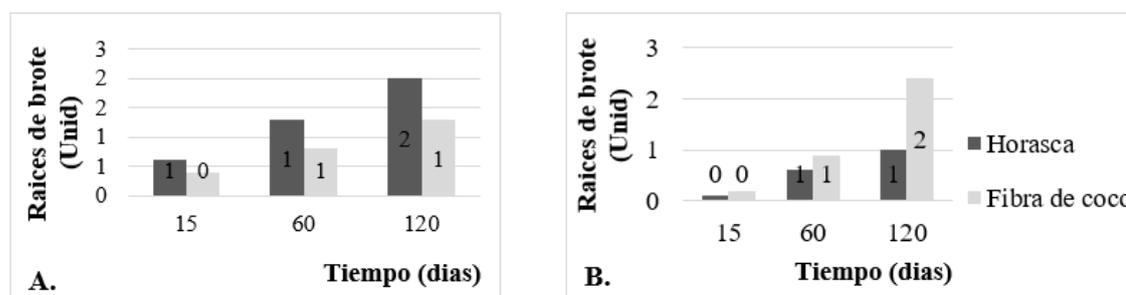


Figura 3. Número de raíces respecto al tiempo de monitoreo A. *V. pompona* y B. *V. odorata*.

Para *V. pompona*, el factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.085, indicando que existe diferencia significativa en la longitud de los brotes; deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 1, 1 y 2 unidades comparados con el sustrato fibra de coco que alcanzaron 0, 1 y 1 unidades a los 15, 60 y 120 días respectivamente. Así mismo, para *V. odorata*, el factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.173, lo cual indica que existe diferencia significativa en la longitud de los brotes. Deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la fibra de coco para todos los monitoreos; con lecturas de 0, 1 y 2 unidades para la fibra de coco comparados con el sustrato hojarasca que solo alcanzan los 0; 1 y 1 unidades evaluados a los 15, 60 y 120 días (Figura 3).

Análisis de varianza de la variable longitud de raíces del brote

Para *Vainilla pompona*, el ANOVA arroja un p-valor de 0.168, explicando una parte significativa de la variación del enraizamiento. El valor de R^2 indica que los efectos (tipo de sustrato – tiempo) explican el 88,5 % de la varianza de la longitud del brote. La intersección presentó un p-valor de 0.045, indicando que la media total de la brotación es diferente de cero. Así mismo para *V. odorata*, el análisis estadístico arroja un p-valor de 0.024, explicando una parte significativa de la variación en la longitud de raíces. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato – tiempo) explican el 98,4 % de la varianza de la longitud de raíz. La intersección presentó un p-valor de 0.006, indicando que la media de la longitud de raíces es diferente de cero.

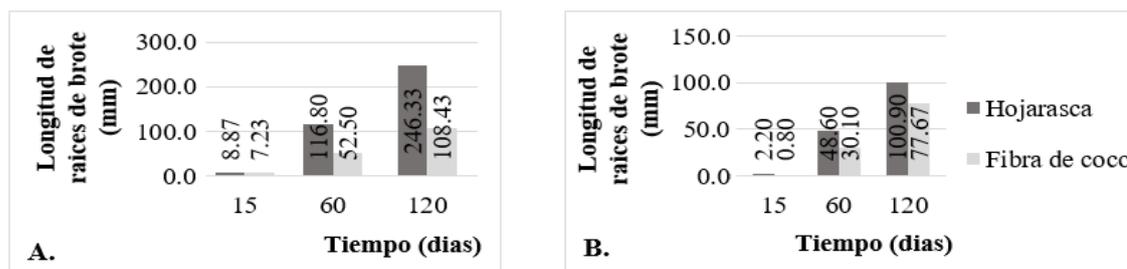


Figura 4. Longitud de raíz respecto al tiempo de monitoreo A. *V. pompona* y B. *V. odorata*.

Para *V. pompona*, el factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.227, lo cual indica que existe diferencia significativa en la longitud de los brotes. Deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca, con lecturas de 8.87; 116.80 y 246.33 mm comparados con el sustrato fibra de coco que alcanzaron 7.23; 52.50 y 108.43 mm a los 15, 60 y 120 días respectivamente. Así mismo, para *V. odorata*, el factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.162, indicando que existe diferencia significativa en la longitud de los brotes. Deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 2.20; 48.00 y 100.90 mm comparados con el sustrato fibra de coco que alcanzan los 0.80; 30.10 y 77.67 mm a los 15, 60 y 120 días respectivamente (Figura 4).

