



Vol. 3 N.º 9 / Guayaquil
mayo 2024
ISSN 2953-657x

Estudio de viabilidad del residuo del cultivo de cáñamo como material de acondicionamiento acústico

Timothy Antonio Carrera Bleiksløot

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Universidad de las Américas

xxxxxxxxxxxx@xxxxxxxxc

Resumen

La industria del cannabis crece globalmente y llama la atención de investigadores en diversas áreas. En acústica, el cannabis se propone como una alternativa para reducir el ruido en interiores debido a sus propiedades en este campo. Las mediciones de cannabis en un tubo de impedancia son una técnica no invasiva y no destructiva que determina las propiedades eléctricas y acústicas de las muestras. La técnica es útil para determinar la calidad de la muestra, ya que las propiedades acústicas están relacionadas

con la densidad y homogeneidad de la muestra. Una muestra de alta calidad tendrá una impedancia acústica uniforme. La técnica es rápida y precisa, proporcionando resultados en minutos. Además, el cannabis es una alternativa económica y sostenible a los materiales acústicos tradicionales para reducir el ruido en interiores. En resumen, las mediciones de cannabis en un tubo de impedancia proporcionan información valiosa para productores e investigadores que estudian las propiedades acústicas de la muestra por lo que ayudará a determinar la viabilidad de los residuos como material de acondicionamiento acústico.

Palabras clave: absorbente acústico, cannabis sativa, cáñamo, economía ecuatoriana, industria

Abstract

The cannabis industry is growing globally and attracting the attention of researchers in various areas. In acoustics, cannabis is proposed as an alternative

to reduce indoor noise due to its acoustic properties. Cannabis measurements in an impedance tube are a non-invasive and non-destructive technique that determines the electrical and acoustic properties of cannabis samples. The technique is useful in determining the quality of the sample, as the acoustic properties are related to the density and homogeneity of the sample. A high-quality sample will have a uniform acoustic impedance. The technique is fast and accurate, providing results in minutes. In addition, cannabis is an economical and sustainable alternative to traditional acoustic materials for reducing indoor noise. In summary, cannabis measurements in an impedance tube provide valuable information for producers and researchers studying the acoustic properties of the sample and will help us determine the viability of the waste as an acoustic conditioning material.

Keywords: acoustic absorber, cannabis sativa, hemp, Ecuadorian economy, industry

1. Introducción

La sociedad desconoce las dimensiones reales del cannabis.¹ Se ha desarrollado un pensamiento erróneo generalizado sobre su uso, limitándolo a la recreación, cuando en realidad, dependiendo de la variedad, se lo puede emplear en distintos campos industriales. *Cannabis sativa* es una planta que puede ser utilizada casi en su totalidad: de ella se adquieren combustibles, medicamentos, alimentos, incluso fibras textiles.²

Esta especie vegetal pasó de ser recolectada a ser cultivada. Una de sus clasificaciones corresponde al cáñamo que se

ha sometido a industrialización. Al ser una nueva industria generará numerosas plazas de trabajo y esto favorecerá la dinamización económica en diversas áreas productivas del Ecuador, comenzando principalmente por la reactivación y renovación de la industria agrícola, pasando por la industria de los procesos y finalmente la comercialización de la materia prima o producto elaborado (importación y exportación de cáñamo).³ Aunque se ha utilizado desde hace mucho tiempo, recientemente ha surgido un gran interés en el uso de todas sus dimensiones, incluida la industria arquitectónica en la que su fibra actúa como material absorbente acústico natural y ecológico

1 Psyckus, «La gente no sabe. Cannabis», Desmotivaciones.es, 27 de agosto de 2012, <https://desmotivaciones.es/5848292/La-gente-no-sabe>

2 Guadalupe Ángeles-López, Fernando Brindis, Sol Cristians-Niizawa y Rosa Ventura-Martínez, «Cannabis sativa L., una planta singular», *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, vol. 45, n.º 4 (2014): 2.

3 Henry Gallegos-Dávila, «Aplicaciones de cáñamo como alternativa rentable a la reactivación económica de Ecuador tras la pandemia de covid-19», *Perfiles*, vol. 1, n.º 25 (2021): 46.

que se aplica en el ámbito de aislamiento o acondicionamiento acústico.

El ruido es indudablemente parte de nuestras vidas, por lo que cada vez es mayor la preocupación por desarrollar mejores condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico en nuestra arquitectura. En los últimos años se han desarrollado teorías y modelos matemáticos que ayudan a predecir el comportamiento acústico de algunos materiales; y debido a la creciente tendencia en el uso de nuevas materias primas, el mercado se está abriendo cada vez más al uso de materiales alternativos.⁴

1.1. Antecedentes

Las fibras naturales como materiales son llamativas por la fuerza, la tenacidad, la resistencia al impacto y la flexibilidad. Ofrecen aislamiento térmico, acústico y lumínico para disminuir el consumo de combustibles y mitigar las emisiones.⁵

Se pretende utilizar esta agrofibra como sustituto de gran parte de polímeros mucho menos ecológicos⁶ aplicados a la acústica. En el exterior ya se ha implementado el uso de la fibra para la elaboración de paneles acústicos en compañías como SilentFiber, empresa emergente de Alta Austria de Viena, galardonada al premio German Business Awards 2022 como mejores proveedores de paneles acústicos de la región de habla alemana con la fabricación de paneles de cáñamo, un material ecológico que ab-

sorbe el sonido, y todo ello de forma natural, sin necesidad de usar fibras minerales artificiales.⁷ «Las fibras porosas de la corteza de la planta de cannabis la convierten en las fibras más resistentes que se conocen, es por esto que el cultivo agrícola del cáñamo industrial es uno de los más antiguos»⁸.

