

## Efecto del ácido Piroleñoso en la germinación de *Citrullus lanatus* “sandia”, *Solanum sessiliflorum* “cocona” y *Theobroma cacao* “cacao” en el Distrito de San Gabán, Carabaya

### Effect of Pyrolean acid on the germination of *Citrullus lanatus* “watermelon”, *Solanum sessiliflorum* “cocona” and *Theobroma cacao* “cacao” in the District of San Gabán, Carabaya

Edgar Pelinco Ruelas

Universidad Nacional de Juliaca, Perú

Contacto: [e.pelinco@unaj.edu.pe](mailto:e.pelinco@unaj.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0001-6269-3269>

Néstor Fredy Quispe Salazar

Universidad Nacional de Juliaca, Perú

Contacto: [nf.quispe@unaj.edu.pe](mailto:nf.quispe@unaj.edu.pe)

Mario Catacora Pinazo

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Perú

[mcatacora@inia.gob.pe](mailto:mcatacora@inia.gob.pe)

Recibido: 28.07.2020

Aprobado: 07.08.2020

#### RESUMEN

Para el presente trabajo de investigación se planteó como objetivo principal evaluar el efecto del ácido piroleñoso y la dosis óptima para la germinación de semillas de *Citrullus lanatus* “sandia”, *Solanum sessiliflorum* “cocona” y *Theobroma cacao* “cacao”; se empleó el modelo estadístico diseño completo al azar, los factores en

estudio fueron: dosis de ácido piroleñoso obtenido de *Guadua sarcocarpa* “bambú leñoso”, *Erythrina ulai* “pisonay” y *Cecropia sciadophylla* “cetico” (1, 10, 100 ml) y semillas de las tres especies mencionadas, se trabajó con 9 tratamientos y un testigo más tres repeticiones las variables fueron: porcentaje de germinación y dosis. Los resultados señalan efectos significativos del ácido piroleñoso en la germinación, de semillas de cocona, cacao con 96.70 %, y 100 % sin embargo, hubo efectos negativos para las semillas de sandía. Así mismo, la aplicación de ácido piroleñoso a dosis de 10 ml tuvo los mejores resultados en la germinación de semillas de cocona y cacao con 94.46 % y 98.52 %. En conclusión, la aplicación de ácido piroleñoso a dosis de 10 ml mejoró el proceso germinativo de las semillas de cocona y cacao, sin embargo, a una dosis alta de 100 ml inhibe la germinación, por último, la dosis 1 ml no muestra efectos positivos respectivamente.

**Palabras clave:** Ácido piroleñoso, germinación de semillas, bioaceite, vinagre de madera.

### ABSTRACT

For the present research work, the main objective was to evaluate the effect of pyrolenous acid and the optimal dose for the germination of seeds *Citrullus lanatus* “sandía”, *Solanum sessiliflorum* “cocona” y *Theobroma cacao* “cacao”; the randomized complete design statistical model was used, the factors under study were: dose of pyrolenous acid obtained from *Guadua sarcocarpa* “bambú leñoso”, *Erythrina ulai* “pisonay” y *Cecropia sciadophylla* “cetico” (1, 10, 100 ml) and seeds of the three species mentioned, we worked with 9 treatments and one control plus three repetitions the variables were: germination percentage and dose. The results indicate significant effects of pyrolenous acid on germination, of cocona seeds, cocoa with 96.70 %, and 100 % however, there were negative effects for watermelon seeds. Likewise, the application of pyrolenous acid at doses of 10 ml had the best results in the germination of cocona and cacao seeds with 94.46 % and 98.2 %. In conclusion the application of pyrolenous acid at doses of 10 ml improved the germination process of cocona and cocoa beans, however, at a high dose of 100 ml it inhibits germination finally, the 1 ml dose does not show positive effects respectively.

**Key words:** Pyrolenous acid, seed germination, bio-oil, wood vinegar

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la actividad agrícola es primordial para el ser y depende de la agricultura el desarrollo económico primario practicado desde tiempos preincaicos, utilizando recursos naturales como suelo y agua (Martín, Rivera y Castizo, 2018). El Perú es uno de los países con una agricultura tradicional que da origen diversos productos industriales, de exportación y alimentación (FAO, 2005). La agricultura enfrenta una crisis, para resolver este problema por el uso excesivo de los fertilizantes químicos para mejorar el desarrollo fisiológico de las plantas. La degradación del suelo ha amenazado seriamente la alimentación mundial (Luo et al. 2019). Así mismo, el uso excesivo y la baja eficiencia de los fertilizantes químicos han provocado la eutrofización, la contaminación, por consecuente existe una necesidad urgente de desarrollar un enfoque agrícola eficiente y respetuoso con el medio ambiente para la restauración del suelo y la mejora del crecimiento de los cultivos (Pan, Zhang, Wang y Liu, 2017).

El ácido piroleñoso también llamado vinagre de madera es un líquido acuoso producido a partir de la pirolisis de biomasa como sub producto de la obtención de carbón, se obtiene por la condensación del humo generados durante la pirolisis de la biomasa de 450 - 600 °C, este líquido tiene un ahumado especial, el olor y el color son de amarillo claro a marrón (Theapparatt, Chandumpai y Faroongsarng, 2018).