Análisis de varianza de la variable brotación de vainilla

Para Vainilla pompona

El ANOVA, arroja un p-valor de 0.000, indicando que el modelo explica a una parte significativa de la variación en la brotación. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato – tiempo) explican el 99,6 % de la varianza de brotación. La intersección presentó un p-valor de 0.000, indicando que la media total de la brotación es diferente de cero.

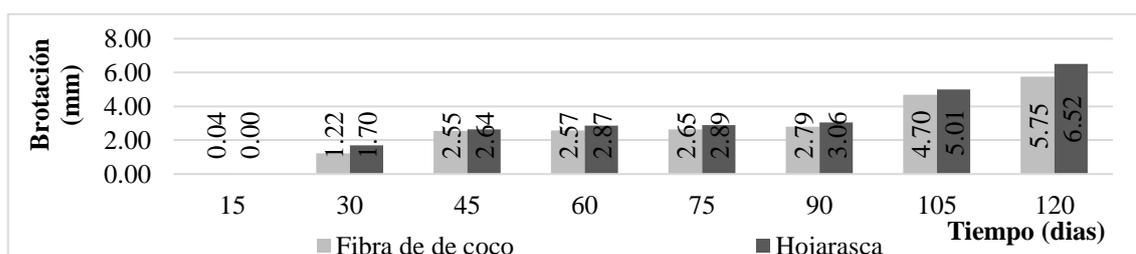


Figura 5. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla pompona*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.01, lo cual indica que existe diferencia significativa en la brotación; deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 0.00; 1.70; 2.64; 2.87; 2.89; 3.06; 5.01 y 6.52 mm comparados con el sustrato fibra de coco donde alcanzaron 0.04; 1.22; 2.55; 2.57; 2.65; 2.79; 4.70 y 5.75 mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (Figura 5).

Para Vainilla odorata

El ANOVA, arroja un p-valor de 0.001, indicando una parte significativa de la variación observada en la longitud de brote. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato - tiempo) explican el 94,1 % de la varianza de la brotación. La intersección presentó un p-valor de 0.000, indicando que la media total de la longitud de brotes es diferente de cero.

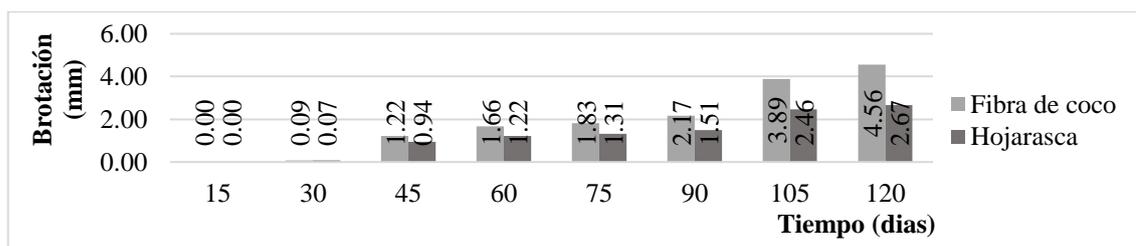


Figura 6. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla odorata*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.028, lo cual indica que existe diferencia significativa de la brotación; deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la fibra de coco con lecturas de 0.00; 0.09; 1.22; 1.66; 1.83; 2.17; 3.89 y 4.56 mm comparados con los resultados del sustrato hojarasca donde alcanzaron 0.00; 0.07; 0.94; 1.22; 1.31; 1.51; 2.46 y 2.67 mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (Figura 6).

Análisis de varianza de la variable diámetro de brote de vainilla

Para Vainilla pompona

El ANOVA, arroja un p-valor de 0.000, explicando una parte significativa de la variación en el diámetro de brote. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato - tiempo) explican el 98,7 % de la varianza del diámetro de brotes. La intersección presentó un p-valor de 0.000, indicando que la media total del diámetro de brote es diferente de cero.

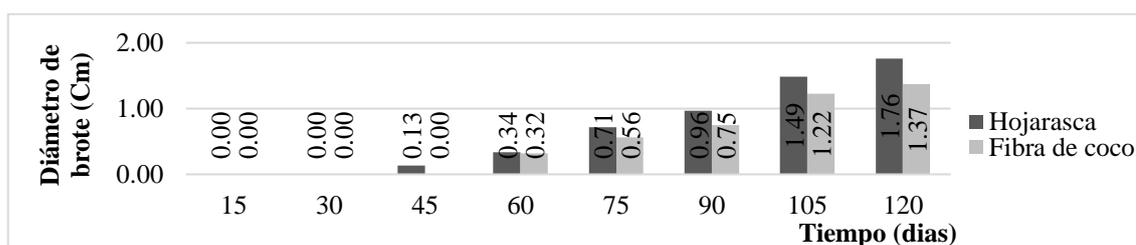


Figura 7. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla pompona*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.021, lo cual indica que existe diferencia significativa del diámetro de los brotes; deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 0.00; 0.00; 0.13; 0.34; 0.71; 0.96; 1.49 y 1.76 mm comparados con los obtenidos en el sustrato fibra de coco donde alcanzaron 0.00; 0.00; 0.00; 0.32; 0.56; 0.75; 1.22 y 1.37 mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (Figura 7).