Según Fuentes-Pérez y Acurio-Arcos, «en Ecuador a partir del 21 de junio del 2020 se ha legalizado la siembra, cultivo y cosecha del cannabis (cáñamo industrial) de acuerdo con el Código Orgánico Integral Penal (COIP), además de su producción, industrialización, comercialización y exportación [...]»⁹. Sin embargo, no existen estudios ecuatorianos sobre la absorción de esta fibra como material para paneles acústicos. En función de esto, pensar en esta fibra como alternativa para ser utilizada es absolutamente coherente, lo que resultó en una investigación de campo innovadora para el país en la que se utilizaron fibras de cáñamo para determinar si es un material sustituible, rentable y más amigable con el medio ambiente como materia prima para la fabricación de paneles acústicos.

Adicionalmente, se realizó una visita a una plantación de cannabis y se obtuvo un dato de rentabilidad, considerando temas de inversión en el cultivo, en la extracción de fibras y en el proceso de elaboración de los paneles acústicos. Posteriormente se presentará con exactitud la forma en la que se obtuvo esta información.

4 David Fernando Tapia-Gavilanes, «Caracterización de materiales absorbente y modelos matemáticos» (tesis de máster, Universidad Politécnica de Madrid, 2019), 11.

5 Jonnathan Rivas e Inés Torres, «Paneles de revestimiento acústico. Uso de materiales compuestos reforzados con fibras de totora adaptados al centro pedagógico de la ciudad de Cuenca» (tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca, 2022), 62, <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13142>

6 Roberto Oltra-Vercher, «Materiales absorbentes acústicos basados en fibras de esparto» (tesis de máster, Universitat Politècnica de València, 2019), 7, <http://hdl.handle.net/10251/129234>

7 Robert Schwemmer, «La paz sostenible – Concesión sostenible. SilentFiber recibe el premio German Business Awards 2022», SilentFiber, 2022, <https://www.silentfiber.net/es/nachhaltige-ruhe-nachhaltig-ausgezeichnet/?v=3fd6b696867d>

8 Luisa Martínez-Cubides, «Propuesta de paneles aislantes termoacústicos divisorios a base de cáñamo y resina de pino, como alternativa al uso de polímeros sintéticos en construcción» (tesis de grado, Universidad La Gran Colombia, 2021), 62, <http://hdl.handle.net/11396/6179>

9 Esteban Fuentes-Pérez y Liliana Acurio-Arcos, «El Cáñamo (Cannabis sativa L.) para uso industrial y farmacéutico una visión desde la industria alimentaria», *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 9, n.º 4 (2020): 100, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746466>

2. Materiales y métodos

2.1. Técnicas de levantamiento y recolección de datos

Para la presente investigación se empleó una metodología investigativa cuantitativa, ya que se obtuvo mediciones de las muestras de cáñamo y lana de roca para su comparación. Adicionalmente, se empleó el método de medida en tubo de Kundt para obtener la absorción acústica de estas.

Como punto de partida se realizó una visita a una plantación de cannabis ubicada en la ciudad de Quito, como se puede observar en la figura 1. Se recolectó información para determinar el promedio requerido para el desarrollo exitoso de una hectárea de cannabis y evaluar su rentabilidad. Además, como se indica en la figura 2, se obtuvieron tallos secos de la cosecha anterior para la extracción de fibras (demostrado en la figura 3). Observaciones preliminares sugirieron que las fibras podrían funcionar como un material acústico adecuado debido a su estructura



Figura 2: residuos de cáñamo.

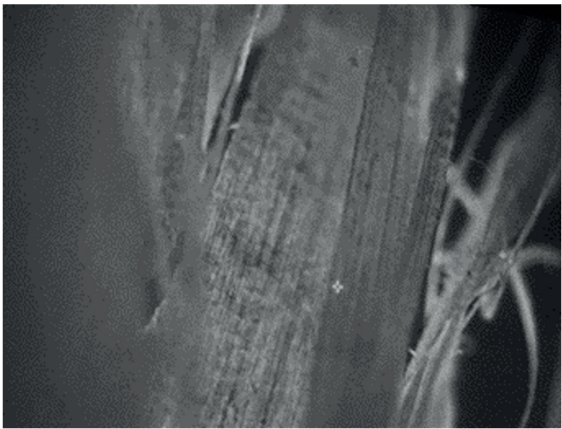


Figura 3: fibras de cáñamo vistas desde un microscopio.



Figura 1: cultivo de cáñamo, por CBD Solutions.

A continuación, como se muestra en la figura 4, se llevó a cabo la separación de las fibras de los tallos y ramas mediante un proceso de descomposición en agua. Después de varios días de descomposición, la separación de las fibras indicada en la figura 5 se volvió más sencilla. Posteriormente, las muestras se golpearon manualmente para romper las fibras de manera controlada y suavizarlas. Los elementos más delgados que surgieron durante este

proceso se separaron manualmente, como se señala en la figura 6.



Figura 4: proceso de descomposición tallos de cáñamo.



Figura 5: separación de las fibras del tallo.



Figura 6: fibras de cáñamo.

La cantidad necesaria de fibra se conformó en una muestra compacta y se dejó secar, demostrado en la figura 7. Después de varios días, se cortó la muestra a un tamaño óptimo para el tubo de impedancia-Kundt utilizando un bisturí, como se evidencia en las figuras 8 y 9. Se tomaron las mediciones correspondientes con el método de función de transferencia siguiendo la norma ISO 10534-2:1998 con el fin de determinar el coeficiente de absorción acústica mediante el tubo de impedancia, dos posiciones de micrófono y un sistema digital de análisis de señal (ISO 10534-2:1998). Además, se agregó una muestra adicional de lana de roca con una densidad de 40 kilogramos por metro cúbico para fines de comparación, ya que es uno de los materiales más utilizados en este medio.



Figura 7: muestra de cáñamo.

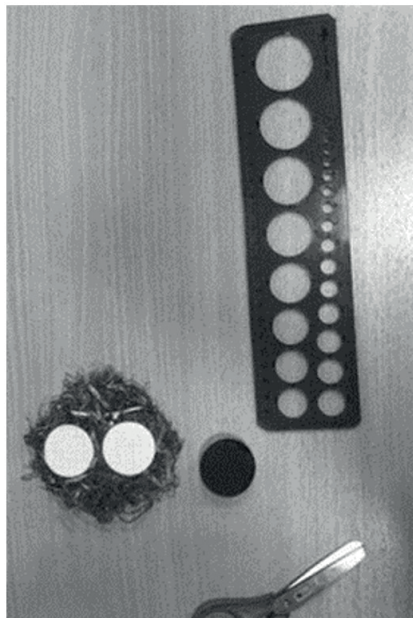


Figura 8: recorte de la muestra para el tubo de Kundt.

