

# Biorrefinería

BIOECONOMÍA - BIOCIENCIA - BIOTECNOLOGÍA – BIOINNOVACIÓN - BIOSEGURIDAD

## CULTIVO E INDUSTRIALIZACIÓN DEL CÁÑAMO (CANNABIS SPP.)



<https://www.ceba.org.ec/>

<https://www.facebook.com/BiodiversityEC/>

<https://www.facebook.com/BioecologicosEC/>



El Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), es una institución de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), constituido bajo la forma de Fundación de utilidad común, sin fines de lucro, religioso, racial, político y de género. Es una persona jurídica de derecho privado, reconocida por el Estado ecuatoriano mediante acuerdo número 026 del 17 de marzo de 2009 del Ministerio del Ambiente y publicado en el Registro Oficial número 579 del 28 de abril de 2009.

El CEBA mantiene un enfoque científico-empresarial, con una filosofía de trabajo por resultados fundamentada en la competitividad. Promueve y apoya toda actividad encaminada a conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo de la BIOECONOMÍA. Los resultados científicos se difunden a través de la su revista Biorrefinería. <http://www.ceba.org.ec/publicaciones/revista-biorrefineria/>.

**FILOSOFÍA:** El CEBA mantiene su propia filosofía para el Desarrollo Social y Económico, del ser humanos, fundamentada en las “3s”: SABIDURÍA, SALUD Y SEGURIDAD.

**MISIÓN.** Proveer el soporte científico, tecnológico y empresarial a la BIOECONOMÍA de Ecuador y América Latina, mediante el desarrollo de la BIOEDUCACIÓN, BIOCIENCIA y BIOINNOVACIÓN, que permita el máximo aprovechamiento de la biodiversidad y contribuya con la calidad de vida de la población en el marco del desarrollo sustentable y globalizado.

**VISIÓN.** Ser una persona global, de bien y progreso, responsable, que hace su aporte en el bienestar del ser humano y del planeta, para un mundo mejor.

**VALORES.** Integridad, calidad, responsabilidad, liderazgo, colaboración y diversidad.

El CEBA se alinea a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y al Plan Nacional del Buen Vivir:

- Mejorar la calidad de vida de la población.
- Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.
- Impulsar la transformación de la matriz productiva.
- Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica.

**Dr. C. Julio Pineda Insuasti, PhD**

Director Ejecutivo

Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente

Periférico Sur s/n, Fincas San Agustín (San Antonio)

Cel: (+593) 99 5797813, [cebaecuador@gmail.com](mailto:cebaecuador@gmail.com), [www.ceba.org.ec](http://www.ceba.org.ec)

Ibarra-Ecuador

# Biorrefinería

La revista BIORREFINERÍA del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), fue creada en el año 2017 con la finalidad de difundir los resultados científicos y tecnológicos obtenidos de la investigación aplicada en el marco de la ESTRATEGIA ECUATORIANA DE BIOECONOMÍA (EEB), en los campos de la BIOECONOMÍA, BIOAGRICULTURA, BIOALIMENTOS, BIOSALUD, BIOAMBIENTE, BIOENERGÍAS Y BIOINDUSTRIA. Publica manuscritos científicos originales del tipo empírico, revisiones, metodológicas y estudios de caso. Se edita en versión digital con una frecuencia anual y está dirigida a la comunidad científica a nivel mundial. Se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Publicaciones Seriadas de la SENESCYT.

**Misión:** Aportar con conocimiento técnico, científico y económico para el desarrollo de la Bioeconomía Ecuatoriana y de América Latina, mediante el uso eficiente y equilibrado de los recursos naturales, así como el aprovechamiento adecuado de los recursos genéticos microbianos, las biomásas de carbono disponible y los bioprocesos tecnológicos existentes, que permita el máximo aprovechamiento del conocimiento para el bienestar del ser humano y del planeta.

**Visión:** Inspirar a las futuras generaciones para que aporten con el desarrollo social y económico del planeta, basado en una Bioeconomía respetuosa con el medioambiente y el ser humano.

**Objetivo:** Difundir el conocimiento sobre los avances de la ciencia, la tecnología y la innovación de la Bioeconomía Ecuatoriana y de América Latina, mediante la herramienta online, que permita llegar a la mayoría de la población.

**Alcance:** La revista Biorrefinería tiene alcance nacional e internacional, con especial enfoque al sector de la Bioeconomía y dirigida a la comunidad científica.

## Cobertura de Temáticas

Nuevos materiales de alto valor agregado (alimentos, suplementos, fitofármacos, fármacos, cosméticos y bebidas)

Bioproductos para la agricultura y la salud animal

Tecnología de la biomasa y sus derivados

Simulación de bioprocesos y sus derivados

Alimentación animal y humana

Alcohol y bebidas

Energías renovables y bioenergía

Medio Ambiente

Biocombustibles

Bioeconomía

Biomasa de carbono

Recursos genéticos microbianos

Bioprocesos de refinación

## Equipo Editorial

Consejo Editorial / Editorial Board	Comité Científico / Scientific Committee
Consejo Editorial	1. Dr. Rubén Del Toro, PhD. PUCE, Ecuador
1. Dr. C. Julio Pineda Insuasti, PhD. Director Ejecutivo, Editor en jefe / Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente CEBA. Ibarra, Ecuador.	2. Dr. José País, PhD, UTN. Ecuador
2. MSc. Vanessa Rocha Cabuyales, Editora de Sección / Universidad de Toronto. Toronto, Canadá.	3. MSc. Jimmy Núñez, UTN. Ecuador
3. Dr. C. Gualberto León Revelo, PhD. Editor Técnico / Universidad Politécnica Estatal del Carchi UPEC. Tulcán, Ecuador.	4. MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz. UTN, Ecuador
4. Ing. Astrid Stefanía Duarte Trujillo. Editor Académico / Universidad de los Llanos UNILLANOS. Villavicencio, Colombia.	5. MSc. Edwin Ortiz Rodríguez. GAD Antonio Ante, Ecuador
	6. MSc. Gustavo Reyes Lara. CEBA, Ecuador
	7. Ing. Carlos Alfonso Santillán. CEBA, Ecuador
	8. Dr. C. Fidel Domenech PhD. ONUDI, Cuba
	9. Dr. César Zuleta, PhD. PUCE, Ibarra, Ecuador
	10. MSc. Claudia Soto Arroyave. UCO, Colombia
	11. MSc. Napoleón Benavides. MAE, Ecuador
	12. Ing. Rubén Darío Guzmán. IANCEM, Ecuador
	13. MSc. William Gómez Andrade. CEBA, Ecuador
	14. MSc. Klever Ayala Pastaz. CEBA, Ecuador
	15. MSc. Juan Carlos Fiallos. CEBA, Ecuador
	16. Ing. Mario Cujilema. CEBA, Ecuador
	17. Dra. Gabriela Cifuentes Guerra, PhD. CEBA, Ecuador
	18. MSc. Javier Jiménez Forero. UNILLANOS, Colombia.
	19. MSc. Estefanía Andrade. FLACSO, Ecuador
	20. Msc. José Huaca. UTN, Ecuador.
	21. Dr. C. Ernesto Osejos, PhD. UTN, Ecuador
	22. Dr. C. Luis Enrique Trujillo Toledo, PhD. ESPE, Ecuador
	23. MSc. Anahí Virginia Cuellas, UNQ, Argentina
	24. Dr. Miguel Otero Rambla, PhD, Miami Dade College, EEUU
	25. Dr. C. Amaury Alvarez Delgado, PhD, ICIDCA, Cuba.
	26. Dr. Ullrich Stahl, PhD, UCE. Ecuador
	27. Dr. C. Ernesto Rosero Delgado, PhD. UTM, Ecuador
	28. MSC. Vicky Alejandra Mendoza Pico, UTM, Ecuador
	29. Ing. Daniela Tapia, Gobierno Provincial Pichincha, Ecuador

ISSN digital: 2602-8530

URL: <http://www.ceba.org.ec/publicaciones/revista-biorrefineria/>

Contacto: [biorrefineria.ceba@gmail.com](mailto: biorrefineria.ceba@gmail.com)

**Tabla de Contenido**

Cáñamo en la industria textil (Hemp in the textile industry) .....	6
Aplicaciones biotecnológicas, un estudio al cultivo in vitro de cannabis. ....	15
Cáñamo y desarrollo sustentable .....	25
Manejo de plagas en el cultivo de cáñamo .....	29
Revisión del cáñamo, sistemas constructivos sostenibles.....	32
Hempcell y hempcrete. ....	32
Evaluación de las propiedades físicas de la fibra de Abacá ( <i>Musa textilis</i> ) .....	46
El modelo de producción y consumo denominado “moda rápida” analizado bajo aspectos toxicológicos y ecológicos .....	56
Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la producción de bloques ecológicos a partir de residuos del cultivo del champiñón ostra ( <i>pleurotus spp</i> ).....	72
Efecto de la Sapamina OC y el Acetato de Sodio más Aceite de Ricino en la Suavidad, Resistencia y Elongación de Hilos de Cabuya.....	83
Producción del hongo ( <i>Psilocybe cubensis</i> ): una revisión .....	97
Producción de un extracto de luteína a partir de la caléndula ( <i>Caléndula officinalis</i> ): una revisión .....	104
Producción de plantas in vitro de quina ( <i>Cinchona officinalis</i> ): una revisión .....	109
Producción del hongo-moho ( <i>Trichoderma harzianum</i> ): una revisión.....	115
Bioproceso para producción del pez tilapia ( <i>oreochromis spp.</i> ) Mediante sistema acuapónico: una revisión .....	123
Producción de espirulina ( <i>Arthrospira platensis</i> ): una revisión.....	131
Producción de <i>Ganoderma lucidum</i> y su potencial medicinal: una revisión .....	141
Desarrollo de un bioproceso para la producción de malta a partir de maíz morado ( <i>Zea mays</i> ): una revisión .....	152
Producción de plantas <i>in vitro</i> de cáñamo ( <i>Cannabis Sativa</i> ): una revisión .....	159
Producción de extracto de Cannabidiol a partir del cáñamo ( <i>Cannabis sativa</i> ): una revisión .....	166

# Cáñamo en la industria textil (Hemp in the textile industry)

Elsa Mora<sup>1</sup>, Luis Mena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador

Autor para correspondencia: esmora@utn.edu.ec

*Recibido: día/mes/año* (Esta fecha la colocará el Consejo Editorial)

*Aceptado: día/mes/año* (Esta fecha la colocará el Consejo Editorial)

---

## RESUMEN

Las fibras textiles de origen natural son sostenibles y biodegradables, sin embargo, la ciencia textil ha buscado nuevas fibras que sustituyan a las fibras naturales debido a las dificultades en su obtención como: costo, necesidad de mejora, deseo de obtener productos de mayor calidad, moda e incapacidad para satisfacer la demanda. Las fibras textiles deben proporcionar la cadena de producción sostenible y además los procesos textiles.

Para este capítulo se estudia la fibra de cáñamo, como: estructura, proceso de producción, áreas de producción, áreas de uso. Primero se explica el término de sostenibilidad a continuación, se investiga las propiedades de la fibra de cáñamo.

KEYWORDS: Cáñamo, Fibra de cáñamo, Textiles de cáñamo.

---

## INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad se ha definido como la capacidad de mantener el equilibrio de un determinado proceso o estado en cualquier sistema. En un contexto ecológico, la sostenibilidad se puede definir como la capacidad de un ecosistema para mantener los procesos ecológicos, las funciones, la biodiversidad y la productividad en el futuro (Owusu D, 2021).

El cáñamo pertenece a la familia Mulberry (Moracea) y las variedades de cáñamo cultivadas pertenecen a la especie Cannabis sativa. Estas variedades de cáñamo pueden ser muy diferentes en altura y follaje (Franck, R, 2000). La variedad industrial conocida como cannabis sativa, produce fibra, aceite y semillas, toda la planta se puede procesar en una amplia gama de materias primas como:

pulpa, combustible, papel, resinas y ceras (HempToday, 2021). La producción de fibras sintéticas se aceleró a mediados del siglo XX, acompañada por la industria textil dependiente del petróleo. La producción sostenible en todas las áreas de la industria podría ser una solución para un mejor futuro. El petróleo se dedica principalmente a la producción de poliéster. La fibra de poliéster es la fibra sintética más consumida en el mundo y el principal problema de las fibras sintéticas es su naturaleza insostenible (Martínez L., 2020). El sector textil es el cuarto mayor consumidor industrial de materias primas, agua y el quinto lugar en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero, según la UE (HempToday, 2021). La fibra natural más consumida es el algodón, una cuarta parte del total de insecticidas y una décima parte de la producción total de

plaguicidas del mundo se consume para el cultivo de las plantas de algodón. El riego es un problema ecológico adicional que se consume entre 7000 y 29000 litros de agua para obtener un kg de fibra de algodón (CIAINDUMENTARIA, 2018). Estos parámetros hacen que la fibra de algodón sea líder en el consumo de agroquímicos y agua en comparación con otras plantas cultivadas en el mundo. Las fibras textiles naturales son biodegradables y sostenibles, pueden ser degradadas por microorganismos. La fibra de cáñamo avanza y brilla con su enorme potencial de producción sostenible para la industria textil, que es una alternativa al algodón y las fibras sintéticas (Preuss S, 2017).

El cultivo de cáñamo comenzó en Europa alrededor del siglo XVI y luego los colonos lo migraron a New World. En aquel entonces, el cáñamo era una planta industrial crucial como fuente de fibra y ha servido como materia prima para la producción de lonas, cordelería, textiles, papel y para aplicaciones navales (HempToday, 2021). La producción de cáñamo disminuyó en los Estados Unidos debido a los nuevos desarrollos de la producción de algodón y la disminución de la demanda de la industria naval asociada con el reemplazo de los barcos de vela por barcos modernos equipados con motores de gasolina y vapor. El cannabis industrial se caracteriza por su bajo contenido de THC y alta concentración de cannabidiol. En la mayoría de los países europeos, la concentración máxima actual permitida legalmente para el cultivo es del 0,2 por ciento de THC (0,3 por ciento en el Canadá). La relación entre las concentraciones de CDB y THC es superior a 1 (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, 2010). Las variedades de marihuana pueden contener de 1 a 20% o más de THC en la masa seca. Muchas de las variedades del cannabis tienen propiedades psicoactivas. Se suele llamar “cáñamo” a las

variedades con bajo contenido en THC y alto contenido de CBD, empleadas para extraer sus fibras, aceites o semillas. “Marihuana” es un término empleado para denominar a las variedades que contienen THC, y a sus cogollos, que son las inflorescencias no fecundadas de los pies femeninos, en cuyos pelos glandulares se sintetizan y acumulan cannabinoides en mayor proporción que en el resto de la planta.

### Anatomía del cáñamo

El cáñamo es naturalmente especie dioica (plantas masculinas y femeninas), se caracteriza por un claro dimorfismo del sexo (Cannabeta, 2020). Las plantas masculinas forman panículas sueltas, fuertemente ramificadas con un número muy bajo de hojas, mientras que las hembras producen panículas compactas con muchas hojas pequeñas. Una flor masculina tiene cinco estambres: anteras sobre filamentos largos y cinco sépalos. Una flor femenina se encuentra verde, enrollada en forma de brácteas de vaina y tiene un ovario de cámara única. Los estigmas salen de una hendidura estrecha durante la floración (Kozlowski. R, Bapaniecki. P, 2005). El cáñamo pertenece a las plantas de crecimiento rápido, en comparación con otros cultivos. En la fase de crecimiento rápido crece más de 10 mm al día, tiene una altura de 4 m o más (López G, Brindis F, Niizawa S, 2014).

El Cáñamo *Cannabis sativa* L. tiene diez cromosomas ( $2n = 20$ ); es una planta anual, dioica, alógama y polinizadora por el viento, se encuentran tres variedades (indica, rudelaris y sativa) distinguidas por su origen, tipo de semilla y el manejo de su crecimiento. Así, Cannabis sativa Indica típica del sudeste asiático son relativamente pequeñas, pero bastante ramificadas, de forma cónica pueden alcanzar 1,5 m de altura; por otro lado,

*Cannabis sativa* Rudelaris originaria de Rusia normalmente de menor ramificación y de mayor altura, alcanza entre 2 y 5 m de altura y finalmente el *Cannabis sativa* originaria de Europa y África presenta una altura y ramificación moderada, alcanzando entre 1,5 y 2 metros de alto. (Kozlowski. R, Bapaniecki. P, 2005).

Las variedades de cáñamo silvestre y cannabinoide son típicamente de dos sexos. Las plantas masculinas (cáñamo fimble) maduran antes y debe cosecharse antes. Las plantas femeninas son más ramificadas y poseen un follaje más denso (Mohanty. A, Manjusri. M, Lawrence, 2005). Para obtener fibra de buena calidad, las plantas se cosechan inmediatamente luego de la floración, antes de que las semillas tengan tiempo de madurar, lo cual reduce la calidad y cantidad de fibra. Cuando el cultivo tiene un doble propósito (fibra y semilla) el momento de cosecha será determinado según las prioridades del productor, pero la fibra obtenida rendirá significativamente menos y no tendrá calidad textil. (Fassio et al., 2013).

### **Cosecha del cáñamo**

La cosecha del cáñamo tradicionalmente se realizó manualmente, con muy pocos cambios o desarrollos tecnológicos durante gran parte del siglo XX, debido a la prohibición del cultivo en los países desarrollados, excepto Francia. La reactivación de la utilización industrial de fibras de fibra en aplicaciones técnicas ha dado lugar a multitud de desarrollos técnicos que permiten y mejoran el suministro de materia prima de acuerdo con los requisitos de calidad de los sucesivos procesadores. Un paso fundamental para preservar la calidad es la cosecha. La tecnología más común en Europa y probablemente en todo el mundo se basa en el principio del tambor de corte de una cuchilla', diseñado en el sistema de

máquina HempFlax /HempCut 3000/4500. El sistema consta de un cabezal (convencionalmente un cabezal de cultivo rotativo independiente de hileras fabricado por Kemper (Stadtlohn, Alemania) y un tambor de corte adaptado de una cuchilla con balance de masa. Los tallos de cáñamo se introducen longitudinalmente en el tambor de picado, cortados en 600-700 mm piezas de largo y colocado en el campo directamente debajo del tambor. Este sistema fue desarrollado por la empresa (Rhede / Brual, Germa ancho del adaptado (Kozlowski. R, Bapaniecki. P, 2005). Actualmente con el aumento del área sembrada y el interés por bajar los costos de mano de obra se ha desarrollado y optimizado la tecnología de cosecha, generando sistemas más eficientes como el Hemp Cut 4500, en la actualidad existen varios sistemas con diferentes soluciones de montaje y anchos de trabajo. Las técnicas para cosecha difieren entre sí dependiendo de la finalidad del cultivo y las prácticas utilizadas (MAQUINAC, 2017).

### **Obtención de la fibra**

El objetivo principal del cultivo de cáñamo ha sido la obtención de fibra. El proceso de separación de las fibras de cáñamo era muy laborioso y contaba con varias etapas. Estos procesos se realizaban de diferente forma en los distintos países de Europa (Eichhorn. S, Hearle. J, Jaff. M, 2009). Después de la recolección, el primer paso era el enriado, que consistía en la maceración del cáñamo en agua para poder separar la fibra que mantiene unido al material fibroso que forma el tallo, permitiendo la separación de las fibras de la médula leñosa que constituye la cañamiza. Una vez terminado el proceso se secaba el cáñamo para continuar el proceso (Walker, 1990). El enriado químico, también llamado enriado enzimático o digestión alcalina, produce fibra de alta calidad, pero es muy

costoso. El enriado debe ser monitoreado cuidadosamente para evitar que el material se dañe. El segundo paso era el agramado, que consistía en quebrar la parte leñosa de la planta para convertirla en agramiza, o cañamiza, y dejar libre la hebra. Este proceso se realizaba muchas veces a mano, golpeando con una maza, pero era muy laborioso, por lo que se prefería el uso de agramaderas de mano. También se contaba con máquinas más sofisticadas que permitían agramar y espadar al mismo tiempo, pero su presencia en España fue reducida. El espadado era el tercer paso del proceso y consistía en la limpieza de la hilaza con la espadilla para, finalmente, hilarlo (Vallejos M, 2006). Con la llegada del algodón en el siglo XIX y del plástico en el XX, el papel del cáñamo, la cordelería en la industria textil prácticamente desapareció. Esta fue la principal causa de abandono del cultivo de cáñamo. En la actualidad, según la Asociación Europea de Cáñamo Industrial (Carus et al., 2013), los usos del cáñamo van más allá de la producción de fibra.

### Aplicaciones textiles

Los haces fibrosos del tallo se componen de dos tipos de fibras: primarias y secundarias. Las fibras primarias tienen una sección transversal irregular, su longitud varía de 5 a 40 mm y 20 -50 mm de diámetro. Las fibras secundarias tienen la sección transversal menos irregular y son fibras más finas, su longitud varía de 2 a 4 mm y de 15 a 17 mm, ambas fibras se entrelazan a lo largo del tallo.

La fibra se divide en tres partes durante el procesamiento mecánico: los haces de fibras cortas y largas y el núcleo leñoso (también denominado hurds o shives) (Amaducci. S, 2010). Las fibras obtenidas del floema representan aproximadamente un 30% (25% de fibras largas se las denomina hilaza, 75% de fibras medias se las llama estopa). El 70%

restante está compuesto por fibras cortas que provienen de la médula llamadas cañamiza son fibras muy absorbentes. (Fassio et al., 2013).

La industria del papel utiliza las fibras del floema (hilaza y estopa) para fabricar papel de alto valor agregado como el papel moneda, el de los cigarrillos; o libros de papel fino (tipo biblia)(Fassio et al., 2013). Esto se logra por el bajo contenido de lignina de estas fibras, las cuales requieren de un proceso menor. Sin embargo, el proceso de extracción de lignina del cáñamo aún no ha sido perfeccionado a gran escala.

El cáñamo se emplea en la elaboración de papel, biocomposites y material de aislamiento. También es importante destacar que el subproducto de la producción de fibra, la agramiza, tiene salida al mercado y se emplea en la elaboración de camas para animales, como material de construcción y para producción de calor a través de la incineración.

Para textiles hay dos calidades de cáñamo que pueden ser fabricados. La fabricación de telas, jeans, uniformes de trabajo, medias, zapatos, y carteras de mano, por ejemplo, requiere de fibras finas de alta calidad. Por poseer propiedades antimicrobianas las fibras medias (estopa) son utilizadas en la fabricación de textiles de uso médico.

Algunos productos fabricados con estos materiales son: celofán, partes de autos (tableros, interior de puertas, asientos, etc.), canoas y tablas de ski. Cama para animales El uso más común de la cañamiza actualmente es la obtención de cama para animales de granja y domésticos, debido a su gran capacidad de absorción. La cañamiza ha sido utilizada tradicionalmente para cama en establos de caballos, pero el uso para cama de pequeños animales (gatos, conejos, hamsters,

aves, etc.) ha ido creciendo últimamente (Young, 2005).

El cáñamo como tejido proporciona calidez, suavidad con una durabilidad superior que rara vez se encuentra en otros materiales. El cáñamo es extremadamente versátil y se puede usar para innumerables productos como ropa, accesorios, zapatos, muebles y artículos para el hogar (Eichhorn. S, Hearle. J, Jaff. M, 2009). La ropa elaborada de cáñamo incorpora todas las cualidades beneficiosas y probablemente durará más y resistirá las condiciones más duras. (Hemp Traders, 2021). La industria de la moda está apostando fuerte por los productos con tejido de cáñamo debido a la demanda creciente de la población, una firma ha lanzado una nueva colección con un 70% de cáñamo modificado para darle mayor suavidad y solo un 30% de algodón (Weediid, 2020) .

La fibra es la parte más valiosa de la planta de cáñamo, crece en la parte exterior del tallo se le llama comúnmente estopa. Las fibras de estopa dan fuerza a la planta. La longitud de las fibras puede tener aproximadamente entre 0,91 m y 4,6 m de largo. Las fibras se pueden cortar en fibras cortas dependiendo del uso final el cáñamo, puede tener un color natural, blanco cremoso, marrón, gris, negro o verde. Se puede mezclar con: fibra de vidrio, fibra de cáñamo, kenaf y lino para fabricar paneles compuestos para automóviles. El cáñamo shives o hurds son el núcleo del tallo. En Europa, se utilizan para ropa de cama (ropa de cama para caballos, por ejemplo) o como mantillo hortícola.

Además de la aplicación textil tradicional del cáñamo, surgen numerosas direcciones nuevas:

Materiales de construcción y aislamiento: tableros de partículas, tableros de MDF, cemento tableros con fibra adicional,

materiales de aislamiento acústico, materiales de aislamiento térmico, elementos estructurales ligeros, ladrillos, material de tapicería, telas no tejidas.

Materiales compuestos: elementos prensados para la industria del automóvil, revestimientos para embragues y frenos, material de relleno para moldeo por inyección;

Celulosa especial: papeles especiales como billetes, cartón, cartografía, papel, papel tisú para bolsas de té y cigarrillos, «plásticos» de celulosa;

Ropa, textiles para el hogar: ropa, ropa de cama, toallas, manteles;

Textiles técnicos: para laminados, lonas, telas para velas, cuerdas, redes, etc. ;

Geotextiles y textiles agrícolas: no tejidos, fieltro, esteras, terraplén material de refuerzo; Productos a base de aceite: pinturas, barnices, lubricantes, cosméticos, aceite alimentario, dietéticos alimentos, nutracéuticos, etc. y aceites esenciales (Kozłowski. R, Bapaniecki. P, 2005).

Artículos para la agricultura y la horticultura: camas para animales, macizos de flores (MEDIHUANA, 2016).

### **Propiedades física y químicas**

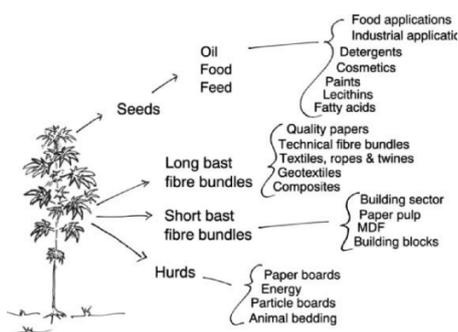
Los haces de fibras se encuentran en varias capas dentro de los tallos de cáñamo. Un tallo consta de varias fibras y los tallos están conectados por celdas unitarias. Los haces de las capas interiores suelen ser más cortos y finos que los de las capas exteriores. La forma de las celdas unitarias varía de triangular a heptagonal con esquinas redondeadas y una médula grande. Las células unitarias están conectadas por pectinas lignificadas y la base del procesamiento del cáñamo radica en aflojar y disolver este vínculo. El diámetro de

las celdas unitarias es de 15 a 50 micrones. La longitud media de las celdas es de  $35 \pm 40$  mm, pero puede variar de 5 a 100 mm. La longitud de los haces de fibras es de aproximadamente  $1500 \pm 2500$  mm. La resistencia a la rotura de la fibra de cáñamo es un poco mayor que la de la fibra de lino; su alargamiento es bajo ( $2 \pm 3\%$ ). Su flexibilidad depende de la finura del tallo (Franck. R, 2000).

Las fibras de cáñamo pueden medir 6 pies o más de largo. La celda individual tiene, en promedio, entre 0,5 y 1 pulgada de largo. Son de forma cilíndrica con juntas, grietas, hinchazón y otras irregularidades en la superficie.

Figura 1

*Principales usos de la planta*



Fuente (Amaducci. S, 2010)

**Composición química.**

La composición química de las fibras vegetales y los componentes principales son celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina. Las fibras están representadas en grupos correspondientes a su origen como semilla (s), fibras de líber (b), hojas (l) o frutos (f). Fibras vegetales (denominadas lignocelulósicas).

Tabla 1

*Composición química de las fibras vegetales*

Plant fibre	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)	Pectin (%)
Cotton <sup>s</sup>	82-96	2-6.4	0-5	<1-7
Kapok <sup>s</sup>	13	-	-	-
Flax <sup>b</sup>	60-81	14-20.6	2.2-5	1-4
Hemp <sup>b</sup>	70-92	18-22	3-5	1
Jute <sup>b</sup>	51-84	12-20	5-13	0.2
Kenaf <sup>b</sup>	44-87	22	15-19	2
Ramie <sup>b</sup>	68-76	13-15	0.6-1	2
Banana <sup>l</sup>	60-65	6-19	5-12	3-5
Pineapple <sup>l</sup>	70-82	16-19	5-12	2-3
Sisal <sup>l</sup>	43-78	10-24	4-12	0.8-2
Coir <sup>f</sup>	43-46	0.25	45-46	3-4
Oil palm EFB <sup>f</sup>	43-63	28-33	17-19	1

<sup>s</sup>Seed, <sup>b</sup>bast, <sup>l</sup>leaf and <sup>f</sup>fruit fibres.

Fuente (Eichhorn. S, Hearle. J, Jaff. M, 2009)

Tabla 2

*Componentes de la fibra de cáñamo*

Componente	% en masa
Agua	6,60
Ceniza	1.2
Ceras	1,47
Solubles en agua	2,45
0,5% de solubles en HCl	0,89
Pectina A	1,35
Pectina total	1,42
Hemicelulosa	6,08
Lignina	1,75
Celulosa	77,89
Proteína	2,65

Fuente (Kozlowski. R, Bapaniecki. P, 2005)

Tabla 3

*Características morfológicas de las fibras vegetales*

Fibre type	Long length (mm)	Diameter (mm)	Fineness (Denier)	Cell length (mm)	Cell diameter (um)
Flax	200-1400	0.04-0.62	1.7-18	4-77	5-76
Jute	1500-3600	0.03-0.14	13-27	0.8-6	5-25
Hemp	1000-3000	0.16	3-20	5-55	10-51
Sisal	600-1000	0.1-0.46	9-406	0.8-8	7-47
Abaca	1000-2000	0.01-0.28	38-400	3-12	6-46
Coir	150-350	0.1-0.45		0.3-1.0	15-24

Fuente (Pritchard. M, Robert W Sarsby. R, 2000)

Tabla 4

*Características físicas de la fibra vegetal*

Fibre type	Specific gravity (%)	Specific heat (cal g <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	Moisture regain (%) 65% RH 20°C	Absorption (%)	Volume swelling (%)	Specific heat (cal g <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	Porosity (%)	Apparent density (g cm <sup>-3</sup> )	True density (g cm <sup>-3</sup> )
Flax	1.54		12	7	30		10.7	1.38	1.54
Jute	1.5	0.324	13.8	10-12.5	45	0.324	14-15	1.23	1.44
Hemp	1.48	0.323	12	8		0.323			1.5
Sisal	1.2-1.45	0.317	14	11	40	0.317	17	1.2	1.45
Abaca	1.48		14	9.5			17-21	1.2	1.45
Coir	1.15-1.33			10					1.15

Fuente (Pritchard. M, Robert W Sarsby. R, 2000)

Tabla 5

*Resistencia a la rotura de la fibra de cáñamo de diferentes partes del tallo*

Parte del tallo	Rompiendo la fuerza de fibra de cáñamo (kg)
Fondo	11,3
Fondo medio	42,7
Medio	31,6
Medio superior	32,8
Superior	36,2

Fuente: (Kozlowski. R, Bapaniecki. P, 2005)

## CONCLUSIONES

La industria textil, no solo deben tener ingresos económicos, sino que también debe priorizar producción sostenible. Una producción sostenible comienza con la materia prima y, la fibra de cáñamo se prevalece con su enorme potencial de

producción sostenible para la industria textil. Como todas las plantas de cultivo necesitan de la intervención humana, el cáñamo también para una producción económicamente viable. Todavía se está descubriendo la amplia variedad de usos que proporciona el cáñamo y no se puede esperar que el cultivo como el cáñamo resuelva los problemas de cambio climático. Las cantidades de fertilizantes y riego y los requisitos de pesticidas o herbicidas deben seleccionarse cuidadosamente para que la cadena de producción sostenible no se vea afectado. Uno de los procesos más criticados de la producción de fibras de tallo es la extracción de la fibra. El cáñamo proporciona materias primas adecuadas para múltiples aplicaciones industriales, como: fibra textil, productos aislantes y compuestos. Diversos cuellos de botella obstaculizan el desarrollo de la cadena de producción y se encuentran importantes limitaciones en el procesamiento. La optimización de la producción real y potencial de cáñamo es posible mediante la investigación industrial para definir el efecto de los diferentes pasos de producción, desde el cultivo hasta el procesamiento, sobre el rendimiento y la calidad de la fibra

## REFERENCIAS

- Amaducci, S, G. H. (2010). Hemp – Cultivation, Extraction and Processing. In *Wiley Series in Renewable Resources* (p. 136). Industrial Applications%0Aof Natural Fibres
- Cannabeta. (2020). *GUÍA ESENCIAL SOBRE LA PLANTA DE CANNABIS - Cannabeta*. Estudios y Análisis. <https://www.cannabeta.eu/es/2020/07/09/guida-essenziale-sulla-pianta-di-cannabis/>
- CIINDUMENTARIA. (2018). *Sostenibilidad ambiental: fibras naturales vs artificiales*. <https://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/sostenibilidad-ambiental-fibras-naturales-vs-artificiales/>
- Eichhorn, S, Hearle, J, Jaff, M, K. T. (2009). Handbook of textile fibre structure. In *Woodhead publishing limited* (p. 81).
- Fassio, A., Rodríguez, M. J., Ceretta, S., Estanzuela, L., & agr mSc, I. (2013). *Cáñamo (Cannabis sativa L.)*. <http://www.inia.org.uy>
- Franck, R. (2000). Bast and other plant fibres. In *The Textile Institute* (p. 178). [www.woodheadpublishing.com](http://www.woodheadpublishing.com)
- Hemp Traders. (2021). *Hemp Textiles*. <https://www.hemptraders.com/Hemp-Textiles-s/1817.htm>
- HempToday. (2021). *Historia del Hemp • HempToday®*. <https://hemptoday.net/es/historia-del-hemp/>
- Kozłowski, R, Bapaniecki, P, B. (2005). Biodegradable and sustainable fibres. In *Institute of Natural Fibres, Poland*. [www.woodheadpublishing.com](http://www.woodheadpublishing.com)
- López G, Brindis F, Niizawa S, V. R. (2014). *Cannabis sativa L., una planta singular*. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-01952014000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004)
- Martínez L. (2020). *Cultivo de cáñamo industrial en Galicia - Campo Galego*. <https://www.campogalego.es/vimos-en-el-canamo-industrial-una-manera-de-darle-valor-a-la-tierra-con-buenas-producciones-y-de-calidad/>
- MEDIHUANA. (2016). *Dentro de la Marihuana*. [https://saltonverde.com/wp-content/uploads/2017/09/07-Quimica\\_Cannabis.pdf](https://saltonverde.com/wp-content/uploads/2017/09/07-Quimica_Cannabis.pdf)
- Mohanty, A, Manjusri, M, Lawrence, T. (2005). NATURAL FIBERS, BIOPOLYMERS, AND BIOCOSCOMPOSITES. In *Taylor and Francis*. <http://www.copyright.com>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2010). *Métodos recomendados para la identificación y el análisis del cannabis y los productos del cannabis*. [www.unodc.org](http://www.unodc.org)
- Owusu, D. (2021). *El cáñamo, un cultivo sustentable de cara al futuro*. <https://www.tomhemp.com/es/el-canamo-un-cultivo-sustentable-de-cara-al-futuro/>
- Preuss S. (2017). *Tejidos Innovadores Sostenibles: fibras de cáñamo*.