Para Vainilla odorata

El ANOVA, muestra que el modelo corregido presentó un p-valor de 0.000, indicando que el modelo explica una parte significativa de la variación observada en el diámetro de brote. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato - tiempo) explican el 97,5 % de la varianza del diámetro de brotes. La intersección presentó un p-valor de 0.000, indicando que la media total de diámetro de brote es diferente de cero.

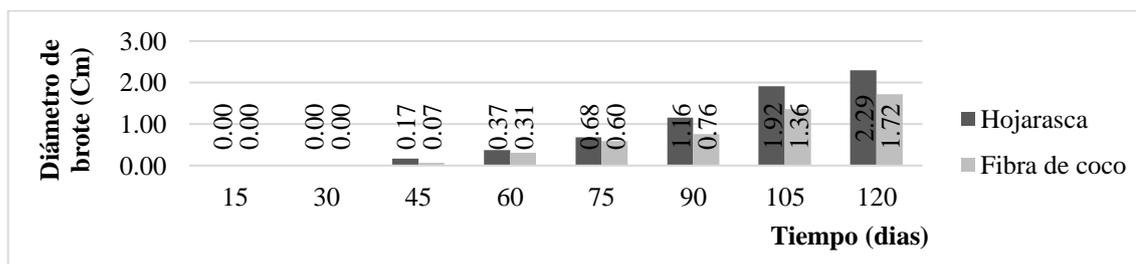


Figura 8. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla odorata*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.039, lo cual indica que existe diferencia significativa del diámetro de los brotes; deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 0.00; 0.00; 0.17; 0.37; 0.68; 1.16; 1.92 y 2.29 mm comparados con los obtenidos en el sustrato fibra de coco donde alcanzaron 0.00; 0.00; 0.07; 0.31; 0.60; 0.76; 1.36 y 1.72 mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (Figura 8).

Análisis de varianza de la variable longitud de brote

Para Vainilla pompona

El ANOVA, muestra el modelo corregido presentó un p-valor de 0.001, indicando que el modelo explica una parte significativa de la variación observada en el diámetro de brote. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato - tiempo) explican el 94,5 % de la varianza del diámetro de brotes. La intersección presentó un p-valor de 0.000, indicando que la media total del diámetro de brote es diferente de cero.

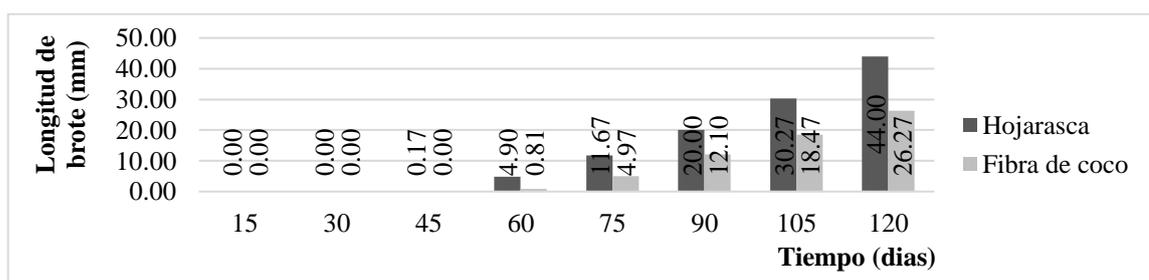


Figura 9. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla pompona*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.040, lo cual indica que existe diferencia significativa del diámetro de los brotes; deduciéndose que el sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 0.00; 0.00; 0.17; 4.90; 11.67; 20.00; 30.27 y 44.00 mm comparados con los obtenidos en el sustrato fibra de coco donde alcanzaron 0.00; 0.00; 0.00; 0.81; 4.97; 12.10; 18.47 y 26.27 mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (Figura 9).

Para Vainilla odorata

El ANOVA, muestra el modelo corregido con un p-valor de 0.008, lo que explica la parte significativa de la variación observada en el diámetro de brote. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato - tiempo), explican el 89,5 % de la varianza del diámetro de brotes. La intersección presenta un p-valor de 0.000, indicando que la media total del diámetro de brote es diferente de cero.