Este aceite biológico es un producto procedente de la pirolisis de especies madereras, producto de la descomposición de biomasa y que puede realizarse en ambientes favorables y controlados (Mohan et al., 2007). Varios países promocionan como fuente de tecnologías limpias el empleo de recursos naturales sustituibles como medidas de mitigación ante los efectos del cambio climático y los riesgos en la salud (Grewal, Abbey, y Gunupuru, 2018). Así mismo la búsqueda y la aplicación de tecnologías en la adquisición de productos energéticos y químicos orgánicos como el ácido piroleñoso tiene bastante interés en el mundo actual, entre ellas mencionamos la pirolisis de la biomasa forestal. Por tanto, es fundamental investigar alternativas

innovadoras para la adquisición de productos orgánicos que sean idóneos de garantizar el empleo eficiente de los recursos forestales y la preservación del ambiente, ya que en el procedimiento de la pirolisis acontece reacciones complejas que benefician a la adquisición de productos orgánicos con múltiples usos (Santos et al., 2018).

Para el caso especial de la pirolisis, los bienes producidos pueden ser fraccionados por vía destilación de líquidos condensados como el ácido piroleñoso o el alquitrán (De Lima et al., 2019). Contiene principalmente entre 80 % a 90 % de agua y 10 % a 20 % de compuestos orgánicos que incluyen más de 200 componentes químicos entre los principales figuran ácidos orgánicos como el ácido acético, fenólicos, alcanos, alcoholes y compuestos de éster (Jun, Tohru y Takeshi 2004).

Varias investigaciones internacionales han reportado la obtención de ácido piroleñoso aprovechando los residuos maderables. Ming Lei et al (2018) Reportaron que las diferentes dosis de ácido piroleñoso diluido no mostraron diferencia en las tasas de germinación de las semillas de pepino en comparación con las del tratamiento con CK ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, vinagre piroleñoso agregado a la dilución de 10000 veces aumentó significativamente la longitud de la raíz y la biomasa seca del pepino en un 20.9% y 5.92%, respectivamente ( $P < 0.05$ ). Por lo tanto, el vinagre de madera en un momento óptimo de dilución podría usarse como un prometedor agente para la germinación de semillas, y mejorar aún los rendimientos de los cultivos.

Luo et al., (2019) indicaron que la adición de ácido piroleñoso no tuvo efectos en la germinación de pimiento y tomate, mientras que promovió la longitud de la raíz y el brote a bajas concentraciones (por ejemplo, 0.002% y 0.02%). Además, el ácido piroleñoso promovió individualmente el desarrollo de la raíz de las plántulas de pimiento, como la longitud de raíz en un 45.4 – 51.6%, y aumentó la biomasa del brote y la raíz en un 20.9 – 22.0% y 100–113%, respectivamente; sin embargo, la aplicación conjunta de biochar y ácido piroleñoso mostró pocos efectos.

Ming Lei et al, Batista, Ré-Poppi y Raposo (2012) mencionan que el ácido piroleñoso actúa como una prometedora enmienda para mejorar el suelo debido a que contiene múltiples beneficios para la producción agrícola, estimula el crecimiento de las plantas, acelera la velocidad de germinación de las semillas, mejorar la acidez del suelo, apoya en la absorción de nutrientes por las plantas, mejora la cosecha de los

productos, inhibe el desarrollo de patógenos como hongos de plantas y actúa como fertilizante orgánico.

Jun, Tohru y Takeshi (2004) informaron que el líquido piroleñoso respalda múltiples beneficios para la producción agrícola integral, la utilización de residuos, protección del medio ambiente e industrias de desarrollo sostenible.

Estudios anteriores mostraron que la aplicación de ácido piroleñoso de madera en el suelo mejora la acidez del suelo y podría estimular el crecimiento de las plantas, elevando la capacidad de intercambio de cationes del suelo (CIC) y, en consecuencia, beneficiar la translocación de nitrógeno y fósforo del suelo a la planta (Vaccari et al., 2015). Por ende, hay una reducción en la lixiviación del N y el incremento de retención de ella y la biodisponibilidad en los suelos agrícolas pueden potencialmente disminuir la demanda de fertilizantes nitrogenados para el crecimiento de los cultivos (Zheng et al., 2013)

Las condiciones climáticas del valle de San Gabán son propicias para el desarrollo de la agricultura, frente a cultivos ilícitos, la meta es producir mayor cantidad de cultivos alimenticios, para generar ingresos económicos, a los agricultores (Genaro, 2015). Así mismo, el cacao es una alternativa de gran importancia económica y social, actualmente se cuenta con una gran variedad genética, tienen múltiples usos y beneficios, es el componente básico para el chocolate, bebidas alcohólicas, jaleas mermeladas, tiene propiedades beneficiosas para el organismo y previene enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (García, 2008).

Además, la sandía es una fruta que constituye una de las fuentes más importantes para mitigar la necesidad alimenticia del hombre. Esta especie tiene la ventaja de ser precoz, el periodo de producción es de tres meses desde la siembra y con ello contribuir de manera significativa al desarrollo comercial de nuevos frutales en el valle de San Gabán (Anquise, 2016).