<https://fashionunited.es/noticias/moda/tejidos-innovadores-sostenibles-fibras-de-canamo/2017073124217>

Pritchard. M, Robert W Sarsby. R, A. S. (2000). Textiles in civil engineering. Part 2 – natural fibre geotextiles. In *Department of the Built Environment, Faculty of Technology, Bolton Institute, Deane Road, Bolton BL3 5AB, UK* (p. 406). [www.woodhead-publishing.com](http://www.woodhead-publishing.com)

Vallejos. M. (2006). *APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL Cannabis sativa COMO MATERIAL DE REFUERZO/CARGA DEL POLIPROPILENO.*

Weediid. (2020). *El cáñamo, nuestro aliado para un futuro sostenible - Weediid Blog.*  
<https://www.weediid.com/blog/el-canamo-nuestro-aliado-para-un-futuro-sostenible>

Young, E. (2005). *Revival of Industrial Hemp: A systematic analysis of the current global industry to determine limitations and identify future potentials within the concept of sustainability.*

# Aplicaciones biotecnológicas, un estudio al cultivo in vitro de cannabis.

## Biotechnological applications, a study to the in vitro cultivation of cannabis.

Karina Michelle Garzón Pasquel<sup>1</sup>

Centro ecuatoriano de biotecnología y ambiente, Ibarra, Ecuador

*Recibido: 10 Octubre 2021*

*Aceptado: 11 Diciembre de 2021*

---

### RESUMEN

En las últimas décadas el cannabis ha generado mayor interés en el ámbito científico, tecnológico y productivo, debido a su gran potencial terapéutico emergente, sus amplias aplicaciones industriales y a los cambios en las leyes gubernamentales. La reciente legalización en varias regiones y el gran potencial biotecnológico que el cannabis representa, revela la necesidad de establecer protocolos para la propagación rápida y eficiente de plantas clonales libres de virus y enfermedades, desarrollar técnicas para la mejora vegetal y el almacenamiento de germoplasma, sin embargo, las investigaciones avanzan de manera pausada debido a las distintas condiciones que rigen en país, se espera que la flexibilidad en las leyes actuales permitan el desarrollo de nuevas técnicas para el manejo del cannabis y sus posibles aplicaciones. La revisión proporcionará una breve reseña de la historia cannabis, así como un análisis crítico del cultivo de tejidos de en relación con el cannabis y se prestará atención a los estudios de micropropagación de cannabis existentes y las direcciones futuras de las tecnologías de cultivo de tejidos de cannabis.

**PALABRAS CLAVE:** callogénesis cannabis, cañamo, cultivo in vitro, micropropagación.

### ABSTRACT

In recent decades, Cannabis has received major attention within the scientific, technological and production fields, due to its outstanding therapeutic potential and wide industrial and biotechnological applications. This has led to substantial changes in the legislative frameworks worldwide, which have boosted Cannabis production and processing in many countries. As a result, it is of paramount importance to develop and establish protocols for rapid and efficient propagation of clonal plants, free of viruses and diseases, by working on plants improvement and germplasm storage. However, despite the depenalization of Cannabis grow in Ecuador, laws remain arbitrary and have delayed research on the development of new techniques for the management of Cannabis and its possible applications. Therefore, this review aims to provide a brief overview of this plant. Besides, critical analysis of tissue culture in relation to cannabis and will pay attention to the limitations of existing cannabis micropropagation studies and future directions of cultivation technologies of cannabis tissues.

**KEYWORDS:** callus induction, cannabis, hemp, in vitro culture, micropropagation

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de cáñamo inició en Asia, siendo la fuente más antigua de fibra, se utilizaba para fabricar cuerdas de importantes embarcaciones debido a la resistencia y fuerza del material, además de su uso en rituales por sus características psicoativas, y el uso de la semilla aleoginosa como fuente de alimento. Desde hace más de 6000 años, China ha sido el principal productor de fibra de cáñamo inclusive en la actualidad se fabrican variedades de telas, posteriormente entre el año 1000 y 2000 a.C. se introdujo el cáñamo a Europa para producción de cuerdas para embarcaciones y en 1545 la cosecha llega por primera vez a América del Sur por Chile hasta Norteamérica (Chandra, Lata, Mehmedic, Khan, & Elsohly, 2010).

Después de la segunda guerra mundial el cáñamo empezó a perder interés en Europa y América del Norte debido al creciente uso de la planta como fuente de drogas en el mundo occidental, esto le dio al cáñamo una muy mala imagen, y condujo a una legislación que prohíbe el cultivo de cáñamo, aunque la producción continuó a un nivel disminuido en Asia, Europa oriental y la Unión Soviética durante el siglo XX. (Chandra et al., 2010)

En 1990 se reanuda el cultivo de cáñamo con la imagen dominante de la planta como fuente de marihuana. Aproximadamente 3 docenas de países crecen actualmente en el cultivo de cáñamo y actualmente se realizan cambios en la legislación con el propósito del uso de cáñamo como nueva fuente y recurso potencial para la creación de oportunidades de crecimiento y desarrollo potencial en el uso y aplicación de la planta. (Chandra et al., 2010)

## Características importantes de Cannabis sativa.

Cannabis sativa, miembro de la familia cannabaceae, es fuente natural productora de compuestos terpenofenólicos conocidos como cannabinoides que se acumulan en los tricomas glandulares de la planta (Chandra et al., 2010). Las principales moléculas biológicamente activas, son: el cannabidiol (CBD) molécula no psicoactiva con gran potencial terapéutico para el tratamiento de varias enfermedades y el 9-tetrahidrocannabinol conocido por su psicoactividad y su respuesta analgésica y antiinflamatoria. (Lata, Chandra, Techen, Khan, & Elsohly, 2016).

Debido a sus importantes características y aplicaciones industriales, medicas farmacéuticas, y alimentarias, varios países optaron por flexibilizar las restricciones en torno al cultivo comercial, productos consumibles y desarrollo de investigación del cannabis y sus derivados, de esta manera se espera que la innovación e incursión en el área permitan mayor compresión del crecimiento, fisiología y bioquímica del C. sativa (Monthony, Page, Hesami, & Jones, 2021).

Esta especie se caracteriza por ser diocea y altamente polinizada por el viento, su naturaleza alógama impide obtener la misma consistencia en la materia prima de partida y reduce la eficacia de mantener las mismas variedades selectas de alto rendimiento en THC a partir de semillas en condición de campo, estas características dificultan garantizar la calidad del producto final y la estandarización en los procesos productivos.

## Cannabinoides

El cannabis contiene una clase única de compuestos terpenofenólicos conocidos como cannabinoides, relacionados con los

terpenos por su estructura de anillo derivada del pirofosfato de geranilo, desde el descubrimiento del THC molécula responsable de los efectos psicoativos se han descubierto 565 constituyentes y alrededor de 120 cannabinoides de *C. sativa* (Chandra et al., 2010). El cannabinoide de mayor interés es el cannabidiol (CBD) debido a su actividad como agente antiepiléptico.

Para la obtención de cannabinoides se prefieren las plantas femeninas debido a que producen mayor cantidad de estas moléculas de interés en comparación con las plantas masculinas, además si se cultivan diferentes variedades de cannabis, la polinización cruzada entre las variedades afectaría la calidad (perfil químico) del producto final por tal motivo es necesario seleccionar y retirar las plantas masculinas del cultivo ya que al ser altamente polinizadas por el viento y en presencia de plantas masculinas, las plantas femeninas producen muchas semillas en la madurez, mientras que las plantas sin semillas se prefieren por su mayor capacidad para producción de metabolitos secundarios.

Por lo tanto, las técnicas de cultivo in vitro de mano de la biotecnología pueden usarse como una alternativa eficiente para el control y la propagación rápida de clones femeninos elites y de alto rendimiento, además la micropropagación ofrece una forma adecuada de garantizar la consistencia en el perfil químico y genético de un cultivo de cannabis de interés industrial.

### **Cultivo in vitro de tejidos vegetales**

El cultivo de tejidos in vitro es un método eficaz que busca preservar una misma línea germinal de interés para la producción de compuestos específicos mientras que en la naturaleza hay muchas variables que dificultan mantener homogeneidad en la población, la técnica de cultivo in vitro de tejidos garantiza la estabilidad de los

componentes químicos útiles, permite el establecimiento, mantenimiento y manipulación de cualquier parte de una planta, desde una célula hasta un organismo completo, bajo condiciones artificiales, axénicas y controladas (Thacker, Thomas, Fuller, Smith, & DuBois, 2018).

El proceso implica cultivos asépticos (explantes), un medio nutritivo que contiene sales minerales, azúcares y hormonas (fitohormonas) para el desarrollo de tejidos a partir de un explante, y la aclimatación de las plántulas en condiciones de laboratorio. El método de cultivo de tejidos rompe la tradición, ya que no se necesita suelo ni luz solar para iniciar la producción. (Thacker et al., 2018)

A pesar de la poca información existente con respecto a la mejora vegetal de cannabis, los recientes estudios en el área (Tabla 1) dirigen sus esfuerzos para la identificación de nuevos compuestos en la estimulación del crecimiento de la plántula (Lata et al., 2016) y en la regeneración de brotes desde explantes para una eficaz proliferación de plántulas elites libres de virus, enfermedades y sin variación genética.

Tabla 1. Protocolos para el cultivo in vitro de cannabis sativa L. (Lata et al., 2016)

Explante	Respuesta	Medio de cultivo	Referencia
Raíz, hipocótilo, hojas de plántula, partes de flores masculinas y femeninas	Cultivos de callos	MS + 0.1–0.01 ppm KIN + 1.0 ppm 2,4-D	Itokawa et al. (1975)
Embrión, hoja, tallo	Cultivos en suspensión de callos y células	MS + 3 mg/l 2,4,5-T	Loh et al. (1983)
Hoja	Cultivos en suspensión celular	B5 + 0.5 mg/l KIN + 1 mg/l 2,4 - D	Braemer et al. (1987)
Anteras	Cultivos en suspensión celular: criopreservación	10% DMSO	Jekkel et al. (1989)
Hoja	Cultivo celular	MS + B5 vitamins + 1 mg/l 2,4-D + 1 mg/l KIN	Flores-Sanchez et al. (2009)
Hoja	Cultivo de callos	MS + 0.5 µM NAA + 1.0 µM TDZ	Lata et al. (2010)
Segmento de tallo y hoja de plántula	Cultivo de callos; Mediada por Agrobacterium transformación	MS + B5 vitamins + 5 µM 2,4 D+1 µM KIN	Feeney and Punja (2003)
Tallo, cotiledón, raíz	Formación de callos	MS + NAA	isse and Andres (1985)
Yemas apicales y axilares	Brotos, raíz	MS + 0.45 mg/l BAP + 20 mg/l IBA	Richez-Dumanois et al. (1986)
Internodos, yemas axilares, pecíolos	Callo, regeneración de brotes.	MS + 2.0 mg/l and 3.0 mg/l dicamba	Slusarkiewicz-Jarzina et al. (2005)
Raíces, hojas, tallo	Regeneración de brotes	Medio DARIA	Plawuszewski et al. (2006)
Segmentos nodales con yemas axilares	Organogénesis directa; Regeneración de brotes y raíces, semilla sintética	MS + 0.5 µM TDZ MS + 2.5 µM IBA	Lata et al. (2009a, b, 2012)
Segmentos nodales con yemas axilares	Organogénesis directa; Regeneración de brotes y raíces	MS + 2 µM m-topolin	Lata et al. (2016)
Epicotilo	Regeneración de brotes y raíces	MS + 2 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA	Movahedi et al. (2015)
Cotiledones	Regeneración de brotes y raíces	MS + 0.4 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA	Chaohua et al (2016)

MS Murashige & Skoog medium; B5 Gamborg medium; BAP 6-Benzylaminopurine; DMSO Di methyl sulphoxide; 2,4-D 2, 4-di chloro phenoxy acetic acid; 2,4,5-T: 2, 4, 5-tri chloro phenoxy acetic acid; IBA Indole 3 butyric acid; KIN Kinetin; NAA Napthalein acetic acid; TDZ Thidiazuron

Las investigaciones de cultivo in vitro de cannabis se han centrado principalmente en optimizar los tejidos recién iniciados, optando por centrarse en combinaciones de reguladores del crecimiento de plantas que dan como resultado una rápida proliferación de brotes. (Monthony et al., 2021)

El objetivo de la propagación de plantas vía cultivo de tejidos, denominada micropropagación, es multiplicar plantas verdaderas de forma clónica, con las ventajas que eso conlleva, los estudios en micropropagación de cannabis indican el uso de medios basal MS en repetidas investigaciones lo que representa una búsqueda dinámica de nuevas alternativas para la optimización de los procesos de propagación in vitro exitosos, varios estudios han realizado comparaciones extensas con otros medios que permitan un mejor desarrollo de los explantes y un mayor rendimiento en cada etapa de la micropropagación.

Page et al., (2020) en su investigación compara el rendimiento del medio de cultivo MS basal con una mezcla de 5 sales basales (WPM, MS, B5, BABI y DKW), en sus resultados reportaron tasas de multiplicación significativamente más altas, mayor crecimiento y adaptación en las etapas de cultivo in vitro y un mayor crecimiento de callos.

Si bien es probable que se puedan realizar mejoras a través de la optimización de los medios, este estudio representa un paso importante hacia el desarrollo de prácticas de micropropagación estandarizadas para el cultivo en campo de cannabis y la búsqueda de nuevas alternativas para la obtención de los metabolitos de interés mediante la mejora vegetal. (Page et al., 2020)

### Micropropagación de *C. sativa*

En la micropropagación los explantes (fragmento de la planta) se cultivan en medios de cultivo bajo condiciones controladas de

laboratorio (Figura 1.), esta técnica permite mantener un gran número de plantas de interés en un espacio reducido y lo más importante es que mediante la micropropagación se mantiene el mismo genotipo en todos los clones de la planta de interés además que se produce plantas libres de patógenos, virus enfermedades e insectos debido a las condiciones estériles en las que se desarrolla el proceso.



Figura 1. Micropropagación de Cannabis Sativa. (A) Siembra de explante en medio de cultivo. (B) Incubación, crecimiento y desarrollo de la especie. (C, D) Aclimatación en invernadero de plantas cultivadas in vitro (E) Micropropagación de varios explantes en un mismo recipiente con medio de cultivo. (Monthony et al., 2021)

La técnica de micropropagación consta de 5 etapas en donde cada etapa debe desarrollarse con la finalidad de establecer y estandarizar un método que permita el completo desarrollo de la planta. El éxito en la técnica consiste en la elección correcta de la planta madre y del explante, siempre que la planta madre se encuentre en buenas condiciones los explantes responderán bien a las diferentes etapas de la micropropagación.

**Etapas:**  
Etapa 0: Consiste en la selección y desinfección de la planta madre en base a las características genotípicas y fenotípicas de la planta de interés.

Etapa 1: Inicio de cultivos: Establecimiento de explantes en medios de cultivo estériles para la producción de brotes.

Etapa 2: Multiplicación de brotes: Consiste en la multiplicación exponencial de los brotes.

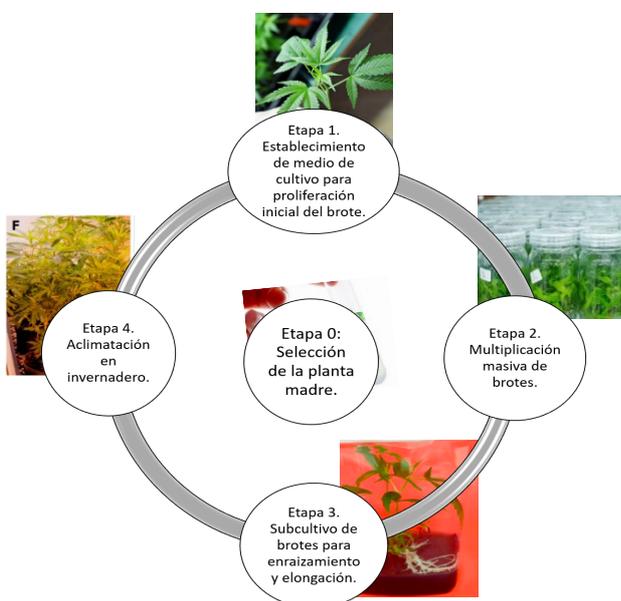
**Etapa 3: Elongación y enraizamiento de los brotes:** Se añade los nutrientes necesarios para la producción de raíces y crecimiento de la plántula.

**Etapa 4: Aclimatación:** Fase de cultivo en campo (invernadero).

Para la producción rápida de plantas, un protocolo in vitro que utilice plantas de la Etapa 2 con una tasa de multiplicación razonable de 10 produciría un millón de plantas después de solo seis subcultivos.

Cuando se ha producido una cantidad suficiente de plantas en la Etapa 2, luego se transfieren a la Etapa 3 para alargar y desarrollar raíces, o alternativamente, se transfieren directamente desde su ambiente In Vitro a una instalación de invernadero para aclimatarse.

La combinación de estas etapas a menudo se prefiere para aplicaciones comerciales, ya que reduce el número de pasos in vitro, lo que ahorra tiempo y costos de mano de obra.



*Figura 2. Etapas de micropropagación de Cannabis.* Etapa 0. Elección de la planta madre, Etapa 1. Preparación de medio de cultivo para la regeneración inicial de los brotes, Etapa 2. Micropropagación masiva de brotes, Etapa 3. Subcultivo para enraizamiento y elongación, Etapa 4. Aclimatación de las plántulas en invernadero.

Durante la etapa 1 se ha considerado que la planta dispone de reguladores endógenos de crecimiento residuales de la planta madre, esto favorece al crecimiento inicial durante la fase de iniciación seguido del crecimiento esporádico hasta que los cultivos se estabilizan a las condiciones in vitro. Actualmente los medios para micropropagación de cannabis se basan en el uso de MS como medio estándar y se ha reportado como idóneo para la formación de brotes a partir de explantes, sin embargo, los estudios indican la necesidad apremiante de mantener las plantas In Vitro a largo plazo (Etapa 2) mediante el uso de medios alternativos y la optimización de macro y micronutrientes para el cultivo de plantas in vitro.

(Page et al., 2020) demostró un mejor rendimiento del crecimiento de explantes en la Etapa 2, utilizando varias mezclas de sales basales, lo que demuestra que el cannabis requiere de niveles altos de nutrientes, azufre, calcio y cobre característico del medio DKW, en este medio los explantes presentaron altas tasa de multiplicación en comparación con el medio MS y mayor estabilidad y adaptación a largo plazo en la etapa 2 sin signos de declive.

Los métodos de micropropagación inician desde la elección del explante, en el caso del cannabis se han reportado varios protocolos (Tabla 1.) en los que se establece la multiplicación desde meristemas apicales y axilares debido a que son regiones con gran cantidad de células que se encuentran en proliferación y dan lugar al desarrollo de nuevo brotes, sin embargo en las investigaciones ya realizadas se utilizaron tejidos recién iniciados (Etapa 1) y no incluyeron una evaluación del rendimiento en la Etapa 2 esto revela una notable falta de

estudios utilizando germoplasmas cultivados in vitro a largo plazo, destacando la necesidad de estudios futuros en esta área (Monthony et al., 2021).

Por otro lado, los informes reportan que Cannabis tiende a producir un solo brote, pero con alto grado de dominancia apical esto significa una baja tasa de multiplicación de la especie. (Wróbel, Dreger, Wielgus, & Słomski, 2020) reporto que la multiplicación nodal representa pérdidas de material vegetal y sugiere el uso de explantes de dos nodos reduciendo la cantidad de explantes que se puede obtener de una planta. Como alternativa realizo el cultivo de brotes únicos y con el tiempo elimino el meristemo apical para permitir el desarrollo de yemas axilares a ramas axilares que luego se utilizan como explantes de la etapa 2. (Wróbel et al., 2020) aumento la tasa de multiplicación y el índice de supervivencia en la etapa 2 del cultivo in vitro de cannabis, el autor informa que se utilizaron subcultivos bien establecidos en sus experimentos y que se realizaron un mínimo de diez ciclos de cultivo (Monthony et al., 2021), las investigaciones actuales se enfocan en buscar y estandarizar protocolos que busquen mayor eficiencia y desarrollo del cannabis in vitro en todas sus etapas y promete ser una alternativa menos riesgosa hacia la producción industrial debido a las ventajas que la técnica de micropropagación representa, desde la obtención de mayor cantidad de vitro plantas en menor espacio y el control de la propagación en masa.

### **Callogénesis**

Itokawa (1977) realizaron un estudio a partir de cultivos de callos de diferentes explantes en medio MS con concentraciones mínimas de KIN, además estudio la biotransformación de

precursores de cannabinoides mediante la suspensión celular de cannabis.

Loh et al. (1983) indujeron varios explantes de embriones, hojas y tallos a callogénesis con diferentes combinaciones de auxinas (ácido 2,4-diclorofenoxiacético y Ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético) e informaron que el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético a concentración de 3 mg / l es el mejor medio para el crecimiento de callos utilizando medio MS.

Wielgus et al. (2008) han utilizado variedades de Cannabis (Beniko, Silesia y Bialobrzskie) para la producción de callos. Lata y col. (2009a, b, 2010, 2012) han trabajado en la variedad MX para los estudios de propagación de C. sativa mediante callogénesis.

El mayor número de investigaciones en cultivo in vitro de cannabis fueron desarrolladas mediante la producción de callos a partir de cotiledones, hipocótilos, epicótilos hojas, peciolo y otros explantes para la obtención de metabolitos secundarios particularmente THC por suspensión celular.

### **Un análisis a la estabilidad genética.**

La variación somaclonal es una de las principales desventajas del cultivo in vitro y representa una gran desventaja para el mantenimiento de una misma línea clonal de especies vegetales, generalmente se conoce que a través de la micropropagación por meristemas y brotes los índices de mutación son mucho menor que a través de una generación por callosidad (callogénesis), en general se ha demostrado que el cannabis cultivado in vitro produce plantas que son similares morfológica y genéticamente similares al material inicial. Sin embargo, se requiere el uso de técnicas modernas de secuenciación que permitan identificar si existe mutación en las plantas

micropropagadas, llevadas a invernadero y al exterior, así como de las plantas de cannabis cultivadas desde meristemos, brotes y mediante la formación de callos (células en proliferación) de manera más exhaustiva y eficaz.

Una alternativa para mantener la fidelidad genética de las líneas clonales es la criopreservación este es uno de los pocos métodos para evitar mutaciones en el cultivo de especies vegetales y se ha determinado que a pesar del costo inicial que representa, es una técnica eficaz y viable para la conservación de germoplasma de plantas de cannabis así lo reporto Uchendu et al.(Uchendu, Lata, Chandra, Khan, & ElSohly, 2019) en su investigación donde obtuvo el 63% de rebrotes de germoplasma de cannabis sin inferir en la condición genética de la planta del material parental.

### **Un enfoque hacia nuevos estudios.**

La micropropagación es un proceso complejo que puede verse influenciado por varios factores, las condiciones del explante, condiciones de incubación, composición del medio de cultivo, la experiencia del técnico y otros. El enfoque hacia nuevos estudios y la aplicación de nuevas tecnologías pueden abrir nuevas oportunidades para la mejora de las técnicas de regeneración de Cannabis en condiciones in vitro. Para ello es importante analizar varios factores que actualmente se pasan por alto en los estudios existentes de micropropagación.

El explante: no existen suficientes estudios que comparen la regeneración in vitro a partir de explantes in vitro y ex vitro, siendo la elección del explante uno de los aspectos principales para el éxito en la técnica de cultivo in vitro además el análisis bioquímico del cannabis no solo enfocado en la determinación de los fitocannabinoides sino

también en la producción de fitohormonas endógenas y su relación con la capacidad de regeneración de la planta. Además de la disposición del explante que influye puede afectar el sitio de inicio de la regeneración, (Cui et al., 2020) Informo que los explantes colocados de manera horizontal tienen tasas de regeneración mayor que los que se encuentran verticalmente probablemente porque tienen mayor superficie de contacto con el medio de cultivo. El estudio de las condiciones del explante, la disposición en el medio de cultivo, la edad y la condición representa un enfoque prometedor para la investigación y la optimización de protocolos de micropropagación de cannabis.

Las condiciones ambientales: la etapa de aclimatación del cannabis a condiciones in vitro es una etapa crítica del cultivo in vitro; las condiciones de luz, temperatura, fotoperiodo, densidad de flujo influyen directamente en el desarrollo de la planta y en sus procesos bioquímicos de manera significativa, sin embargo, no existen suficientes estudios en donde se analicen diferentes condiciones de adaptación del cultivo de cannabis para optimización de protocolos. Las variedades de cannabis pueden responder de diferente manera a las condiciones ambientales debido a que las condiciones de temperatura óptimas pueden variar dependiendo del genotipo, es esencial optimizar estas condiciones para mejorar la micropropagación del cannabis.

Los medios de cultivo y las fitohormonas, en la tabla 1 se observa el medio estándar comúnmente utilizado MS reporta la regeneración de brotes de Cannabis sin embargo, no son estables en el tiempo (Etapa 2), además del medio DKW no existen más reportes en donde se analice diferentes concentraciones de vitaminas y otros componentes para la formación de brotes, probablemente debido al tiempo y el costo

que representa estandarizar una formulación de medios de cultivo, sin embargo en la actualidad existen alternativas in silico que mediante algoritmos simulan la formulación de medios de cultivo así como la respuesta del Cannabis ante los diferentes tratamientos, los avances de nuevas tecnologías pueden abrir una nueva ventana para el estudio integral de la micropropagación de Cannabis. (Monthony et al., 2021)

### **Conclusiones**

El cultivo de Cannabis y las biotecnologías de las plantas deben mantenerse al día con esta industria que crece día a día debido a sus amplias aplicaciones y lo que esto representa, una serie de oportunidades, además de ser una industria que genera costos bajos y brinda una economía circular, da materiales y materia prima que son mucho más amigables con el medio ambiente y es un dinamizador de la economía.

A medida que las restricciones se flexibilizan en diferentes regiones del mundo, las investigaciones deben encaminarse hacia nuevos estudios de micropropagación para Cannabis en las que se aborden los desafíos actuales para la regeneración de la planta. Se necesitan métodos precisos que puedan ser utilizados para replicar genotipos de cannabis de manera precisa y eficiente por otros investigadores, con la finalidad de atender las necesidades de los productores y consumidores en esta industria potencial del cannabis para aportar en el desarrollo económico y productivo del país.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., & Elsohly, M. A. (2010). Assessment of cannabinoids content in micropropagated plants of cannabis sativa and their comparison with conventionally propagated plants and mother plant during developmental stages of growth. *Planta Medica*, 76(7), 743–750. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1240628>
- Cui, S., Ren, Y., Hao, Y., Zhang, J., Chen, Z., Zou, J., ... Chen, X. (2020). An efficient protocol for regenerating shoots from paper mulberry (*Broussonetia papyrifera*) leaf explants. *Open Life Sciences*, 15(1), 318–325. <https://doi.org/10.1515/biol-2020-0034>
- Lata, H., Chandra, S., Techen, N., Khan, I. A., & Elsohly, M. A. (2016). In vitro mass propagation of Cannabis sativa L.: A protocol refinement using novel aromatic cytokinin meta-topolin and the assessment of eco-physiological, biochemical and genetic fidelity of micropropagated plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(1), 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.12.001>
- Monthony, A. S., Page, S. R., Hesami, M., & Jones, A. M. P. (2021). The past, present and future of cannabis sativa tissue culture. *Plants*, 10(1), 1–29. <https://doi.org/10.3390/plants10010185>
- Page, S. R. G., Monthony, A. S., & Jones, A. M. P. (2020). Basal media optimization for the micropropagation and callogenesis of Cannabis sativa L. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.939181>
- Thacker, X., Thomas, K., Fuller, M., Smith, S., & DuBois, J. (2018). Determination of Optimal Hormone and Mineral Salts Levels in Tissue Culture Media for Callus Induction and Growth of Industrial Hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.). *Agricultural Sciences*, 09(10), 1250–1268. <https://doi.org/10.4236/as.2018.910088>
- Uchendu, E., Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., & Elsohly, M. A. (2019). Cryopreservation of Shoot Tips of Elite Cultivars of Cannabis sativa L. by Droplet Vitrification. *Medical Cannabis and Cannabinoids*, 2(1), 29–34. <https://doi.org/10.1159/000496869>
- Wróbel, T., Dreger, M., Wielgus, K., & Słomski, R. (2020). Modified Nodal Cuttings and Shoot Tips Protocol for Rapid Regeneration of Cannabis sativa L. *Journal of Natural Fibers*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1748160>

## Cáñamo y desarrollo sustentable

Vanessa Rocha

Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: vane.correo@hotmail.com

*Recibido: 10 Octubre 2021*

*Aceptado: 11 Diciembre de 2021*

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la preocupación ecológica y el calentamiento global han iniciado un interés considerable en el uso de materiales naturales para reducir las emisiones de dióxido de carbono y moderar el desgaste antropogénico del suelo por todos los medios posibles (Mastali et al., 2018). En el escenario actual, las fibras naturales tienen un excelente potencial para reducir no solo las emisiones de dióxido de carbono, sino también para ahorrar recursos energéticos no renovables (Florentin et al., 2017). Uno de los recursos sostenibles más prometedores es el cáñamo, un cultivo de cosecha resistente y renovable que ha sido cultivado por el hombre desde 8000 a. C (Ingrao et al., 2015). Ha sido durante mucho tiempo un cultivo esencial en varias partes de Europa y América, valorado por su renovabilidad y amplia variedad de usos. En otras palabras, su cultivo puede proporcionar aún más alternativas sustentables a la humanidad debido a sus numerosos beneficios ambientales con respecto a procesos de captura de carbono y la regeneración de suelos.