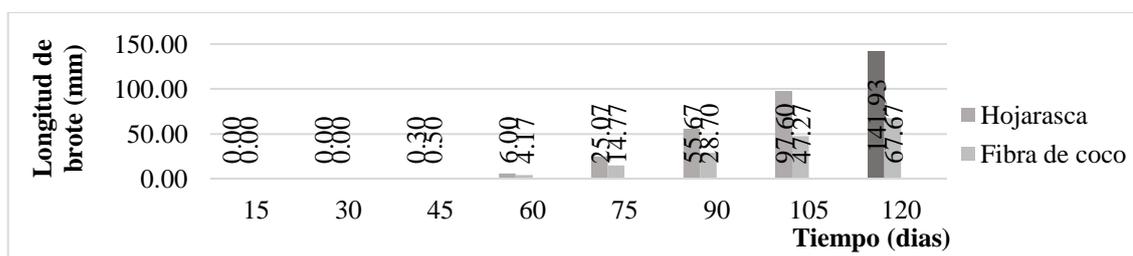


Figura 10. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla odorata*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.079, lo cual indica que no existe diferencia significativa de la longitud de los brotes; deduciéndose que el sustrato óptimo es la hojarasca con lecturas de 0.00; 0.00; 0.30; 6.00; 25.07; 55.67; 97.60 y 141.93 mm comparados con los obtenidos en el sustrato fibra de coco donde alcanzaron 0.00; 0.00; 0.50; 4.17; 14.77; 28.70; 47.27 y 67.67 mm a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (Figura 10).

Análisis de varianza de la variable número de hojas del brote

Para Vainilla pompona

El ANOVA, muestra el modelo corregido con un p-valor de 0.000, lo que explica la parte significativa de la variación observada en el número de hojas. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato - tiempo), explican el 97,0 % de la varianza del número de hojas. La intersección presenta un p-valor de 0.000, indicando que la media total del número de hojas del brote es diferente de cero.

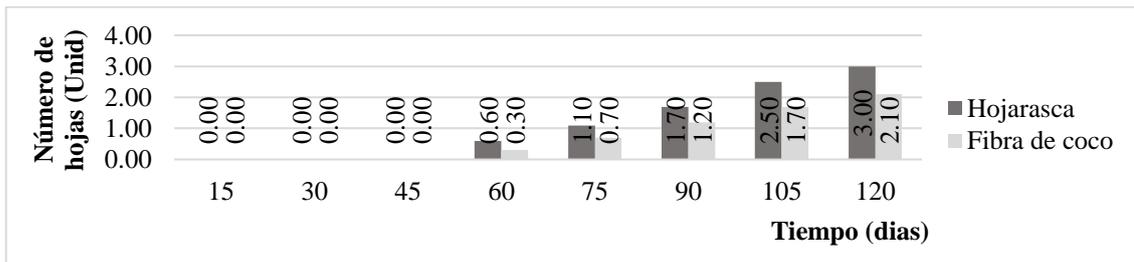


Figura 11. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla pompona*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.024, lo cual indica que existe diferencia significativa del número de hojas de los brotes entre los grupos del factor mencionado; deduciéndose que el tipo de sustrato óptimo es la hojarasca donde se alcanzó hasta tres (03) hojas comparado con los obtenidos en el sustrato fibra de coco que solo alcanzan dos (02) hojas evaluados en 120 a los días (Figura 11).

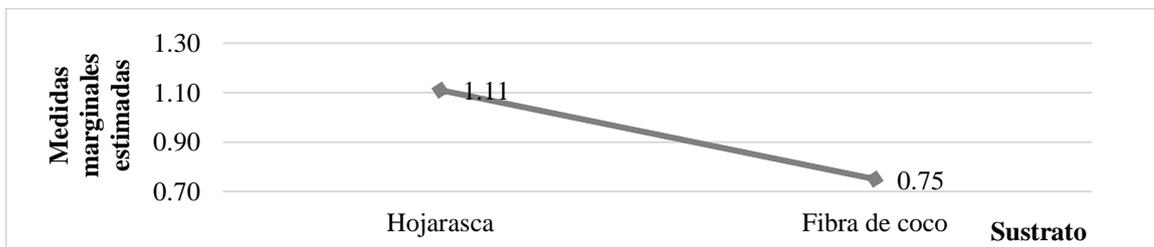


Figura 12. Gráfico de perfil del tipo de sustrato y número de hojas.