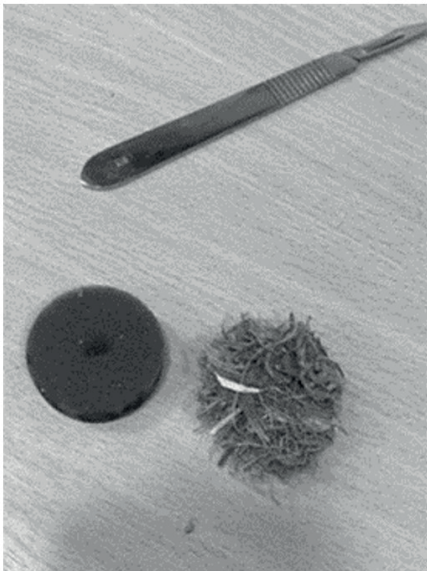


Figura 9: muestra de cáñamo recortada.

2.2. Instrumento de medición o recolección

Para calcular el nivel de rentabilidad, se consultó al propietario de la plantación y a profesionales del área. Se realizaron preguntas generales relacionadas con el número de personas que trabajan por hectárea, los costos de siembra y riego, y el tiempo de cada cosecha.

Para determinar el coeficiente de absorción del cannabis se empleó un tubo de impedancia en el laboratorio de acústica de la Universidad de Las Américas. Para ello, se llevaron a cabo varios pasos que tuvieron en cuenta la cantidad de componentes involucrados. La calibración adecuada del tubo fue crucial para obtener resultados lo más cercanos posible a la realidad.

2.3. Tubo de impedancia-Kundt (Figura 12)

Componentes

- Computador con el programa ACUPRO

- 1 interfaz Data Translation dt9837a
- 2 cables BNC
- 1 cable BNC to RCA
- 1 cable USB 2.0
- 1 amplificador de Audio Pyle pta2
- 2 micrófonos de precisión Grass
- 1 tubo de impedancia-Kundt Spectronics ACUPRO
- Altavoz
- Porta muestras
- Pistón rígido
- Tubo
- Adaptadores de micrófonos

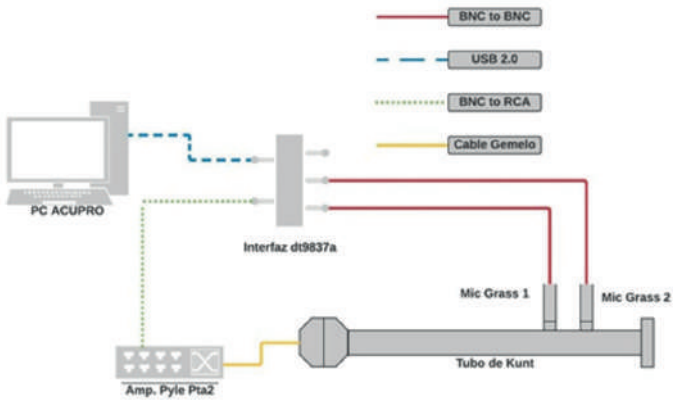


Figura 10: diagrama de conexión tubo de Kundt, por Velasco Nicolalde Juan Manuel.

2.4. Calibración

La calibración se lleva a cabo con la ayuda del *software* ACUPRO. A continuación, se detallan los pasos a seguir:

- Insertar el micrófono dentro de su respectiva cavidad en el tubo de impedancia.
- Seleccionar un material bastante absorbente (material de muestra/esponja de 25 mm de grosor) e insertarlo en la cavidad de muestras.
- Fijar la cavidad de muestras en su respectivo extremo del tubo de impedancia.
- Conectar la salida D/A del DT9835A al driver de compresión como se muestra en la figura 11:

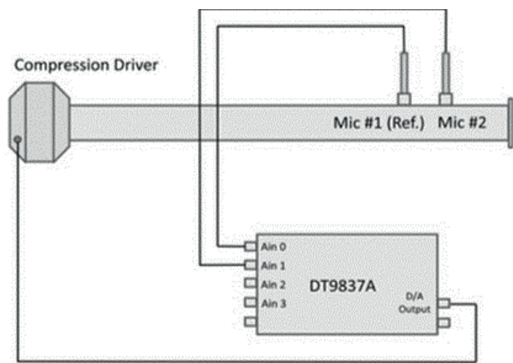


Figura 11: diagrama para la calibración del tubo de Kundt, por Velasco Nicolalde Juan Manuel.

- Conectar la salida de los micrófonos a las entradas Ain 0 para el micrófono 1 (el más cercano al driver) y Ain 1 para el micrófono 2 (Figura 13).
- Dentro del software seleccionar la opción «Calibration 1» de la ventana Ab. Meas. Options en la pestaña Calibration/TF Measurement.
- Una vez dentro de la opción mencionada, seleccionar al menos 100 promedios y presionar el botón «START» (una vez terminada la medición seleccionar «OK» para guardar los resultados).
- Intercambiar la posición (no las conexiones del DT9835A) de los micrófonos, de forma que el micrófono 1 esté ahora en la posición del micrófono 2 y viceversa (Figura 14).
- Seleccionar la opción «Calibration 2» de la ventana Ab. Meas. Options en la pestaña Calibration/TF Measurement, y dar nuevamente al botón «START».
- Guardar los resultados y regresar los micrófonos a su posición original.



Figura 12: tubo de Kundt.