Así mismo, la cocona es una fruta cítrica tropical importante desde el punto de vista nutricional y medicinal, tiene alto contenido de vitaminas (siendo rico en hierro y vitamina C) es materia prima para obtención de diversos productos industriales como: dulces, ensaladas, encurtidos, jugos y néctares entre otros, para ello se emplea una tecnología generada mediante la investigación para promover la producción de la

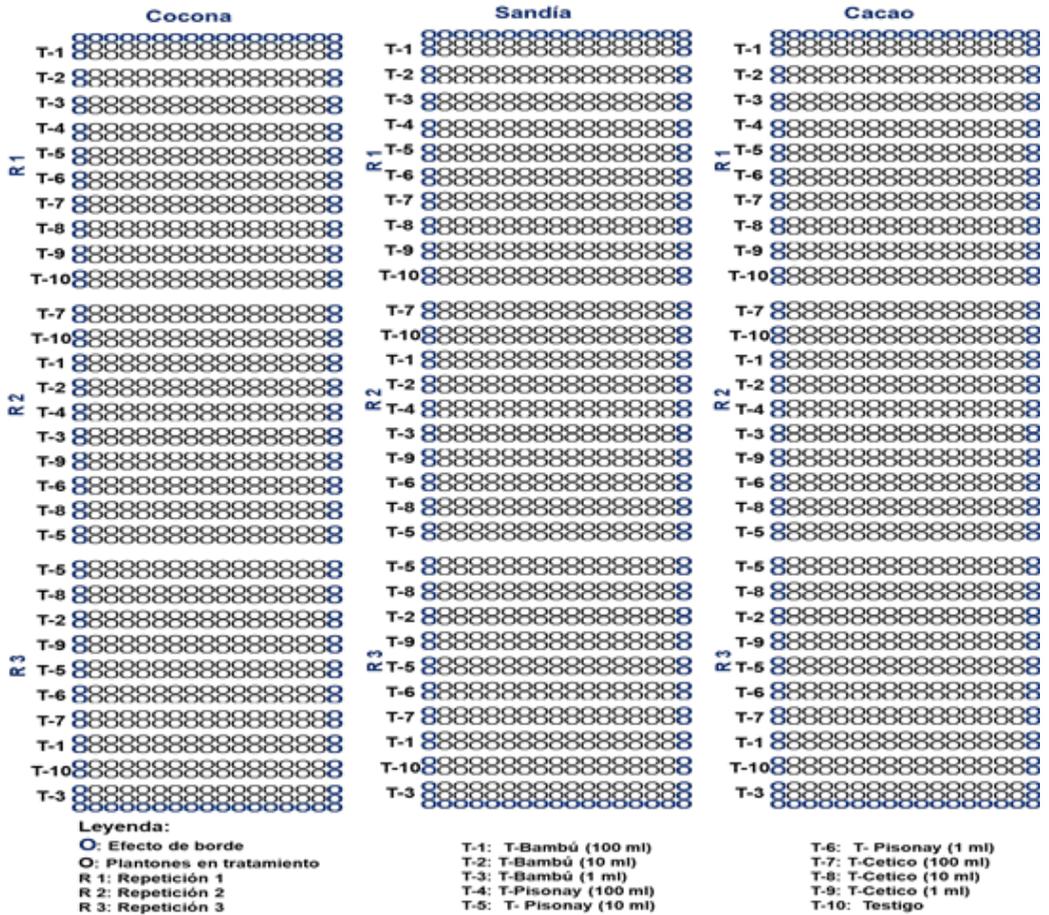
cocona (INIA, 2006).

Sin embargo, en la actualidad se presentó poca atención al efecto o la influencia del ácido piroleñoso en la germinación de semillas, y dosis. Por tanto, los objetivos de este estudio fueron investigar el efecto de las diferentes dosis de ácido piroleñoso obtenidos de especies leñosas como *Guadua sarcocarpa* “bambú leñoso”, *Erythrina ulei* “pisonay” y *Cecropia sciadophylla* “cetico”, líquido concentrado que actúa como agente de remojo en la germinación de semillas de *Theobroma cacao* “cacao”, *Citrullus lanatus* “sandía” y *Solanum sessiliflorum* “cocona”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la Sub Estación Experimental INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) centro poblado de Pampa Alegre, distrito de San Gabán, provincia de Carabaya en el departamento de Puno, ubicado a tres kilómetros de la ciudad de San Gabán en la coordenada geográfica latitud sur: 13°27'50" longitud oeste: 70°27'50" y a una altitud de 620 m s.n.m. La temperatura media anual es de 23,3 °C y la precipitación promedio anual es de 5 224 mm. (SENAMHI, 2019) El diseño experimental que se utilizó fue el Bloque Completo al Azar (BCA). Los materiales utilizados para la ejecución del experimento en el vivero fueron semillas de cacao variedad CCN 51, semillas de cocona obtenidos de las parcelas ubicadas en la Sub Estación Experimental San Gaban y semillas de sandía variedad Santa Amelia que se adquirió de la empresa Seminis de origen chileno.

El tipo y diseño de investigación fue experimental. Para las evaluaciones de germinación los tamaños de muestra que se trabajaron fueron con 9 tratamientos y un (1) testigo más tres (3) repeticiones por cada uno de ellos, por especie de semilla (sandía, cocona, cacao) tal como se observa en la figura 1



**Figura 1.** Distribución de los tratamientos en bloques de tres especies *Theobroma cacao* “cacao”, *Citrullus lanatus* “sandía” y *Solanum sessiliflorum* “cocona”.