El efecto del tipo de sustrato es de 0.024, lo cual indica que existe diferencia significativa del número de hojas del brote, donde el sustrato óptimo fue la hojarasca alcanzando un valor promedio de 1.11 hojas respecto a la fibra de coco solo se alcanzó 0.75 hojas (Figura 12).

Para Vainilla odorata

El ANOVA, muestra el modelo corregido con un p-valor de 0.000, lo que explica la parte significativa de la variación observada en el número de hojas del brote. El valor de R^2 indica que los dos efectos (tipo de sustrato – tiempo), explican el 99,0 % de la varianza del número de hojas del brote. La intersección presenta un p-valor de 0.000, indicando que la media total del número de hojas es diferente de cero.

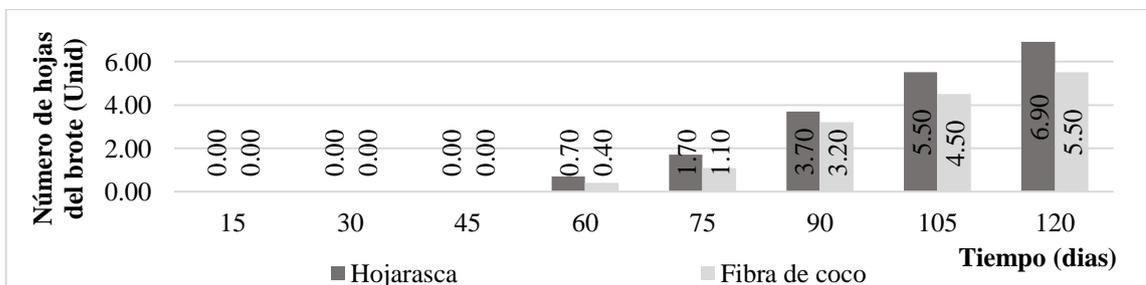


Figura 13. Gráfico de perfil correspondiente a los días de monitoreo de *Vainilla odorata*.

El factor tipo de sustrato presenta un p-valor de 0.035, lo cual indica que existe diferencia significativa del número de hojas de los brotes entre los grupos del factor mencionado; deduciéndose que el sustrato óptimo es la hojarasca donde se alcanzó hasta 07 hojas respecto al sustrato fibra de coco que solo alcanzó hasta 06 hojas en 120 días de evaluación (Figura 13).

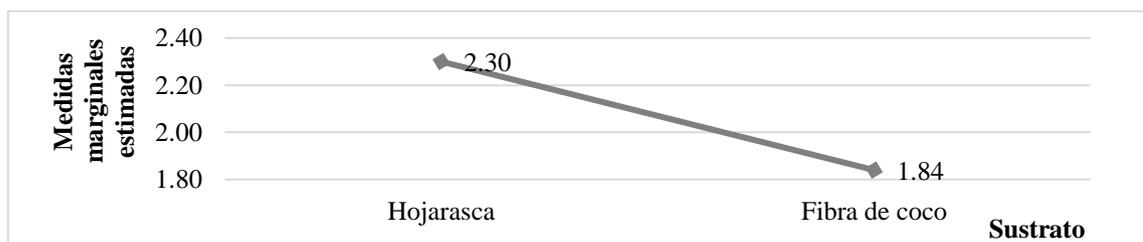


Figura 14. Gráfico de perfil del tipo de sustrato y número de hojas.

El efecto del tipo de sustrato es de 0.035, lo cual indica que existe diferencia significativa del número de hojas del brote. El sustrato óptimo correspondería a la hojarasca donde se alcanzó un valor promedio de 2.30 hojas, respecto a la fibra de coco donde se alcanzó un promedio de 1.84 hojas en 120 días de evaluación (Figura 14).

El análisis de nutrientes de cada uno de los sustratos arrojó que, la hojarasca presenta un 0.95% de N, 0.05% de P y 0.08% de K, comparado con la fibra de coco que presenta 0.53% de N, 0.01% de P y 0.32% de K.

DISCUSIÓN

Con una precipitación promedio de 88.46 mm, temperatura media de 27.1 °C, humedad relativa de 74 % y dirección de viento predominante al N (0.95 m/s); en el número de raíces de los brotes de *V. pompona* a los 120 días, presentó mejor desarrollo en el sustrato hojarasca (2 raíces). Lo cual guarda relación con lo descrito por De la Cruz et al., (2014), el cual considera que, los sustratos enriquecidos con hojarasca (> al 50%) promueven el enraizamiento gracias a su capacidad para retener humedad. Por su parte Soto & Dressler, (2010) y Hollingsworth et al., (2009), mencionan que la *V. pompona* se desarrollaría mejor en ambientes húmedos; así mismo, Paulitz & Bélanger (2001), considera que la fibra de coco es un producto residual y que puede ser aprovechado para formular sustratos con cierta retención de humedad.