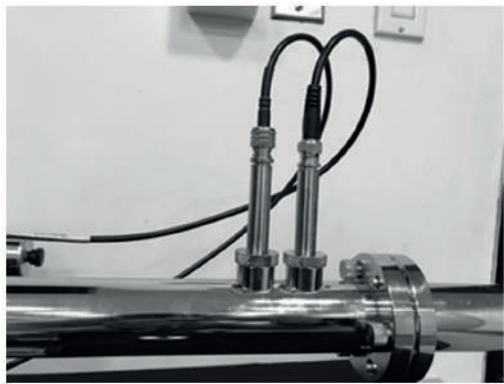


Figura 13: micrófonos colocados para medir absorción.

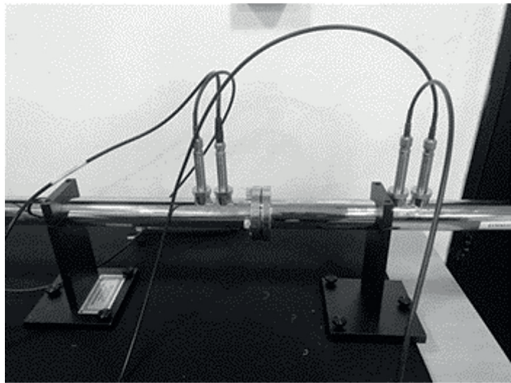


Figura 14: micrófonos insertados para medir transmisibilidad.

2.5. Método de organización de datos

Para la recolección de datos en el laboratorio, se tomaron dos muestras de cannabis y una muestra de lana de roca con una densidad de 40 kg por metro cúbico. La primera muestra de cannabis tenía un grosor de 0.7 mm, y se realizaron siete mediciones en diferentes instancias, con el tubo de impedancia siempre calibrado (Figura 15).



Figura 15: muestra de cáñamo en el tubo de Kundt.

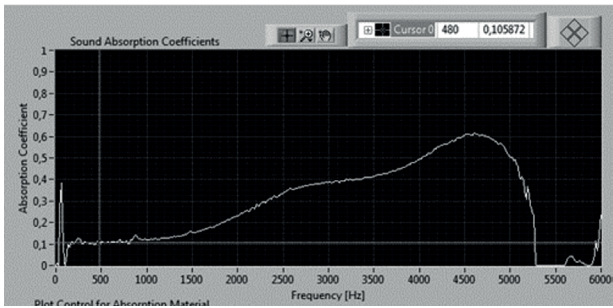


Figura 16: absorción acústica en ACUPRO, muestra 7 mm.

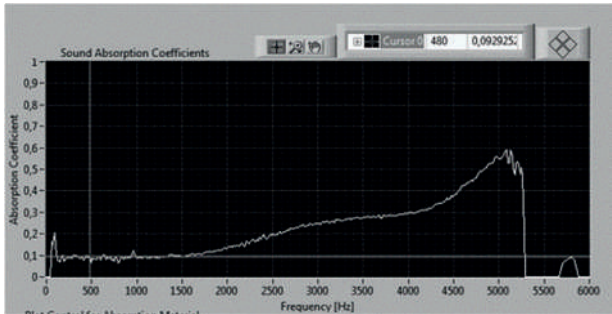


Figura 19: absorción acústica en ACUPRO, muestra 4 mm.

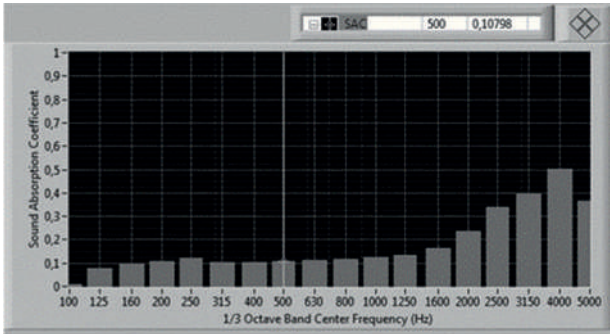


Figura 17: 1/3 de octava absorción acústica en ACUPRO, muestra 7 mm.

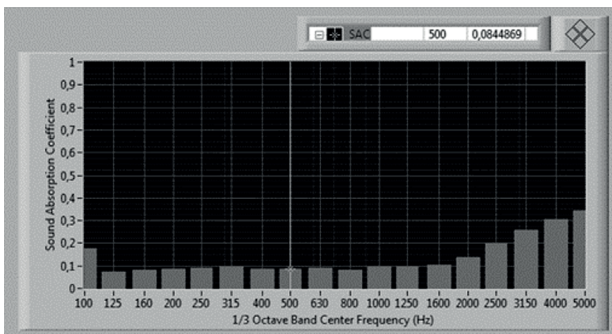


Figura 20: 1/3 de octava absorción acústica en ACUPRO, muestra 4 mm.

Los resultados mostraron que el coeficiente de absorción del cannabis se encuentra en valores medianos de frecuencia, con un pico en 4000 Hz y un coeficiente de absorción de 0.6.

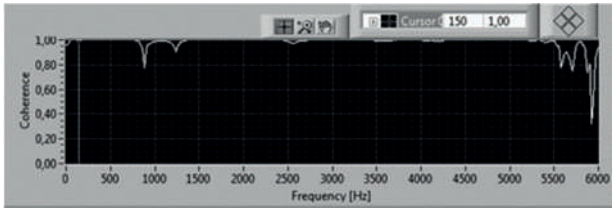


Figura 18: coherencia de la medición, muestra 7 mm.

La coherencia de los datos fue alta, aproximándose al 100 % para todas las frecuencias, excepto para 6000 y 1000 Hz, que mostraron niveles aceptables y validaron la medición. Los siete datos obtenidos de la primera muestra fueron promediados aritméticamente utilizando Excel.

Luego, se repitió el procedimiento con una segunda muestra de cannabis de 0.4 mm de grosor, y también se tomaron diferentes valores de tiempo para cada medición de manera aleatoria.

La muestra de 0.4 mm de grosor mostró un pico en 5000 Hz y una disminución en todas las frecuencias. Esto puede deberse a que el material más delgado absorbe principalmente frecuencias más agudas, lo que sugiere que una muestra más gruesa o densa podría absorber una mayor cantidad de frecuencias.