La metodología para evaluar la aplicación del ácido piroleñoso en el porcentaje de germinación de las semillas en el vivero fue, el acondicionamiento y mantenimiento del vivero que se instaló con sus respectivos tinglados. Se preparó el sustrato seleccionado adecuado de tierra agrícola y arena de río (Alvarado y Solano, 2002; ISTA, 2016). Seguidamente se procedió a mezclar tierra con arena de río utilizando la combinación de (1:1), (Alvarado y Solano, 2002; ISTA, 2016). Posteriormente se transfirió el sustrato a las bolsas de polietileno de 17 x 10 cm logrando tener 2700 plántulas y 200 para el efecto de borde, luego se realizó la separación y distribución de las repeticiones por bloques de manera aleatorizada, y se muestran en la figura 1

(Oliva, Vacalla, Pérez y Tucto, 2014).

Para la obtención de semillas de cocona y cacao se utilizó la metodología del autor Arvelo, González León, Maroto y Montoya (2017) que consiste en cosechar las mazorcas de cacao de 30 a 40 cm de longitud de la variedad CCN51, en su estado de madurez fisiológica para este fin, se procedió a sacar la testa de la cubierta y se eliminó las semillas de los extremos (Arvelo, González, Maroto y Montoya, 2017). Para la obtención de semilla de cocona se cosecho los frutos grandes de las parcelas ubicadas en las plantaciones del INIA San Gabán, se utilizó las semillas de 5 frutos seleccionados (INIA, 2006). Para la obtención de semillas de sandía se adquirió de la empresa Seminis específicamente la variedad Santa Amelia, estas semillas empleadas se muestran en la tabla 1

Tabla 1

*Semillas utilizadas para la germinación*

Especie	Número de semillas por tratamiento	Número de tratamientos	Número de repeticiones	Efecto borde	Número total de semillas
Citrullus lanatus “sandía”	30	10	3	160	1100
Solanum sessiliflorum “cocona”.	30	10	3	160	1100
Theobroma cacao “cacao”	30	10	3	160	1100

La distribución de la dosis de tratamientos de ácido piroleñoso elaborados de bambú, pisonay y cetico, el número de repeticiones para la germinación de semillas se observa en la tabla.

Tabla 2

*Dosis de tratamiento para la germinación de semillas sandía, cocona y cacao*

Tratamientos	Muestra de ácido piroleñoso	Dosis (ml)	Repeticiones	Muestra
T-1	Bambú	100	3	T - Bambú (100 ml)
T-2	Bambú	10	3	T - Bambú (10 ml)
T-3	Bambú	1	3	T - Bambú (1 ml)

T-4	Pisonay	100	3	T - Pisonay (100 ml)
T-5	Pisonay	10	3	T - Pisonay (10 ml)
T-6	Pisonay	1	3	T - Pisonay (1 ml)
T-7	Cetico	100	3	T - Cetico (100 ml)
T-8	Cetico	10	3	T - Cetico (10 ml)
T-9	Cetico	1	3	T - Cetico (1 ml)
T-10	Testigo	0	3	Testigo

El primer riego se realizó el día de la siembra, se aplicó mediante un aspersor para cada tratamiento, los intervalos fueron dos días durante una semana, posterior a ello los tiempos se prolongaron según la humedad presente (Santos, Juan, Picornell y Tarjuelo, 2010). Las evaluaciones se realizaron cada día contabilizando el número de semillas germinadas por un periodo de 20 días, para la sandía y cocona y 25 días para el cacao, se determinó los efectos del ácido piroleñoso obteniendo los resultados de porcentaje de germinación, de las semillas y se utilizó el modelo estadístico diseño completo al azar (DCA) Suarez y Marina (2010).

Para la evaluación del porcentaje de germinación, se empleó la propuesta por (Martínez, Virgen, Peña y Santiago, 2010)

$$PG = \frac{Sg}{Ss} * 100$$

PG = porcentaje de germinación

Sg = nro de semillas que germinan

Ss = nro total de semillas sembradas

Para determinar la dosis de tratamiento del ácido piroleñoso en primer lugar, se obtuvieron mediante un proceso de pirolisis de la madera de las especies de bambú, pisonay y cetico en un horno pirolítico a una temperatura de 350 a 400 °C, donde se obtuvo de una biomasa de 75 kg, un promedio de 20 l de ácido piroleñoso de cada especie. Posteriormente se evaluó la dosis mediante las concentraciones de ácido piroleñoso (1, 10, 100 ml) propuestas en la tabla No 2

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de aplicación del ácido piroleñoso de bambú, pisonay y cético en el porcentaje de germinación de las semillas de cacao, cocona y sandía.

En la tabla No 3 se muestra los resultados del análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % de probabilidad para determinar el efecto del ácido piroleñoso en el porcentaje de germinación de las semillas de sandía, cocona y cacao. Donde no se muestra significancia del ácido piroleñoso en la germinación de semillas de sandía, de la misma forma las semillas de cocona y cacao si muestran efectos significativos de la aplicación del ácido piroleñoso. El coeficiente de variación determinado para el porcentaje de germinación en semillas de sandía fue 6.49 %, para las semillas de cocona fue 4.52 % y para semillas de cacao fue 4.28 %, el cual valora la precisión de los resultados en campo según escala de calificación propuesto por Gordon y Camargo (2015).