En el desarrollo radicular, la hojarasca permitió una mayor longitud de raíz de *V. pompona* y *V. odorata*, alcanzando una longitud media de 246.33 y 100.90 mm respectivamente, que estadísticamente no existió diferencia significativa entre sí (p-valor > 0.05), interpretándose que el sustrato hojarasca puede ser empleadas para propagar ambas especies. Investigaciones como las realizadas por De Jesús et al., (2014), describen que la hojarasca presenta auxinas, Ca, Cu, B, Mg, N, Zn y Mg que promueven el crecimiento celular e inducen el desarrollo longitudinal de las raíces. Por su parte Osorio, (2012), describe que la fibra de coco presenta citoquinina y auxinas, además de N, Ca, P, Zn, K, Mg y Mn que permitirían una buena iniciación de la división celular y el crecimiento radicular.

Las estructuras de *V. pompona* presentó yemas axilares con buen vigor en el sustrato de hojarasca, posiblemente gracias al alto contenido de N, Ca, P, Zn, Mg, K y Mn y a su capacidad para retener humedad (De Jesús et al., 2014 & De la Cruz et al., 2014)). Considerando el requerimiento climático, *V. odorata* esta se desarrolla mejor en climas secos comparada con *V. pompona* que requiere de ambientes húmedos (Damián & Janovec, 2018); una alta concentración de nutrientes en la hojarasca facilitaría mayor retención de humedad lo cual influiría en la brotación por un proceso denominado saturación, respecto a sustratos con una concentración menor de nutrientes como la fibra de coco (Quiñones, 2014).

El diámetro de brote, se determinó que *V. pompona* y *V. odorata* alcanzan 1.76 y 2.29 mm respectivamente en el sustrato hojarasca, pero que al ser analizados estadísticamente no existió diferencia significativa (p-valor > 0.05). Al comparar los resultados entre sustratos, la fibra de coco, evidenció un diámetro de brote significativamente menor (p-valor < 0.05). Según De

Jesús et al., (2014), mencionan que la hojarasca presenta bioelementos, citoquinina y auxina y ácido giberélico lo cual facilitaría el crecimiento de los brotes; por su parte (De la Cruz et al., 2014), recomienda usar a la hojarasca como un fertilizante natural debido a sus características semejante a los formulados y en condiciones de parcela mejoraría la textura de suelo y brinda mejores condiciones físicas facilitando la aireación en los cultivos.

Los brotes de *V. pompona* fueron de mayor longitud en el sustrato hojarasca (44.00 mm) respecto a los del sustrato fibra de coco (26.27 mm); coincidentemente los de *V. odorata* presentaron mayor longitud en la hojarasca (141.93 mm) respecto a la fibra de coco (67.67 mm); los resultados de *V. odorata* obtenidos en el sustrato hojarasca son significativamente diferentes (p -valor < 0.05) respecto a los de *V. pompona*; *V. pompona* presentó mayor número de hojas en la hojarasca (3 unidades) respecto a la fibra de coco (2 unidades). Por su parte, *V. odorata* presentó mayor número de hojas en la hojarasca (7 unid.) respecto a la fibra de coco (6 unid.). Según la Redagráfica, (2017), los bioelementos y biomoléculas solubles presentes en la hojarasca aseguran la nutrición, reproducción y desarrollo radicular y vegetativo de las plantas.

Según Maldonado et al., (1955), muchos sustratos presentan bioelementos y biomoléculas que mejoran la productividad del suelo y pueden ser aprovechadas como inductores de la germinación, enraizamiento o promover el crecimiento. Según Mancilla et al., (2012) y Paulitz & Bélanger, (2001), indican que se debe promover la conservación de la biodiversidad biológica, ya que esta permite mantener el equilibrio del ecosistema. Por lo que, con en el presente estudio se promueve la reproducción de especies vegetales mediante el método de esqueje en los sustratos como la hojarasca y la fibra de coco, los cuales, gracias a sus propiedades físico-químicas, favorecen el crecimiento radicular y vegetativo.

CONCLUSIONES

El sustrato ideal para obtener el mayor número de raíces en condiciones controladas de *Vainilla pompona* fue la hojarasca y la fibra de coco para *Vainilla odorata*; en ambos casos se alcanzó un promedio de 2 unidades a los 120 días luego del trasplante.