### CAPTURA DE CARBONO

El uso de combustibles fósiles es la principal fuente mundial de emisiones de dióxido de carbono que representa más del 99% de todos los gases de efecto invernadero (GEI) (Per, 2003). En el protocolo de Kyoto se ha destacado la importancia de reducir las emisiones combinadas de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub> y dióxido de nitrógeno N<sub>2</sub>O en un 6% por debajo de los niveles del año

1990 (Ingrao et al., 2015). Como alternativa sustentable, se ha determinado que la producción de cáñamo constituye un proceso de carbono negativo ya que la plantación de esta planta puede absorber una cantidad considerable de carbono en la atmósfera mediante su crecimiento en comparación con el dióxido de carbono que se produce durante la cosecha, procesamiento y transporte de esta plantación (Finnan, n.d.). Adicionalmente, de acuerdo con los autores Mastali et al (2018), se ha demostrado científicamente que el cultivo de cáñamo industrial absorbe más dióxido de carbono por hectárea en comparación con un bosque o cultivo comercial y, por lo tanto, el cultivo de cáñamo se lo considera como el sumidero de carbono ideal para mitigar la excesiva presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Por otro lado, varias instituciones de investigación y algunas empresas están explorando más ampliamente las fibras naturales como una alternativa respetuosa con el medio ambiente. La mayoría de las fibras de que se estudian se obtienen de plantas de cáñamo y lino que crecen naturalmente. Estas fibras son renovables, no abrasivas para los equipos de procesamiento y pueden incinerarse al final de su ciclo de vida para la recuperación de energía, ya que poseen una gran cantidad de poder calorífico y son mucho más seguras de manipular (Pino, 2019). Debido a que el dióxido de carbono se une permanentemente dentro de las fibra naturales, las fibras de cáñamo se pueden utilizar para elaborar varios productos con un bajo índice de

emisión de dióxido de carbono a la atmósfera (Mastali et al., 2018). Los materiales sostenibles que se pueden elaborar a partir de la utilización del tallo de la planta de cáñamo van desde textiles, cuerdas hasta materiales de construcción como bloques y fibras aislantes de ruido para viviendas y edificios (Reeve, 2001). Los materiales antes mencionados se destacan por su facilidad para ser teñidas, por su resistencia y por bloquear la luz ultravioleta (Onion, 2006). La pulpa de la planta en cambio se usa para la producción de papel para imprimir y papel de cocina, así como materiales aislantes de ruido. En este contexto, se ha determinado que la construcción de viviendas que utilicen materiales en base a la fibra de cáñamo contribuye de manera significativa a reducir la contaminación ambiental global debido a la utilización de recursos energéticos que almacenan carbono en el interior de sus fibras (Florentin et al., 2017). El área de la construcción es considerada como uno de los sectores más relevantes con respecto a la mitigación de diversos impactos ambientales debido al uso significativo de materias primas derivadas del petróleo, consumo de energía fósil y consiguientes emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de materiales y tecnologías no convencionales y respetuosos con el medio ambiente es reconocido mundialmente como un factor clave para permitir la disminución del consumo de materiales y energía en los edificios. Por lo tanto, para posibilitar la construcción de edificaciones más sostenibles, es importante la utilización de materiales como la fibra de cáñamo que almacenen carbono en su interior, de bajo impacto ambiental y reduciendo el uso de recursos no renovables (Jami, Rawtani & Agrawal, 2016).

Las aplicaciones automotrices representan la mejor oportunidad para impulsar la utilización de termoplásticos elaborados con fibras naturales debido a algunas de las ventajas distintivas en comparación con las fibras de vidrio, como por ejemplo: menor precio, mejor absorción de impactos, materiales más

livianos y mejores propiedades de aislamiento acústico (Balatinecs & Sain, 2007). Algunas de las aplicaciones potenciales en este campo son: paneles de puertas y de instrumentos, bandejas para interiores, guanteras, apoyabrazos y respaldos de asientos (Onion, 2006). Adicionalmente, el cáñamo también es utilizado como material de almacenamiento de carbono para reemplazar los plásticos en la construcción de automóviles (Per, 2003). En este sentido, los recientes avances en el desarrollo de fibras naturales a base de cáñamo representan una importante oportunidad para producir materiales mejorados, principalmente asociados con el secuestro de dióxido de carbono durante el crecimiento de la plantación para su posterior aprovechamiento industrial.

#### REGENERACIÓN DE SUELOS

El cáñamo es un bioacumulador, lo que significa que absorbe y recoge sustancias localizadas en el suelo, por lo que puede ayudar a limpiar la contaminación cercana del suelo y el agua (Morin-Crini et al., 2019). Además, las extensas raíces del cáñamo ayudan a evitar la erosión de los suelos en las zonas de cultivos, mejorando así la aireación, porosidad y estructura del suelo (Finnan, n.d.). Las plantas de cáñamo por sí mismas se pueden usar para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados a través de un proceso denominado fitorremediación (Morin-Crini et al., 2019). De hecho, uno de los usos más interesantes del cáñamo es que su raíz es capaz de realizar su propia capacidad quelante contra contaminantes tales como el arsénico y el cobre, así como contra disolventes y pesticidas (Morin-Crini et al., 2019). Una práctica agrícola muy común es la rotación de cultivos para permitir que el suelo se reponga y evitar el drenaje de nutrientes. Sin embargo, en la era de los poderosos fertilizantes artificiales, esta práctica ha disminuido, favoreciendo el monocultivo. El cáñamo es una planta importante para la rotación de cultivos por varias razones. En primer lugar, a pesar de ser

un cultivo anual, las raíces del cáñamo se hunden profundamente en el suelo lo cual ayuda a mantener el suelo unido y reduciendo la erosión (Finnan, n.d.). En segundo lugar, el cáñamo produce grandes cantidades de biomasa que regresa al suelo y se descompone devolviendo los nutrientes a la tierra (Per, 2003). Por esta razón, el cáñamo a menudo se cultiva en rotación con cereales de invierno que requieren un suelo de alta calidad (Finnan, n.d.). Las plantas de cáñamo se utilizan para los procesos de descontaminación de suelos, con especial referencia a las zonas degradadas y páramos, ya que permite cultivar con una metodología de bajo costo. Las plantaciones de cáñamo pueden crecer en suelos contaminados sin efectos nocivos, absorbiendo los metales pesados y las toxinas en los tallos, raíces y hojas de las propias plantas (Morin-Crini et al., 2019). En otras palabras, el cáñamo se puede cultivar en suelos contaminados con metales o elementos radiactivos. Por ejemplo, el cáñamo ya se ha utilizado con buenos resultados en Chernóbil, Rusia, tras el desastre nuclear en 1986 (Vanderhobe, Van Hees, 2003). En un estudio realizado por los científicos Vandenhove y Van Hees (2003), se pudo evidenciar que las plantas de cáñamo son eficaces para limpiar el suelo alrededor del sitio donde ocurrió el desastre nuclear, además, recientemente se consideró el uso de plantaciones de cáñamo con el fin de aminorar el desastre nuclear en Fukushima, Japón. Por este motivo, el cáñamo también está recibiendo cada vez más atención para ser utilizado en la limpieza de aguas residuales y de tratamiento.

#### BENEFICIOS ECOSISTÉMICOS

Actualmente, los ecosistemas naturales terrestres se han visto afectados por los amplios asentamientos humanos y la tala excesiva de árboles, ocasionando un declive en la población y el número de abejas que son mediadoras en los servicios ecológicos de polinización. La polinización es un proceso

fundamental para el mantenimiento de diversidad genética de las plantas con flor, además de mejorar la calidad y cantidad de semillas y frutos que sirven de alimento para los seres humanos. Investigadores de la Universidad Estatal de Colorado descubrieron que las abejas obtienen alimento de las plantaciones de cáñamo que sirven como fuente de polen cuando otros cultivos ya terminaron de dar flores, obteniendo así alimento durante este tiempo donde muchas variedades de abejas habían sido encontradas en cultivos de cáñamo (O'Brien & Arathi, 2019). En otra investigación realizada en granjas de New York por la Universidad de Cornell, se observó que los cultivos de cáñamo eran visitados por 16 especies diferentes de abejas, indicando que el cáñamo tiene el potencial de servir de alimento durante épocas con pocas flores y continuar con el proceso de polinización (Ryan, Poveda & Grab, 2019).

#### CONCLUSIÓN

Las utilización de productos derivados del cáñamo podrían reemplazar muchos materiales insostenibles, particularmente en la construcción e industria automotriz, bloqueando el dióxido de carbono capturado y creando beneficios secundarios para el medio ambiente de manera local y global. En particular, el cáñamo podría usarse para reemplazar cantidades significativas de productos derivados de árboles y combustibles fósiles, lo cual permitiría el desarrollo sostenible y uso de fibras naturales a larga escala.

Para una mayor contribución a la sostenibilidad global ambiental es recomendable el uso de materiales derivados del cáñamo con el fin de limitar el uso de los recursos energéticos no renovables y, como consecuencia, mitigar los impactos adversos del los gases de efecto invernadero en la salud humana y del medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Balatinecz, J., & Sain, M. (2007). Cars made of wood and hemp fibres? Why not? *Forestry Chronicle*, 83(4), 482–484. <https://doi.org/10.5558/tfc83482-4>
- Finnan, J. (n.d.). Hemp\_ A more sustainable annual energy crop for climate and energy policy. *Energy Policy*, 11.
- Florentin, Y., Pearlmutter, D., Givoni, B., & Gal, E. (2017). A life-cycle energy and carbon analysis of hemp-lime bio-composite building materials. *Energy and Buildings*, 156, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.097>
- Ingrao, C., Lo Giudice, A., Bacenetti, J., Tricase, C., Dotelli, G., Fiala, M., Siracusa, V., & Mbohwa, C. (2015). Energy and environmental assessment of industrial hemp for building applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.002>
- Jami, T., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016). Hemp concrete: Carbon-negative construction. *Emerging Materials Research*, 5(2), 240–247. <https://doi.org/10.1680/jemmr.16.00122>
- Mastali, M., Abdollahnejad, Z., & Pacheco-Torgal, F. (2018). Carbon dioxide sequestration of fly ash alkaline-based mortars containing recycled aggregates and reinforced by hemp fibres. *Construction and Building Materials*, 160, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.044>
- Morin-Crini, N., Loiacono, S., Placet, V., Torri, G., Bradu, C., Kostić, M., Cosentino, C., Chanet, G., Martel, B., Lichtfouse, E., & Crini, G. (2019). Hemp-based adsorbents for sequestration of metals: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 17(1), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0812-x>
- O'Brien, C., y Arathi, H. (2019). Bee diversity and abundance on flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Biomass and bioenergy*, 122, 331-335.
- Onion, A. (2006). Hemp Cars Could Be Wave of the Future. ABC News. Recuperado de <Sitio web>, última consulta el 20 de marzo de 2020.
- Per, M. (2003). Carbon storage potential in natural fiber composites. 16. Disponible en [www.elsevier.com/locate/resconrec](http://www.elsevier.com/locate/resconrec)
- Pino, O. (2019). Estudio de prefactibilidad para la creación de una empresa productora y procesadora de fibra de cáñamo industrial en la provincia de Pichincha para la exportación al mercado alemán en el periodo 2019-2029. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Reeve, D. A. (2001). The capture and storage of carbon dioxide emissions : a significant opportunity to help Canada meet its Kyoto targets . The Office of Energy Research and Development.
- Ryan Flicker, N., Poveda, K., y Grab, H. (2019). The Bee Community of *Cannabis sativa* and Corresponding Effects of Landscape Composition. *Environmental Entomology*, 20 (20), 1-6. doi: 10.1093/ee/nvz141
- Timofeeva, S. S., Gorlenko, N. V., & Timofeev, S. S. (2020). Possibility of ecological remediation of oil production territories with the use of industrial hemp. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 962(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042095>
- Vandenhove H, Van Hees M (2003) Fibre crops as alternative land use for radioactively contaminated arable land. *J Environ Radioact* 81:131–141. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.20>

# Manejo de plagas en el cultivo de cáñamo

## Pest management in hemp cultivation

Steeven Alexander León Abarca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: Steeven A. León Abarca Email: [sleon@earth.ac.cr](mailto:sleon@earth.ac.cr)

*Recibido: 10 Octubre 2021*

*Aceptado: 11 Diciembre de 2021*

---

### RESUMEN

El cáñamo como cualquier otro cultivo que se trabaja bajo sistemas de monocultivo, es susceptible al ataque de plagas y enfermedades, aunque los cannabinoides y otros compuestos presentes en el cáñamo. Tienen propiedades repulsivas y tóxicas para las plagas, no obstante, debemos realizar monitoreos periódicos en las diferentes etapas del desarrollo vegetativo del cultivo, con la finalidad de evaluar la incidencia y el tipo de plaga que tenemos presente. Porque cuando estas sobrepasan el umbral permitido debemos actuar de manera rápida y eficiente para evitar una proliferación excesiva de plagas que afecten la rentabilidad de la unidad de producción.

**PALABRAS CLAVE:** cáñamo, cannabinoides, plagas, enfermedades.

### ABSTRACT

Hemp, like any other crop grown in monoculture systems, is susceptible to attack by pests and diseases, although cannabinoids and other compounds are present in hemp. They have repulsive and toxic properties for pests; however, we must carry out periodic monitoring in the different stages of the vegetative development of the crop, in order to evaluate the incidence and type of pest that we have in mind. Because when these exceed the allowed threshold, we must act quickly and effectively to avoid an excessive proliferation of pests that affect the profitability of the production unit.

**KEYWORDS:** hemp, cannabinoids, pests, diseases.

---

En la actualidad el manejo de plagas y enfermedades se vuelve un eje central para obtener óptimas cosechas, esto acompañado de una buena fertilización y agua durante todo su ciclo productivo. Aunque la planta de cannabis tiene propiedades insecticidas, cuando existe una proliferación de alguna

plaga en específico, puede repercutir negativamente en la planta. (Velasco y Vicente, 1999)

A continuación, se enumera algunas de las principales plagas que atacan al cáñamo en diferentes periodos vegetativos.

### **Insectos claves**

Dentro de este grupo podemos señalar un gran grupo de insectos plaga que atacan al cannabis en los diferentes periodos vegetativos del cultivo, estos pueden causar daños de hasta el 50% y en algunos casos un poco más. Estos insectos acatan desde las hojas, troncos, ramas y raíces alimentándose principalmente de la sabia que exuda la planta al momento de la herida, esto a su vez da paso a otro tipo de infecciones como fúngicas o bacterianas. De entre los principales podemos citar a los ácaros, áfidos, mosca blanca, barrenadores, trips, larvas de escarabajo y picudos. (Fassio et al, 2013)

El control que se recomienda para este tipo de insectos son cultivos alelopáticos, bioles con propiedades repelentes o insecticidas, trampas cromáticas y una buena fertilización, porque una planta que no tiene una buena nutrición va a ser más susceptible al ataque de plagas y enfermedades según los principios de la trófobiosis. (Xavi y Andreu,2014)

### **Insectos secundarios**

En este grupo resaltamos a algunos insectos menores que rara vez afectan el umbral económico, de igual forma se alimentan de hojas, tallos, raíces y flores, no obstante, el propio equilibrio natural de especies logra mantener a raya a estas especies como chinches principalmente del orden Hemiptera, algunos escarabajos, minadores de hojas, cochinillas, saltamontes, grillos, termitas, hormigas y auquenorrincos, estos últimos suelen ser vectores de virus. (Luko y Joseph,2008)

### **Manejo de nemátodos**

Los nematodos son pequeños gusanos microscópicos que se encuentran en el suelo y se alimentan principalmente de las raíces de las plantas o de otros tejidos vegetales del

cannabis, causando daños importantes en el desarrollo adecuado del cultivo impidiendo una correcta asimilación de nutrientes y agua por lo consiguiente los síntomas que podemos apreciar son tejidos atrofiados, clorosis y marchites, síntomas que pueden ser confundidos muchas veces por otro tipo de patógenos o deficiencias nutricionales. No obstante, el daño causado por los nematodos es sectorizado, es decir, manchas dispersar dentro de la huerta. (Zavaleta, 1999)

Entre los principales nematodos podemos destacar a los del género: *Meloidogyne incognita*, *Heterodea*, *Ditylenchus*, *Pratylenchus*, *Paralongidorus* y *Radopholus*.

Para poder controlar esta plaga debemos mantener suelos fértiles con una buena capa de materia orgánica en la superficie, adicional a eso se puede complementar con la aplicación de enmiendas orgánicas como bioles con propiedades nematicidas. (Pinzón *et al*,2012)

### **Manejo de pájaros**

El cultivo de cannabis puede verse afectado por diversas aves, las cuales se alimentan de las semillas del cáñamo, si no se controla esta plaga en su debido tiempo puede ocasionar graves daños en la cosecha y afectar el umbral económico.

Su manejo es prácticamente cultural, consiste en colocar trampas que generen ruidos, o los famosos espantapájaros en diversos puntos de la huerta, otra opción es el asocio de especies o cercas vivas para proporcionen alimento para las aves, convirtiéndose así está mal llamada plaga en un aliado al alimentarse de otros insectos perjudiciales para la producción de cannabis como escarabajos, grillos, saltamontes, orugas, etc. (Fassio *et al*, 2013)

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Luko, H. y Joseph L, S. (2008). Manejo integrado de plagas en Mesoamérica: aportes conceptuales. Tecnológica de Costa Rica.
- Xavi, F. y Andreu, V. (2014). Plagas y enfermedades en hortalizas y frutales ecológicos. La Fertilidad de la Tierra Ediciones.
- Fassio, A; Rodriguez, M y Ceretta, S. (2013). Cáñamo (Cannabis sativa L.). INIA.
- Pinzón, H; Cárdenas, G; Pulido, S y et al. (2012). Manual para el cultivo de Hortalizas. Produmedios.
- Velasco, V y Vicente, A. (1999). Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana, 17 (3), 193-200. [Fecha de Consulta 20 de febrero de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57317303>
- Zavaleta Mejía, E. (1999). Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana, 17 (3), 201-207. [Fecha de Consulta 20 de febrero de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57317304>

# Revisión del cáñamo, sistemas constructivos sostenibles

## Hempcell y hempcrete.

### REVIEW OF HEMP, SUSTAINABLE CONSTRUCTION SYSTEMS HEMPCELL AND HEMPCRETE.

Oscar Jara Vinueza

Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador.

Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

*Recibido: 10 Octubre 2020*

*Aceptado: 11 Diciembre de 2021*

---

#### RESUMEN

El sector de la construcción posee un desproporcionado consumo de materiales, uso de energías fósiles y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por la combustión de estos, generando contaminación ambiental. El desarrollo de materiales, sistemas constructivos sostenibles, con productos y subproductos de fibras naturales, de plantas de rápida regeneración como el cáñamo son un campo de acción prometedor debido a sus cualidades y propiedades higrotérmicas y acústicas de aislamiento; siendo un potencial de impacto de bio economía. Este es el caso de Hempconcrete y Hempcell; estos elementos provienen de la mezcla de cañamiza con cal para fabricación de bloques y paneles de fibras entrelazadas, textiles y geomallas de alta densidad en cáñamo con soportes de fibra de madera.

#### ABSTRACT

The construction sector has a disproportionate consumption of materials, use of fossil fuels and greenhouse gas (GHG) emissions from their combustion, generating environmental pollution. The development of materials, sustainable construction systems, with products and by-products of natural fibers, of fast regenerating plants such as hemp are a promising field of action due to their qualities and hygrothermal and acoustic insulation properties; being a potential impact of bio economy. This is the case of Hempconcrete and Hempcell, these elements come from the mixture of hemp with lime to manufacture blocks and panels of interlaced fibers, textiles and high-density geogrids in hemp with wood fiber supports.

KEYWORDS: Hemp, Construction system, Hempconcrete, Hempcell.

---

#### INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la co-responsabilidad de las industrias en el consumo de materias primas que en, su fabricación resulta en contaminación global restan recursos primarios acompañados de crisis energéticas.

Siendo urgente soluciones constructivas e innovaciones en carbono neutro, que mitiguen el uso de materiales contaminantes.

La población mundial está creciendo a un ritmo acelerado al igual que sus necesidades y espacios construidos para habitarlos. Según datos de Aim2flourish (2019) Instituto de investigación; para el año 2100 habrá 2 mil millones más de personas; con la adición de

nuevas viviendas que crearán, presión sobre la tierra, en términos de las emisiones de carbono, así como en la utilización de recursos no renovables. Siendo esta una oportunidad de crear procedimientos desde la construcción mejorando entornos de vida de las personas y el clima de manera sostenible (Aim2flourish, 2019).

El cultivo de cáñamo en su historia data de hace más de 5.000 años (Gabrielová, 2005); como una planta de rápido crecimiento, sus semillas, flores, fibras y tallos leñosos fueron aprovechados como alimento, medicina, elaboración de papel, textiles y materiales de gran resistencia; ahora una fibra vegetal aplicada para la producción y procesamiento de derivados industrializados.

Edificios “ecológicos” han ido ganando espacio desde los años 1990, descubren su eficiencia y una visión sostenible del consumo de recursos y servicios básicos, debido al equilibrio en diseño y materialidad planificada, respetuosa con el medio ambiente y uso de sistemas constructivos y tecnologías alternativas.

En la actualidad los materiales derivados del cáñamo son vistos como una biotecnología. Para Pervaiz y Sain (2017) permiten un alto almacenamiento de carbono debido al CO<sub>2</sub> atrapado durante su fase de crecimiento agrícola. El cáñamo, apenas es utilizado en un porcentaje reducido en la construcción, en el sector de la vivienda y pequeña infraestructura, debido a la prohibición de su cultivo y uso por el contenido de Tetrahidrocannabinol (THC) componente psicopático del cannabis. Agrocrete de GreenJams (fig.1) han desarrollado la fabricación de bloques ecológicos de cáñamo con residuos agroindustriales, como modelo ecológico productivo de eficiencia energética.



Fig. 1. Pared elaborada por Agrocrete by GreenJams.

Fuente: Tarun Jami, 2017)

Para el caso de cáñamo industrial el porcentaje de THC está entre 0,2% y 0,3% valores bajos, determinados por cada país para ser cepas elegibles para el registro del catálogo común en el caso de la Unión Europea (UE) como especies de producción, cultivo y cosecha industrial. Es robusto y versátil usado como material sostenible en la construcción arquitectónica y diseño de viviendas e infraestructuras habitables.

La existencia de mampuesto revestidos de esta fibra natural y materiales bio degradables son algunos referentes desarrollados; donde se observan mezclas con agregados finos y gruesos más aglomerados, con nanotubos de carbono para obtener morteros de cemento cáñamo, de yeso cáñamo y de cal cáñamo, con dosificación y mezclas distintas (Ingrao, et al., 2015).



Fig. 2. Hempcrete

El desconocimiento de esta fibra de sus propiedades físicas, mecánicas, acústicas e hidrófugas aplicadas en la construcción ha restado importancia a sus varias ventajas competitivas en el mercado inmobiliario sostenible, puesto que posee una responsabilidad medio ambiental en su uso, donde los materiales resultantes como Hemconcrete y Hempcell contienen características adecuadas como producto y material de elevada resistencia en mezcla, utilidad prolongada, confort térmico y como repelente natural de humedad.

La Asociación Internacional de Construcción con Cáñamo (IHBA), contempla una serie de trabajos y experiencias constructivas que referencian su uso y factibilidad. (International Hemp Building Association)



Fig. 3. Sistema HempCell y varias configuraciones experimentales

El sistema Hempcell®5 (fig.3) está compuesto por un conjunto de materiales naturales, entre los cuales, el más innovador es una mezcla de cáñamo-cal que sirve como capa aislante térmica y amortiguadora higrótérmica. Se estima que la huella de carbono de este sistema es aproximadamente un 80% menor que en los sistemas constructivos tradicionales.

En Delhi, la calidad del aire se degrada, donde el 44% proviene de los desechos de materiales de la construcción (Jami, 2017). El cáñamo crea un entorno edificado sin emisiones de carbono a la par con materiales neutros que se emplean en la construcción, que marcaran una reducción sustancial en la contaminación del aire en la India (fig.4), con un 45% en la fabricación de hormigón ecológico de cáñamo, generando impacto positivo en la agricultura pues sería la fuente principal de materiales de construcción proveniente de la agroindustria y modelo ecológico productivo, eficiencia energética, con un cerco de emisiones de carbono en el medio ambiente.



Fig. 4 Agrocrete, casa construida en Surajgarh by GreenJams.

El objetivo de esta investigación es indagar en los sistemas constructivos elaborados con cáñamo Hempcrete y Hempcell como revisión para una aplicación metodológica como estudios de caso.

Los productos constructivos fabricados bajo responsabilidad ecológica son alternativas, a partir de materias primas naturales y / o recicladas, donde su producción es de baja carga ambiental, al igual que baja es la demanda de materiales y energía fósil (Asdrubali, 2012). Estos materiales son aplicados en edificios ecológicos de forma selectiva, según el tipo de construcción; su método, el reciclaje, en como reutilizar estas materias primas iniciales; luego renovarlas como un procedimiento de bajo consumo de recursos, en los procesos productivos involucrados (Kymäläinen y Sjöberg, 2008).

Existe también la postura de utilizar eco materiales de base biológica que remplazan a los de base sintética, elaborados con biopolímeros y minerales con diferencias en su vida útil. Los materiales fabricados de manera sostenible y de origen biológico representan una alternativa competente para optimizar la sostenibilidad ambiental de los edificios (Asdrubali et al., 2016) que eviten la emisión de gases tóxicos; proceder que contamina al interior de una construcción y posterior liberación al medio ambiente y afecte a la salud de los seres vivos.

Tenemos a la fibra de cáñamo y su aplicación en la construcción por sus propiedades mecánicas, higrotérmicas, de aislamiento acústico y de barrera de almacenamiento de carbono al igual que en su fase de crecimiento agrícola, donde capturo dióxido de carbono (Zampori y col., 2013). Las más grandes plantaciones que se encuentran en el mundo son en China, Corea del Norte, Estados Unidos, Canadá y Francia, que se emplean en su totalidad para la producción textil y de aceite de su semilla. (Lizarzaburo,2021).

La valoración del cáñamo elaborada en Francia, su ciclo de vida como punto central, en una cadena posible de suministros derivados del cáñamo, materiales y productos para la construcción; evaluados por Scrucca y grupo investigador en el 2020 describe dos líneas de trabajo, en fibras y semillas e investigaciones aplicadas futuras para edificar con bajo impacto ambiental. El cáñamo y su gran biomasa permiten utilizar toda la planta. El análisis generado por los investigadores, son datos de inventario, e impactos ambientales considerados relevantes. Desde un sistema de cultivo, cambio de fertilizantes químicos por orgánicos y soluciones viables para un cultivo de agricultura sostenida.

En Sudamérica en Colombia, Perú y Chile crece a un ritmo del 30 % anual y se ha duplicado en los últimos años, “al 2025 se espera que llegue a los 145.000 millones de dólares” En Ecuador el costo aproximado de cultivo de cáñamo industrial es de 100.000 dólares en una hectárea productiva. El retorno en el ámbito medicinal se calcula en Ecuador, estaría entre 25.000 y 50.000 dólares por hectárea aproximadamente, pero eso está regido por los mercados internacionales. Por la ubicación geográfica, de nuestro país se pueden hacer tres siembras al año. [expreso2021](#)

La construcción ha evolucionado al igual que los códigos de edificación, siendo el caso europeo EPBD que incorpora materiales de huella de carbono reducido; generando un incremento de prácticas constructivas con materiales alternativos de fabricación en entornos y comunidades sostenibles. Se estima que, a nivel mundial, alrededor del 40% de todo el consumo de energía final se realiza en edificios. Para (Garay, 2017) garantizar la sostenibilidad del sistema energético en Europa, donde la optimización del rendimiento energético en construcciones pasivas; en conjunto con la renovación de aire al interior de sus espacios son procedimientos de diseño, que disminuyen el consumo de energía y el desplazamiento de acciones generadores de emisiones de efecto invernadero. Implementándose normativa europea en rendimiento y consumo de energía (EPBD, 2017).

El DLR Institute of Structural Mechanics desarrolló una idea innovadora en 1989: la incorporación de fibras naturales para refuerzo, por ejemplo, lino, cáñamo, ramio, celulosa. Para el Ing. Ulrich Riedel son matrices biopoliméricas a partir de celulosa, almidón o derivados del ácido láctico (tanto termoplásticos como termoestables), se crearon nuevos materiales reforzados con fibras, denominados biocompo-sites, que aún se están desarrollando. Con propiedades mecánicas comparables a los plásticos reforzados con fibra de vidrio (GFRP) y combinaciones de fibra / matriz y retardantes de llama, que a futuro replacen al GFRP en la mayoría de los productos. En el Instituto Trukturmechanik Braunschweig de Alemania gestores de la tecnología aeroespacial, refuerzan en diversas aplicaciones de plásticos con fibra naturales (FRP) de propiedades específicas por su alta resistencia y rigidez, bajo peso y el potencial de

optimización al orientar fibras (especialmente continuas) a lo largo de caminos de carga.

### EL CAÑAMO

Para Adam Popescu (2018) del "The New York Times", muestra una fotografía de Oleg Sizov / TASS de la región de Kursk y un grupo de mujeres rusas clasificando gran cantidad de fibras de cáñamo en la década de 1960. The People's History en "The Thistle" (2000) menciona a restos de telas de cáñamo encontradas por arqueólogos en la Antigua Mesopotamia ahora territorios de Iran e Irak que datan del 8.000 a.C. Eduardo Souza (2020) menciona a registros similares en China que documentan el consumo de semillas y aceites de cáñamo, que datan de entre 6.000 y 4.000 a.c. El cáñamo se ha utilizado como material de construcción durante milenios en Europa y en otros lugares, pero apenas está comenzando a obtener un reconocimiento más amplio como una opción de construcción ecológica (fig.5).



Fig. 5 Mujeres rusas clasificando fibras de cáñamo en bruto en la región de Kursk en la década de 1960.

Al llegar a Europa, se usó para cuerdas y textiles para las velas de los barcos. Los romanos y el cáñamo se emplearon para reforzar mezclas de distintos morteros, usados en sus construcciones en el siglo I a. C, en el periodo de Julio Cesar. El hormigón de cáñamo, descubierto por los Merovingios en el siglo VI en Galia ahora Francia; encontrado

en los pilares de los puentes construidos con fibras de cáñamo entre mezclado, eran usadas para reforzar estas estructuras, siendo esta planta natural el material por excelencia y el más sostenible según su historia (Popescu, 2018).

Los Cultivos de Cáñamo Industrial en el continente europeo se han generado desde 1994 con 8.000Ha y entre 2012 a 2016 alcanzó un máximo de 33000Ha (Carus, 2017) la mayor superficie cultivada según TerresInovia Instituto (2017) se encuentra en Francia con 16.400Ha en el año 2017, con el apoyo de la Federación Nacional de Productores de Cáñamo Francés (NFHP), y la Cooperativa Central de Productores de Semillas de Cáñamo (CCHSP). Con estrategias comunes orientadas al desarrollo industrial del cáñamo, y como materia prima para la fabricación de hormigones y morteros aislantes que representan producto de entre 3,5 y 4 millones de euros (Nomadeis, 2012).

Los productos derivados del cáñamo industrial en Europa son: papel, aislamiento con lana de cáñamo, plásticos de origen biológico, termo comprimidos no tejidos. Mientras con los Hurds denominados como fibras gruesas, remanentes de cáñamo se utilizan como alimento, fabricación de aceites y cosméticos por su contenido de omega 3 y 6, vitamina E; acolchado hortícola de aislamiento. En la fabricación de bloques y mamposterías en el campo de la construcción, debido a sus beneficios ya mencionados, más la resistencia al fuego, resistencia sísmica y para construcción de arquitectura efímera, ligera y versátil.

La autonomía de estas construcciones con fibras naturales no convencionales, derivadas de materiales sostenibles, por lo general es a una escala menor, según el territorio donde son implementadas. Distanciadas del mercado de la construcción convencional, debido a la distorsión de criterios en cuanto a

la aplicación de estos materiales alternativos, asociados a fallas de los materiales, garantía de los mismo y su permanencia en el tiempo, con sus propiedades físicas por mencionar un de las primordiales a nivel estructural.