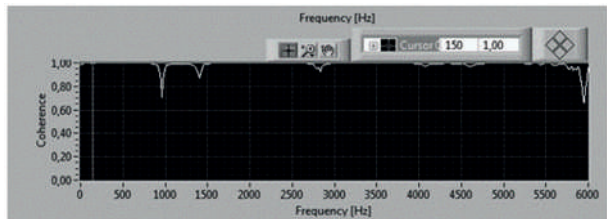


Figura 21: coherencia de la medición, muestra 4 mm.

La medición de la lana de roca de 40 kg por metro cúbico se llevó a cabo de manera similar (Figura 22) con el objetivo de compararla con el cannabis, pues es uno de los materiales más utilizados en el tratamiento acústico. Los resultados indicaron que la lana de roca tenía un coeficiente de absorción mucho mayor en comparación con el cannabis; mostraron

también un pico en 4000 Hz y una diferencia de 0.3 en Alpha.



Figura 22: muestra de lana de roca en el tubo de Kundt.

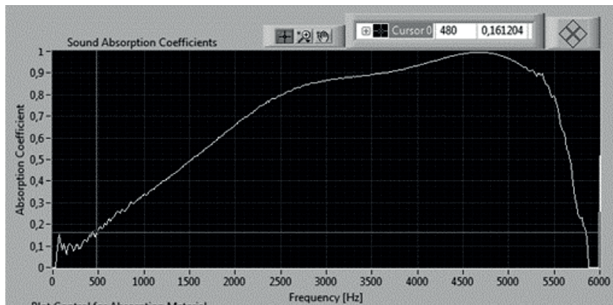


Figura 23: absorción acústica en ACUPRO, muestra lana de roca.

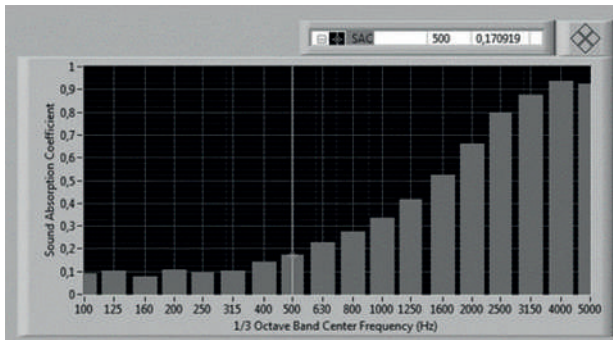


Figura 24: 1/3 de octava absorción acústica en ACUPRO, muestra lana de roca.

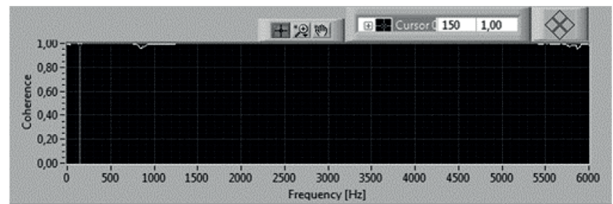


Figura 25: coherencia de la medición, muestra lana de roca.

Para complementar los datos, se utilizó el tubo de impedancia para medir la pérdida de transmisibilidad del sonido a través de ambos materiales, lo que podría ser relevante para futuras consideraciones sobre

su uso como material de aislamiento. Debido a la porosidad del material, se esperaba una pérdida de transmisibilidad mínima, lo que se comprobó mediante tres mediciones para cada muestra (un total de nueve mediciones). Los resultados se calcularon mediante un promedio logarítmico, utilizando decibelios como unidad de medida.

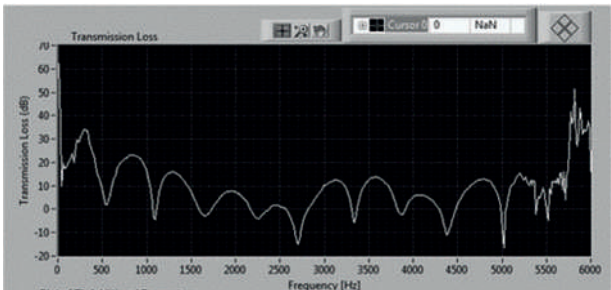


Figura 26: transmisibilidad del cáñamo.

Los datos obtenidos para el coeficiente de absorción de ambas muestras de cannabis y de lana de roca, así como su pérdida de transmisibilidad, serán explicados más adelante.

3. Resultados

En este estudio se realizaron mediciones y análisis para evaluar el potencial del cannabis como material absorbente acústico para reducir el ruido en interiores. Con ese fin, se empleó un tubo de impedancia no invasivo y no destructivo para determinar las propiedades acústicas y eléctricas de muestras de cannabis, así como de una muestra de lana de roca para comparación.

Los resultados de las mediciones del coeficiente de absorción del cannabis mostraron que las propiedades acústicas del material se ubicaron en valores medianos de frecuencia. Específicamente, se identificó un pico de absorción en torno a los 4000 Hz, con un coeficiente de absorción promedio registrado de 0.6. La coherencia de los datos obtenidos fue alta, con aproximadamente un 100 % para la mayoría de las fre-

cuencias, salvo para 6000 y 1000 Hz, donde los niveles de absorción fueron igualmente aceptables, validando así las mediciones realizadas.

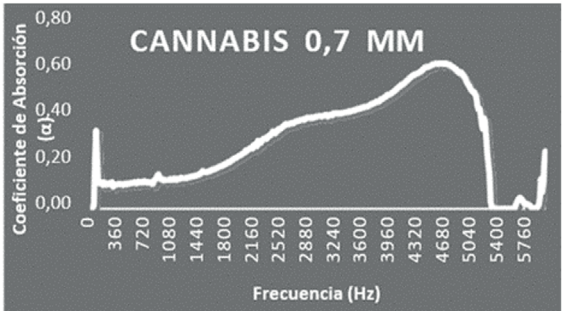


Figura 27: absorción acústica promediada, muestra 7 mm.