Asimismo, el sustrato ideal para obtener una mayor longitud de raíz, tanto de *Vainilla pompona* como de *Vainilla odorata* fue la hojarasca, alcanzando un promedio de 246.33 y 100.90 mm respectivamente.

En la brotación de *Vainilla pompona*, el sustrato ideal fue la hojarasca donde se alcanzó un valor promedio de 6.52 mm y para *Vainilla odorata* fue el sustrato fibra de coco donde se alcanzó un valor promedio de 4.56 mm.

En el diámetro de brote, tanto para *Vainilla pompona* como *Vainilla odorata*, el sustrato ideal fue la hojarasca, donde se alcanzó un diámetro promedio de 1.76 y 2.29 mm respectivamente.

En la longitud de brote, tanto para *V. pompona* como para *V. odorata* el sustrato ideal fue la hojarasca con 44.00 y 141.93 mm respectivamente.

El sustrato ideal para propagar *Vainilla odorata* y *Vainilla pompona* es la hojarasca respecto a la fibra de coco, lo cual permitirá preservar la biodiversidad y conservar las especies; con una tendencia positiva a que ambos podrían ser empleados en formulas específicas evitando su disposición inadecuada y reemplazando el uso de agroquímicos contaminantes.

El sustrato hojarasca presentó las siguientes características nutricionales 0.95% de N, 0.05% de P y 0.08% de K, respecto al sustrato fibra de coco que presentó 0.53% de N, 0.01% de P y 0.32% de K.

RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación progresiva de las características físico-químicas de los sustratos a medida que avanza el proceso de investigación, a fin de determinar la variación de este respecto al crecimiento de vainilla.

Realizar evaluaciones por un tiempo más prolongado a fin de obtener resultados comparativos respecto a otros factores como floración y producción de la vainilla.

Considerar la construcción de invernaderos a fin de aclimatar a los especímenes y que estos no sufran estrés por la condiciones de ensayo y puedan tener un buen desarrollo y producción.

Referencias bibliográficas

- Ambika, N. K., & Supriya, P. (2018). Detection of Vanilla Species by Employing Image Processing Approach. *Procedia Computer Science*, 143, 474–480. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.420>
- Bibiloni, H. (2015). *Ambiente y política - Una visión integradora para gestiones viables* (R. S. A., Ed.; 1a ed.). <https://doi.org/10.1143/JJAP.46.L205>
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M., & Besse, P. (2008). Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(4), 551–571.
- Bušić, A., Kundas, S., Morzak, G., Belskaya, H., Mardetko, N., Ivančić Šantek, M., Komes, D., Novak, S., & Šantek, B. (2018). Recent Trends in Biodiesel and Biogas Production. *Food Technology and Biotechnology*, 56(2), 152–173. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.02.18.5547>
- Damián, A., & Janovec, J. (2018). *El género vainilla en el Perú* (CIENTÍFICA, Ed.; 1a ed.).
- Daniel-Gromke, J., Liebetrau, J., Denysenko, V., & Krebs, C. (2015). Digestion of bio-waste - GHG emissions and mitigation potential. *Energy, Sustainability and Society*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s13705-014-0032-6>
- Dara, S. K. (2019). The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz010>
- De Jesús Rivera, L., Sedano Castro, G., Castellanos Suárez, J., & Manzo González, A. (2014). Propagación de orquídeas en el municipio de La Perla, Veracruz con base en sustratos locales. *ASUNTOS*, 4, 353–363.
- De la Cruz, W., Domínguez, J., De la A, V., & Días, L. (2014). Evaluación del efecto de cinco sustratos y una dosis de Ácido α Naftalen-acético (ANA) en la propagación de especies de vainilla (*Vanilla* sp.). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 3, 198–220.
- de Oliveira, D., Hilário Cioffi, M., de Carvalho Benini, K., & Cornelis Voorwald, H. (2017). Effects of plasma treatment on the sorption properties of coconut fibers. *Procedia Engineering*, 200, 357–364. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.050>
- Exley, R. (2010). *Vanilla Production, Processing and Packaging* (I. INSTITUTE, Ed.; 1a ed., Issue April).
- Fondo Mundial para la Naturaleza, & Sociedad Española de Ornitología. (2010). *La Biodiversidad es vida*.
- Hollingsworth, M., Andra, A., Forrest, L., Richardson, J., Pennington, R., Long, D., Cowan, R., Chase, M., Gaudeul, M., & Hollingsworth, P. (2009). Selecting barcoding loci for plants: Evaluation of seven candidate loci with species-level sampling in three divergent groups of land plants. *Molecular Ecology Resources*, 9(2), 439–457.
- Jiménez, K., Schmidt, A., Quesada, K., & Moreira, I. (2015). *Aislamiento de una bacteria endófito de vainilla (Vanilla planifolia) con actividad biocontroladora in vitro contra Fusarium oxysporum f. sp. Vanillae*. 28(2).
- (Laboratorio Takiwasi/TAKIWASI). (2016a). *Características técnicas de las camas de propagación, Evaluación y seguimiento de los ensayos de propagación instalados y recomendaciones para mejorar su eficiencia*.
- (Laboratorio Takiwasi/TAKIWASI). (2016b). *Identificación y descripción de experiencias regionales de producción de Vainilla. Marco*.
- Liew, W. L., Muda, K., Azraai Kassim, Mohd., Affam, A. C., & Loh, S. K. (2017). Agro-Industrial waste sustainable management – a potential source of economic benefits to palm oil mills in Malaysia. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 11(1), 108–118. <https://doi.org/10.4090/juee.2017.v11n1.108118>
- Liu, X., Meng, Y., Zhang, Z., Wang, Y., Geng, X., Li, M., Li, Z., & Zhang, D. (2019). Functional nano-catalyzed pyrolyzates from branch of *Cinnamomum camphora*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1227–1246. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.003>
- Maldonado Peralta, M. de los Á., García Nava, J., García de los Santos, G., Rojas García, A., Cuevas González, J., & Torres Salado, N. (1955). Reguladores del Crecimiento y Sustratos en la Propagación Vegetativa de Nache (*Malpighia mexicana* A. Juss. y *Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 214(2), 753–763. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017>
- Mancilla Villa, Ó. R., Ortega Escobar, H. M., Ramírez Ayala, C., Uscanga Mortera, E., Ramos Bello, R., & Reyes Ortigoza, A. L. (2012). Metales Pesados Totales y Arsénico en el Agua para Riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 39–48.