**Tabla 03**

*Análisis de varianza del porcentaje de germinación de semillas sandía, cocona y cacao.*

Especie	F.V.	SC	GL	CM	F	P-valor	CV (%)
Sandía	Tratamiento	192.05	9	21.34	0.60	0.7841	6.49
	Error	714.02	20	35.60			
	Total	906.07	29				
Cocona	Tratamiento	2144.86	9	238.32	14.47	<0.0001	
	Error	318.39	20	15.92			4.52
	Total	2463.25	29				
Cacao	Tratamiento	522.46	9	58.05	3.47	0.0098	
	Error	334.45	20	16.72			4.28
	Total	856.91	29				

En la tabla 4 se puede apreciar de acuerdo a la prueba de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad, la aplicación de ácido piroleñoso (AP) de bambú, pisonay y cético en la germinación de semillas de sandía donde no se mostró efectos significativos para esta especie. En cambio, para las semillas de cocona resultó efectos significativos con la aplicación del ácido piroleñoso (AP) en la germinación de semillas, sin embargo, se obtuvo los valores más altos con la aplicación de AP de bambú en el tratamiento T-2 con un porcentaje de germinación de 96.70 %, en comparación con

el tratamiento testigo T-10 obteniendo el 85.57%.

Por otra parte, el porcentaje de germinación para semillas de cacao resultó efectos altamente significativos con la aplicación de AP de cético y bambú obteniendo el 100 % de germinación de semillas con los tratamientos T-8 y T-2 asignando una ponderación de (A), mientras que el tratamiento testigo T-10 obtuvo un 84.43 % de germinación de semillas asignando una ponderación estadística de (B).

**Tabla 4**

*Prueba de significancia Tukey para el porcentaje de germinación de semillas sandía, cocona y cacao.*

N.º	Sandía			Cocona			Cacao		
	Trat.	Media (Sig.)		Trat.	Media (Sig.)		Trat.	Media (Sig.)	
1	T-8	95.57	A	T-2	96.70	A	T-8	100.00	A
2	T-2	95.57	A	T-3	95.57	AB	T-2	100.00	A
3	T-3	94.43	A	T-9	95.57	AB	T-9	97.77	A
4	T-1	93.37	A	T-5	93.33	AB	T-7	96.67	A
5	T-7	92.23	A	T-8	93.30	AB	T-6	95.57	AB
6	T-6	91.10	A	T-6	92.23	AB	T-3	95.57	AB
7	T-10	90.00	A	T-10	85.57	ABC	T-4	95.57	B
8	T-5	90.00	A	T-7	84.43	BC	T-5	95.57	B
9	T-4	90.00	A	T-1	74.47	CD	T-1	93.33	B
10	T-9	87.77	A	T-4	72.20	D	T-10	84.43	B

En la figura No 2 se aprecia la representación gráfica del porcentaje de germinación de las semillas sandía, cocona y cacao, donde el mejor tratamiento T-2 (ácido piroleñoso de bambú + semilla de cocona) y T-8 (ácido piroleñoso de cético + semilla de cacao) sobresalen en el promedio de germinación de semillas con valores de 96.70 % y 100 %, no siendo favorable para la germinación de semilla de sandía con la aplicación de ácido piroleñoso de bambú, pisonay y cético.

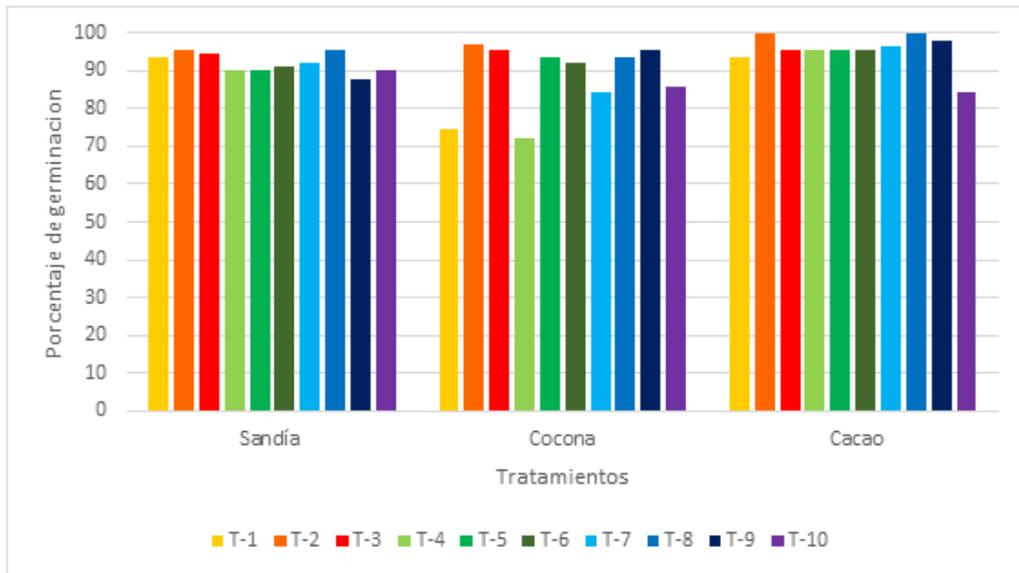


Figura 2. Porcentaje de germinación de semillas sandía, cocona y cacao.