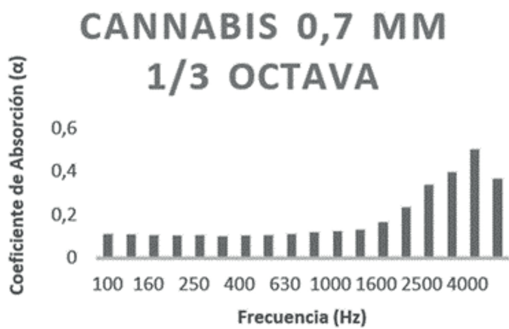


Figura 28: 1/3 de octava absorción acústica promediada, muestra 7 mm.

Por otro lado, se procedió a medir una muestra de cannabis de menor grosor, con un espesor de 0.4 mm. Los resultados de esta muestra mostraron un pico de absorción en torno a los 5000 Hz, con una disminución general en todas las frecuencias. Esta disminución podría atribuirse a que el material más delgado tiende a absorber predominantemente frecuencias agudas, sugiriendo que muestras de mayor grosor o densidad podrían absorber una mayor cantidad de frecuencias sonoras.

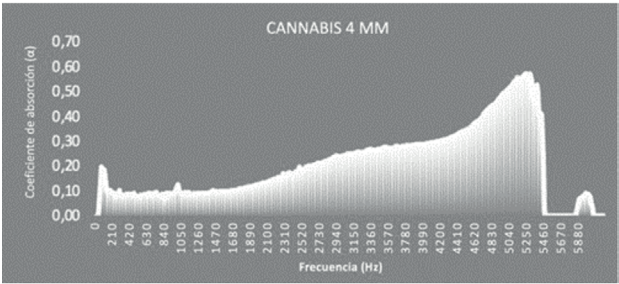


Figura 29: absorción acústica promediada, muestra 4 mm.

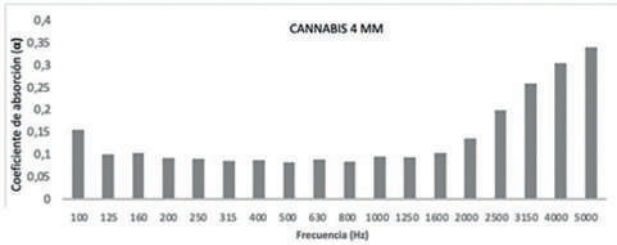


Figura 30: 1/3 de octava absorción acústica promediada, muestra 4 mm.

Para comparar con el cannabis, se realizó una medición de la lana de roca, un material ampliamente utilizado en el tratamiento acústico. Los resultados indicaron que la lana de roca exhibía un coeficiente de absorción mucho mayor al cannabis. Al igual que el cannabis, la lana de roca también mostró un pico de absorción en torno a los 4000 Hz, pero su coeficiente de absorción promedio fue de 0.9, lo que indica una mayor capacidad para absorber el sonido en este material.

Además de la medición del coeficiente de absorción, se llevó a cabo una medición de la pérdida de transmisibilidad del sonido a través de ambos materiales, como parte de las consideraciones para su uso como materiales de aislamiento. La pérdida de transmisibilidad del sonido resultó ser mínima para ambas muestras, lo cual es alentador, ya que sugiere que el cannabis, al igual que la lana de roca, podría ser una opción efectiva para reducir la transmisión de ruido entre espacios.

Tabla I
Costos de las muestras de cáñamo

1 costal /\$3	Longitud muestra	Superficie de la muestra	Total costal
35 muestras	5x5 cm	25 cm2	8,75 m2

En la tabla I se muestra el precio de un costal de tallos de cáñamo, la longitud de las muestras y su superficie, así como del total que se podría llegar a obtener de un costal. Así, se pudieron obtener los siguientes datos en cuanto al impacto económico, con-

siderando que Ecuador, por su geografía, es capaz de producir hasta cuatro cosechas anuales.

Tabla II
Cantidad de plantas y dinero
entrante por las muestras

Plantas	Superficie	Una hectárea	Cantidad de costales	Dinero entrante
4	1 m ²	40 000	10 000	\$30 000

En la tabla II se muestra que en una superficie de 1 m² se puede obtener 4 plantas, es decir, 40 000 plantas por hectárea, lo que equivale a alrededor de 10 000 costales y una entrada de \$30 000 para la industria del cáñamo en el Ecuador.

Los resultados obtenidos revelaron múltiples beneficios medioambientales asociados con los cultivos de cáñamo. A continuación, se presentan las principales ventajas identificadas:

- Bajo requerimiento de agua

El cáñamo ha demostrado ser una planta resistente que requiere menos agua en comparación con cultivos tradicionales como el algodón. Esta característica reduce significativamente la presión sobre los recursos hídricos, lo que es especialmente relevante en regiones con escasez de agua y en un contexto de cambio climático.

- Reducción del uso de pesticidas

Las propiedades naturales del cáñamo lo hacen resistente a plagas y enfermedades, lo que reduce la necesidad de utilizar pesticidas y productos químicos agrícolas. Esta disminución en el uso de agentes químicos minimiza la contaminación del suelo y el agua, promoviendo la salud de los ecosistemas circundantes.

- Fortalecimiento de la fertilidad del suelo

El cáñamo posee un crecimiento vigoroso y un sistema de raíces extenso, lo que favorece la estructura del suelo y la retención de nutrientes. Además, su capacidad de fijar dióxido de carbono en el suelo contribuye a la mejora de la calidad del terreno y a la mitigación del cambio climático.

- Contribución como sumidero de carbono

El cáñamo actúa como un sumidero de carbono, capturando CO₂ durante su crecimiento y almacenándolo en su biomasa. Esto ayuda a reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, contribuyendo a la lucha contra el calentamiento global.

- Menor huella de carbono en su producción

Comparado con otros materiales como el plástico o el acero, la producción de cáñamo requiere menos energía y genera menos emisiones de carbono. Además, los productos derivados del cáñamo son biodegradables, lo que contribuye a reducir los residuos y su impacto ambiental.

- Diversidad de usos y productos derivados

El cáñamo ofrece una amplia variedad de aplicaciones industriales, lo que promueve una economía circular y reduce la dependencia de recursos no renovables. Su uso en diferentes sectores contribuye a una mayor sostenibilidad y resiliencia económica.