“En cada periodo del planteamiento de evolución de la construcción, las tecnologías anteriores o tradicionales de origen vernáculas buscan volver a emerger y reinventarse como parte del repertorio de alternativas disponibles para el desarrollo de la arquitectura contemporánea y por otro lado, este, un laboratorio de ensayo y error, donde las soluciones exitosas se convierten en lineamientos a seguir para la perfección del sistema en constante evolución.” Universidad de Berkeley (Arboleda, 2006) El edificio Gateway, es el más grande del Reino Unido, su Facultad de Bio Ciencia es una construcción elaborada; con fardos de fibras naturales y estructura mixta. El material de construcción (fardos de paja) se obtuvo de la cosecha de un campo cercano al edificio.

Las fibras de origen vegetal como el cáñamo poseen estructuras unidimensionales, siendo la longitud de estas superior a su diámetro, estas fibras celulósicas de clasificación no leñosa se diferencian por su procedencia, contenido de lignina y celulosa. Hay más de 50 especies viables conocidas en todo el mundo; utilizadas en la construcción como adaptación a recursos de un mismo entorno (Arboleda, 2006) Muchas de las aplicaciones de estas fibras no leñosas han sido subestimadas por la poca investigación técnica, científica y usos disruptivos de innovación constructiva más allá de su detalle estético y de artesanado tradicional. (Jara, 2018) La madera en la mayoría de sus especies de clasificación leñosa, son compatibles con el cáñamo, en la construcción de sistema de bajo consumo energético no contaminante, a posibilitar diversas escalas de intervención.

## METODO Y MATERIALES

La evaluación energética y medio ambiental del cultivo de cáñamo en Francia, con Método GWP 100 (IPCC, 2013) mostró resultados de 0.975 kgCO<sub>2</sub>eq, con CO<sub>2</sub> absorción de -1,29 kgCO<sub>2</sub>eq (Scrucca et al., 2020). Donde se evaluó el ciclo de vida, en sus distintas etapas y su aporte positivo o negativo para su aplicación en la construcción de edificios, ciertamente sostenibles. Se identifica una huella de carbono (FC) más baja que la absorción de CO<sub>2</sub> debido al carbono biogénico atrapado en el cáñamo, siendo este de impacto positivo para el desarrollo de elementos, técnicas, materiales y sistemas para la industria de la construcción por sus beneficios ambientales.

El cáñamo puede dar forma a paneles fibrosos, revestimientos, láminas e incluso bloques o ladrillos. (Souza, 2020) Productos prefabricados y su potencial impacto generador de matrices productivas internacional, como sistemas constructivos, el Hempconcrete y Hempcell; son elementos de una mezcla en mayor porcentaje de cáñamo, ante la madera. Una cañamiza, mezclada con cal genera la fabricación de bloques, materiales de aislamiento acústico y térmico, al igual que el uso de fibras entrelazadas, textiles y geomallas de alta densidad.

La investigación de propiedades de ingeniería de la fibra de cáñamo natural para reforzar ha demostrado que agregar fibras naturales a concretos puede, de hecho, mejorar sus propiedades y resistencia (Zhou et al., 2017). La tenacidad a la fractura, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión, la fatiga y la resistencia al impacto se ven mejoradas (Mehta y Monteiro, 2006). Propiedades de aislamiento al adicionar fibras a una matriz de hormigón disminuye la conductividad térmica en un 25-35% (Awwad et al., 2012), permitiendo la reducción del consumo de calor de un edificio. Reconociéndose una

forma de mejorar la capacidad de absorción de energía y la resistencia al agrietamiento como ocurre con el hormigón normal (Merta y Tschegg, 2013).

Es importante mencionar que las fibras naturales, deben ser tratadas para su uso en la construcción, puesto que se ha comprobado que proporcionan una resistencia reducida a compresión y una mala adherencia, entre las fibras en una matriz o mezcla con el hormigón (Bentur y Mindess, 2007). Por lo tanto, se debe hacer uso de fibras de cáñamo naturales pretratadas, convertidas en fibras más dúctiles y resistentes a la tracción y compresión con 16,9 y 10% más alto/resistente, respectivamente (Zhou et al., 2017). Aprovechar estas propiedades mecánicas para reforzar morteros en la industria de la construcción, generaría un impacto positivo contribuyendo a un desarrollo sostenible con el medio ambiente.

## MEZCLA Y PREDISEÑO DE LAS PROPIEDADES GRANULARES DE CAL Y CÁÑAMO

Los tallos de cáñamo después de ser cosechados y al pasar por distintos procesos de productivos, se generan desechos fibrosos de distintas dimensiones como la cañamiza, viruta o estopa. Estos residuos de origen vegetal se diferencian de los demás residuos de origen mineral generados en el campo de la construcción, habitualmente de áridos finos y gruesos provenientes de la mezcla de hormigón. El agregado de origen vegetal cáñamo es deformable y puede absorber hasta cuatro veces su peso en agua (Thygesen, 2006). Existen mezclas que pueden contener cantidades variables de otras fibras del exterior o medio donde crecen de los tallos de cáñamo y madera (llamada hemp hurds) en el centro. (Thu et al., 2014) Los tallos de cáñamo deben ser secados para luego ser triturados (trituradora de martillo) para luego obtener varillas alargadas que son contadas,

separadas y desfibradas para obtener la cañamiza. El junquillo de cáñamo posee celulosa al igual que el junco de totora; y pueden contener del 44 al 55% de la masa seca del tallo del cáñamo (Vignon et al., 1995).

En el estudio utilizado por Thu Nguyen (2014) y equipo investigador se identificó dos tipos de valvas de cáñamo. La primera valva de tallo cortado de cáñamo puro deshilachado, triturado y hecho vitura, al que denominan HH. La segunda valva llamada FH es una mezcla con otras fibras naturales, pero con cáñamo más fino deshilachado y triturado con una densidad menor a la primera; donde se estima una menor absorción de agua debido a esta mezcla. Se observa un criterio de "ligereza" común parámetro de las fibras y su condición de inertes ante presencia de humedad, una menor capacidad de absorción de agua en comparación a la madera que ocupa una mayor densidad y volumen en masa a comparar con HH Y FH. La cinética de absorción fue similar en ambos casos, muy rápida: los agregados secos a granel absorbieron el 50% de su capacidad máxima de agua después de un minuto (Nguyen et al., 2008). Utilizando dos métodos de análisis, el inicial es tamizado tradicional de partículas secas en muestras de 100 gramos para realizar una medición, existen desventajas por la variación de la geometría de las partículas y bajo peso. Y el secundario es un análisis Morfológico de imágenes de alta resolución digitales 2D para medir cada tipo de partícula en muestras de 5 gramos.

Es importante señalar que estos dos métodos están mal adaptados al caso de los agregados fibrosos. Puesto que el tamizado mecánico conduce a una distribución del tamaño de partícula que varía entre la distribución de longitud y anchura obtenida por análisis de imagen, y no es realmente precisa en tal caso. (Thu et al., 2014)

La mezcla con Cal común al 75% es no hidráulica con un 15% de cal hidráulica y un 10% de puzolana que intervienen en la activación de la carbonatación en el material de mezcla con cáñamo para una mayor resistencia mecánica que aumenta con el tiempo 3 meses en promedio y la resistencia al agua disminuye cuando aumenta la relación agua/cal.

La cal permite un mejor comportamiento a la compresión mecánica comparable al comportamiento de la pasta de cemento, con un módulo de elasticidad y una resistencia mucho más bajos de 4 GPa y 10 MPa, respectivamente, la relación en peso agua / cal es igual a 0,5 un poco más alto de  $3 \cdot 10^{-3}$  en comparación con  $2 \cdot 10^{-3}$  para pasta de cemento (Thu et al., 2014). El comportamiento mecánico de esta mezcla denominada hormigón de cáñamo es dúctil, deformarse hasta un 50% sin colapsar hablando de una estructura interna biológica y fibrosa flexible que, al comparar con la estructural del hormigón tradicional, esta es mineral y rígida. Las fibras de cáñamo tienen una resistencia a la tracción de aproximadamente 800 MPa (Thygesen, 2006)

La resistencia a la compresión del hormigón de cáñamo HH es baja a 28 días, a los 3 a 6 meses aumenta su rigidez como hormigón de cáñamo, pero fue constante en 40MPa. El estudio de las características mecánicas de la mezcla cal/cáñamo compacta y adecuada fabricación y composición tiene una capacidad de deformación antes de la fractura por compresión.

Material particularmente adecuado para la construcción aún más en lugares altamente sísmicos.

¿Qué son Hempcell y Hempcrete?

Son aglomerados entre fibras de cáñamo y aglutinante de cal; su maleabilidad en mezcla puede formar bloques, células o mampuesto

que conforman paredes, ideales para una construcción verde y estructuras bajas en dióxido de carbono.

Hempcell y Hempcrete son sistemas constructivos planificados con una mezcla disruptiva de fibras naturales de cáñamo con un componente mineral como es la cal, de manera compacta, dando como resultado, al hablar del sistema y su conjunto un 80% menor en huella de carbono con relación a sistemas constructivos contaminantes, buena captación de aislante térmica y como capa amortiguadora higro térmica (Garay, 2017).

generaba un tipo mortero de óptimo rendimiento, en recubrimiento vertical, más una red coordinada de madera ensamblada seca, en puente termico, termo regulado.

Con estos principios, se fabrican paneles de Hempcell en la UE, con rangos de conductividad de 0.06-0.12 W / mK.7, 8, 9y calor específico de 1300 a 1700 J / kgK 10, dentro de un compuesto relativamente denso (700 kg / m3) capacidad calorífica resultante de 1-2 MJ / m3K. (Benfratello et al., Brentrup et al., Briga-Sá et al., 2013). En mamposterías externas e internas variables, muy livianas si las comparamos con paneles o muros de bloque u hormigón armado, en envolventes construidas no sostenibles.

La descripción técnica del sistema de mamposterías Hempcell, posee un centro, a su interior de cáñamo y cal ( $U \sim 0.15W / m2K$ ), más un recubrimiento tablero de madera y enmarcación, (bastidor-marco) de piezas madera, en espesor de 300 mm, con membranas prefabricadas adicionales de control de humedad, para aquellos elementos de extrema exposición a intemperie; con la posibilidad de distintos tipos de revoco interior y exterior de inercia térmica. En un piloto tipo, infraestructura europea de dos plantas (fig. 7) elaborado por KUBIK en el año 2017, infraestructura experimental I+D, de eficiencia energética. Paneles de Hempcell en uniones verticales y horizontales en la planta alta y dimensiones específicas, al tomar medición de valores U de diseño. En un segundo nivel se genera una estructura de soporte específica complementaria al bastidor, con el fin de adecuar la estructura del edificio a los paneles de Hempcell, de tal forma que su integración en el edificio se realizara de manera similar a su implementación en edificios reales.



Fig. Fig. 6. INMATTERIA. (2014). Ilustración comparación entre aglomerantes.

Sistemas de muros de carga a base de cáñamo Hempcrete, como estructural portante y Hempcell acompañada de prefabricados de madera; probadas en la UE (Unión Europea) con una evaluación positiva de su desempeño.

En el presente una mampostería, con un panel ligero de Hempcell y panel macizo o muro bloques de Hempcrete son aislantes de cáñamo de origen biológico, en la antigüedad su uso, en una mezcla con cal hidráulica,



Fig. 7. (a) Vista general de la instalación de KUBIK, (b) Vista externa del sistema Hempcell, (c) Vista interna del sistema Hempcell.

Se instalaron 3 paneles para integrar uniones verticales y horizontales en la configuración de prueba. Las dimensiones particulares de los paneles Hempcell instalados dieron como resultado un valor U de diseño de  $0,15 \text{ W / m}^2\text{K}$  en sensores de temperatura y humedad relativa, insertos en los paneles, para obtener datos genéricos en cinco ubicaciones a diferentes alturas de estos elementos a medir en verano y otoño del año 2015. Los resultados coinciden bien con experiencias similares con evaluaciones de energía a gran escala en edificios, y las maquetas de prueba en el Reino Unido, donde se monitorean la temperatura, la humedad relativa y el flujo de calor, han mostrado resultados prometedores, a escala real (Garay, 2017)

La mezcla de Hempcrete elaborada con cañamiza leñosa que se encuentra en el núcleo del tallo de cáñamo, más polvo de piedra caliza arena y agua se dosifica con similitud a Hempcell. Con variaciones en la composición de piedra caliza (Lime) denominada Hemplime. Que también sirve

como aplique, directamente en obra, con un periodo necesario de curado como un hormigón de revestimiento o enlucido. Con el transcurso del tiempo, el agua, la cal y el cáñamo, se petrifican dando como resultado una estructura extremadamente fuerte, pero, al mismo tiempo, muy ligera que puede durar miles de años y que, por su estabilidad, es idónea para zonas sísmicas ya que no se agrieta.

Bloques elaborados con Cáñamo en Australia de la empresa Hempblock (2016) en mezcla de HempLime determinaron una reducción en los tiempos de construcción y sus costos hasta en un 60%, según detalla la marca del fabricante. Las construcciones elaboradas con este material regulan su temperatura lo que genera un menor consumo de energía, su aislamiento acústico y la resistencia al fuego, todo esto de un material natural que está a salvo de las micro/o termitas.

El bloque de cáñamo y cal Hempblock con especificación LB300 es un sistema de construcción eficiente, con 84% de cáñamo y no requieren juntas ni mortero para unir los bloques, debido a su diseño de ensamble perimetral de enclave. El tiempo de construcción es de solo 1 minuto por metro cuadrado. Esto es la mitad del tiempo de construcción de los materiales de construcción con un valor de aislamiento comparable. En este particular proceso, se diferencia de Hempcell puesto que no hay necesidad de listones de madera en pared o aislamientos adicionales. Las paredes se pueden revestir, y enlucir con Hemplime.

Las paredes de Hempblock son mamposterías que respiran, son higroscópicas es decir pueden absorber humedad por su contenido mineral. Permiten la transferencia de humedad a través de las paredes controlando así la humedad y la temperatura ambiente, durante todo el año, reduciendo costos de calefacción, refrigeración, y emisiones de

carbono. Este sistema de construcción australiano está normado con estándares de construcción internacional. Cada Bloque LB tiene un peso de 39,68 Libras y un tamaño de 4,92 X 30,80 X 30 centímetros. La mezcla de cáñamo y cal puede variar en sus componentes, donde la piedra caliza se sustituya por Puzolana o silicio aluminoso.

Hempblock Australia posee productos ecológicos, aislantes como paneles en coordinación modular donde se insertan mantas de lana de cáñamo. Con productos y servicios en Estados Unidos. Los bloques de Hemp Block USA optimizan los tiempos de construcción reduciendo las etapas de trabajo, finalizando procesos constructivos con carbono negativo. Los bloques entrelazados y el sistema de instalación están diseñados para acelerar el proceso de construcción, de los métodos tradicionales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estos dos sistemas constructivos de tallos fibrosos del cáñamo y su cañamiza, producto de la extracción y aglutinamiento de material sobrante proveniente al uso frecuente dedicado a sus hojas de forma medicinal.

En sustratos rústicos, bloques, enlucidos de cañamiza y mortero bastardo con baja infiltración de aire, productos como reguladores de temperatura mientras remueven dióxido de carbono en la atmosfera, al proceso de curado con el paso del tiempo pueden remover 130kg//m<sup>3</sup> a 165kg/m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> a la par con la cal que reabsorbe, se petrifica la celulosa en su interior hasta volverse en el caso del bloque Hemconcrete, que se endurece como roca maciza sin dejar de ser estable en pared al pasar de los años (50 en promedio) en composición; siendo un componente hermético, aislante termico, acústico resistente al fuego que generen un 70% de

ahorro de energía (calefacción) en entornos saludables con huella de carbono negativa.

Con sistemas constructivos Hempcell y Hempcrete, podemos identificar las siguientes ventajas observadas, donde la combinación con cal (piedra caliza de bajo fuego) más fibras y partículas de cáñamo de distintas dimensiones, crea una matriz higroscópica (respirable) flexible que elimina la acumulación de moho como una propiedad en el edificio o equipamientos donde se utilicé materiales elaborados con cáñamo; posee gran resistente a parásitos, puesto que no contiene albúmina. La mezcla con cal, se petrifica y gana fuerza y durabilidad.

Siendo una resultante, de materiales alcalinos, que repelen naturalmente microorganismos, e insectos como las termitas. Tiene un efecto negativo en su "piel" que los disuade de comer o anidar en ella al hablar de las paredes de Hempblock de Sistema Hempcrete y sus propiedades mejoran con el tiempo.

Por su estabilidad, estos materiales derivados del cáñamo no se contraen, evitando así formación de micro y macro grietas. Son alternativas constructivas muy versátiles, para paredes, suelos y techos.

Hempcell y Hempcrete poseen eficiencia energética ya que sus propiedades aislantes le permiten mantener una temperatura estable al interior de los espacios envueltos con estos sistemas; en aislante acústico, penetración de ruido exterior y de reverberaciones. Generando un ambiente saludable libre de Compuestos Orgánicos Volátiles.

El Hempblock, posee propiedades superiores que los bloques convencionales. La empresa que los produce en Australia y Estados Unidos, Hempcrete con William Stanwix y Alex Sparrow, "The Hempcrete Book", detallan los beneficios de la construcción sostenible en cáñamo:

- Aislamiento térmico
- Resistente a las termitas
- Resistencia al fuego
- Elemento portante (muro portante)
- Excelente absorción acústica
- Rápido y fácil ensamblado
- Natural y saludable
- Buen acabado
- Energía eficiente
- Carbono negativo
- Resistencia a la humedad.

## CONCLUSIONES

El cáñamo favorece a la construcción de edificios de consumo de energía, neutros o incluso negativos. Su periodo de crecimiento muy corto (la producción por hectárea es 4 veces mayor que el de la madera) capturando más CO<sub>2</sub> que los árboles. Este insumo de construcción, carbono negativo es de mayor fortaleza que el hormigón tradicional en cuanto a sus propiedades medio ambientales descritas en los resultados. Su ligereza como producto elaborado Hempblocks, pesan una séptima parte, de gran resistente a esfuerzos físico-mecánicos que ocasione fisuras. Es ignífugo, de difícil contaminación por moho y termitas más su aislamiento altamente eficiente térmico y acústico, que permiten un costo reducido de energía en un 70%.

Una biorrefinería del cáñamo ante la rapidez del crecimiento de una super población mundial, con aumento exponencial de la construcción de edificaciones a toda escala; nos proyecta a pensar al cáñamo y sistemas derivados de esta fibra como el Hempcell y Hempcrete como materiales de carbono negativo que definan un cambio en las tendencias de métodos de construcción de manera positiva al pensar en una escalabilidad de las fibras naturales y globalizar su empleo y regeneración de estas en dos a tres cosechas al año.

El uso del cáñamo a nivel industrial de innovación tecnológica en el campo de los biomateriales y bio economía está en rápido crecimiento como es el caso de Hempcrete y Hempcell como sistema constructivo, poseen una alta valoración en países donde la regulación ha permitido la creación de infraestructuras particulares

Si bien el Hempconcrete se ha utilizado desde la 1960, solo está ganando popularidad en los Estados Unidos y Canadá en construcción de viviendas. En cáñamo constructivo también se es usado en la fabricación con una biotecnología poseedora de patente, la HempWood de Fibonacci, LLC siendo un 20% más denso que la madera de roble.

El cáñamo requiere tan solo cuatro a seis meses luego del cultivo, para cosechar, mientras que para el uso estable y densidad necesaria en la madera requiere de 20 años de madurez o más, como es el caso del roble de 60 años siendo los productos como Hemp concrete, Hempcell y HempWood alternativas más ecológicas y económicas.

La biotecnología avanza en busca de impulsar la producción y eficiencia de costos que permitan satisfacer las necesidades y el acceso de estos productos y servicios a todo nivel, en extracción de CO<sub>2</sub> en una industria 4.0, procesamiento con energía solar y almacenamiento de energía en la misma materia vegetal del cáñamo

## References

- Akhshik, M., Panthapulakkal, S., Tjong, J., Pervaiz, A, Sain, M., (2017). Evaluación del ciclo de vida y análisis de costos de la cubierta de belleza para motores híbridos reforzados con fibra en comparación con el vidrio contraparte reforzada con fibra. *Reinar. Evaluación de impacto.*
- Awwad, E., Mabsout, M., Hamad, B., Farran, MT y Khatib, H. (2012). S testudios sobre hormigón reforzado con fibras utilizando fibras de cáñamo industrial. *Constr. Construir. Mater.* 35, 710–717. doi:10.1016 / j. conbuildmat.2012.04.119
- Asdrubali, F., Schiavoni, S., Horoshenkov, KV, (2012). Una revisión de materiales sostenibles para aplicaciones acústicas. *J. Construir. Acoust.* 19, 283–312.
- Asdrubali, F., Bianchi, F., Cotana, F., D'Alessandro, F., Pertosa, M., Pisello, AL, Schiavoni, S., (2016). Benfratello, S., Capitano, C., Peri, G., Rizzo, G., Scaccianoce, G., Sorrentino, G., (2013). Propiedades térmicas y estructurales de un biocompuesto cáñamo-cal. *Constr. Construir. Mater.* 48, 745–754.
- Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Kuhlmann, H., (2000). Métodos para estimar las emisiones de nitrógeno en el campo de la producción de cultivos como un insumo para los estudios de LCA en la agricultura. sector. En t. *J. Evaluación del ciclo de vida.* 5 (6), 349–357.
- Briga-Sá, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A., (2013). Residuos textiles como solución alternativa de material de construcción de aislamiento térmico. *Construir. Buiòd. Mater.* 38, 155–160.
- Bentur, A. y Mindess, S. (2007). *Compuesto de cemento reforzado con fibra, segundo Edn.* Londres: Taylor y Francis.
- Carus, M., (2017). La industria europea del cáñamo: cultivo, procesamiento y aplicaciones para Fibras, Shivs, Semillas y Flores. [http://eiha.org/media/2017/12/1703\\_Industria\\_Europea\\_Cáñamo](http://eiha.org/media/2017/12/1703_Industria_Europea_Cáñamo).
- Garay, R., (2017) Eficiencia energética a través de la investigación experimental en KUBIK, 6ta Conferencia Internacional de Física de la Construcción IBPC.
- Gabrielová, H., (2005). Opciones de cultivo y el uso del cáñamo en la República Checa. Ministerio de agricultura ecológica. ONG Konopa, que educa al público y a los profesionales en el potencial del uso de cáñamo.
- Ingrao, C., Scrucca, F., Tricase, C., Asdrubali, F., (2016). Evaluación comparativa del ciclo de vida de las composiciones de paredes externas para soluciones de construcción más limpias en edificios.
- Ingrao, C., Lo Giudice, A., Bacenetti, J., Tricase, C., Dotelli, G., Fiala, M., Siracusa, V., Mbohwa, C., (2015). Evaluación energética y ambiental del cáñamo industrial por aplicaciones de construcción: una revisión. *Renovar.*
- Scrucca, F., Ingrao, C., B., Maalouf, C, Moussa, T., Polidori, G., Messineo, A., Arcidiaconomi, C., Asdrubali, F., (2020). Evaluación energética y de la huella de carbono de la producción de cáñamo para su aplicación en edificios.

Stevulova, N., Cigasova, J., Estokova, A., Terpakova, E., Geffert, A., Kacik, F., (2014). Caracterización de las propiedades de las valvas de cáñamo químicamente modificado. *Materiales* 7, 8131–8150. doi:10.3390 / ma7128131

Mehta, P.K., y Monteiro, P.J., (2006). Hormigón reforzado con fibra en Concreto: microestructura, propiedades y materiales, 3ª edición (Nueva York: McGraw-Hill), 502–522.

Merta, I., Tschegg, EK., (2013). Energía de fractura del hormigón armado con fibras naturales. *Construir. Mater.* 40, 991–997. doi:10.1016 / j. conbuildmat.2012.11. 060

Nguyen T., Picandet V., Amziane S., Baley C., (2008). Optimization 'l'usage du béton de chanvre dans la conception d'un éco-matériau pour le génie civil», *Revue des composites et des matériaux avancés*.

Nguyen T.-T., Picandet V., Amziane S., Baley C., (2008). Bétons de chanvre: Influence de la compacité et des granulats sur les caractéristiques mécaniques», *congrès GEODIM 2008, variaciones dimensionnelles des géomatériaux, Saint-Nazaire, Francia*.

Nguyen T.-T., Picandet V., Amziane S., Baley C., (2009) Influencia de la compacidad y las características del cáñamo en las propiedades mecánicas del hormigón de cal y cáñamo, *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 13: 9, 1039-1050, DOI :10.1080 / 19648189.2009.9693171

Thygesen A., (2006). Propiedades de los compuestos de polímero de fibra de cáñamo: optimización de las propiedades de la fibra mediante nuevos métodos de desfibración y caracterización de la fibra, Departamento BIO y AFM, Real Universidad Agrícola y Veterinaria de Dinamarca.

Rendimiento energético de acción concertada de edificios (2010). Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, sobre el rendimiento energético de los edificios. 13–35.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

Popescu, A., (2018). The New York Times, muestra una fotografía de Oleg Sizov / TASS  
The People's History, The Thistle 2000

Tarun, J., (2017). GreenJams fabricantes de bloques ecológicos de cáñamo con residuos agroindustriales.

Ulrich R., (1989). DLR, Institute of Structural Mechanics desarrollo de innovación con fibras.

Vignon M.R, García J. C., Dupeyre D., (1995). Explosión de vapor de chènevotte de cáñamo leñoso, *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas*. vol. 17, n ° 6, 1995, pág. 395-404.

Xiangming Zhou, X., Saini, H., Kastiukas G., (2017). Propiedades de ingeniería de los tratados fibra de cáñamo natural reforzada hormigón. Brunel de Londres, Uxbridge, Reino Unido

División de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Mecánica, Aeroespacial y Civil, Universidad

## Evaluación de las propiedades físicas de la fibra de Abacá (*Musa textilis*)

### Evaluation of the physical properties of the Abaca fiber (*Musa textilis*)

Elsa Mora Muñoz<sup>1</sup>, Fernando Fierro Ramos<sup>2</sup>, Omar Godoy Collaguazo<sup>3</sup>, Elvis Ramírez Encalada<sup>4</sup>,  
Marco Naranjo Toro<sup>5</sup>

Universidad Técnica del Norte- Ibarra – Ecuador

Autor para correspondencia: [esmora@utn.edu.ec](mailto:esmora@utn.edu.ec)

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

#### RESUMEN

La fibra de abacá en el Ecuador se comercializa de manera tradicional, es decir se fundamenta en procesos de simple observación directa. Razón por la cual, en el laboratorio de la Carrera de textiles de la Universidad Técnica del Norte, se utilizó el dinamómetro textil Titan 5, basado en la norma internacional ISO 13934-2 (Determinación de la Fuerza Máxima por el Método del Agarre), sometiendo las fibras en probetas correspondientes a la clasificación comercial y luego de la aplicación de fuerzas de tensión, se obtuvo los diferentes datos para ser procesados en el programa de análisis estadístico PAST 4. Se analizó el comportamiento de las diferentes muestras de fibras, dando como resultado que las fibras de las categorías 1, 2 y 3 tienen comportamientos estables a fuerza de tracción; por otra parte, las muestras correspondientes a la categoría 4 y 5 su comportamiento es disperso. Esto tiene un impacto sumamente importante especialmente al momento de aprovechar las bondades de esta fibra en procesos textiles. La fuerza para su rotura y porcentaje de elongación en estas categorías son mayores.

Palabras clave: Abacá, propiedades físicas, fibra textil.

#### ABSTRACT

The Abaca fiber in Ecuador is commercialized in a traditional way, that is, it is based on processes of simple direct observation. Reason why, in the textile race laboratory of the Universidad Técnica del Norte, the textile dynamometer Titan 5 was used, based on the international standard ISO 13934-2 (Determination of the Maximum Force by the Grip Method), by submitting the fibers in test tubes corresponding to the commercial classification and after applying tension forces, the different data was obtained to be processed in the statistical analysis program PAST 4. The behavior of the different fiber samples was analyzed, giving as a result, the fibers of categories 1, 2 and 3 have stable tensile force behaviors; On the other hand, the samples corresponding to categories 4 and 5 show a dispersed behavior. This has an extremely important impact, especially when taking advantage of the benefits of this fiber in textile processes. The strength to break and percentage of elongation in these categories are higher.

Keywords: Abaca, physical properties, textile fiber

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de materiales poliméricos con propiedades físicas y químicas de bajo costo, durabilidad y procesabilidad han dado lugar a un gran número de aplicaciones; consecuentemente se ha tenido una mayor cantidad de residuos y una mala disposición final de ellos. Actualmente se presta atención a los materiales de origen vegetal como alternativas sostenibles que mitiguen los impactos ambientales.

El abacá, más conocido como cáñamo de Manila o *Musa textilis*, se extrae de las hojas de la planta. El proceso de obtención de la fibra de abacá requiere de procedimientos específicos: cortar el tallo en tiras, para extraer la pulpa; luego las fibras se lavan y secan. (Blackburn, 2005; EcuRed, 2009).

El abacá es una planta natural de Filipinas y ampliamente distribuida en los trópicos húmedos a temperaturas de 22 a 28°C (Corporación Garcifibra S.A., 2019). La lluvia y la luz solar son factores esenciales en la producción de abacá: el exceso de luz solar combinada con la falta de lluvia puede afectar negativamente el desarrollo de una planta regular hasta el punto de hacer que la producción sea inútil. En un buen entorno de cultivo, una plantación de abacá puede producir fibra comercialmente durante 15 a 20 años (Blackburn, 2005).

Su producción se realiza principalmente en Filipinas; también se introdujo en Indonesia, América Central y del Sur. Se encontró que Ecuador era un excelente lugar para cultivar abacá (Anónimo, 2012). Estos dos países

suministran al mercado mundial. Se cultiva en las regiones de media montaña hasta unos 500 msnm, principalmente como agricultura integrada, y no suele competir con los cultivos alimentarios. En general, no hay insumos adicionales en forma de fertilizantes minerales y no se requieren pesticidas, favoreciendo de esta manera el proceso de cultivo sin mayores cuidados y un daño mínimo al ecosistema.

Para la extracción de fibra, no se necesita agua, solo un aporte mínimo de energía física. La resistencia a la tracción de la fibra de abacá favorece su uso actual para la producción de: papel moneda (Koh et al., 2021), papel de fumar y bolsitas de té, además, se utilizan para fabricar cuerdas y artículos de artesanía como: bolsos, manteles individuales, pantuflas (Kumar Sinha et al., 2018). Recientemente, se han explorado las posibles aplicaciones de las fibras de abacá como refuerzo de los eco compuestos cuyo mayor potencial de uso son los geotextiles. (Bismarck, A. Mishra, S. Lampke, 2005; Bismarck, et al, 2005).

Abacá es una fibra de hoja, compuesta por células largas y delgadas que forman parte de la estructura de soporte de la hoja. El contenido de lignina está por encima del 15%. El abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, flotabilidad, resistencia al daño por agua salada, y por la longitud de su fibra, de aproximadamente 3 metros. Las mejores clasificaciones del abacá son finas, brillantes, de un color habano claro y muy fuertes. El abacá (Cáñamo de Manila) es mucho más resistente a la degradación en agua salada que la mayoría de las otras fibras vegetales. Es una fibra brillante y de color blanco amarillento. Las fibras técnicas tienen una longitud de 2 a

4 m. Las fibras individuales de abacá tienen una longitud de 4 a 6 mm y diámetros entre 17 y 21  $\mu\text{m}$ . Las fibras individuales son relativamente lisas y rectas y tienen extremos puntiagudos estrechos (Bismarck, et al, 2005).

### **Método de extracción de la fibra de abacá**

La fibra de abacá se extrae de las hojas mediante un proceso manual o mecánico. Cuando se utiliza cualquiera de los dos procesos, se emplea el desfibrado "tuxying" que consiste en separar la vaina exterior, que contiene fibras primarias, de la vaina interior de la hoja, donde se encuentran las fibras secundarias. La vaina de la hoja exterior separada se llama "tuxying". Otra alternativa de extracción de la fibra de abacá es por decorticación. En este proceso, se utiliza toda la hoja para extraer la fibra, recuperando tanto la fibra primaria como la secundaria. (Vijayalakshmi, 2014).

En el Ecuador se producen 5 clases de abacá, siendo la clase 1 el de mayor calidad (fibra limpia (...)) clase 5 el de menor calidad (fibras gruesas y oscuras). (Totoy, 2007).

El sistema de clasificación se basa principalmente en el color y la medida del diámetro de la fibra. En la clasificación se considera la variación en la longitud de la fibra, que normalmente va de 1,8 a 6,0 metros. La regla para medir la calidad en función del diámetro de la fibra es simple: el más delgado el mejor (Blackburn, 2005).