Lo resultados de análisis de composición de los ácidos piroleñosos de las especies de bambú, pisonay y cetico se realizó por cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS), elaborado en el laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería donde nos señala que tiene diferentes compuestos orgánicos como (ácidos, alcoholes, fenoles y compuestos neutros), la especie de bambú tiene 12 compuestos orgánicos (32.15 % de ácidos, 37% de alcoholes, 14.27% fenoles y 15.81% de componentes neutros) la especie de pisonay resultó con 20 compuestos orgánicos (27.20% de ácidos, 36.06% de alcoholes, 13.55% fenoles y 23.19% de componentes neutros) y la especie de cetico tiene 23 compuestos orgánicos (13.02% de ácidos, 31.23% de alcoholes, 15.47% fenoles y 40.34% de componentes neutros (Catacora et al., 2019).

Chuaboom (2016) aplicó ácido piroleñoso de bambú para mejorar la germinación de semillas de arroz, donde obtuvo resultados similares aumentando significativamente el porcentaje de germinación de semillas por la capacidad de inhibir los agentes patógenos debido a sus componentes químicos.

Mu, Uehara y Funuru (2003) obtuvieron resultados similares con la aplicación de ácido piroleñoso de bambú, obtenidos a diferentes temperaturas del AP, también reporta que la composición son las mismas en la recolección a diferentes temperaturas,

no obstante, la recolección de AP de 200 °C a 250 °C mostraron los resultados más altos en la germinación de semillas de crisantemo y berro por las sustancias activas que se encuentran en las estructuras de los árboles que tiene el efecto regulador sobre la germinación y crecimiento de las plántulas.

La aplicación del ácido piroleñoso de las especies estudiadas no tuvo efectos en la germinación de sandía debido a que es una planta anual y su germinación es muy rápida germinando a los 5 días después de la siembra, mientras que la cocona es una planta semiperenne, y cacao que es perenne tuvieron mayor significancia, por tanto, la ampliación beneficia a especies de fenología de crecimiento largo y semillas con latencia o recalcitrantes.

Luo et al., (2019) evaluaron los efectos del ácido piroleñoso a base de álamo, donde no muestra efectos sobre la germinación de semillas de pimiento y tomate, pero si estimulo su crecimiento. Dado que estas especies son plantas anuales, y la germinación se dio entre los 3 a 5 días para tomate mientras que del pimiento se dio los 5 a 10 días.

Saray, (2000) indica que la temperatura óptima para un buen desarrolló de germinación de semillas sandía es de 18 a 25 °C, no tolerando inferiores a los 10 °C y superiores a 35 °C. Carbajal y Balcazar (2002) menciona que la cocona germina en temperaturas de 15 y 25 °C sin presencia de heladas.

Enríquez y Paredes (1989) reportaron que la temperatura óptima para la germinación de cacao es dentro de los 18 a 30 °C. Las condiciones ambientales en el distrito de San Gabán de acuerdo a los datos meteorológicos del SENAMHI nos señala que la temperatura tuvo valores de 9.47 a 26.82 °C, por ende, las temperaturas controladas en el vivero fluctuaron de 18.34 a 28.86 °C, por tanto, favoreció en el comportamiento heterogéneo de la germinación uniforme de las semillas de sandía, cocona y cacao.

En la tabla No 5 se obtuvo resultados de análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % de probabilidad para determinar la dosis óptima en el porcentaje de germinación, de las semillas de sandía, cocona y cacao. La aplicación de ácido piroleñoso a diferentes dosis (1, 10 y 100 mL) no tiene efectos significativos por que el p- valor es mayor a 0.05 del nivel de significancia en las semillas de sandía, para las

semillas de cocona y cacao si resultó efectos altamente significativos con la aplicación de ácido piroleñoso a diferentes dosis (1, 10 y 100 mL), siendo su p- valor menor a 0.05 del nivel de significancia.

El coeficiente de variabilidad determinado para la dosis optima de tratamiento en el porcentaje de germinación, energía germinativa, porcentaje de emergencia y vigor germinativo están en la escala de calificación según (Gordon y Camargo, 2015), son muy aceptables la precisión experimental porque son menores al 10 %, con una poca variabilidad de los datos experimentales para cada uno de los tratamientos estudiados.

Tabla5

Análisis de varianza de la dosis optima de tratamiento en el porcentaje de germinación de semillas sandía, cocona y cacao.

Tratamientos	Especie	F.V.	SC	GL	CM	F	P-valor	C V (%)
Porcentaje de germinación	Sandía	Dosis	45.80	3	15.27	0.46	0.7116	6.25
		Error	860.27	26	33.09			
		Total	906.07	29				
	Cocona	Dosis	1845.62	3	615.21	25.90	< 0.0001	5.52
		Error	617.63	26	23.76			
		Total	2463.25	29				
	Cacao	Dosis	456.16	3	152.05	9.87	0.0002	4.11
		Error	400.75	26	15.41			
		Total	856.91	29				

En la tabla 6 se observa los resultados según la prueba Tukey a un nivel de significancia 0.05, donde las dosis óptimas (1, 10, 100 ml) para la germinación de semilla de sandía, no existe diferencias significativas del ácido piroleñoso. Sin embargo, para las semillas de cocona si muestra efectos significativos con la aplicación de AP a una dosis de (1 y 10 ml), con una dosis de 10 ml resultó mejor el porcentaje de germinación, así mismo, a una dosis de 100 ml fue toxico para las semillas de cocona debido a que tiene componentes como (ácidos, alcoholes, fenoles y compuestos neutros), a concentraciones altas inhiben la germinación de las semillas. Para el cacao se tuvo efectos significativos con la aplicación de dosis (1, 10, 100 ml), la dosis 10

ml, mejoro los resultados en la germinación de semillas, mientras que el tratamiento testigo T-10 obtuvo los valores más bajos en el porcentaje de germinación.