- Conservación de la biodiversidad

Los cultivos de cáñamo pueden integrarse en sistemas agrícolas mixtos y agroecológicos, fomentando la biodiversidad agrícola

y protegiendo las especies autóctonas. Esto es esencial para el mantenimiento de ecosistemas saludables y la protección de los polinizadores.

- Capacidad de biorremediación

El cáñamo tiene la capacidad de absorber metales pesados y otras sustancias tóxicas del suelo, un proceso conocido como fitorremediación. Esta propiedad lo convierte en una opción potencial para descontaminar suelos contaminados y revitalizar terrenos degradados. Por el contrario, la lana de roca inicia con la extracción y trituración de rocas volcánicas o basalto, seguido de su fusión a elevadas temperaturas. Las rocas fundidas son convertidas en fibras mediante un proceso de hilado, y luego se incorporan aglutinantes y aditivos químicos para mejorar sus propiedades acústicas y mecánicas. Posteriormente, la lana de roca es moldeada en forma de paneles o rollos, listos para ser utilizados en aplicaciones de aislamiento y acondicionamiento acústico en la industria de la construcción. El costo de la energía requerida para el proceso de fusión y la incorporación de aditivos químicos puede representar una parte significativa del costo de fabricación. Asimismo, la inversión en maquinaria y tecnología avanzada para lograr una alta calidad y eficiencia en el proceso de producción también incide en el costo final del producto.

3.1. Principal problema de la lana de roca

El principal desafío asociado con la lana de roca es su impacto ambiental durante el proceso de fabricación. Como se mencionó previamente, la producción de lana de roca consume grandes cantidades de energía y conlleva emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climá-

tico y a la contaminación atmosférica. Adicionalmente, el proceso de fusión de rocas volcánicas libera dióxido de azufre y otros contaminantes atmosféricos, lo que puede tener efectos adversos en la calidad del aire y la salud de las personas que residen cerca de las plantas de producción. Aunado a los impactos ambientales y de salud, la extracción de rocas volcánicas para la producción de lana de roca puede tener consecuencias negativas en el paisaje natural y los ecosistemas locales.

En síntesis, el costo de fabricación de la lana de roca puede ser significativo debido a la complejidad y la intensidad energética del proceso de producción. No obstante, el principal inconveniente asociado con la lana de roca radica en su impacto ambiental y el posible riesgo para la salud debido al uso de químicos durante la fabricación y al consumo de energía en el proceso. Estos problemas han generado una búsqueda continua de alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en el ámbito del acondicionamiento acústico, como el empleo del cáñamo como material absorbente acústico.

Los resultados de este estudio indican que el cáñamo ofrece ventajas económicas significativas en comparación con la lana de roca. En términos de costos de producción, el cáñamo es una planta de rápido crecimiento y alta productividad, lo que reduce los costos asociados a su cultivo y procesamiento. Además, el cáñamo requiere menos insumos como pesticidas y fertilizantes, lo que disminuye los costos de producción en comparación con la lana de roca.

La disponibilidad y sostenibilidad del cáñamo también juegan un papel importante en su ventaja económica. Su cultivo puede realizarse en cortos períodos de tiempo, lo que asegura una mayor disponibilidad del material en el mercado. Además, el cultivo de cáñamo tiene un menor impacto ambiental en comparación con la extracción de minerales para la fabricación de

lana de roca, lo que lo posiciona como una opción más sostenible y eco amigable.

El cáñamo también ofrece beneficios económicos en términos de transporte y logística. Dado que es más liviano que la lana de roca, los costos de transporte son menores, lo que puede reducir los gastos asociados a la distribución de los materiales. Asimismo, su naturaleza más maleable facilita su instalación, lo que puede traducirse en una disminución de los costos de mano de obra y tiempo de instalación. Además, el uso del cáñamo como material absorbente acústico tiene el potencial de generar nuevas oportunidades de empleo en la cadena de producción, desde el cultivo hasta la fabricación y la instalación de los paneles.

Al comparar la fibra de cáñamo con otras fibras naturales, como la totora, cabuya y yute, se evidencia que estas fibras tienen un comportamiento óptimo a partir de 1000 Hz. En ese nivel crece notablemente su coeficiente de absorción, pues es un comportamiento típico de las fibras ser más absorbentes en altas frecuencias por su porosidad con pérdida de energía por calor.¹⁰ Estos autores aportan con datos sobre los coeficientes de absorción de fibras naturales de 1.61 cm, 1.5 cm y 1.97 cm de espesor, respectivamente:

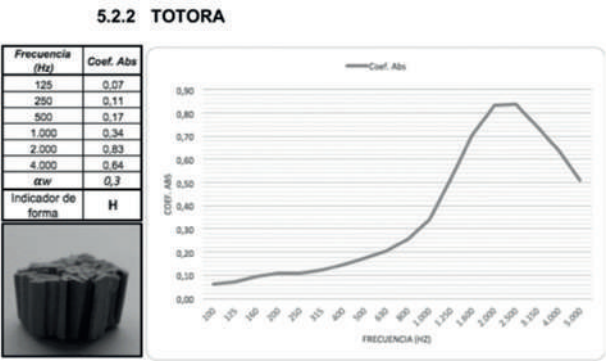


Figura 31: coeficiente de absorción de totora obtenido de Cazorla y Córdoba.¹¹

10 Marcela Cazorla y Ricardo Córdoba, «Caracterización de la absorción acústica de materiales para la construcción fabricados en Ecuador» (tesis de grado, Universidad de Las Américas, 2017), 33, <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8984>
11 Cazorla y Córdoba, «Caracterización de la absorción...», 34.