El tallo de la planta está formado por un núcleo blando central, el tallo propiamente dicho, alrededor del cual se envuelven firmemente hasta 25 haces; estos, junto con el núcleo, forman un "proto-tallo". Cuando las hojas han alcanzado la etapa de la madurez, se desenvuelven del proto-tallo y toman la forma reconocible de hojas tipo banana. La planta puede alcanzar una altura de 7,5

metros y, por tanto, dado que las hojas de la gavilla crecen desde la base de la planta, algunas de las hojas, las interiores, serán casi tan largas. Las hojas exteriores, que se desarrollan más tarde, son en consecuencia más cortas. Las hojas crecen hasta un ancho de unos 30 cm.

Dependiendo de la variedad, de las que hay muchas, la planta vivirá entre 5 y 25 años, pero las variedades más longevas no suelen cultivarse más de 15 años ya que su productividad disminuye a partir de entonces. Las plantas tienen un sistema de raíces poco profundas del que brotan pseudotallos verticales. A medida que se desarrolla, una sola planta puede producir sucesivamente hasta 25 de estos tallos, madurando en diferentes momentos. Cuando las plantas tienen entre 18 y 24 meses, los primeros pseudotallos están lo suficientemente desarrollados para ser cosechados y luego se cortan de tres a cuatro tallos a intervalos de 6 a 12 meses, dependiendo de su tasa de crecimiento. Esto, a su vez, dependerá de la variedad vegetal, las condiciones meteorológicas y el tipo de suelo. El abacá es una planta tropical que requiere un buen suelo y lluvia regular.

Las hojas que rodean el tallo se pueden clasificar en cuatro grupos: las tres hojas exteriores; un grupo de tres a cuatro hojas entre el grupo externo y el intermedio; el grupo medio, de cuatro a cinco hojas; el grupo más interno de siete a ocho hojas. La fuerza y la finura de la fibra dependen de la posición de la hoja en relación con el centro del tallo. Cuanto más cercano al centro, más fino, más blanco y suave es la fibra.

Las fibras están situadas en haces de varios espesores que se extienden a lo largo de las hojas y también hay algunos haces transversales más pequeños en ángulo recto con estas las hojas varían en longitud, siendo las hojas exteriores más cortas que las

interiores. Los grados para la fibra ecuatoriana son 1, 2, 3, 4, 5. (Franck, 2005).

A continuación, la Tabla 1 muestra la composición química de la fibra de abacá y las condiciones que la diferencia de otras fibras celulósicas.

**Tabla 1**  
Comparación de la composición química del abacá con otras fibras naturales

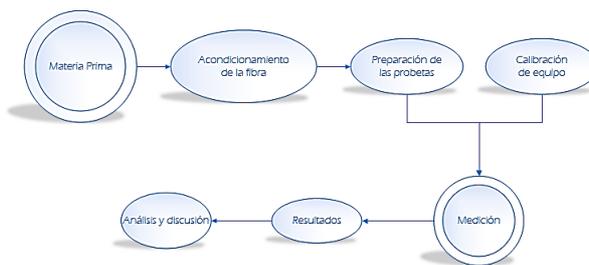
Comp. química	Abacá	Cáñamo	Yute	Sisal	Lino	Algodón
Celulosa	68,32	77.5	64	71.5	82	80-90
Hemiacelulosa	19	10	20	18.1	2	4-6
Lignina	12-13	6.8	13.3	5.9	4	0-1.5
Contenido de humedad	10-11	1.8	1.5	4	7.7	6-8
Contenido de ceniza	4.8	3.9	1	1	3.4	1-1.8

Fuente. Adaptado de (Vijayalakshmi, 2014)

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el análisis, se empleó fibra de abacá de la variedad Furukawa, procedente de la zona tropical ecuatoriana de la parroquia Monterrey, que se localiza en el noreste del Ecuador, en el sector oeste del cantón La Concordia, en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas cuyas coordenadas geográficas son 0°00'08"N 79°23'05"O. (GAD Parroquial

Monterrey, 2015). A continuación, la Figura 3 muestra el proceso realizado.



**Figura 3.** Diagrama de flujo para la medición de la fibra de abacá

El equipo de laboratorio que se utilizó para la medición de la resistencia a la tracción y elongación fue el dinamómetro Titán 5 de la casa fabricante Inglesa James Heal; este equipo a nivel de ensayos textiles, ha recibido críticas positivas (*Máquina de Prueba Universal Titan - Equipo de Prueba Textil James Heal*, n.d.), se siguieron las indicaciones de la norma ISO 13934-2 (Determinación de la fuerza máxima por el método del agarre) y se obtuvieron datos estadísticos que sirvieron de base para la determinación de la calidad de fibra de abacá. Cabe mencionar que los equipos fueron previamente calibrados, según las especificaciones técnicas del fabricante.

En cuanto a la fibra textil se tomó muestras de los productores de abacá de la zona de producción ecuatoriana descrita anteriormente, según la clasificación comercial que consta de clase 5 grupos; según esta clasificación, la categoría 1 engloba a las fibras más largas y finas mientras que las pertenecientes a la categoría 5 corresponden a fibras con tonalidad marrón, longitud irregular y más gruesas; esto depende la posición en la que se encontraron al ser cultivadas, es decir, si estaban más al interior o exterior del tallo de la planta.

El primer paso antes de realizar las mediciones consiste en acondicionar las fibras de abacá en un ambiente controlado. La atmósfera

estándar se mantuvo a 20,0 +/- 2 °C y una humedad relativa del 65,0 +/- 4,0%. (International Organization for Standardization, 2005, p. 4)

El ensayo que se aplicó es estandarizado y bajo directrices de la ISO 13934-2 (Determinación de la fuerza máxima por el método del agarre) que es aplicable principalmente a tejidos textiles tejidos, incluidos tejidos que presentan características de estiramiento impartidas por la presencia de una fibra elastoméricos y un tratamiento mecánico o químico.

Una vez concluida la etapa de ensayos dinamométricos aplicados a las probetas el equipo arroja resultados numéricos con los cuales se realizan gráficas para el respectivo análisis. Estos valores fueron procesados utilizando el programa estadístico PAST 4.

Los primeros datos se aprecian en la **Tabla 2**. Condiciones del ensayo En donde se muestran los valores que se obtuvieron de manera resumida las condiciones iniciales y finales del ensayo, así como también el número total de probetas analizadas en el dinamómetro Titán 5.

**Tabla 2.**  
Condiciones del ensayo sobre dinamómetro

Test Name:	Resistencia tracción
Reference:	Calidad 1-2-3-4-5
Material:	Abacá
Probetas:	20
Plan de Mordazas:	T15
Separación de mordazas:	250,00 mm
Force Control Gain:	25

Célula de carga:	1000 N
Versión:	5.0.10.0
Firmware:	V2.7

#### CONFIGURACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Detección de rotura:	20%
Pretensión:	5,00 cN
Velocidad:	250,00 mm/min

El procedimiento para la colocación del material es simple y basta con que las probetas sean colocadas en el equipo cuidadosamente evitando tener tensiones extras o maltratando las fibras.

El elemento de sujeción (mordaza) debe tomar de manera homogénea el material para que toda la superficie de agarre de la mordaza entre en contacto con las fibras de abacá.

Posterior a ello se continúa con el proceso del equipo de laboratorio de acuerdo con el número de probetas a analizar (20) y este a su vez alimenta al computador los datos numéricos respectivos de tensión máxima aplicada y variación de la elongación hasta el punto de la rotura.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros datos se aprecian en la **Tabla 3** que es un resumen de las medidas estadísticas para validar el análisis enfocada a la variable fuerza.

**Tabla 3.**  
Resultados estadísticos variable (fuerza)

Ítem	Estadístico	Calidad 1-2	Calidad 3	Calidad 4	Calidad 5
1	N	20,00	20,00	20,00	20,00
2	Min	705,83	589,65	947,01	699,37

3	Max	2941,06	4115,87	4982,85	7234,47	3	1008,77	2575,58	1410,8	1772,69
4	Sum	24754,18	33752,56	43492,25	50585,38	4	1798,59	1845,07	4982,85	1289,76
5	Mean	1237,71	1687,63	2174,61	2529,27	5	1801,27	1050,62	2382,81	1139,11
6	Std. error	127,89	199,28	237,79	405,06	6	1514	2172,07	3590,71	7234,47
7	Variance	327138,70	794249,10	1130876,00	3281422,00	7	927,24	2957,14	2404,93	4811,61
8	Stand. dev	571,96	891,21	1063,43	1811,47	8	1867,97	2417,18	1614,98	4236,42
9	Median	984,88	1463,77	1827,25	1789,56	9	807,05	783,3	2365,09	1617,33
10	25 prcntil	810,42	1057,81	1438,52	1313,83	10	951,25	933,68	1224,36	1386,05
11	75 prcntil	1673,23	2298,37	2459,99	3383,91	11	879,97	1126,04	1871,67	3053,17
12	Skewnes s	1,55	1,14	1,30	1,49	12	1075,84	4115,87	1782,82	6263,65
13	Kurtosis	2,68	1,30	1,49	1,51	13	769,76	1089,93	1021,92	1197,67
14	Geom. mean	1137,99	1490,41	1966,69	2063,97	14	742,03	834,13	2477,8	1806,42
15	Coeff. var	46,21	52,81	48,90	71,62	15	960,98	1589,35	1521,66	939,64

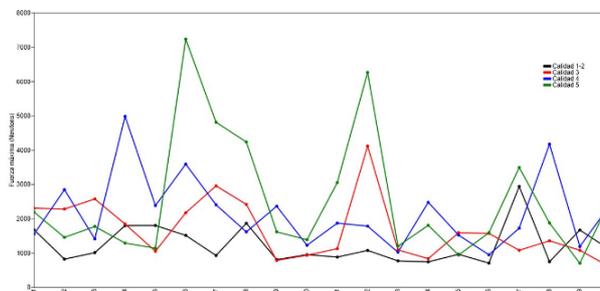
El comportamiento de las probetas sometidas a fuerzas de tensión hasta el punto de su rotura una vez que el dinamómetro Titán 5 analiza las 20 probetas a ensayo de tracción se detalla a continuación en la

**Tabla 4.**

**Tabla 4.**  
Lecturas de fuerza por calidades de abacá

Probeta	CALIDAD 1 Y 2 Fuerza máxima (cN.)	CALIDAD 3 Fuerza máxima (cN.)	CALIDAD 4 Fuerza máxima (cN.)	CALIDAD 5 Fuerza máxima (cN.)
1	1674,49	2304,15	1554,2	2191,66
2	820,52	2281,03	2847,17	1455,06

Fuente: Dinamómetro Titán 5, laboratorio CTEX-UTN



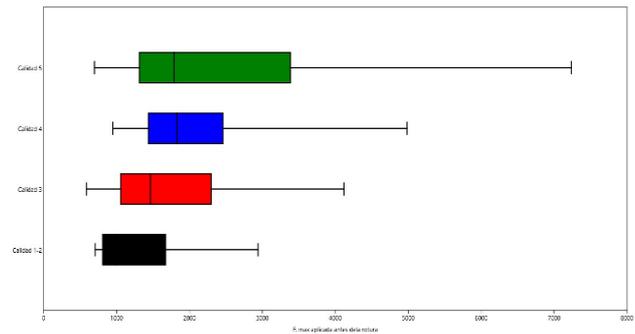
**Figura 4.** Líneas de comportamiento fuerza-calidades

La Figura 4 muestra claramente como las calidades 1-2 y 3 tienen un comportamiento muy estable tras ser sometidas a fuerzas de tracción. Para la calidad 4 la diferencia entre fuerzas necesarias para la rotura no es uniforme; mientras que para la calidad de abacá 5 se tienen fuerzas muy dispares y que van desde los 699,37cN de fuerza a 7234,47 cN para la máxima fuerza que se aplicó en la probeta 6 de la

**Tabla 4.**

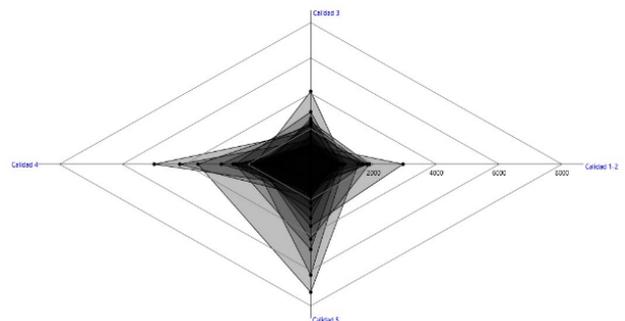
El gráfico box-plot mostrado a continuación permite relacionar las diferentes lecturas realizadas por el equipo; se define que la mayoría de las lecturas dentro de los rectángulos están estrechamente relacionadas y corresponde a las lecturas más homogéneas, ubicándose en el centro de este cuadrilátero el valor promedio, es decir, en el punto donde se encuentra ubicada la fuerza media para la rotura del material.

Se puede ver como las lecturas que salieron del límite se encuentran fuera del área del cuadrilátero y corresponde a los valores mínimos y máximos de fuerza requerida para el rompimiento de la fibra.



**Nota:** Color negro-calidad 1-2; color rojo calidad 3. Color azul calidad 4, color verde-calidad 5. **Figura 5.** Gráfico box-plot (fuerza-tipo de calidad abacá)

Otro punto importante para referir se aprecia en la **Figura 6** en donde las calidades del 1 al 5 mantienen un segmento mayoritario de fuerza que se encuentra comprendido en la zona de los 1000 cNewtons para el rompimiento.



**Figura 6.** Gráfico de radar (fuerza-calidad abacá)

El análisis del comportamiento de la elongación se da con miras a determinar la influencia que tiene la elongación (estiramiento antes de romperse) en el estudio de las calidades de abacá; para ello se muestran los datos obtenidos en la **Tabla 5.**

**Tabla 5**  
Lecturas dinamométricas de elongación

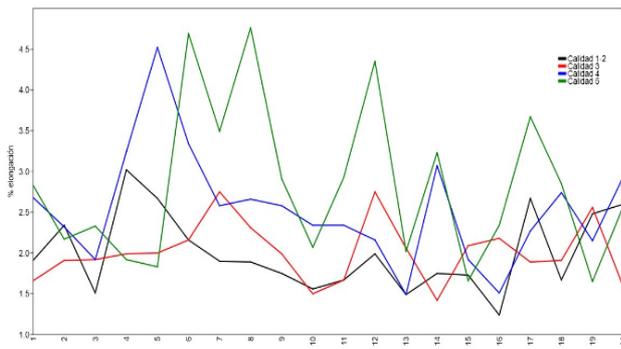
Probeta	Calidad 1-2 Elongación (%)	Calidad 3 Elongación (%)	Calidad 4 Elongación (%)	Calidad 5 Elongación (%)
1	1,91	1,66	2,68	2,83
2	2,34	1,91	2,32	2,17
3	1,51	1,92	1,92	2,33
4	3,02	1,99	3,24	1,92
5	2,67	2	4,52	1,83
6	2,16	2,16	3,34	4,69
7	1,9	2,75	2,58	3,49
8	1,89	2,31	2,66	4,76
9	1,75	1,99	2,58	2,91
10	1,56	1,5	2,34	2,07
11	1,67	1,67	2,34	2,93
12	1,99	2,75	2,16	4,35
13	1,49	2,06	1,49	2,02
14	1,75	1,42	3,07	3,23
15	1,73	2,09	1,92	1,66
16	1,24	2,18	1,51	2,34
17	2,67	1,89	2,27	3,67
18	1,67	1,91	2,74	2,85
19	2,48	2,56	2,15	1,65
20	2,6	1,58	2,94	2,58

Estos valores al ser ingresados al programa Past 4 arrojan la siguiente tabla resumen:

**Tabla 6.**  
Resumen estadístico elongación calidades abacá

Ítem	Estadístico	Calidad 1-2	Calidad 3	Calidad 4	Calidad 5
1	N	20,00	20,00	20,00	20,00
2	Min	1,24	1,42	1,49	1,65
3	Max	3,02	2,75	4,52	4,76
4	Sum	40,00	40,30	50,77	56,28
5	Mean	2,00	2,02	2,54	2,81
6	Std. error	0,11	0,08	0,15	0,22
7	Variance	0,23	0,14	0,47	0,93
8	Stand. dev	0,48	0,37	0,69	0,96
9	Median	1,90	1,99	2,46	2,71
10	25 prcnil	1,67	1,73	2,15	2,03
11	75 prcnil	2,45	2,18	2,89	3,43
12	Skewness	0,60	0,54	1,08	0,81
13	Kurtosis	-0,54	0,04	2,53	-0,24
14	Geom. mean	1,95	1,98	2,46	2,67
15	Coeff. var	24,03	18,44	27,11	34,22

Con los datos de las mediciones de las 20 probetas se procede a graficar el comportamiento de la elongación de las fibras; tal como se aprecia en la **Figura 7**.



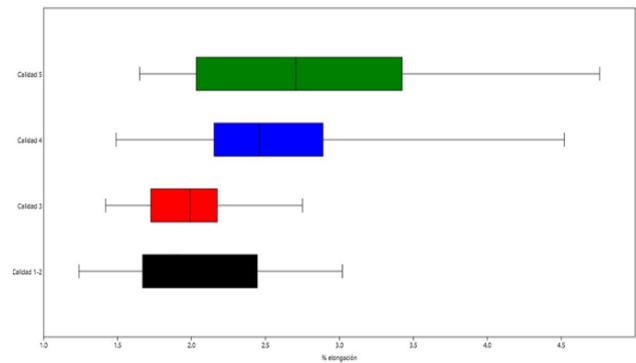
**Figura 7.** Comparativa lineal (elongación-calidades abacá)

El porcentaje de elongación de las calidades de fibras de abacá de la clasificación 1-2 y 3 mantienen una uniformidad aparente; y para la calidad 4 existen picos muy altos que dispersan la regularidad de los datos; finalmente la calidad 5 es la que presenta mayores variaciones en el porcentaje de elongación, mantienen varios picos que sobresalen de las mediciones regulares.

El gráfico box-plot presentado en la **Figura 8** muestra como el porcentaje de elongación es variable de acuerdo a la clasificación de la fibra; en principio, el rango de elongación más homogéneo está en la calidad 1 y 2. Para el caso de la elongación de la calidad 4 el porcentaje es más alto, sin embargo los picos elevados provocan una disparidad de los resultados y finalmente, la calidad 5 presenta una fuerte variación del porcentaje de elongación.

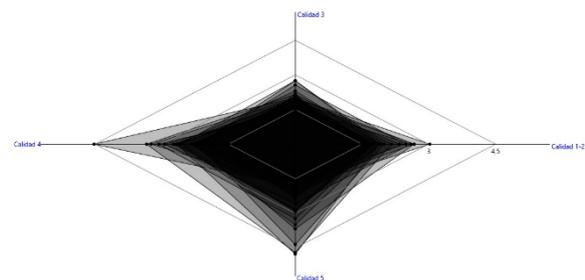
Los valores que se encuentran agrupados dentro del rectángulo respectivo de la gráfica

son los que guardan relación; sin embargo es muy dispersa.



**Figura 8.** Box-plot (elongación-calidades abacá)

Finalmente, la **Figura 9** permite visualizar los resultados obtenidos.



**Figura 9.** Representación tipo radar (elongación-calidades abacá)

Y en efecto, la disparidad del porcentaje de elongación de las calidades 4 y 5 marcan la diferencia en el diagrama presentado.

**CONCLUSIONES**

La fibra de abacá y la clasificación comercial que en la actualidad se maneja en el Ecuador no está determinada bajo parámetros técnicos; eso implica que las versatilidades y prestaciones de esta fibra no puedan ser aprovechadas de la mejor manera. Una clasificación estandarizada bajo lineamientos de tensión y elongación permiten que las

fibras de abacá puedan agruparse en categorías acordes a sus rangos de resistencia a la tracción y porcentaje de estiramiento, con ello se evita la mezcla de grupos de fibras en las categorías no correspondientes, y determinar de esta forma el método más idóneo de clasificación y su comercialización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (2012). *Abacá*. <http://elagronomoorganico.blogspot.com/2012/06/abaca-tecnica-de-cultivo.html>
- Bismarck, A. Mishra, S. Lampke, T. (2005). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. <http://www.taylorandfrancis.com>
- Blackburn, R. (2005). *Biodegradable and sustainable fibres*. [www.woodheadpublishing.com](http://www.woodheadpublishing.com)
- Corporación Garcifibra S.A. (2019). *¿Qué es el abacá?* <https://www.garcifibra.com/prod-abaca.html#:~:text=Requerimiento para el Cultivo&text=Las mejores regiones para cultivar,distribuidas durante todo el año>.
- EcuRed. (2009). *Abacá*. <https://www.ecured.cu/Abacá>
- Franck, R. (2005). *Bast and other plant fibres* (R Franck (ed.)). [www.woodheadpublishing.com](http://www.woodheadpublishing.com)
- Gestión Digital. (2019). *El abacá: sus repercusiones económicas y laborales*. <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/el-abaca-sus-repercusiones-economicas-y-laborales>
- International Organization for Standardization. (2005). *ISO 139. Textiles - Standard atmospheres for conditioning and testing. 1*.
- International Organization for Standardization. (2014, January 5). *ISO 13934-2: 2014 - Textiles - Propiedades de tracción de los tejidos*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/50117cf1-f93c-4278-8526-715e7f116ecd/iso-13934-2-2014>
- Koh, R. B. L., Barbosa, C. F. C., Aquino, V. M., & Galvez, L. C. (2021). Extraction of high molecular weight DNA suitable for next-generation sequencing from the fiber crop abaca. *Industrial Crops and Products*, 161, 113194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113194>
- Kumar Sinha, A., Narang, H. K., & Bhattacharya, S. (2018). Evaluation of Bending Strength of Abaca Reinforced Polymer Composites. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7284–7288. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.396>
- Rodríguez Benalcazar, L. O. (2019-08-08). Caracterización experimental de las propiedades mecánicas del tejido múltiple de totora (*schoenoplectus californicus*) (Bachelor's thesis). Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9384>
- Totoy, M. (2007). *PRODUCCION Y EXPORTACION DE FIBRA ABACA*.
- Vijayalakshmi, K. (2014). *Abaca Fibre*. 2(9), 1.

## El modelo de producción y consumo denominado “moda rápida” analizado bajo aspectos toxicológicos y ecológicos

The production and consumption model called “fast fashion” analyzed under toxicological and ecological aspects

Elsa Mora Muñoz<sup>1</sup>, Marcelo Puente Carrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador

Autor para correspondencia: esmora@utn.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

---

### RESUMEN

La producción de fibras naturales y artificiales, la transformación de fibras en hilos, los hilos en telas mediante procesos de tejeduría, la tintorería que permite dar color a los textiles, los procesos de acabado textil para darle la utilidad final al producto y los procesos de corte y confección de prendas. Por otro lado, abarca también la producción de no tejidos, el diseño de maquinaria textil, el desarrollo de productos químicos, colorantes, auxiliares y el descubrimiento de nuevos materiales textiles. Utiliza gran cantidad de químicos, agua y energía por lo que se considera una de las industrias más contaminantes. Los contaminantes de origen químico generan intoxicaciones profesionales en mayor o menor grado, provocando las enfermedades profesionales, las mismas que representan un alto costo social, laboral y económico. Por lo que es necesario conocer los riesgos laborales sobre la utilización de los productos químicos y sus consecuencias, para prevenirlos utilizando medidas jerárquicamente adecuadas: desde la fuente, el medio de transmisión y la protección al trabajador. Para una rápida comprensión de las intoxicaciones profesionales de la industria textil se han agrupado en matrices, considerando: el proceso productivo, la magnitud del riesgo y su incidencia en la enfermedad profesional.

### ABSTRACT

Textile production processes mainly comprise: the production of natural and artificial fibers, the transformation of fibers into threads, yarns in fabrics through weaving processes, the dyeing process that allows coloring of textiles, textile finishing processes to give it usefulness Final product and the process of cutting and making garments. On the other hand, it also covers the production of nonwovens, the design of textile machinery, the development of chemical products, dyes, auxiliaries and the discovery of new textile materials. It uses a lot of chemicals, water and energy and is considered one of the most polluting industries. Contaminants of chemical origin generate professional intoxications to a greater or lesser degree, causing occupational diseases, which represent a high social, labor and economic cost. It is therefore necessary to know the occupational hazards on the use of chemicals and their consequences, to prevent them using hierarchically appropriate measures from the source, the means of transmission and worker protection. For a quick understanding of the professional intoxications of the textile industry have been grouped in matrices, considering the

productive process, the magnitude of the risk and its incidence in the professional disease.

**KEYWORDS:** Industria textil, químicos, intoxicaciones, enfermedades profesionales.

## INTRODUCCIÓN

Señalo Puente (2010), que la mayoría de las enfermedades profesionales de la industria textil, están asociadas a la presencia de contaminantes de Origen químico. Goldman y Schafer (2016), menciona que, entre las afecciones a la salud, se destacan las respiratorias, la más prevalente y característica es la bisinosis en trabajadores de algodón. Vocbecky y Devroede (1984) dice que también se identifica la incidencia de cáncer colo-rectal en trabajadores con fibras señala que sintéticas y cáncer de vejiga por exposición a colorantes azoicos. Perret, et.al (2001) menciona que el ántrax se encuentra asociado a los clasificadores de lana. En los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías textiles, en este contexto se destacan los denominados textiles inteligentes con enormes posibilidades y funcionalidades, considerados como la próxima generación de la industria textil (Stenton, 2008). La nanotecnología y biotecnología textil generan grandes posibilidades de desarrollo del sector, sin embargo, también generan nuevos riesgos que son poco conocidos. Investigaciones recientes han demostrado que las partículas con diámetro nanométrico y con características físico-químicas únicas, son más tóxicas que las partículas de mayor tamaño, por lo que se requiere asegurar una mayor protección al trabajador (Cortaza et.al., 2002) (Callisaya y Marlen, s.f.). El objetivo de la investigación es realizar un análisis crítico de la literatura científica sobre el tema de riesgos químicos en la industria textil, así como los avances científicos logrados la solución del problema y un análisis de pasos a seguir que permitan minimizar los riesgos y las consecuencias.

## ANÁLISIS DE LA LITERATURA CIENTÍFICA

La intoxicación química es el efecto dañino que ocurre en humanos, animales, plantas o microorganismos como resultado de la acción de una sustancia química. La probabilidad de sufrir alteraciones en la salud, por la exposición a contaminantes durante la realización de un trabajo se debe a los siguientes factores: la naturaleza del contaminante, la vía de entrada al organismo, la concentración y el tiempo de exposición, las condiciones de trabajo, la susceptibilidad individual y el entorno ambiental (Calera et.al., 2005).

La naturaleza del contaminante se clasifica según sus efectos en: irritantes, asfixiantes, narcóticos, neumoconióticos, tóxico sistémico, sensibilizantes, cancerígenos, teratogénicos, mutagénicos y corrosivos (Callisaya y Marlen, s.f.). En la vía de entrada de los tóxicos al organismo se debe considerar: la absorción realizada a través de la vía oral, respiratoria y cutánea; la distribución del tóxico, entendiéndose que cierta parte pasa al sistema sanguíneo y linfático y a través de éstos a ciertos tejidos, como huesos y tejido graso donde se acumulan, otra parte van a los órganos "target" (hígado, riñón, pulmón, cerebro, etc.) produciendo las afecciones y finalmente otra parte es eliminado por los mecanismos de excreción del organismo, como la orina, la bilis, el aire expirado, el sudor, la saliva, las faneras, leche materna o diversas excreciones gastro-intestinales (Dušan, s.f.). La concentración y el tiempo de exposición del contaminante relacionan la dosis con la

respuesta en forma proporcional. Las condiciones de trabajo, (calidad de ventilación, las medidas de protección, temperatura, humedad relativa, etc.), la susceptibilidad individual (raza, alimentación, etc.) y el entorno ambiental (contaminación del aire, suelo agua, etc.) son factores que influyen en el riesgo higiénico (Myers, 1998) (Asela et. al 2014).

### **A. Producción de fibras textiles vegetales**

La producción de fibras vegetales, se hace mediante cultivos agrícolas que requieren suelos bien preparados, en los que se utiliza abonos artificiales y plaguicidas como los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas, rodenticidas y molusquicidas.

Se consideran plaguicidas órgano-clorados a los compuestos orgánicos con cloro, que son de estructura molecular cíclica, liposolubles, acumulativos en el organismo, en las cadenas alimenticias y persistentes en el ambiente, entre ellos encontramos: endrin, dieldrin, aldrin, lindano, heptacloro, DDT, metoxicloro, clordano, toxafeno, etc. (INSHT, 2016). La intoxicación aguda por órgano-clorados produce estimulación del sistema nervioso central y aumento de su respuesta a los neurotransmisores; las exposiciones prolongadas a pequeñas cantidades pueden producir discrasias sanguíneas y dermatosis (INSHT, 2016).

Existen muchos compuestos órgano-fosforados, como el dimetón, paratión, metilparatión, fentión, diazinón, diclorvós, fenitritión, triclorfón, dimetoato, malatión, etc., estos son menos persistentes en el ambiente y no se acumulan en el organismo, pero su toxicidad aguda es mayor. La intoxicación con órgano-fosforados al principio causa sudoración, salivación profusa, lagrimeo, debilidad, mareos, dolor de

estómago y visión borrosa, posteriormente dificultad respiratoria, colapso, fasciculaciones musculares y crisis convulsiva (INSHT, 2016) (Daniel, at.al, 2010).

La intoxicación por carbamatos, es similar a los órgano-fosforados, es más rápida, reversible y no se acumulan en los tejidos, por ejemplo, el aldicarb, carbofurán, metoxil, propuxur, carbarilo entre otros. Las piretrinas son de origen vegetal, aunque se han sintetizado productos similares llamados piretroides, éstos compuestos se acumulan en el organismo y no son persistentes en el ambiente, por ejemplos: la resmetrina, bioresmetrina, aletrina, deltametrina, cipermetrina, permetrina, fenvalerato entre otros (Asela, et. al 2014); (INSHT, 2016).

Otros plaguicidas pueden ser derivados del ácido fenoxiacético, son herbicidas hormonales para las plantas, comercializados como esteroides y aminas muy volátiles. Los cloros y nitrofenoles, pertenecen a un grupo químico totalmente diferente de los plaguicidas anteriores, los más conocidos son el pentaclorofenato de sodio, órgano mercurial y otras sustancias utilizadas como rodenticidas tal es el caso del sulfato de talio, fluoroacetato de sodio, fosforo de zinc o aluminio, sales de bario, anticoagulantes derivados de la warfarina e indadiona. Casi todos los plaguicidas pueden tener efectos nocivos sobre la piel produciendo principalmente dermatitis y alergias, y solo algunas personas por sensibilización desarrollan, estas alergias que pueden aparecer después de semanas o meses de exposición y no hay modo de predecirla (Asela, et. al 2014) ;(INSHT, 2016).

### **B. Producción de fibras animales**

Las fibras más utilizadas son la lana, los pelos de diferentes cabras y camélidos, entre ellas: mohair, quiviut, cashmere, vicuña, alpaca, llama, angora, camello, etc., también está la seda y otras fibras similares. La lana y las fibras de camélidos y cabras son cortadas mediante la esquila y luego clasificadas según la calidad, al margen de su calidad son luego sometidas a procesos de lavado, el mismo que consta de un batido para abrir y depurar la lana mecánicamente y lavar con detergentes, álcalis o ácidos. El riesgo se deriva en el modo de realizar éstas operaciones, hay riesgo de contacto con las fibras que pueden contagiar de enfermedades infecciosas y parasitarias, entre las que podemos mencionar: el carbunco, brucelosis, leptospirosis, hidatidosis entre las más comunes (Myers, 1998). Calera et.al. (2005) menciona que el trabajo en ambientes húmedos y la utilización de detergentes, ácidos y álcalis generan dermatitis.

La seda es una fibra textil producto de la secreción de la boca del gusano de seda, que se solidifica al entrar en contacto con el aire, el gusano segrega unos 2 km de filamento para formar un capullo en la fase de crisálida, el sericultor mata las crisálidas en un horno y envía los capullos a la fábrica para elaborar los hilos y madejas. El 9% de los sericultores sufre de asma, atribuida a la inhalación de heces del gusano, además el contacto de la piel con los pelos de la oruga puede producir dermatitis de contacto, lo mismo que los procesos húmedos para la hilatura de la seda (Myers, 1998).