**Tabla 6**

*Prueba de significancia Tukey para dosis optima en la germinación de semillas de sandía cocona y cacao.*

N.º	Sandía			Cocona			Cacao			
	Dosis	Media	Va- lor	Dosis	Media	Va - lor	Dosis	Media	Va - lor	
Porcentaje de germina- ción	1	10 ml	93.71	A	10 mL	94.46	A	10 ml	98.52	A
	2	100 ml	91.87	A	1 mL	94.44	A	1 ml	96.30	A
	3	1 ml	91.10	A	Testigo	85.57	B	100 ml	95.19	A
	4	Testigo	90.00	A	100 mL	77.03	C	Testigo	84.43	B

Estudios similares se realizaron según Kodata, Hirano y Imizu, (2002) quienes aplicaron las concentraciones de 0, 0.1, 0.01, 0.001 de AP en la proliferación en brotes in vitro y formación de raíces, mostrando efectos significativos a la aplicación de ácido piroleñoso.

Zulkarami et al. (2011) evaluaron los efectos del ácido piroleñoso con cuatro niveles (0, 10, 20, 30%) para mejorar la calidad de sandía, así mismo, la aplicación 30 % de ácido piroleñoso (AP) era tóxico, ya que la mayoría de las plantas entraban en mortandad, también reporta que a una concentración de 20 % mejora el crecimiento, pero a una concentración de 10% dio los mejores resultados.

Para semillas que germinan en un corto tiempo como la sandía, no tiene efecto la aplicación de diferentes dosis de ácido piroleñoso, resultados similares demostró (Lei, Liu y Wang, 2018) donde aplicaron ácido piroleñoso a una dosis de 10 ml diluidos en 500 ml y 50 lt de agua destilada llegando a los resultados que no tuvieron efectos significativos en la germinación de semillas de pepino, pero sí tuvo efectos en la longitud de la raíz y biomasa seca en un 20.9 % y 5.92 % los mecanismos se puede atribuir al elevado vigor de la raíz y tasa fotosintética después de la entrada de sustancias fenólicas contenidas en el ácido piroleñoso, que en consecuencia podría estimular el crecimiento del pepino.

## CONCLUSIONES

La aplicación de ácido piroleñoso elaborado de *Guadua sarcocarpa* “bambú leñoso”, *Erythrina ulei* “pisonay” y *Cecropia sciadophylla* “cetico”, en diferentes dosis no tiene efectos en la germinación de semillas de *Citrullus lanatus* “sandia.

Se identificó beneficios de germinación de 96.70 % en 20 días para *Solanum sessiliflorum* “cocona” con la aplicación de ácido piroleñoso por el contenido en compuestos orgánicos los cuales actúan como inductores de germinación en semillas.

Se concluye una germinación de 100 %, en 25 días para *Theobroma cacao* “cacao” con la aplicación de ácido piroleñoso por el contenido en compuestos orgánicos alcoholes, fenoles y neutros, algunos de estos componentes tienen inductores para la germinación de semillas. Así mismo, su eficiencia se muestra más para semillas perennes y aquellas que tengan problemas de latencia o recalcitrantes.

La dosis de 10 ml de ácido piroleñoso de bambú mejoró la germinación en 94.46 % para semillas de cocona y 98.52 % en cacao para un tiempo de 20 y 25 días, del mismo modo a dosis alta de 100 ml inhibe la germinación de semillas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M.; Solano, J. (2002). Medios de sustrato en la producción de viveros y plantas. Costa Rica: Proyecto VIFINEX
- Anquise Tichuanca, R. (2016). Respuesta a la adaptación y rendimiento de tres variedades de sandia (*Citrullus lanatus* L.) en el valle de San Gaban - Puno. Puno. Tesis obtenido: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3323>
- Arvelo, M.; González, D.; Maroto, S.; Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 143 p.
- Balcazar, T. 2011. El Cultivo De La Cocona. Editorial CONCYTEC. 123 p. Lima-Perú. Recuperado: <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/357>
- Batista, J.; Ré-Poppi, N.; & Raposo, J. (2012). Characterization of pyroligneous acid used in agriculture by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 23(4), 610–617. <https://doi.org/10.1590/s0103->