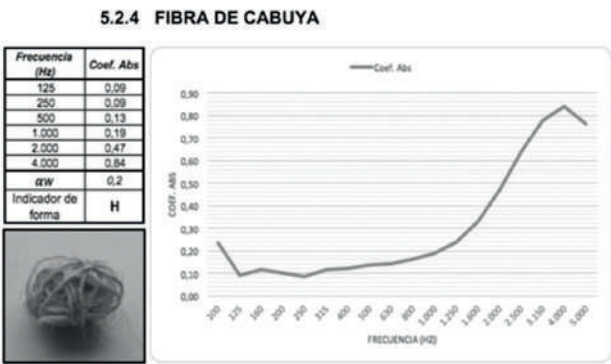


Figura 32: coeficiente de absorción de cabuya obtenido de Cazorla y Córdoba.¹²



Figura 33: coeficiente de absorción de yute obtenido de Cazorla y Córdoba.¹³

A partir de los datos obtenidos, se afirma que mientras mayor sea la frecuencia, mayor será el coeficiente de absorción en las fibras naturales. Por otra parte, al analizar el comportamiento de la fibra de totora (Figura 31), tomando en cuenta las mediciones realizadas y considerando que, a mayor densidad el coeficiente de absorción del cannabis aumenta, se puede deducir que al tener una muestra de igual densidad que la muestra de totora, el cannabis sería un mejor absorbente acústico.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que el cannabis presenta propiedades acústicas interesantes y puede considerarse como

12 Cazorla y Córdoba, «Caracterización de la absorción...», 36.
13 Cazorla y Córdoba, «Caracterización de la absorción...», 34.

un material absorbente acústico viable. Aunque su coeficiente de absorción promedio fue inferior al de la lana de roca, el cannabis sigue siendo una alternativa económica y sostenible para reducir el ruido en interiores, especialmente en aplicaciones donde se requiere un tratamiento acústico más moderado. Su utilización como material absorbente acústico podría tener un impacto positivo en la industria de la construcción y en el ámbito de aislamiento o acondicionamiento acústico en la arquitectura, ya que sus propiedades le atribuyen un gran potencial.

Es importante destacar que este estudio representa una investigación inicial sobre las propiedades acústicas del cannabis en el contexto ecuatoriano, y se requieren estudios adicionales y más detallados para comprender completamente su viabilidad y aplicaciones prácticas en el campo de la acústica. Los resultados aquí presentados abren la puerta a nuevas investigaciones y al desarrollo de soluciones acústicas innovadoras y sostenibles basadas en el uso del cannabis como material absorbente.

Referencias

- Ángeles-López, Guadalupe, Fernando Brindis, Sol Cristians-Niizawa y Rosa Ventura-Martínez. «Cannabis sativa L., una planta singular». *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, vol. 45, n.º 4 (2014): 1-6. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004
- Cazorla, Marcela y Ricardo Córdova. «Caracterización de la absorción acústica de materiales para la construcción fabricados en Ecuador». Tesis de grado, Universidad de Las Américas, 2017. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8984>
- Dahal, Raj Kumar, Bishnu Acharya y Animesh Dutta. «Mechanical, Thermal, and Acoustic Properties of Hemp and Biocomposite Materials: A Review». *Journal of Composites Science*, vol. 6, n.º 12 (2022); 1-21. <https://doi.org/10.3390/jcs6120373>
- Ferneá, Raluca, Daniela Tamas-Gavrea, Daniela Manea, Ioan Rosca, Claudiu Aciu y Constantin Munteanu. «Multicriterial Analysis of Several Acoustic Absorption Building Materials Based on Hemp». *Procedia Engineering* 181 (2017): 1005-1012. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.500>
- Fuentes-Pérez, Esteban y Liliana Acurio-Arcos. «El Cañamo (Cannabis sativa L.) para uso industrial y farmacéutico una visión desde la industria alimentaria». *Ciencia-América: Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 9, n.º 4 (2020): 99-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746466>
- Gallegos-Dávila, Henry. «Aplicaciones de cáñamo como alternativa rentable a la reactivación económica de Ecuador tras la pandemia de covid-19». *Perfiles*, vol. 1, n.º 25 (2021): 45-53. <https://www.10.47187/perf.v1i25.112>
- Hash Museum. «Fibra de cáñamo industrial». Hash Museum, 2014. <https://hashmuseum.com/es/conocimiento-del-cannabis/canamo-industrial/fibra-de-canamo-industrial/>
- ISO 10534-1: 1998. Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 2: Transfer-function method. <https://www.iso.org/standard/22851.html>
- Martínez-Cubides, Luisa. «Propuesta de paneles aislantes termoacústicos divisorios a base de cáñamo y resina de pino, como al-

- ternativa al uso de polímeros sintéticos en construcción». Tesis de grado, Universidad La Gran Colombia, 2021. <http://hdl.handle.net/11396/6179>
- Muriel-Páez, Miguel y Marco Pullas. «El cáñamo, una fibra textil sostenible». *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, n.º 6 (2023): 12155-12182. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4246
- Nath, Mausum Kumar. «Benefits of Cultivating Industrial Hemp (Cannabis sativa ssp. sativa)—A Versatile Plant for a Sustainable Future». *Chemistry Proceedings*, vol 10, n.º 1 (2022): 3-6. <https://doi.org/10.3390/IOCAG2022-12359>
- Oltra-Vercher, Roberto. «Materiales absorbentes acústicos basados en fibras de esparto». Tesis de máster, Universitat Politècnica de València, 2019. <http://hdl.handle.net/10251/129234>
- Psychus. «La gente no sabe. Cannabis». Desmotivaciones.es. 27 de agosto de 2012. <https://desmotivaciones.es/5848292/La-gente-no-sabe>
- Rivas, Jonnathan e Inés Torres. «Paneles de revestimiento acústico. Uso de materiales compuestos reforzados con fibras de totora adaptados al centro pedagógico de la ciudad de Cuenca». Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca, 2022. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13142>
- Schwemmer, Robert. «La paz sostenible - Concesión sostenible. SilentFiber recibe el premio German Business Awards 2022». SilentFiber, 2022. <https://www.silentfiber.net/es/nachhaltige-ruhe-nachhaltig-ausgezeichnet/?v=3fd6b696867d>
- Tapia-Gavilanes, David Fernando. «Caracterización de materiales absorbente y modelos matemáticos». Tesis de máster, Universidad Politécnica de Madrid, 2019. <https://oa.upm.es/55263/>