#### **A. Producción de fibras sintéticas**

Las fibras sintéticas se elaboran combinando elementos químicos simples denominados monómeros, los mismos que mediante un proceso de polimerización forman un compuesto químico complejo denominado

polímero. Entre las principales fibras sintéticas tenemos: poliéster, poliamida, poliacrílicas, polivinílicas, etc (Wingate, 1987). El poliéster es la fibra sintética de mayor uso debido a sus propiedades textiles, la mayoría se elabora por trans-esterificación del éster dimetílico de ácido tereftálico y el etilen glicol con poli-condensación posterior o de una reacción directa entre el ácido tereftálico y el etilen glicol. El proceso de transformación de la masa de polímero en hilado comprende las etapas de hilatura y estiraje aplicando una emulsion de enzimaje (mezcla de varios productos: suavizantes, lubricantes, antiestáticos, etc.) (Hollen, 1990).

Las fibras poliamídicas son derivadas de la hexametildiamina y del ácido adípico, forma el polímero 66, los derivados de la caprolactama, forma el polímero 6, del ácido omega-amino-undecanóico se deriva el polímero 11 y de la hexametildiamina del ácido sebácico los polímeros 6 y 10.

Estas fibras utilizan antioxidantes que evitan la degradación del polímero como fenoles aminos, fosfitos orgánicos y tioésteres, estos productos por ser solventes orgánicos pueden producir leucemias, afecciones al sistema nervioso central, dermatitis; antiestáticos que evitan la adherencia de polvo y acumulación de cargas eléctricas como: alquilsulfonato de sodio, amonios cuaternarios, aminas grasas etoxiladas y ésteres grasos que pueden producir afecciones a la piel, sistema nervioso central y leucemias.

Productos ignífugos que liberan gas al descomponerse por acción del calor, como trihidrato de aluminio, óxido de antimonio, fosfatos orgánicos, compuestos halogenados entre otros, que producen dermatitis, neumoconiosis, etc; estabilizantes térmicos

como sales de metales pesados como el plomo que produce saturnismo, problemas renales, perforación del tabique nasal y otras, compuestos órgano estánicos que pueden generar afecciones órgano hepáticas, de las vías renales, tóxicos para el sistema nervioso central; estabilizantes de UV, como el benzotriazoles y salicilatos que pueden generar afecciones al sistema nervioso central, negro de humo que es cancerígeno de vejiga, dióxido de titanio, óxido de zinc, productos neumoconióticos, etc.

Fungicidas especialmente polímeros que contienen nitrógeno o plastificantes como el fenilsalicilatos de mercurio, dicloro fenoles que son productos cancerígenos y que afectan el sistema nervioso central, etc. Colorantes que pueden tener metales pesados, o grupos azoicos que son sensibilizantes y cancerígenos.

Las cargas como el carbonato de calcio, talco, barita que son neumoconióticos, amianto producto cancerígeno, almidones carbohidratos. Catalizadores como las aminas aromáticas, alifáticas que son irritantes, alergizantes, metahemoglobinizantes, hepatotóxicos, cancerígenos. Órgano estánicos y peróxidos orgánicos que son irritantes cutáneos, oculares y respiratorios. Compuestos orgánicos de aluminio como dimetilo y trietilo de aluminio que producen quemaduras en la piel, edema hemorrágico e irritación (INSHT, 2016); (Daniel et. al, 2010); (Jeanne y Markkanen, 1998).

### **Regeneración de fibras**

Se utiliza el término “rayón” para las fibras obtenidas a partir de la celulosa, mediante los procedimientos de purificación de la pulpa de madera por ebullición con sosa caústica y

transformación del álcali celulosa en xantato de celulosa soluble por tratamiento con sulfuro de carbono, filtrado, maduración e hilatura del rayón por coagulación y baño con ácido sulfúrico o hilatura por centrifugado, des-acidificado, secado y acondicionado [18]. Es importante resaltar los riesgos en la fabricación de éstas fibras como son la dermatitis de contacto e irritaciones producidas por ácidos y álcalis, los síntomas provocados por el sulfuro de carbono como depresor del sistema nervioso central y también el amoniaco que produce irritación respiratoria, de ojos, bronquitis y ceguera (INSHT, 2016); (Daniel et. al, 2010).

### **B. Producción de fibras minerales**

Es el grupo de fibras de origen natural como amianto y asbesto y se consideran también los hilos metálicos como oro, plata, etc. Son elaborados mediante diversos procedimientos, los principales riesgos son: el asbesto que produce asbestosis y cáncer de pleura y los metales pesados que producen anemias, neuropatías y algunos cancer (Daniel et. al, 2010); (Olvera et.al, 2013).

## **X. ESPECIFICACIONES DEL PROCESO TEXTIL**

### **Hilatura**

En los procesos de hilatura algodónera los trabajadores están expuestos principalmente al polvo de algodón que produce bisinosis, colorantes y enzimas que son alergizantes. En la hilatura lanera los trabajadores pueden adquirir dermatitis por el uso de álcalis y detergentes, pulmón de granjero por exposición a los polvos de origen orgánico, alergias por la utilización de colorantes y enzimas. Los riesgos en hilaturas de fibras sintéticas y regeneradas son muy similares a

los descritos en la fabricación de estas fibras (Calera et.al, 2005); (Hollen, 1990).

### **Tejeduría**

Los principales riesgos químicos son: la bisinosis y el pulmón de granjero por la presencia de polvos de celulosa y orgánicos respectivamente, a esto se suma que el proceso de tejeduría principalmente plano necesita de los procesos de engomado con almidones como: carboximetil celulosa, poliacrilatos, etc. estos productos son bajos en toxicidad pero pueden ser neumooncogénicos (Calera et.al, 2005).

### **Tintorería y acabados textiles**

En el área de tintorería y acabados textiles es mayor la cantidad de productos químicos que se utilizan: solventes orgánicos y carriers que son derivados de benceno que producen leucemia mieloide aguda, anemias aplásicas; sulfuro de carbono que producen irritaciones y son neurotóxicos. Productos oxidantes como agua oxigenada, hipoclorito y clorito de sodio, que pueden causar cirrosis hepatocelular aguda, irritación cutánea, respiratoria, bronquitis, fibrosis y edema pulmonar y trastornos oculares. Reductores como el sulfuro de sodio, hidrosulfito de sodio que causan irritaciones respiratorias y cutáneas, nasofaringitis y bronquitis crónica. Ácidos y álcalis orgánicos e inorgánicos que causan irritaciones respiratorias y cutáneas.

Colorantes principalmente azoicos que pueden liberar aminas y producen cáncer de vejiga principalmente y una larga lista de colorantes alérgicos y sensibilizantes. Sales como sulfato de sodio, de cobre, cloruro de sodio, etc. que son sensibilizantes e irritativos. Blanqueadores ópticos estilbénicos son sensibilizantes e irritativos. Monómeros y oligómeros residuales como el cloruro de

vinilo, que producen angiosarcoma de hígado y cardiopatías. Formaldehído resultante de la reticulación de resinas derivadas principalmente de urea formol y productos ignífugos que son cancerígenos y sensibilizantes además la utilización de suavizantes, y antiestáticos que son sensibilizantes (INSHT, 2016); (Daniel et. al, 2010); (Veiga et.al 2015); (Zeidler, 1994).

En la evaluación toxicológica de los ambientes de trabajo en las plantas de acabados textiles, se debe tener muy en cuenta los riesgos derivados de la volatilidad de los productos, de sus componentes, de las mezclas de productos y sustancias de desdoblamiento que se producen en las instalaciones de secado, condensación, así como los productos adicionales que se utilizan en el acabado textil (Wolf y Günter, 1998).

### **Confeción**

Los riesgos principales en seguridad y salud ocupacional de esta actividad textil, se encuentran en las condiciones generales del entorno de trabajo. Puestos de trabajo, herramientas y equipos mal diseñados, junto a un sistema de remuneración a destajo y un sistema de producción en cadena, imponen graves riesgos de lesiones músculo esqueléticas y estados de estrés. La masificación, junto a un almacenamiento inadecuado de materiales inflamables crean graves riesgos de incendio y la falta de higiene y limpieza agravan esta situación. En lo referente a la exposición a productos químicos, el más común es el formaldehído (cancerígeno), generado en el acabado de los tejidos.

La cantidad de formaldehído depende de varios factores, como la cantidad usada en el acabado, el proceso de acabado, el calor y la humedad del ambiente. La exposición al formaldehído se puede evitar permitiendo que el tejido libere el gas en una zona bien

ventilada antes de su manipulación (Robin,1998).

## **AVANCES CIENTÍFICOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

Durante los últimos años la industria textil tradicional que ha favorecido la calidad, ha cambiado su estrategia para apoyar la innovación y la creación de nuevos textiles dando lugar a la aparición de los “Textiles Técnicos”, “Textiles Inteligentes” y una nueva generación de fibras, tejidos y artículos que se producirán gracias a sus enormes posibilidades y funcionalidades Stenton, P. (2008).

### **Textiles inteligentes**

Los textiles inteligentes se definen como textiles que pueden detectar y reaccionar a condiciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas.

Según su actividad funcional los textiles inteligentes pueden ser clasificados en tres categorías: Textiles inteligentes pasivos (primera generación) los cuales solo pueden detectar las condiciones ambientales o estímulos. Los textiles inteligentes activos (segunda generación) tienen la capacidad de detectar y actuar frente a una situación determinada, por ejemplo, los tejidos camaleónicos, hidrófugos, permeables al vapor, termorreguladores, etc. Textiles ultra-inteligentes (tercera generación) pueden detectar, reaccionar y adaptarse a las condiciones o estímulos del medio, es la unión de textiles tradicionales y nuevos tejidos con otras ramas de la ciencia como, la ciencia de los materiales, mecánica estructural, tecnología de sensores y detectores, avanzada tecnología de procesos, electrónica, comunicación, biología, etc. (Singh,2004).

En el desarrollo de textiles inteligentes se utiliza la parafina y otras nanopartículas, que permiten regulaciones térmicas de la prenda y el usuario y comportamiento antimicrobiano (Uribe, 2016). El calor generado por el cuerpo humano durante una actividad física intensa a menudo no es liberado al ambiente en la cantidad necesaria, generando una situación de estrés térmico; por otra parte, durante los periodos de descanso se genera menos calor del cuerpo, de mantener la misma liberación de calor, es probable que se den casos leves de hipotermia (Bendkowska y Grabowski, 2005).

Existen dos tipos de materiales con memoria de la forma que a diversos estados de temperatura tienen el potencial de asumir diversas formas, cuando han alcanzado la temperatura de transformación, dentro de ésta clase, están los polímeros electroactivos (Lendlein y Chem, 2002). Se utilizan también aleaciones con memoria de la forma, como el níquel-titanio (alergias, rinitis, cánceres de las cavidades nasales y pulmón) (Olvera et.al, 2013), y las aleaciones cobre-zinc (lesiones hepáticas, del SNC, riñones, huesos y ojos, dermatitis, etc.) (Olvera et.al, 2013), que son capaces de una activación de doble dirección y por lo tanto pueden producir la variación reversible necesaria, para la protección contra condiciones atmosféricas cambiantes (Igharo, 1985). Incorporando estas aleaciones entre las capas de una prenda, se puede generar un hueco de aire, consiguiendo una mejora en la protección contra el calor extremo (Boussu et. al, 2002). Se utilizan también películas de poliuretano entre las capas adyacentes de la ropa, cuando la temperatura de la capa externa ha caído el hueco de aire entre las capas se hace más limpio (Arthur, s.f.).

Los polímeros con memoria de forma, tienen el mismo efecto que las aleaciones de Ni-Ti, siendo más compatibles con el sustrato textil, están basados en polinorborenos y fueron desarrollados por la French Company CdF

Chimie, más tarde se desarrollaron diversas clases de mezclas de polímeros entre estireno, butadieno, polietileno, tereftalato, (leucemias) (Olvera et.al, 2013), óxido de polietileno, poliuretano, policaprolactama (dermatitis, afecciones SNC e hígado), (Olvera et.al, 2013), los más famosos son los “geles robots” compuestos de 2-poli-2-acrilamida-2-ácido sulfónico de metil propano que es investigado para usos de reemplazo de los músculos y los tendones (Bar,2002).

Algunas fibras inteligentes activas contienen materiales electro-conductores y partículas de grafito que pueden conducir la electricidad, estos materiales pueden regular la conexión/desconexión de la electricidad y mantener la temperatura estable (Olvera et.al, 2013).

Otros tipos de materiales inteligentes, son los que cambian su color de forma reversible, según las condiciones de estímulos externos, se denomina fibras camaleónicas (Gregory y Hanks,2001). En textiles los materiales pueden ser fotocromáticos (el estímulo es la luz), termocromáticos (el estímulo es el calor) y electrocromáticos (el estímulo es la electricidad). El sufijo cromo significa color (Bamfield, 2002). Los materiales fotocromáticos son moléculas orgánicas inestables que cambian la configuración espacial o por rotura de enlaces covalentes, los tipos de sistemas termocromáticos utilizan un tipo de cristal líquido y un sistema de cambio molecular, son colorantes encerrados en microcápsulas y son aplicados en el tejido como un pigmento en base de resina (Quintili, 2012).

Los tipos más comunes de colorantes termocromáticos utilizan un tinte y un revelador de color que se disuelven en un solvente orgánico (Leucemias) (INSHT,2016), esta solución es entonces micro-encapsulada (3,4 micras de diámetro), es sólida a temperaturas

inferiores y con calor llega al punto de fusión produciendo el cambio de color (Lampert, 2002).. Además del cambio de color debido a la reacción frente a la luz o calor, existen otras fibras que presentan el fenómeno llamado “cromismo del solvente”, cuyo color se cambia cuando entra en contacto con un líquido como el agua (Oakes y Dixon,2005).

Los materiales luminiscentes son aquellos que emiten luz, gracias a un estímulo externo de luz, se tiene materiales fluorescente y fosforescentes, la diferencia en la duración de emisión de luz que dura más con la fosforescencia (Bolotin, 2002). Existen dos tipos de materiales fotoluminiscentes: orgánicos que pueden pasar de un estado excitado a uno fundamental emitiendo un fotón (Lakowicz, 1983). y minerales tales como algún tipo de tierra rara (europio, iridio, fósforo) que producen dermatitis y cáncer (INSHT,2016); (Olvera et.al, 2013), estos materiales generalmente han sido utilizados en textiles para discotecas, etiquetas, equipos de protección personal, y hasta alfombras con indicaciones luminosas para guiar a la gente en un apagón, el efecto obtenido se conoce como “glow in the dark”.La óptico-luminiscencia es el efecto típico que se encuentra en fibras ópticas aplicadas a la creación de pantallas, estos materiales electroluminiscentes son compuestos orgánicos moleculares o poliméricos y materiales minerales (INSHT,2016).

Existen dos formas de desarrollar tejidos conductores eléctricos y/o térmicos, mediante el uso de metales y polímeros, aplicados en forma de pigmentos y pastas de estampados con un alto contenido metálico y la segunda forma en el uso directo de hilos conductores constituido de una base tradicional de algodón, lana poliéster, etc. y un alma de metal como la plata y el cobre o de polímero conductor como poliotofeno, las

polianilinas, el poliacetileno y sus derivados (INSHT, 2016). Los materiales conductores se utilizan en prendas textiles para protección electromagnética y antiestática (Arthur, s.f.). Otro tipo de fibras incluidas en este grupo, son las fibras de carbono, permite medir la capacidad de sensibilidad a la presión, en fuerza y en tiempo (Mazzoldi, Lorusi y Scilingo, 2002). Hay otros usos de los materiales conductores como prendas para generar calor o como antenas para recibir ondas electromagnéticas o como fuente de dispositivos electrónicos

La investigación multidisciplinar entre químicos, físicos y textileros, condujo al desarrollo de la tecnología de punta del laminado mediante membranas microporosas o hidrofílicas que están constituidas de biopolímeros generalmente de origen celulósico o sintético como el polifluorocarbono (afecciones SNC, cáncer, etc.) o poliuretanos y sus derivados (Brzezinski et.al, 2005). Los principales usos son en ropa de deporte, que por un lado son transpirables y por el otro impermeable. Otro uso es el “efecto flor de loto” que produce un resultado ultra hidrofóbico que repele los productos acuosos u oleicos. Otras características son la ropa autolimpiadora y la membrana indestructible Texflex de INVENTA Umwelt (Williams, 1998).

El otro campo de la investigación y el desarrollo de textiles inteligentes es la integración de la electrónica miniaturizada en el sustrato textil, como sensores y microchips (riesgos de aborto) (Williams, 1998), que detectan y analizan estímulos proporcionando una respuesta. Se han hecho desarrollos esencialmente en ropas para soldados, seguridad y para el área médica (Czajka, 2005).. Los esfuerzos científicos y las fases de desarrollo de los textiles inteligentes están interesando al usuario y se presentan como el futuro de la industria textil.

## Resumen de las posibles enfermedades que puede contraer el trabajador textil

La industria textil utiliza una gran cantidad de sustancias y compuestos químicos, los mismos que pueden asociarse a la generación de muchas intoxicaciones profesionales, las que pueden ser agrupadas considerando el proceso productivo, la magnitud del riesgo y su incidencia en el apareamiento de la enfermedad, logrando de esta manera sintetizar las más incidentes en los distintos procesos productivos textiles.

**Tabla 1. Resumen del riesgo químico en la industria textil.**

Producción de fibras vegetales			
Material	Lesión	Sustancia	TLV
Polvos y Fibrillas	Bisinosis, Neumoconiosis	Polvo de algodón	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Plaguicidas, insecticidas y abonos	Depresión respiratoria, Polineuropatías, cirrosis, carcinoma	Órgano clorados, fosforados, arsénico	Arsénico: 2ug/m <sup>3</sup> Parathión 0,05 mg/m <sup>3</sup>
Detergentes y álcalis	Afección cutánea alérgica e irritativa	Hidróxido de sodio y potasio	NaOH: 2mg/m <sup>3</sup>

Producción de fibras animales			
Materia l	Lesión	Sustancia	TLV
Hongos, bacterias y parásitos	Enfermedades infecciosas y parasitarias	Onicomiosis, brucelosis, leishmaniasis, etc.	
Detergentes y álcalis	Afección cutánea alérgica e irritativa	Hidróxido de sodio y potasio	NaOH: 2mg/m <sup>3</sup>
Polvos y fibrillas	Neumonitis por hipersensibilidad (pulmón de granjero)	Proteínas séricas de animales, bacterias termófilas, hongos	
Plaguicidas, insecticidas	Depresión respiratoria, Polineuropatías, cirrosis, carcinoma	Órganos clorados, fosforados, arsénico	Arsénico: 2ug/m <sup>3</sup> Parathión 0,05 mg/m <sup>3</sup>

Fabricación de fibras minerales			
Materia l	Lesión	Sustancia	TLV
Fibra mineral	Asbestosis, adenocarcinoma mesoteliomas	Asbesto o amianto	0,1 fibras/cm <sup>3</sup>
Metal es	Neumoconiosis, alveolitis	Platino, cromo	Pt: 1mg/m <sup>3</sup> Cr: 0,5 mg/m <sup>3</sup>

Fabricación de fibras sintéticas			
Materia l	Lesión	Sustancia	TLV
Solventes orgánicos	Lesión hepatoelular aguda, cáncer, dermatitis, rinitis	Dimetilformamida, fenoles, aminas, tetracloroetano.	Dimetilformamida: 10 ppm. Tetracloroetano: 1 ppm.
Monómeros	Cáncer, angiosarcoma	Acrilonitrilo	Acrilonitrilo: 1 ppm.
Lubricantes, antiestática	Dermatitis irritativa	Ácidos grasos,	Silicón: 10 mg/m <sup>3</sup>

ticos, suavizantes, coherentes, etc.	y alérgica	siliconas	
--------------------------------------	------------	-----------	--

		a 85 dB(A)	para 8 horas
--	--	------------	--------------

Fabricación de fibras regeneradas			
Material	Lesión	Sustancia	TLV
Solventes orgánicos	Polineuropatías: Psicosis, depresión, dermatitis	Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono: 2 ppm
Aditivos	Dermatitis, rinitis	Ácidos, álcalis	Ácido sulfúrico: 1mg/m <sup>3</sup>

Procesos de tejeduría			
Material	Lesión	Sustancia	TLV
Enzimajes	Dermatitis irritativa y alérgica	Suavizantes, parafina, glicerina, etc.	Silicón: 10mg/m <sup>3</sup>
Encolantes	Dermatitis irritativa y alérgica	Almidones, poliacrílicos, carboximetil celulosa, etc.	
Polvos y fibrillas	Bisinosis, neumoconiosis	Polvo de algodón	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Otros	Hipoacusia	Ruido mayor a 85 dB(A)	85 dB(A) para 8 horas

Procesos de hilatura			
Material	Lesión	Sustancia	TLV
Polvos y fibrillas	Bisinosis, neumoconiosis	Polvo de algodón	0,2mg/m <sup>3</sup>
Lubricantes, antiestáticos, coherentes	Ácido graso, siliconas, parafinas	Dermatitis irritativa, alérgica	Silicón: 10mg/m <sup>3</sup>
Otros	Hipoacusia	Ruido mayor	85 dB(A)

Procesos de tintorería			
Material	Lesión	Sustancia	TLV
Solventes y carriers	Cancerígenos, irritativos y	Derivados del benceno y otros	Benceno: 0,1ppm

	neurotóxicos	solventes	
Oxidantes	Cirrosis, irritaciones respiratorias, cutáneas, oculares, fibrosis edema pulmonar	Agua oxigenada, ozono, cloro y derivados	Ozono: 0,1ppm  Cloro gaseoso : 0,5ppm
Reductores	Irritaciones: rinitis, dermatitis, nasofarinitis, bronquitis	Sulfuro de sodio, hidróxido de sodio, etc.	Dióxido de azufre: 2ppm.
Ácidos y álcalis	Irritaciones: rinitis alérgica e irritativa, dermatitis, etc.	Ácido acético, sulfúrico, clorhídrico, etc. hidróxido de sodio, carbonato de sodio, etc	Ácido acético: 0,3ppm. Ácido Clorhídrico: 7mg/m <sup>3</sup>
Colorantes	Cancerígenos: cáncer de vejiga, otros.  Sensibilizantes	Azoicos, al cromo y otros.	Anilina: 2ppm

<i>Sales</i>	<i>Sensibilizantes, dermatitis</i>	<i>Sales de cromo, de sodio, de cobre, etc.</i>	<i>Cromo hexavalente: 0,1ug/m<sup>3</sup></i>
<i>Blanqueadores ópticos</i>	<i>Irritaciones cutáneas</i>	<i>estilbeno</i>	
<i>Calor</i>	<i>Golpe de calor, síncope por calor, etc.</i>	<i>Calor en calderas, etc. (alto índice TGBH)</i>	

<b>Proceso de acabado textil</b>			
<b>Material</b>	<b>Lesión</b>	<b>Sustancia</b>	<b>TLV</b>
Monómeros residuales	Cancerígenos sensibilizantes	Fenol, Acrilonitrilo, ácido cianhídrico, etc.	Acrilonitrilo: 1ppm.
Resinas reactivas-reticulantes, Productos de acabado ignífugo	Cancerígeno, sensibilizante Alérgeno, neurotóxico, irritante	Formaldehído, ignífugantes, antimicrobianos	Formaldehído: 0,3ppm.

biocida, etc.			
Suavizantes, antiestáticos	Sensibilizante, irritante	Ácidos grasos, siliconas	Silicón: 10mg/m <sup>3</sup>

<b>Procesos de confección</b>			
<b>Materia</b>	<b>Lesión</b>	<b>Sustancia</b>	<b>TLV</b>
Acabado inarrugable	Cancerígeno, sensibilizante Alérgeno, neurotóxico, irritante	Formaldehído, ignífugantes, antimicrobianos	Formaldehído: 0,3ppm.

		(monómeros)	
Memoria de forma	Alergias, rinitis, cáncer de las cavidades nasales y pulmón	níquel - titanio	Níquel: 1,5mg/m <sup>3</sup> como TWA.
Memoria de forma	Lesiones hepáticas. Afección sistema nervioso central, riñones, huesos, ojos, dermatitis.	Cobre – zinc.	Cobre: 1mg/m <sup>3</sup> polvo y nieblas.

<b>Textiles inteligentes</b>			
<b>Materia</b>	<b>Lesión</b>	<b>Sustancia</b>	<b>TLV</b>
Regulaciones térmicas	Edema pulmonar, pulmonía	Parafina	Parafina: 2 mg/m <sup>3</sup>
Memoria de forma	Cancerígenos sensibilizantes	Polímeros electroactivos, estireno, butadieno.	Estireno: 20ppm como TWA. 40ppm como STEL

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Arthur. (s.f.) US Patent 631278.

Asela M, Suárez Tamayo, Susana, & Palacio Estrada, Daniel E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es&tlng=es)

Bar, C. (2002). Proceeding of the SPIE Smart Structures and Materials Symposium, 2002, Paper N° 4695-02.

Bamfield, P. (2002). Chromic Phenomena: Technological Application of Colour Chemistry. Recuperado de: <https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-1-84755-868-8>

Bolotin. (2002). Organic Luminescent Materials, Weinheim NY, VCH,

Boussu, J. L. Petiniot, H. Vinchon. (2002). Autex. *Reserach Journal*, 2002, 2 (1), 1-6.

Bendkowska, L. Grabowski. (2005). *Clothing Science and Technology*, 17 (3-4), 209-214.

Brzezinski, T., Nowak, H., Schmidt, D., Marcinkowska, A. (2005). *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 13 (6), 53-58.

Callisaya, V., Marlen, F. (s.f.) RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGIA. *Revista de Información tecnología y sociedad*. Vol. 5. pp 88-91. Recuperado de: [https://www.academia.edu/10668906/88\\_REVISTA\\_DE\\_INFORMACI%C3%93N\\_TECNOLOG%C3%8DA\\_Y\\_SOCIEDAD\\_NANOTECNOLOG%C3%8DA](https://www.academia.edu/10668906/88_REVISTA_DE_INFORMACI%C3%93N_TECNOLOG%C3%8DA_Y_SOCIEDAD_NANOTECNOLOG%C3%8DA)

Calera, R., Alfonso, A. Roel, V., José, M., Casal, A., Merino, R., Rodrigo., C. (2005). Riesgo químico laboral: elementos para un diagnóstico en España. *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, N° 2, pp. 283-295. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/170/17079216.pdf>

Cortazar, A., González, C., Coronel, C., Escalante, J., Castro, J., Villagómez, J (2012). Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. *Universidad y ciencia. Revista Scielo*. 28(2): pp 187-199. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792012000200009&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000200009&lng=es)

Czajka. (2005). *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2005, 13(1), 13-15.

Daniel G. Fernández A. Md., Liliana C. Mancipe G. Md.2 y Diana C. Fernández. (2010). Intoxicación por organofosforados. *Revista Mod*. 18 (1): pp 84-92 Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n1/v18n1a09.pdf>

Dušan, D. (s.f.) Toxicología. Recuperado de <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/Enciclopedia%20de%20salud%20y%20seguridad%20en%20el%20trabajo.pdf>

Goldman. L, Schafer, A. (2016). *Goldman-Cecil Medicine*. (25th. Ed, Phiñadelphia. pp 10-220).

- Gregory, T., Hanks. (2001). National Textile Center Annual Report (USA), 2001, M98 C01.
- INSHT (2016). Fichas Internacionales de Seguridad Química. Recuperado de:  
<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/fisq>
- Igharo. (1985). Powder Metallurgy, 1985, 28 (3), 131-139.
- Hollen. (1990). *Manual de los textiles*. México.
- Jeanne, M., Markkanen, P. (1998). *Guía de Productos químicos*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, OIT, Ed., ed. Ginebra.
- Lampert. (2002). Glas Science and Technology, 2002, 75, 244-252.
- Lendlein, A, Chem. (2002). 41, 2034-2057., 2002.
- Lakowicz. (1983). Principle of Fluorescence Spectroscopy, second edition, Kulwer Acad.
- Mazzoldi, F., Lorussi, E., Scilingo, R. (2002) Autex research Journal, 2002, 2 (4), 199-203.
- Myers. (1998). *Agricultura y sectores basados en recursos naturales*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo vol. 64, OIT, Ed., ed. Ginebra. Recuperado de:  
<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Sumario+del+Volumen+II/2e8604fd-2b20-4982-9808-ad71b6469914>
- Olvera, G., Aguilar, H., Jorge, R, Kryshtab, T. (2013). Procesamiento de micro y nanofibras de polipirrol/óxido de polietileno/nylon-6 por la técnica de electrohilado. *Revista ingeniería, investigación y tecnología*. 14(4), 575-581. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432013000400010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000400010&lng=es&tlng=es)
- Oakes, S. Dixon. (2005) Coloration Technolog. 2005, 121 (5), 237-244., 2005.
- Perret P, Cecilia, Maggi C, Leonardo, Pavletic B, Carlos, Vergara F, Rodrigo, Abarca V, Katia, Dabanch P, Jeannette, González C, Cecilia, Olivares C, Roberto, & Rodríguez T, Jaime. (2001). Ántrax (Carbunco). *Revista chilena de infectología*, 18(4), 291-299. Recuperado de:  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182001000400008>
- Puente, M. (2001). *Higiene y seguridad en la industria textil*. Recuperado de:  
<http://www.artisam.org/descargas/pdf/HIGIENE%20Y%20SEGURIDAD%20EN%20EL%20TRABAJO.pdf>. 2001
- Quintili, M. (2012). Nanociencia y Nanotecnología. un mundo pequeño. *Dialnet*, (42), 125-155: Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5263478>
- Robin, H. (1998). *Confeción y productos textiles acabados*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, OIT, Ed., ed. Ginebra.
- Singh. (2004). *Pakistan Textile Journal*, available on line,  
<http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>
- Siemiatycki J. (1994). "Occupational risk factors for bladder cancer," *Revista Epidemiol*, pp. 81-1472. Recuperado de: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/104597/978-952-03-0896-4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Stenton, P. (2008). Tecnologías textiles. Recuperado de:  
[http://www.smarttextiles.co.uk/\\_wearcomp.htm](http://www.smarttextiles.co.uk/_wearcomp.htm)

Vobecky, J., Devroede, G., MD, J. (1984). Risk of large-bowel cancer in synthetic fiber manufacture. *Revista ACS JOURNALS*, (vol. 54). pp, 24.30 Recuperado de:  
[https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1097-0142\(19841201\)54:11%3C2537::AID-CNCR2820541138%3E3.O.CO;2-Q](https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1097-0142(19841201)54:11%3C2537::AID-CNCR2820541138%3E3.O.CO;2-Q)

Veiga, Á., Sánchez, A., Martínez, N., Barbó, A, González, J., Maquea, B. (2015). Riesgos para la salud y recomendaciones en el manejo de nanopartículas en entornos laborales. *Revista Scielo*. 61(239), 143-161. <https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000200002>

Uribe, C (2016). Funcionalización de textiles de algodón con nanopartículas de ZnO2. *Rev. Soc.* 2(82), pp 20-80. Recuperado de:  
<[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2016000200012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000200012&lng=es&nrm=iso)>.

Wingate (1987), *Biblioteca de los géneros textiles y su selección* México.

Williams. (1998). *Microelectrónica y semiconductores,* "Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, OIT, Ed., ed. Ginebra,

Wolf, D., Günter, S. (1998). *La caracterización de los artículos textiles bajo aspectos ecológicos y toxicológicos*. BASF.

Zeidler, (1994). *Los productos BASF para el acabado de textiles*. BASF, Ed., ed Alemania.

# Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la producción de bloques ecológicos a partir de residuos del cultivo del champiñón ostra (*pleurotus spp*).

## Development of a laboratory scale process for the production of ecological blocks from residues from the cultivation of the mushroom ostra (*pleurotus spp*)

Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>3</sup>, Mateo Alejandro Jácome Pinargote<sup>1</sup>, Julián Andrés Chandi Pozo<sup>2</sup>, Julio Amilcar Pineda-Insuasti<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Richard Montgomery High School. Rockville, MD 20852, United States.

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ibarra, Ecuador

<sup>3</sup> Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra. Ecuador

Autor para correspondencia: Mateo A. Jácome Pinargote Email: [mateo.jacome@hotmail.com](mailto:mateo.jacome@hotmail.com)

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

### RESUMEN

Se evidenció una baja productividad en la producción del hongo comestible ostra por fermentación en estado sólido de residuos agroindustriales. Se estudió el proceso de fermentación sólida del bagazo de caña con la cepa de *Pleurotus ostreatus* ceba-glii-po-010606 aplicando un diseño experimental factorial 2<sup>2</sup>. Los factores estudiados fueron el tamaño de partícula y el diámetro de la biocelda. Se demostró con un 95 % de confiabilidad la existencia de diferencias significativas entre los factores estudiados, se logró una productividad máxima de 15,34 g MSH/(kg MSS.día), cuando se trabajó con 1,8 cm de tamaño de partícula y 30,48 cm de

diámetro de biocelda. Los resultados logrados representan un aporte tecnológico potencial para el desarrollo industrial del hongo ostra sobre bagazo de caña y una oportunidad para la diversificación de la industria azucarera.