- Nascimento, T. A. do, Furtado, M. da S. C., Pereira, W. C., & Barberena, F. F. V. A. (2019). Vanilla bahiana Hoehne (Orchidaceae): studies on fruit development and new perspectives into crop improvement for the Vanilla planifolia group. *Biota Neotropica*, 19(3). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0696>
- Olivares, H. M. (2011). *Sombra artificial y aplicación de thidiazurón en el crecimiento y fisiología de la vainilla (Vanilla planifolia Andrews)*. Colegio de Postgraduados.
- Osorio, A. (2012). *Efecto de materiales orgánicos, fertilizantes e inóculos microbiales sobre el crecimiento y nutrición de plántulas de vainilla (Vanilla planifolia Jacks)*. Universidad Nacional de Colombia - Medellín.
- Osorio Mosquera, A. I. (2012). *Efecto de materiales orgánicos, fertilizantes e inóculos microbiales sobre el crecimiento y nutrición de plántulas de Vainilla (Vanilla planifolia Jacks)*.
- Paulitz, T. C., & Bélanger, R. R. (2001). Biological control in greenhouse systems. *Annual Review of Phytopathology*, 39(1), 103–133.
- Quiñones Fernández, M. (2014). *Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pasca (Euphorbia pulcherrima; WILD.EX KLOTSCCH) para exportación; agroindustrias Jovisa, San Miguel Dueñas, Sacatepequez (2007-2010) estudio de caso*. Universidad Rafael Landívar.
- Redagrícola. (2017). *La importancia de utilizar bioestimulantes hormonales en años de alta carga*.
- Santillán Fernández, A., Salas Zúñiga, A., & Vásquez Bautista, N. (2018). La productividad de la vainilla (Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews) en México de 2003 a 2014. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 050–069. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.165>
- Soto, M. A. (2010). A new species of Vanilla from South America. *Lankesteriana*, 9(3), 281–284.
- Soto, M. A., & Dressler, R. (2010). A Revision of the Mexican and Central American Species of Vanilla Plumier Ex Miller with a characterization of their ITS region of the nuclear Ribosomal DNA. *Lankesteriana*, 9(3), 285–354.
- Tabucanon, A. S., Xue, W., & Fujino, T. (2019). Assessing alteration of leaf litter breakdown rate influenced by dam operation in Nakatsugawa River and Arakawa River, Central Japan. *Watershed Ecology and the Environment*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2018.12.001>
- Villanueva, S., Hernández, M., Fernández, G. C., Dorantes, A., Dzib, Gabriel., & Martínez, J. (2017). Wild Vanilla planifolia and its relatives in the Mexican Yucatan Peninsula: Systematic analyses with ISSR and ITS. *Botanical Sciences*, 95(2), 169. <https://doi.org/10.17129/botsci.668>