50532012000400005

- Catacora, M.; Quispe, I.; Julian, E.; Zanabria, R.; Roque, M.; Zevallos, P. (2019). Caracterización de los componentes químicos del ácido piroleñoso obtenido de 3 especies forestales, con fines agrícolas en San Gabán, Puno (PERÚ). *Ceprosimad*, 7(2), 06-16. Recuperado a partir de <https://journal.ceprosimad.com/index.php/ceprosimad/article/view/83>
- Chuaboom, W.; Ponghirantanchoke, N.; Athinuwat, D. (2016). Application of Wood Vinegar for Fungal Disease Controls in Paddy Rice. *Applied Environmental Research*, 38(3), 77 - 85.
- Carbajal, T.; Balcázar de Ruiz. (2002). Cultivo de Cocona. IIAP. Tingo María – Perú. 54 pp.
- De Lima, G.; Mendes, C.; de Marchi, G.; Vicari, T.; Cestari, M.; Gomes, M.; Leme, D. (2019). The evaluation of the potential ecotoxicity of pyrolygneous acid obtained from fast pyrolysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180(May), 616–623. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.058>
- Enríquez, G.; Paredes, A. (1989). El cultivo de Cacao. Editorial Universidad Estatal. EUNED. Tercera edición. San José. Costa Rica. 63 pp.
- FAO (organización de las Naciones Unidas). (2005). Nota de análisis sectorial agricultura y desarrollo rural. Roma: Corporación andina de fomento (CAF).
- García Carrión, L. F. (2008). Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Lima-Perú: M &O CONSULTING S.A.C.
- Genaro Garrido, J. (2015). Mejoramiento de las cadenas productivas de café y cacao en el ámbito distrital San Gabán. Municipalidad Distrital de San Gabán.
- Gordon, R.; Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de Maíz. *Agron. Mesoam.*, 26(1), 55-63.
- Grewal, A.; Abbey, L.; Gunupuru, L. (2018). Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 135, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>
- INIA, Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. (2006). Cultivo de Cocona. San Gabán. Primera edición. 13 p. Lima-Perú
- International Seed Testing Association (2016). Reglas internacionales para el análisis

de las semillas. Uruguay

- Kodata, M.; Hirano, T.; Imizu, K. (2002). Pyroligneous Acid Improves In Vitro Rooting of Japanese Pear Cultivars. *HortScience*, 37(1), 194 - 195.
- Lei, M.; Liu, B.; Wang, X. (2018). Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L.) seed germination. *Earth and Environmental Science*, 128. doi:10.1088/1755-1315/128/1/012186
- Luo, X.; Wang, Z.; Meki, K.; Wang, X.; Liu, B.; Zheng, H.; Li, F. (2019). Effect of co-application of wood vinegar and biochar on seed germination and seedling growth. *Soils and Sediments*. doi: doi: 10.1007/s11368-019-02365-9
- Martín, L.; Rivera, J.; Castizo, R. (2018). Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica. *La rábida*, Huelva.
- Martínez, J.; Virgen, J.; Peña, M.; Santiago, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Ciencias Agrícolas*, 1(3), 289-304.
- Mohan, D.; Pittman, C.; Bricka, M.; Smith, F.; Yancey, B.; Mohammad, J.; Gong, H. (2007). Sorption of arsenic, cadmium, and lead by chars produced from fast pyrolysis of wood and bark during bio-oil production. *Journal of Colloid and Interface Science*, 310(1), 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.01.020>
- Mu, J.; Uehara, T.; Furuno, T. (2004). Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants II: Composition of moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects. *Journal of Wood Science*. 50. 470-476. 10.1007/s10086-003-0586-y.
- Ming, L.; Bingjie, Liu.; Xiao, W. (2018). Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L) seed germination IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 128 doi :10.1088/1755-1315/128/1/012186
- Mu, J.; Uechara, T.; Furuno, T. (2004). Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants II: composition of moso bamboo vinegar at different collectiontemperature and its effects. *J. Wood Sci*, 50(5), 470-476.
- Oliva, M.; Vacalla, F.; Pérez, D.; Tucto, A. (2014). Manual de vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa. Amazonas-Peru. Chachapoyas: SERFOR.

- Pan, X., Zhang, Y., Wang, X., & Liu, G. (2017). Effect of adding biochar with wood vinegar on the growth of cucumber. *Earth and Environmental Science*, 61, 1-4. doi:10.1088/1755-1315/61/1/012149
- Santos, L.; Juan, J.; Picornell, M.; Tarjuelo, J. (2010). El riego y sus tecnologías. España: CREA-UCLM.
- Santos, A., Cristaldo, P., Araújo, A., Melo, C., Lima, A., Santana, E., Bacci, L. (2018). *Apis mellifera* (Insecta: Hymenoptera) in the target of neonicotinoids: A one-way ticket? Bioinsecticides can be an alternative. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- SENAMHI. (2019). Monitoreo de precipitación y temperatura. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno>
- Suarez, D.; Marina, L. (2010). Biología y germinación de semillas. *Reserchgate*, 13-24.
- Saray, R.; Delgado de la Flor, F.; Julio, A. (2000). Hortalizas datos básico. Lima: Programa de Horatlizas UNAM.
- Theapparat, Y., Chandumpai, A., & Faroongsarng, D. (2018). Physicochemistry and Utilization of Wood Vinegar from Carbonization of Tropical Biomass Waste. *Tropical Forests*, 163-183. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77380>.
- Vaccari F P, Maienza A, Miglietta F, Baronti S, Di Lonnardo S, Giagnoni L and Valboa G. (2015) *Agr. Ecosyst. Environ.* 207 163-170 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.015>
- Zheng H, Wang Z Y, Deng X, Herbert S. and Xing B S (2013). Impactos de agregar biochar en la retención de nitrógeno y la biodisponibilidad en el suelo agrícola. *Geoderma* 260 32-39 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.04.018>
- Zulkarami, B.; Ashrafuzzaman, M.; Mohamad, O.; Mohd, I. (2011). Effect of pyroligneous acid on growth, yield and quality improvement of rockmelon in soilless culture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(12), 1508-1514.