PALABRAS CLAVE: bloques, construcción, biomasa, champiñón, *Pleurotus*.

### INTRODUCCIÓN

A partir de la década del 2000 la bioeconomía empezó a tomar fuerza en los países europeos, sin embargo en América Latina y el Caribe la atención en el tema ha sido escasa, con el paso de los años, el hombre ha pasado por varias etapas económicas, cuando se

originó la economía industrial la contaminación se convirtió en un elemento que pasó desapercibido afectando gravemente el estado de nuestro planeta, es necesario enfrentar el crecimiento acelerado de la población mundial, el cambio climático y el metabolismo lineal de consumo en el que

se ha basado nuestro estilo de vida; la bioeconomía se define como un modelo económico basado en la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos en productos con valor añadido creando un metabolismo económico sostenible. (Von Braun, 2015).

La bioeconomía se formaliza mediante la producción, utilización y conservación de los recursos biológicos, en estas actividades también se incluyen los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación que proporcionen soluciones sostenibles para lograr una economía sostenible que no afecte las condiciones de vida de las futuras generaciones. (International Advisory Council on Global Bioeconomy, 2020).

En la actualidad en América Latina y el Caribe se efectúan estudios sobre la valorización de los residuos agrícolas pues la pandemia por COVID-19 ha mostrado la importancia de vincular la bioeconomía para preservar el futuro de las economías de la región. Adicionalmente el uso de biomasa en generación de energía, en la preparación de alimentos para animales y en bioinsumos de construcción fomentan el desarrollo sostenible por medio de la bioeconomía. (Aragón et al., 2020).

Con la aparición de la bioeconomía se desarrollaron usos para la biomasa y residuos de la agricultura, se produjo la aparición de nuevos materiales de construcción que permiten el progreso de la arquitectura como ciencia. Antiguamente los materiales usados en la construcción eran materiales brindados por la naturaleza y se los encontraba cerca al sitio de trabajo, así se tienen sistemas constructivos como el tapial que consiste en

crear muros portantes a base de tierra arcillosa húmeda y paja compactada en un encofrado de madera, el adobe que es la elaboración de bloques de tierra arcillosa húmeda y paja apilados y unidos con la misma mezcla. Sin embargo, con la aparición del hormigo, el acero, el vidrio, el bloque de concreto y el ladrillo han cambiado radicalmente la forma de crear arquitectura, pues la aparición de estos materiales ha traído consigo propiedades físicas diferentes con un alto costo ambiental. En la actualidad se busca erradicar o disminuir el impacto ambiental, creando proyectos sustentables y sostenibles, tal es así que arquitectos reconocidos buscan la implementación de nuevas tecnologías en sus proyectos y nuevos materiales ecológicos.

Se presenta por ejemplo los bloques de HEMPCRETE creados a base de cáñamo, los mismos cuentan con una gran fracción de biomasa y una pequeña de cemento dando como resultado un material ligero y duradero, además gracias al cáñamo se absorbe de CO<sub>2</sub> de la atmosfera disminuyendo el impacto ambiental de la construcción. (Arrigoni et al., 2017) Este material de construcción de base biológica permite mitigar el calentamiento global y puede ser utilizado en paredes, suelo y techo, es un bien aislante térmico y cuenta con capacidades de transferencia y almacenamiento de humedad, adicionalmente contribuye a la reducción de residuos luego de su vida útil por ser mayoritariamente elaborado con un componente natural. (Collet et al., 2013).

Según Arehart et al. (2020) los bloques de HEMPCRETE presentan emisiones negativas de CO<sub>2</sub> es decir almacenan el carbono logrando que los edificios que usan el material sean de bajas emisiones pues se estima que se reducen entre el 18,5% y el 38,4% de las

emisiones iniciales mediante el proceso de carbonatación, mostrando los grandes beneficios de aplicar materiales naturales en la arquitectura moderna, por otro lado, el micólogo Phillip Ross ha estudiado por años las diversas posibilidades para el uso de los hongos, partiendo de sus propiedades físicas ha concluido que este puede usarse para la creación de envases, muebles, e incluso desarrollo el prototipo de un bloque solido de micelio. (Fernández et al., 2019).

¿Pero cómo es posible que el micelio se convierta en un producto altamente resistente? La degradación de la materia orgánica a base del micelio produce enzima que actúan como un pegamento el cual compacta la materia y según la cepa del micelio este puede moldearse. Varias investigaciones científicas han concluido que el micelio tiene propiedades mecánicas y físicas similares a las del material poliestireno expandido con un plus ambiental que es la biodegradación del mismo. (Xing et al., 2018)

El uso de micelio en la arquitectura ha permitido la creación de elementos como el Hy-Fi que en 2014 gano la 15 edición del Programa de Jóvenes Arquitectos del MoMA, en donde se construyó un pabellón con 10000 bloques de micelio hechos a base de desechos de maíz y apoyados en una estructura de madera, cabe mencionar también el Terreform One, un movimiento de científicos, artistas y arquitectos que promueven actividades en New York como la construcción de un modelo arquitectónico del New Museum de New York con ladrillos de micelio mezclados con aluminio reciclado. (Illana, 2016)

Finalmente se concluye que el micelio es un elemento de construcción similar a los bloques o ladrillos comunes, no es un elemento estructural pues no cuenta con la

resistencia adecuada a la compresión, sin embargo ¿Qué pasaría si combináramos el micelio con materiales orgánicos antiguamente usados en la construcción? ¿Las propiedades físicas y mecánicas aumentarían o solo debilitarían la compactación del material?

Tras la evidencia de proyectos arquitectónicos con micelio, en la presente investigación se plantea experimentar el comportamiento del hongo mezclado en porcentajes con algunos materiales de construcción orgánicos usados en la antigüedad, esperando que las propiedades físicas y mecánicas de los productos finales aumenten en comparación con un bloque de micelio sin ningún aditivo, además se busca desarrollar un bioproceso a escala de laboratorio para la producción de un bloque constructivo a partir del champiñón ostra (*leurotus spp*), mediante el analisis de bioprocesos, que permita el máximo aprovechamiento de la materia prima en el marco del desarrollo sustentable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se investigó a escala de laboratorio la producción de bloques ecológicos fabricados a partir de residuos del cultivo del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*). El trabajo experimental se realizó en la planta piloto de Biotecnología Fúngica del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizada en la ciudad de Ibarra, a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C. Los análisis químicos se realizaron en la empresa Biodiversity®.

### Cepa, inóculo, sustrato y residuo

Como inóculo se utilizó el micelio del hongo ostra de producción nacional de marca

comercial BIODIVERSITY®, preparado en granos de trigo (*Triticum aestivum* L.) con la cepa nativa de *Pleurotus ostreatus* ceba- gliiepo-010606, perteneciente a la colección de cultivos BIOBANCO-CEBA. Como sustrato para el cultivo se utilizó residuos de la cosecha de

frijol (*Phaseolus vulgaris*) cultivado en la zona del Valle del Chota de la ciudad de Ibarra.

Luego de la cosecha del champiñón ostra se genera un residuo orgánico el cual se utilizó para la fabricación de los bloques ecológicos de este trabajo.



Foto 1. Biomasa de residuos de frejol cultivada en el valle del chota, Ecuador y cultivo de champiñón ostra (*Pleurotus* spp.)

### **Barro de construcción y cal**

Se utilizó barro de construcción (60% arena - 40% Arcilla) sin marca, adquirido en ferretería de la ciudad de Ibarra. La cal utilizada fue de marca Chimborazo adquirida en ferretería de la ciudad de Ibarra

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Se estableció como unidad experimental un bloque ecológico de 2000 g y se definieron como factores de estudio el uso del barro de construcción entre un 20 y 30 % y la cal entre un 20 y 30 %. Se establecieron como parámetros de operación un bloque geométrico de 20x10x5 cm, un tiempo de secado natural de 7 días, temperatura de 18 °C y presión de 101,3 KPa. La variable de respuesta seleccionada fue la resistencia del bloque, medida en Kg/cm<sup>2</sup>. Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS CENTURIÓN-19, para crear un diseño

experimental factorial estándar 2<sup>2</sup>, con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos experimentales.

### **Procedimiento**

Se procede con la selección y pesaje de las materias primas e insumos (residuos de cultivo de champiñón ostra, cal, barro, agua y cola blanca), luego se realiza el mezclado manual de los materiales en un recipiente de plástico de 20 l y se procede con el moldeado del bloque ecológico en los moldes contruidos de madera, seguido del secado natural, luego del secado se extrae el bloque ecológico del molde y se procede con su almacenamiento y pruebas de resistencia.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la figura 1, se presenta la muestra de cal utilizada en el experimento, su composición

química promedio viene dada por 90% de CaO, 80% de CaO disponible, 3% de SiO<sub>2</sub>, 3% de MgO, 0,1 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,3% de azufre, 1% de humedad. De igual forma se puede ver la muestra de barro de construcción de composición 60% Arena - 40% Arcilla. Se apreciar también la muestra de residuos del

cultivo del champiñón ostra, en su estructura se encuentra la siguiente composición: Humedad 15,13%; Materia seca 84,87%; Cenizas 8,37%; Fibra Cruda 45,35%; Grasa (EE) 0,56%; Proteína bruta 1,51%; Relación Carbono/Nitrógeno ( C/N) 120,36%.



En la Tabla I, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede apreciar se logra un mínimo de 8,75 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia y un máximo 10,75 kg/cm<sup>2</sup>, cuando se trabaja con una 20% de barro y 20 % de cal,

este resultado es mayor a los reportados en la literatura para bloques ecológicos (3), debido principalmente al mayor tiempo de retención del agua de la biocelda de mayor diámetro.



a)



b)



c)	d)
----	----

TABLA 1 MATRIZ DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

<b>BLOQUE</b>	<b>Barro</b>	<b>Cal</b>	<b>Resistencia</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(Kg/cm2)</b>
1	20	30	9,87
1	30	20	9,24
1	20	20	10,75
1	30	30	8,75
2	30	30	8,86
2	20	20	10,45
2	20	30	9,93
2	30	20	9,17
3	30	20	9,31
3	20	30	9,76
3	20	20	10,63
3	30	30	8,91

En la Tabla 2, se presenta el análisis de varianza para la resistencia, La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Resistencia en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio

contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 98,5853% de la variabilidad en Resistencia. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 97,4063%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,113284. El error medio absoluto (MAE) de

0,0661111 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

TABLA 2 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RESISTENCIA

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>A:Barro</b>	4,26021	1	4,26021	331,96	<b>0,0000</b>
<b>B:Cal</b>	1,00341	1	1,00341	78,19	<b>0,0001</b>
<b>AB</b>	0,0954083	1	0,0954083	7,43	<b>0,0343</b>
<b>bloques</b>	0,00666667	2	0,00333333	0,26	0,7795
<b>Error total</b>	0,077	6	0,0128333		
<b>Total (corr.)</b>	5,44269	11			

R-cuadrada = **98,5853** por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **97,4063** por ciento

PRESS = 0,308

R-cuadrado (predicho) = 94,341 por ciento

Error estándar del est. = **0,113284**

Error absoluto medio = **0,0661111**

Estadístico Durbin-Watson = 3,35613 (P=0,9705)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,696537

En la figura 3, se presenta el Diagrama de Pareto estandarizado para resistencia, lo cual corrobora que existe diferencia significativa entre el uso del barro y la cal y la correlación barro / cal.

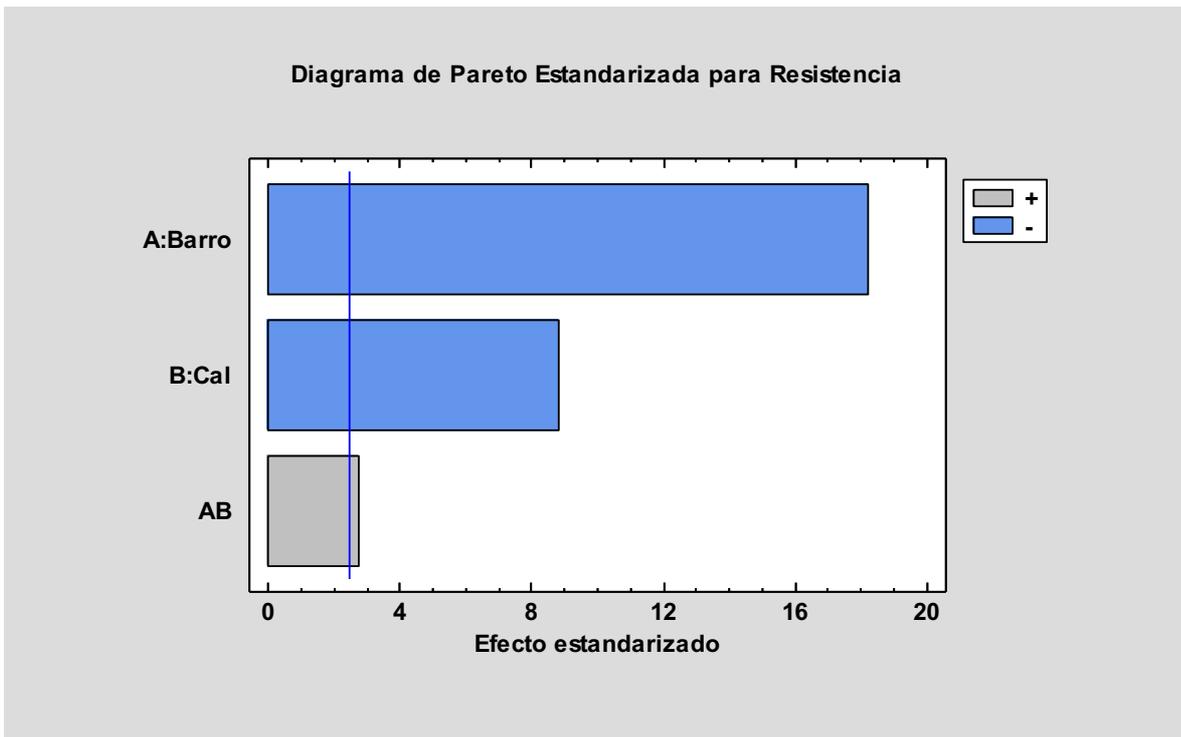


Figura 3. Diagrama de Pareto Estandarizado para Resistencia

Como se observa en la figura 4 de superficie de respuesta estimada, a medida que

disminuye la cantidad de barro y la cal se logra un óptimo en el valor del intervalo estudiado.

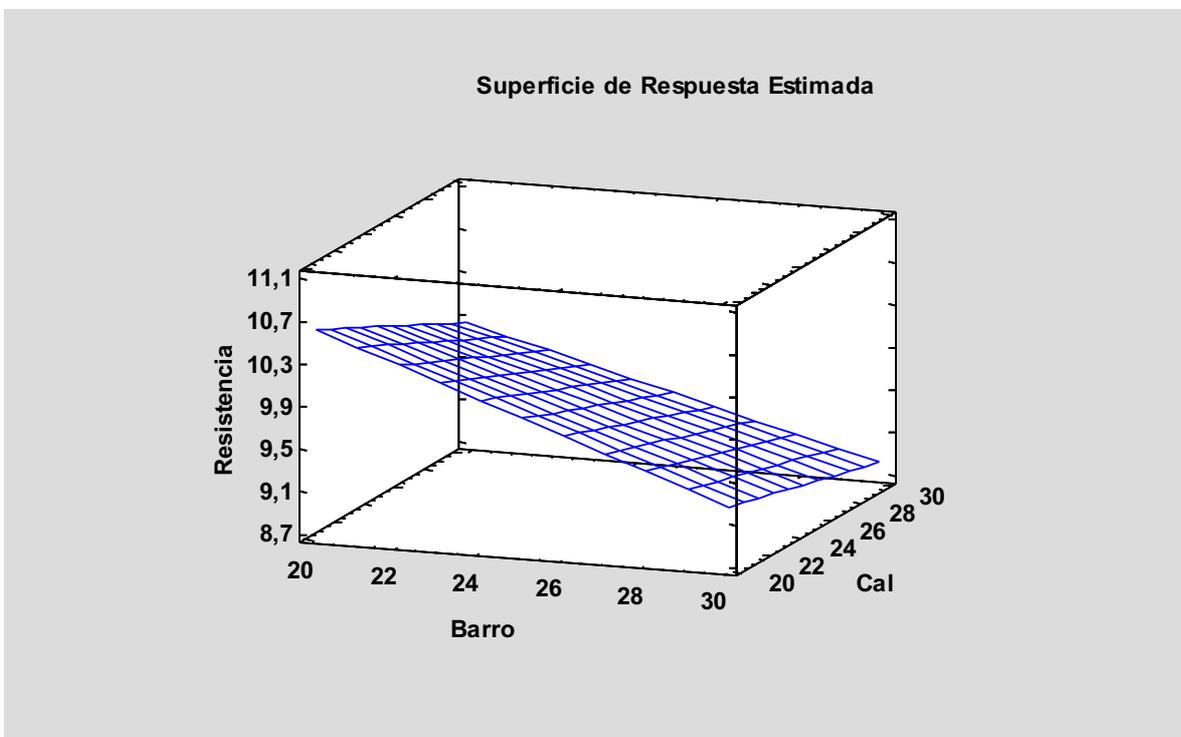


Fig. 4. Superficie de respuesta estimada

**Modelo matemático empírico ajustado a los datos:**

$$\text{Resistencia} = 16,29 - 0,208333*\text{Barro} - 0,147*\text{Cal} + 0,00356667*\text{Barro}*Cal$$

Con la ecuación anterior se predice que la resistencia óptima en el rango estudiado es de 10,61 kg/cm<sup>2</sup>, cuando se opera con 20% de cal y 20 % de barro.

**CONCLUSIONES**

Existe diferencia significativa para el factor de estudio barro y cal en el proceso de fabricación del bloque ecológico con residuos del cultivo del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*), la resistencia máxima lograda es de 10,61 kg/cm<sup>2</sup>, cuando se opera con 20% de

cal y 20 % de barro. El residuo del cultivo de éste tipo de champiñón, muestra ser una materia prima potencial para la producción de bloques ecológicos y representa una alternativa para la construcción ecológica de bajo costo.

**AGRADECIMIENTO**

Los autores expresan su agradecimiento al Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente y la empresa Biodiversity® por la cooperación en la realización de la investigación.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aragón, M., Girón, C., Fajardo, M., Chavrier, N., Páez, D., Ureña, M., Moreno, J., García, M., & de la Viña, G. (2020). *Tecnologías de la bioeconomía para valorizar residuos y desperdicios : oportunidades de negocio para la agricultura familiar* (H. Priscila (ed.)). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Arehart, J. H., Nelson, W. S., & Srubar, W. V. (2020). On the theoretical carbon storage and carbon sequestration potential of hempcrete. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121846>
- Arrigoni, A., Pelosato, R., Melià, P., Ruggieri, G., Sabbadini, S., & Dotelli, G. (2017). Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks. *Journal of Cleaner Production*,

149, 1051–1061. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.161>

Collet, F., Chamoin, J., Pretot, S., & Lanos, C. (2013). Comparison of the hygric behaviour of three hemp concretes. *Energy and Buildings*, 62, 294–303. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.010>

Fernández, N., Gaggino, R., Kreiker, J., & Positieri, M. J. (2019). Desarrollo Tecnológico de Paneles Multicapa a partir de Residuos Lignocelulósicos Bioligados con Micelio de Hongos. *Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN*, 4, 4–10. <https://doi.org/10.33414/ajea.4.370.2019>

Illana, C. (2016). Hifas de hongos como material de construcción II. *Revista de Micología YESCA*, 28(December), 19–22. <http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/20741/24.%0AHongos%0Acomo%0A material%0Ade%0Aempaquetado.pdf?sequence=1>

International Advisory Council on Global Bioeconomy. (2020). *Global Bioeconomy Policy Report (IV): A decade of bioeconomy policy development around the world* (Issue IV).

Von Braun, J. (2015). Bioeconomía y desarrollo sostenible - dimensiones. In *Bioeconomía: nuevas oportunidades para la agricultura* (48th ed., pp. 7–13). Naciones Unidas.

Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G., & Jones, P. (2018). Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 121(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/121/2/022032>

# Efecto de la Sapamina OC y el Acetato de Sodio más Aceite de Ricino en la Suavidad, Resistencia y Elongación de Hilos de Cabuya

**Effect of Sapamine OC and Sodium Acetate with castor oil on Smooth, Resistance and Elongation of Cabuya Threads**

Elsa Mora Muñoz<sup>1</sup>, Elvis Ramírez Encalada<sup>1</sup>, Carmen Trujillo<sup>1</sup>, Omar Lara Castro<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador

[esmora@utn.edu.ec](mailto:esmora@utn.edu.ec), [erramirez@utn.edu.ec](mailto:erramirez@utn.edu.ec), [olara@utn.edu.ec](mailto:olara@utn.edu.ec), [catrujillo@utn.edu.ec](mailto:catrujillo@utn.edu.ec)

*Recibido: 10 Octubre 2021*

*Aceptado: 11 Diciembre 2021*

---

## RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la concentración del suavizante catiónico (Sapamina OC), respecto al suavizante Acetato de Sodio y aceite de Ricino en la resistencia a la tracción y elongación de los hilos de cabuya para que puedan ser utilizados en la confección de géneros textiles. La experimentación se realizó con un diseño experimental, donde el factor de estudio fue la temperatura y concentración del suavizante catiónico y el acetato de sodio ( $C_2H_3NaO_2$ ) y la variable respuesta es la resistencia a la tracción y elongación que se establece mediante el dinamómetro bajo la norma EN ISO 2062:2009. Con 95 % de confianza se determina que existe diferencia significativa entre los niveles de estudio, un análisis de comparación con el programa Stargraphics muestra que el mejor tratamiento es el proceso con el acetato de sodio al 4% de concentración, con la temperatura de 40 °C, en un tiempo de 45 minutos. Este resultado representa un aporte a la tecnología de los procesos de suavizado de los hilos de cabuya ya que incrementa la resistencia a la tracción en 58%.

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the influence of the concentration of the cationic softener (Sapamine OC), concerning the softener Sodium Acetate and Castor oil on the tensile strength and elongation of the cabuya threads so that they can be used in the confection genre textiles. The experimentation was carried out with an experimental design, where the study factor was the temperature and concentration of cationic soft tissue and sodium acetate ( $C_2H_3NaO_2$ ) and the response variable is the tensile strength and elongation that is established employing the dynamometer under the EN ISO 2062: 2009 standard. With 95% confidence, it is determined that there is a significant difference between the study levels, a comparison analysis with the

Stargraphics program shows that the best treatment is the process with sodium acetate at 4% concentration, with a temperature of 40 ° C, in a time of 45 minutes. This result represents a report on the technology of the softening processes of the cabuya yarns since it increases the tensile strength by 58%.

**KEYWORDS:** Fibra de cabuya, Resistencia a la tracción, Suavizado..

## INTRODUCCIÓN

### La cabuya

La cabuya denominada agave o fique, es una fibra vegetal, se cultiva en Ecuador en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar, es originaria de las regiones andinas de Sudamérica como Ecuador, Colombia y Perú, encontrándola también en el Caribe y en Centroamérica, crece o se cultiva sin complicaciones en valles y laderas (Rojas et al. 2017). La fibra de cabuya se obtiene de las hojas de la planta silvestre *Furcraea Andina*, que es cultivada por los moradores de la sierra, destinando la mayoría de su uso como material de amarre (Paredes Salinas, Pérez Salinas, y Castro Miniguano 2017).

La fibra de cabuya denominada en otros lugares también como agave o fique, es una planta que en Ecuador se cultiva en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar, donde las características del suelo son generalmente laderas con pocos nutrientes, por lo que es recomendable cultivarla en terrenos entre arenosos y arcillosos ricos en calcio, a los cuales se debe adicionar magnesio, fósforo y potasio para obtener mejores resultados de desarrollo y producción (Betancourt Chávez y Salazar Garces 2017a).

Las plantas del género *Furcraea* engloba cerca de 20 especies de las cuales algunas de estas se utilizan para extraer la fibra, en tanto que la de agave contiene una gran cantidad de pulpa y jugo, por lo que es muy poco utilizada para fines textiles siendo dirigida para la obtención de licor (Jurado y Checa 2014).

Rodríguez Baquerizo et al. (2017) mencionan que de la planta de la cabuya se aprovecha el 4% de la planta como fibra, el 96% es jugo y bagazo.

Las condiciones climáticas óptimas para el cultivo de la fibra de cabuya en el Ecuador están entre 18 a 24 °C de temperatura, con una altura de 1000 a 2000 ms.n.m. y una humedad relativa entre 50 a 70% (Cali 2019). El proceso inicia con el corte de la fibra cuando su hoja alcanza un metro de longitud, después pasa a la máquina desfibradora para separar la fibra del resto de componentes (Lopez y Torbisco 2020), la planta de cabuya está compuesta por 85% de humedad, 8% de materia orgánica y amorfa en presencia de sacarosa, 6% de celulosa y 1% de minerales como el magnesio y el sodio (Palacios Carvajal, Castillo Campoverde, y Donoso León 2018). Los usos que se dan a la cabuya son: como jabón, leña, forraje, cubiertas de los techos, canales de agua, medicina natural, elaboración de cuerdas, sacos para transporte de alimentos o

mercaderías, bolsos, sombreros, artesanías, macramé y crochet (Uribe y Soto 2015) (Masabalín 2019). La fibra de cabuya es poco utilizada en la industria textil en la línea de prendas confeccionadas, debido a que su naturaleza presenta características de dureza, aspereza, durabilidad y resistencia que la han limitado simplemente en la producción de cuerdas, sacos y artesanías (Betancourt Chávez y Salazar Garces 2017b). Otras limitaciones que presenta la cabuya son las bajas propiedades mecánicas y tenacidad, sensibilidad a la radiación ultravioleta, temperatura y a la humedad debido a la presencia de los grupos polares OH que la hacen altamente hidrófila originando cambios en las dimensiones de las fibras que dan como resultado una mala adhesión en su interfaz con una matriz de polímeros orgánicos (Guzmán et al. 2018).

Debido a la mala compatibilidad entre las fibras de la cabuya y la matriz de los polímeros, se ha limitado la aplicación de estos últimos, por lo que se ha optado por la utilización de tratamientos físicos y químicos que mejoren esta afinidad. Los tratamientos físicos, como: tratamientos por explosión de vapor, por plasma y ultravioleta que generan un alto consumo de energía; los tratamientos químicos son: procedimientos alcalinos, con anhídrido maleico, acoplamiento con silano y agentes provocando todos estos problemas de contaminación ambiental (Zhuo et al. 2020).

Los tratamientos enzimáticos son conjeturados como las posibles opciones de mejora de las propiedades de las fibras naturales, ya que son considerados benignos con el ambiente pudiendo ser reutilizados, necesitan condiciones suaves de funcionamiento, son reciclables y se volverán

más económicos en la medida que se investigue y se utilice para las diferentes fibras naturales (George et al. 2016).

Investigaciones de fibras naturales como el bambú manifiesta Zhuo et al. (2020), que este fue modificado por enzimas de pectinas, celulasas y lacasas obteniendo un mejor comportamiento en las propiedades mecánicas, de absorción de agua y térmicas. De la misma forma las fibras de cáñamo que se trataron con enzimas lacasas obtenían mayor resistencia a la tracción, la mezcla de fibras yute/poliéster mejoró sus propiedades (Zhuo et al. 2020). La fibra de bonote que se extrae de la cáscara del coco demuestran que tiene baja resistencia a la tracción y es hidrofílica por lo que causa adhesión interfacial con la matriz polimérica, al ser sometida a tratamientos con enzimas lactasas, lipasas, pectinasas y celulasas, mejoraron las propiedades mecánicas de flexión, impacto y tracción (Coskun et al. 2019).

El suavizado de las fibras de cabuya es un proceso opcional que pocos productores lo realizan, es un tratamiento posterior que se realiza al género textil que proporciona características físicas como flexibilidad, lisura y un tacto más suave, se debe recalcar que existen métodos naturales con suavizantes como el aloe vera y otros que son sintéticos que utilizan compuestos catiónicos, aniónicos, no iónicos y anfotéricos (Páez 2020).

Los suavizantes tradicionales catiónicos usados en la cabuya le dan la característica de un tacto aceitoso más no suave por ser un ácido graso en altas concentraciones, los suavizantes aniónicos mejoran el tacto pero no le da cuerpo a la fibra incluso cuando se usa una relación de 3 g/l, manteniendo la

temperatura estable durante el proceso (Betancourt Chávez y Salazar Garces 2017b).

Las fibras sintéticas como el poliéster, acrílico y poliamida se emplean en diseños de moda, accesorios para el hogar por su alta resistencia mecánica, producción, precios competentes y por su naturaleza de compuestos poliméricos, no obstante estos no son ecológicos ni biodegradables, se tardan más de 100 años en descomponerse; esto ha servido para que las fibras naturales se destaquen en supremacía sobre las sintéticas por su sostenibilidad con el ambiente gracias a sus características de renovabilidad y biodegradabilidad (Kumar, S. et al, 2021). Los microplásticos se encuentran principalmente en forma de fibra, predominantemente de tereftalato de polietileno (PET) (Zambrano et al. 2021). Las fibras naturales consideradas como tradicionales o convencionales vuelven con más fuerza en este siglo a ubicarse como las preferidas en el campo industrial, muestra de esto es el algodón, aunque existen otros tipos de uso común como el yute, sisal, lino y cáñamo han sido consideradas como prometedoras alternativas de sostenibilidad en diversas industrias como en la construcción, donde mostraron un alto potencial para prevenir el desconchado del hormigón de ultra alto rendimiento (UHPC) a altas temperaturas, ya que la contracción de las fibras creó espacios interfaciales con la matriz del cemento mejorando la permeabilidad pero con una disminución de la resistencia a la compresión (Ando et al. 2021) (Zhang, Tan, y Tan 2021).

La Superintendencia de Industria y Comercio concedió la patente para fabricar jeans de fique, invención supone una alternativa ambiental para la fibra de algodón, que, además de ser escasa, presenta una importante huella de carbono y daños hídricos, la confección de un jean a partir de la

fibra de fique es posible gracias a un proceso llamado cottonización (Portafolio 2021).

La investigación de fibras naturales se ha extendido a aquellas que no se consideran tradicionales ni convencionales y que se encuentran en pleno desarrollo y expansión como el bambú (Bambusoideae) y la cabuya, al presentar una alternativa muy ecológica, las cuales se están utilizando para lograr ciertas combinaciones macroscópicas para estructuras, embalajes electrónicos, automóviles, aeroespaciales y aplicaciones domésticas, donde se mejoran la resistencia, peso, densidad, biodegradabilidad y el costo de producción; en esta mezcla de dos o más componentes distintos al uno se le denomina material matriz que cumple la función de proteger al material de refuerzo (cabuya o bambú) de los ataques químicos y ambientales como el calor, la humedad y la luz solar, beneficiándose a la vez de la presencia de la fibra al adquirir estabilidad térmica, una resistencia flexural mejorada, pérdida del peso, mejora en las propiedades mecánicas de hasta un 50% y características de absorción de humedad (Adediran et al. 2021) (Mora-Espinosa y Ramón-Valencia 2018).

### **SUAVIZANTES CATIONICOS Y ANIÓNICOS**

El tratamiento con suavizante mejora la superficie de la tela dándole suavidad y lisura, disminuyendo el coeficiente de fricción entre las fibras y favoreciendo que éstas se suelten del tejido dando como resultado una alta tendencia a la formación de pelusa y liberación de microfibras; en la industria textil se debe elegir, diseñar y seleccionar los materiales y tratamientos adecuados para la

reducción del desprendimiento de microfibras sintéticas o naturales de los textiles (Zambrano et al. 2021).

Los suavizantes utilizados en los textiles ofrecen muchas características que mejoran la flexibilidad, la recuperación elástica y la compresibilidad del género, también influyen en las propiedades como la absorción de agua, abrasión, blancura, retardo de la llama, efecto de planchado y electricidad estática entre otras (Carrión-Fité 2016).

Los detergentes contienen en sus formulaciones como responsables del poder de limpieza a los tensioactivos, los cuales pueden ser de tres clases: los aniónicos que siendo sensibles a la presencia de iones multivalentes en el agua son eficaces para eliminar las suciedades; los no iónicos que son muy resistentes a las aguas duras ya que poseen alta solubilidad, pero son menos enérgicos que los nombrados anteriormente en la expulsión de impurezas; los catiónicos que son usados como suavizantes de telas; además es necesario destacar que los detergentes incorporan una mezcla de los dos primeros surfactantes en menor concentración de micelas críticas comparadas con su estado puro, obteniendo ventajas como una buena tolerancia al agua dura y un punto de enturbiamiento efectivo más alto (Cheng et al. 2020).

Los suavizantes aniónicos son los cuales en una disolución acuosa se disocian en un catión metálico o amonio y un anión anfifílico o anfipático, teniendo este último la característica de poseer un extremo hidrofílico y el otro hidrófobo, es decir, que el uno es soluble en agua y el otro no, por lo que son muy compatibles con los diversos tipos de jabones y detergentes, ayudando a generar espuma (Aguirre y Rivera 2017).

Los surfactantes aniónicos se ionizan en el agua y se cargan negativamente por lo que pueden unirse fácilmente a sustratos o materiales de carga positiva como la arcilla y las telas, ya que debido a su naturaleza tienden a formar mucha espuma por lo que son muy eficaces para eliminar la suciedad y las manchas aceitosas, encontrándose dentro de estos tensoactivos a las familias de alquil sulfatos (AS), sulfonatos de alquibenceno lineal (LAS) y alfa olefin sulfonatos (AOS) (Cheng et al. 2020).

Los suavizantes catiónicos son capaces de disociarse en una disolución acuosa en un catión orgánico anfifilo y un anión halogenuro, se utilizan como agentes antiestáticos ya que se absorben fácilmente sobre sustratos cargados negativamente, debido a que su carga positiva permite utilizar bajas concentraciones de este, consiguiendo una muy buena sustentividad en las fibras textiles y grandes resultados de suavidad como es el caso del amonio cuaternario (Aguirre y Rivera 2017).

Los lípidos comúnmente utilizados para el acondicionamiento de textiles en el suavizado de fibras aniónicas como el algodón de superficie rugosa y de celulosa regenerada que es lisa, son DEEDMAC que es el cloruro de dietiléster dimetilamonio y REWOQUAT WE-15 que es el metosulfato de dicarboxietil hidroxietil metilamonio (Kumar et al. 2017).

Las dispersiones coloidales se constituyen como la clase más importante de las formulaciones utilizadas en los sustratos textiles, debido a que la categoría de coloides denominadas vesículas actúan como agentes acondicionadores en el suavizado de las telas de celulosa aniónica, exhibiendo mayor eficiencia, mejor biodegradabilidad a bajo costo (Kumar et al. 2018). Las vesículas catiónicas se depositan en forma de mono capas en la superficie de los sustratos de celulosa aniónica como entidades intactas

formando niveles de autovoltaje (SVL) estables con carga opuesta, las cuales se componen de lípidos como DEEDMAC y REWOQUAT WE 15 muy utilizadas en las formulaciones de los suavizantes de telas, ya que las dos tienen tamaños y potenciales zeta similares pero poseen diferentes comportamientos de la fase de las bicapas lipídicas que lo constituyen (Kumar et al. 2018). Menciona Kumar et al (2018) que en los lípidos DEEDMAC a temperatura ambiente existen bicapas en fase de gel sólido en tanto que en REWOQUAT WE 15 están las bicapas en fase líquido cristalina.

Los surfactantes catiónicos provienen por lo general de un amonio cuaternario, los cuales presentan estructuras con varias cadenas de alquilo que se unen a un átomo de nitrógeno el mismo que lleva una carga positiva, razón por la cual estos tensioactivos son utilizados como agentes antiestáticos y limpiadores de los tejidos y reductores de la fricción entre fibras (Cheng et al. 2020).

Se ha identificado la siguiente problemática científica: el uso de las fibras sintéticas ha cobrado mucha importancia y desarrollo en la industria textil ya que existen muchos géneros confeccionados con fibras de acrílico, poliéster y poliamidas lo cual puede evidenciarse en la gran cantidad de prendas que fabrican las pequeñas y grandes industrias a nivel mundial y que son de preferencia del mercado consumidor, lo que ha originado que luego de su tiempo de vida útil estos artículos sean desechados y debido a su naturaleza sintética tardan más de 100 años en desintegrarse contaminando así al ambiente.

Lo anotado motivó a realizar el presente estudio, cuyo objetivo fue identificar un tratamiento que permita suavizar el hilo de cabuya para elaborar tejidos textiles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La investigación se efectuó en el laboratorio de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Altitud 3050 ms.n.m.

**Factores en estudio.** Suavizantes, concentración y temperatura.

**Tratamientos.** Para alcanzar el objetivo propuesto, y considerando los resultados reportados por Betancour et al. (2017), en un estudio similar, se evaluaron ocho tratamientos resultantes del arreglo factorial de los tres factores y sus dos niveles: suavizantes Sapamina y Acetato de sodio, en concentración 0,2% y 4% y temperatura 40 °C y 60 °C (Cuadro 1), con tres repeticiones para un total 24 unidades experimentales.

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados para determinar el efecto de suavizantes en la suavidad, resistencia y elongación de hilos de cabuya.

FACTOR ES	NIVE LES	TRATAMIENTOS	
		CODIG O	DESCRIPCION

Suaviza ntes (S)	S1	S1C1T1	Sapamina OC, 0,2%, 40 °C
	S2	S1C1T2	Sapamina OC, 0,2%, 60 °C
		S1C2T1	Sapamina OC, 4%, 40 °C
Concent ración (C)	C1	S1C2T2	Sapamina OC 4%, 60 °C
	C2	S2C1T1	Acetato, 0,2%, 40 °C
		S2C1T2	Acetato, 0,2%, 60 °C
Temper atura (T)	T1	S2C2T1	Acetato, 4%, 40 °C
		S2C2T2	Acetato, 4%, 60 °C
	T2		

**Unidad experimental.** La unidad experimental estuvo constituida por 20 gramos de hilo de cabuya cuya fibra había sido extraído de las hojas de la planta por métodos mecánicos sin tratamiento químico. El material fue adquirido en la zona de Intag, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura.

**Diseño Experimental.** Los datos se analizaron para el arreglo factorial 2 x 2 x 2 con tres repeticiones, mediante el software estadístico Statgraphics Centurion.

#### Variables:

**Resistencia y elongación.** La resistencia y elongación, se midió mediante un dinamómetro JAMES HEAL, modelo TITAN 5 considerando la norma EN ISO 2062:2009 y se

expresó en centi Newtons (cN) y en %, respectivamente.

#### Manejo del Experimento

El proceso consistió de tres fases:

**Primera fase:** Las muestras de cabuya de título 492 Tex fueron lavadas con agua y con el detergente Invadina DA y Eriopon a 80 °C, durante 30 minutos.

#### Segunda fase:

- Cada suavizante fue disuelto en 150 ml de agua destilada, en las concentraciones de 0,2 y 4 % respectivamente considerando la relación de baño 1:7,5. El pH se ajustó a 5 mediante la adición de ácido fórmico.
- A continuación, los envases conteniendo las muestras y los suavizantes con sus respectivas dosis, fueron colocados en un Autoclave HG-TC200B DYEING CONTROLER, y sometidos a la temperatura de 40 y 60 °C, por el tiempo de 45 minutos para la elaboración de las pruebas.

Posteriormente las muestras fueron lavadas con agua destilada y se secaron a temperatura ambiente bajo sombra.

**Tercera fase:** La resistencia y elongación de cada muestra fue determinada mediante el dinamómetro JAMES HEAL. Modelo: TITAN 5 bajo la norma EN ISO 2062:2009.

### Resultados y discusión

El diseño factorial multinivel que consiste de 24 ejecuciones. El diseño se ejecutó en 3 bloques. El orden de los experimentos fue completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Tabla 1. Diseño factorial

Bloque	Suavizante	Temp	Concentración	Resistencia	Elongación
		(°C)	(%)	(cN)	(%)
1	Acetato de sodio y aceite de ricino	40	0,2	5919,16	12,36
1	Acetato de sodio y aceite de ricino	60	0,2	7587,99	10,58
1	Sapamina OC	40	4	10283,94	12,72
1	Sapamina OC	60	0,2	9462,69	10,94
1	Sapamina OC	60	4	10376,11	10,61
1	Sapamina OC	40	0,2	6412,98	9,94
1	Acetato de sodio y aceite de ricino	40	4	8149,46	9,68
1	Acetato de sodio y aceite de ricino	60	4	11080,23	13,11
2	Acetato de sodio y aceite de ricino	60	4	10780,41	11,87
2	Acetato de sodio y aceite de ricino	40	4	9209,78	10,43

2	Sapamina OC	40	4	10121,85	9,03
2	Acetato de sodio y aceite de ricino	60	0,2	7074,9	13,23
2	Sapamina OC	40	0,2	6827,52	9,61
2	Sapamina OC	60	0,2	8554,04	9,79
2	Sapamina OC	60	4	9613,46	8,85
2	Acetato de sodio y aceite de ricino	40	0,2	6222,26	12,46
3	Sapamina OC	40	0,2	7134,25	11,54
3	Acetato de sodio y aceite de ricino	60	4	11336,66	11,53
3	Sapamina OC	60	0,2	9415,08	9,86
3	Sapamina OC	60	4	8734,01	12,78
3	Sapamina OC	40	4	9062,89	12,1
3	Acetato de sodio y aceite de ricino	60	0,2	9611,56	12,78
3	Acetato de sodio y aceite de ricino	40	0,2	5554,31	11,78
3	Acetato de sodio y aceite de ricino	40	4	9412,34	11,78

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para la resistencia indica que hay diferencias estadísticas para el factor temperatura, factor concentración y la interacción temperatura y concentración con un valor de 0,001; 0,000 y 0,0459 respectivamente al 5% de probabilidad. El

valor de  $P = 0,2825$  determinada para suavizantes es mayor que el valor de 0,05 (5%) indica que no hay diferencia estadística en suavizante en cuanto a la resistencia.

Según el análisis estadístico en la tabla 2 se observa la concentración óptima que es del 4% y la temperatura de 60 °C con el acetato de sodio.

**Tabla 2. Análisis de Varianza para-Resistencia**

FACTORES	NIVELES	TRATAMIENTOS	
		CODIGO	DESCRIPCION
Suavizantes (S)	S1	S1C1T1	Sapamina OC, 0,2%, 40 °C
	S2	S1C1T2	Sapamina OC, 0,2%, 60 °C
		S1C2T1	Sapamina OC, 4%, 40 °C
Concentración (C)	C1	S1C2T2	Sapamina OC 4%, 60 °C
	C2	S2C1T1	Acetato, 0,2%, 40 °C
		S2C1T2	Acetato, 0,2%, 60 °C
		S2C2T1	Acetato, 4%, 40 °C
Temperatura (T)	T1	S2C2T2	Acetato, 4%, 60 °C
	T2		

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Resistencia en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 88,5259% de la variabilidad en Resistencia. El estadístico R-

cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 81,1496%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 741,417. El error medio absoluto (MAE) de 457,76 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

**Tabla 3. Coef. de regresion para Resistencia**

Coeficiente	Estimado
Constante	1500,87
A: Suavizante	152,702
B: Temperatura	117,121
C: Concentración	1494,74
AB	7,34106
AC	671,772
BC	-17,4455
ABC	-16,7745

### Valor óptimo de la Resistencia

Según la tabla N 4 el valor óptimo es de 11065,8 cN que corresponde al acetato de sodio a 60 °C y la concentración del 4 %.

Tabla 4. Valor óptimo de Resistencia

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Suavizante	Acetato de sodio	Sapamina OC	Acetato de sodio
Temperatura	40,0	60,0	60,0
Concentración	0,2	4,0	4,0

En el Fig. 1, se observa que la concentración tiene alta significación, ya que esta ejerce mayor influencia en la resistencia seguida por la temperatura y ningún efecto del suavizante.

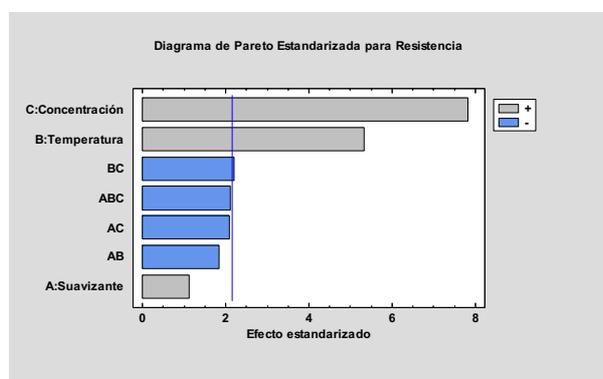


Fig. 1. Diagrama de Pareto estandarizada para Resistencia

### Interpretación de resultados de la variable Elongación

En el análisis de la varianza realizado para la elongación (%) la tabla 5 muestra que no hay diferencia estadística para ninguno de los factores ni interacciones.

Tabla 5. Análisis de Varianza para Elongación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Suavizante	224559,	1	224559,	2,36	0,1465

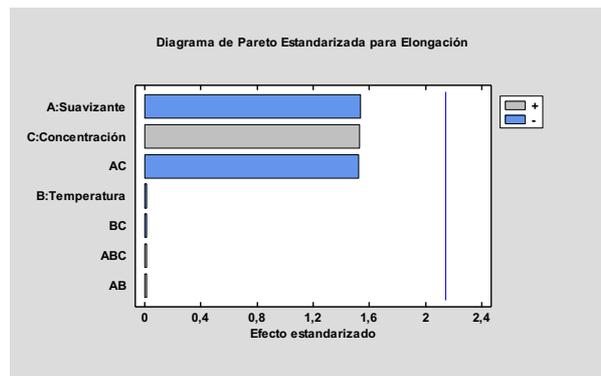
B:Temperatura	20,6276	1	20,6276	0,00	0,9885
C:Concentración	221820,	1	221820,	2,33	0,1488
AB	13,545	1	13,545	0,00	0,9906
AC	220127,	1	220127,	2,32	0,1503
BC	18,7797	1	18,7797	0,00	0,9890
ABC	15,0575	1	15,0575	0,00	0,9901
Bloques	446308,	2	223154,	2,35	0,1320
Error total	1,33029E6	14	95020,6		
Total (corr.)	2,44317E6	23			

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Elongación en piezas separadas para cada uno de los efectos, entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 0 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 45,5507% de la variabilidad en Elongación. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 10,5477%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 308,254. El error medio absoluto (MAE) de 192,211 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

**Tabla 6. Coef. de regresión para Elongación**

Coeficiente	Estimado
constante	0,866316
A:Suavizante	9,74298
B:Temperatura	0,0050614
C:Concentración	52,9268
AB	-0,0124211
AC	-52,4899
BC	-0,046557
ABC	0,0416886



**Fig. 2. Diagrama de Pareto Estandarizada para Elongación**

**Valor óptimo de la Elongación**

Según la tabla N 7 el valor óptimo corresponde al acetato de sodio a 40 °C y la concentración del 4 %.

**Tabla 7. Valor óptimo de elongación**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Suavizante	Acetato de sodio	Sapamina OC	Acetato de sodio
Temperatura	40,0	60,0	40,0
Concentración	0,2	4,0	4,0

En el Fig. 2, se observa que la concentración y los suavizantes tiene alta significación, ya que esta ejerce mayor influencia en la elongación.

**CONCLUSIONES**

La formulación óptima para el tratamiento de suavizado del hilo de cabuya de título 492 Tex y la influencia en sus propiedades mecánicas de la resistencia a la tracción, es con el acetato de sodio (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>) a 60 °C con la concentración del 4% en el tiempo de 45 minutos; generando una fuerza de 11065,8 cN mejorando la resistencia a la tracción en el 58%.

La elongación óptima se consiguió con la formulación de acetato de sodio (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>) a 40 °C y la concentración del 4 % en el tiempo de 45 minutos, desmostrándose que la extension de 9,52 % del hilo de cabuya no es afectada ya que no incrementa ni disminuye.

La utilización de Sapamina OC genera un resultado de formulación alta a 60 °C de temperatura, con la concentración del 4% en el tiempo de 45 minutos, con una resistencia a la tracción de 10376,11 cN, lo que evidencia que es inferior a la del acetato de sodio.

La resistencia a la tracción de la fibra de cabuya sin ningún tipo de tratamiento fue de 7004,57 cN, lo que verifica un alto incremento utilizando la formulación óptima con el acetato de sodio.

El hilo de cabuya en crudo presenta un tacto áspero y rígido, el cual al ser sometido a los tratamientos con acetate de sodio y Sapamina OC mejora el aspecto superficial, la suavidad y la lisura.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adediran, A A, A A Akinwande, O A Balogun, O S Olasoju, y O S Adesina. 2021. «Experimental evaluation of bamboo fiber/particulate coconut shell hybrid PVC composite». *Scientific Reports* 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85038-3>.
- Aguirre, J., y C. Rivera. 2017. «EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BASES CATIONICAS SOBRE TELA TIPO ALGODÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE UN SUAVIZANTE EN INDUSTRIAS QUÍMICAS SAINT GERMAIN LTDA.» Bogotá. <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/6326>.
- Ando, A, R C Kirkbride, D C Jones, J Grimwood, y Z J Chen. 2021. «LCM and RNA-seq analyses revealed roles of cell cycle and translational regulation and homoeolog expression bias in cotton fiber cell initiation». *BMC Genomics* 22 (1). <https://doi.org/10.1186/s12864-021-07579-1>.
- Betancourt Chávez, Diego Gustavo, y Dolores Krupskaya Salazar Garces. 2017a. «Mejoramiento del proceso de suavizado de la fibra de cabuya para elaborar géneros textiles». *INNOVA Research Journal* 2 (8.1): 336-49. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.388>.
- — —. 2017b. «Mejoramiento del proceso de suavizado de la fibra de cabuya para elaborar géneros textiles». *INNOVA Research Journal* 2 (8.1): 336-49. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.388>.
- Cali, L. 2019. «“ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN Y OCUPACIÓN DE LA CABUYA EN LA PARROQUIA SAN GERARDO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO»». Riobamba: Riobamba. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6243>.
- Carrión-Fité, F. J. 2016. «Deposition of solid impurity during washing of softented cotton in function of the mixtures of surfactants». *Tenside, Surfactants, Detergents* 53 (4): 387-91. <https://doi.org/10.3139/113.110441>.
- Cheng, K C, Z S Khoo, N W Lo, W J Tan, y N G Chemmangattuvalappil. 2020. «Design and performance optimisation of detergent product containing binary mixture of anionic-nonionic surfactants». *Heliyon* 6 (5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03861>.
- Coskun, K., A. Mutlu, M. Dogan, y E. Bozaci. 2019. «Effect of various enzymatic treatments on the mechanical properties of coir fiber/poly(lactic acid) biocomposites». *JOURNAL OF THERMOPLASTIC COMPOSITE MATERIALS*. <https://doi.org/10.1177/0892705719864618>.
- George, Michael, Paolo G Mussone, Kirill Alemaskin, Michael Chae, John Wolodko, y David C Bressler. 2016. «Enzymatically treated natural fibres as reinforcing agents for biocomposite

material: mechanical, thermal, and moisture absorption characterization». *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE* 51 (5): 2677-86. <https://doi.org/10.1007/s10853-015-9582-z>.

- Guzmán, R E, S Gómez, O Amelines, y G M Aparicio. 2018. «Superficial modification by alkalization of cellulose Fibres obtained from Figue leaf». En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 437. Institute of Physics Publishing. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056626961&doi=10.1088%2F1757-899X%2F437%2F1%2F012015&partnerID=40&md5=ea273e8f611852b7eebe002ad7b5a383>.
- Jurado, F., y C. Checa. 2014. «Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación.» Ibarra. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2658>.
- Kumar, A, V Dahl, J Kleinen, T Gambaryan-Roisman, y J Venzmer. 2017. «Influence of lipid bilayer phase behavior and substrate roughness on the pathways of intact vesicle depositionA streaming potential study». *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 521: 302-11. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.07.066>.
- Kumar, A, J Kleinen, T Gambaryan-Roisman, y J Venzmer. 2018. «Electrokinetic investigation of deposition of cationic fabric softener vesicles on anionic porous cotton fabrics». *Journal of Colloid and Interface Science* 514: 132-45. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.11.062>.
- Lopez, X, y D Torbisco. 2020. «Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac». *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <http://hdl.handle.net/10757/654799>.
- Masabalín, M. 2019. «Diseño de bolsos con técnicas de tejidos en fibra de cabuya». *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Diseño, Artes y Arquitectura. Carrera de Diseño de Modas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Diseño, Artes y Arquitectura. Carrera de Diseño de Modas. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29148>.
- Mora-Espinosa, William Javier, y Bladimir Azdrubal Ramón-Valencia. 2018. «Caracterización térmica, mecánica y morfológica de fibras naturales colombianas con potencial como refuerzo de biocompuestos». *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 41 (161): 479. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.525>.
- Páez, K. 2020. «PROCESO DE SUAVIZADO A LA FIBRA NATURAL CABUYA PARA LA APLICACIÓN EN UNA LÍNEA DE ACCESORIOS DE MODA». Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2960>.
- Palacios Carvajal, Marco Javier, Tito Oswaldo Castillo Campoverde, y Carmen Edith Donoso León. 2018. «Resistencia a compresión del superadobe, usando fibras de cabuya y polipropileno como contenedor». *Caribeña de Ciencias Sociales*, n.º diciembre (diciembre). <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/12/resistencia-compresion-superadobe.html>.
- Paredes Salinas, Juan G., Cristian F. Pérez Salinas, y Christian B. Castro Miniguano. 2017. «Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz». *Enfoque UTE* 8 (3): 1-15. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n3.163>.

- Portafolio. 2021. «Jean de fique: una alternativa sostenible de la fibra nacional | Negocios | Portafolio». Colombia. 2021. <https://www.portafolio.co/negocios/jean-de-fique-una-alternativa-sostenible-de-la-fibra-nacional-551604>.
- Rojas, C M M, M F R Velásquez, A Tavolaro, A Molinari, y C Fallico. 2017. «Use of vegetable fibers for PRB to remove heavy metals from contaminated aquifers—comparisons among cabuya fibers, broom fibers and ZVI». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (7). <https://doi.org/10.3390/ijerph14070684>.
- Uribe, E., y A. Soto. 2015. «Estudio de factibilidad para la implementación de una micro-empresa productora de fibra de dos variedades de agave cabuya negra (Agave americana l) y agave sisal (Agave sisalana perrine) para la elaboración de artesanías en la provincia de Cotopaxi, cantó». Latacunga: LATACUNGA / UTC / 2015. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2635>.
- Zambrano, Marielis C., Joel J. Pawlak, Jesse Daystar, Mary Ankeny, y Richard A. Venditti. 2021. «Impact of dyes and finishes on the microfibers released on the laundering of cotton knitted fabrics». *Environmental Pollution* 272 (marzo): 115998. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115998>.
- Zhang, D, G Y Tan, y K H Tan. 2021. «Combined effect of flax fibers and steel fibers on spalling resistance of ultra-high performance concrete at high temperature». *Cement and Concrete Composites* 121. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104067>.
- Zhuo, Guangming, Xiaolin Zhang, Xiao Jin, Mei Wang, Xiongnan Yang, y Shaoge Li. 2020. «Effect of Different Enzymatic Treatment on Mechanical, Water Absorption and Thermal Properties of Bamboo Fibers Reinforced Poly(Hydroxybutyrate-co-Valerate) Biocomposites». *JOURNAL OF POLYMERS AND THE ENVIRONMENT* 28 (9): 2377-85. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01781-0>.

## Producción del hongo (*Psilocybe cubensis*): una revisión

### Production of the mushroom (*Psilocybe cubensis*): a review

Jimmy Guerrero-Paredes<sup>1</sup>, Julio Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuqui, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano De Biotecnología Y Ambiente, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: jimmy.guerrero531@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

---

#### RESUMEN

El *Psilocybe cubensis* es un hongo medicinal caracterizado por la extracción de psilocibina, este fármaco es usado para aliviar el dolor que causa enfermedades como el cáncer, por lo que se necesita mejorar las condiciones de cultivo para tener un mejor producto, para esta investigación se hizo una investigación exhaustiva acerca de este tema.

**Palabras clave:** Psilocybe, cultivo

#### ABSTRACT

*Psilocybe cubensis* is a medicinal mushroom characterized by the extraction of psilocybin, this drug is used to relieve pain caused by diseases such as cancer, so it is necessary to improve the growing conditions to have a better product, for this research an exhaustive investigation was made about this topic.

**Key words:** Psilocybe, cultivation

---

#### INTRODUCCIÓN

De acuerdo (Pérez y Merino 2021) Fungí es un término latino que puede traducirse como hongo. El reino fungí, por consiguiente, es el reino de los hongos: esos organismos vivos de tipo eucariota, como las setas, las levaduras y los mohos. Los miembros del reino fungí no

son animales, plantas ni protistas. Hay, de cualquier manera, confusiones en relación a ciertos organismos, e inclusive hay organismos cuya categorización en uno u otro reino ha cambiado con el correr de los años.

A partir de que aparecieron sobre la capa terrestres, los organismos del reino Fungí

fueron desarrollando varias y distintas propiedades que les posibilita ajustarse a ciertos de los ambientes más extraños e impresionantes de la naturaleza (Laura Fdez Roldán 2021).

En la actualidad existen aproximadamente 98000 especies de hongos descritas, enmarcadas principalmente por organismos pertenecientes a los filos Basidiomicotas y Ascomicotas, que se agrupan dentro de los “hongos verdaderos”, tienden a ser los más conspicuos y los principalmente estudiados dentro del reino fungí (Grisales LA 2017).

Según (García, Ramírez, and Sáez 2009), Los hongos son organismos eucariotas, que no tienen dentro clorofila; con nutrición por absorción, principalmente con reproducción sexual y asexual; el cuerpo humano radica principalmente de filamentos ramificados con pared celular quitinosa.

Según (Tovar 2021) Los hongos son los organismos eucariotas que integran al Reino fungí. Hablamos de organismos vivos formados por células que permanecen recubiertas por una pared defensora, así como las plantas (aunque de distinta composición), empero que carecen de capacidad fotosintética (son heterótrofos) y almacenan glucógeno, así como las células animales.

## Psilocybe



Figura 1 *psilocybe cubensis*

Fuente: Argüello 2015

De acuerdo con (Ramírez-Cruz, Guzmán, and Ramírez-Guillén 2006) las especies conocidas son 31 y variedades de *Psilocybe* que se conocen del estado de Oaxaca y registradas en la bibliografía de las cuales 27 son alucinógenas. Es interesante observar, que en México se conocen 53 especies alucinógenas, por lo que Oaxaca tiene más del 50 % nacional y, por otra parte, México es el país con más especies alucinógenas a escala mundial.

Según estudios hechos por Giorgio Samorini, estas setas existen hace más de 6000 años a. C. en el desierto de Argelia, ya que perduran grabados en roca que datan entre los 5000 y 7000 años a. C. los datos antropológicos en Latino América descubrieron que hace menos de 1000 años la cultura maya y azteca consumía setas alucinógenas con objetivos psicoactivos, y estaban asociados a usos primordialmente sagrados (Vázquez 2019)

Según (Said 2011) el cucumelo o (*Psilocybe cubensis*) es un hongo estercolero, coprofílico, gregario; y sus esporas germinan en el estiércol de ruminantes (vacunos y no vacunos), en lugares soleados y, principalmente, durante la época de lluvias, en octubre en Europa y en mayo Junio en Centroamérica .

## Taxonomía

Dominio: Eukaryota

Reino: Fungí

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Strophariaceae

Género: *Psilocybe*

Especie: *cubensis*

(Kirk 2010).

De acuerdo (Vázquez 2019) el hongo *Psilocybe cubensis* es una especie de hongo psicobio perteneciente a la familia Strophariaceae nativo de la región mesoamericana. Es un hongo conocido por sus propiedades enteógenas, alucinógenas, debido a la presencia de diversos alcaloides como la psilocibina y la psilocina.

En una de las más grandes y rigurosas investigaciones clínicas sobre drogas psicodélicas hasta la fecha, investigadores de la Universidad Johns Hopkins y de la Universidad de Nueva York han descubierto que una dosis única de psilocibina –el compuesto psicoactivo de los hongos “mágicos”– disminuye sustancialmente la depresión y la ansiedad en pacientes con cáncer avanzado (Vanessa McMains 2016).

Los macromicetos son un gran grupo de macrohongos muy diversos y de gran importancia en la naturaleza debido a su papel dentro del ciclo del Carbono, y en la degradación de materiales recalcitrantes (L. S. Ramírez; Á. M. Arango 2017).

Posee psilocibina, este alcaloide pertenece al grupo de las triptaminas, se propone su empleo debido a la similitud estructural referenciadas en antecedentes en donde alcaloides de este grupo lograron un efecto antibacteriano contra bacterias del género *Staphylococcus* (Vázquez 2019).

Las experiencias alucinógenas se deben a un alcaloide que el propio cucumelo produce, que se denomina psilocibina. A la misma categoría de compuestos pertenece el ácido lisérgico (y su derivado, el LSD) que también es producido por un hongo (Gonzalo 2018).

la psilocibina (Otero 2016) tiene una efectividad del 80% como tratamiento para dejar de fumar, un 50% más que cualquier otro método conocido hasta la fecha. También se está investigando para aliviar el dolor en pacientes terminales y ahora la Universidad Johns Hopkins de Baltimore ha dado a conocer un nuevo estudio con 79 enfermos de cáncer que ha probado que una sola dosis de psilocibina puede aliviar la depresión y la ansiedad al menos durante seis meses.

La (Universidad de Yale 2021) psilocibina, un compuesto psicodélico producido naturalmente por cientos de especies de hongos, puede remodelar las conexiones en el cerebro del ratón. Esa es la conclusión de un nuevo estudio que examinó los cambios estructurales en el cerebro que podrían explicar los efectos antidepresivos duraderos de la psilocibina.

Científicos británicos han descubierto que la psilocibina puede ser al menos tan eficaz como un importante antidepresivo. La idea es que da a los pacientes una nueva perspectiva

de su trauma y conecta partes del cerebro que no se hablan (CEST 2021).

Todos los hongos presentan un porcentaje muy elevado de agua, rondando el 90%, por lo que el consumo, si se desea conseguir los efectos psicotrópicos debe ser secado y deshidratado, de esta forma se elimina el agua y se queda la sustancia activa. Las dosis recomendadas no son altas, para este hongo son entre 1 gr. y 3 gr. sería una dosis media-baja y entre 5 y 7 gr. es una dosis alta. Los efectos duran como máximo cuatro horas y empieza a producirse a los 35 minutos aproximadamente (Alucinógenos 2021).

En dosis bajas, esos hongos pueden modificar la percepción sensorial, haciendo que las superficies parezcan retorcidas, superponiendo la percepción visual con formas geométricas repetitivas, alterando los colores y modificando la manera en que se perciben los sonidos (Newsweek 2021).

Estudios sobre la farmacología de la psilocibina indican que ésta se convierte en psilocina una vez absorbida, y que cantidades equivalentes de psilocina producen los mismos efectos subjetivos que la psilocibina. Por ello, se considera en ocasiones que la psilocibina es un precursor estable (una prodroga), pero el alcaloide psicoactivo y responsable de los efectos de los hongos es la psilocina (ICEERS 2019).

### **Principios activos de los hongos de psilocibina**

Uno de los componentes activos más importantes de los hongos psilocibios es la psilocibina entre otros como la psilocina, la baeocistina o la norbaeocistina; todos ellos

importantes en su función concreta. La psilocibina y la psilocina están muy relacionadas a nivel estructural ya que la psilocibina se transforma en psilocina tras un proceso de desfosforilación que tiene lugar en medios ácidos (como el del organismo humano) en presencia de la enzima alcalina fosfatasa (Pharmacotheon 2015).

### **La psilocibina, la depresión y las adicciones**

La psilocibina, la sustancia psicodélica que tienen dentro las setas alucinógenas, además demostró su potencial doctor. Por un lado, un análisis llevado a cabo por la escuela Americana de Neuropsicofarmacología aseguró que la psilocibina tendría efectos positivos sobre la ansiedad -en pacientes con cáncer terminal, parecido al caso del LSD- y sobre las adicciones -como el alcoholismo- (Méndez 2017).

### **Qué riesgos presenta**

El uso de la psilocibina se asocia a consecuencias físicas y psicológicas negativas. Entre los efectos físicos, que aparecen en un lapso de 20 minutos luego de la ingestión y que duran unas 6 horas, se incluyen náuseas, vómitos, debilidad muscular, somnolencia, y falta de coordinación (Center 2005).

## **METODOLOGÍA**

### **Medios de cultivo**

Un medio de cultivo es una técnica de laboratorio con el fin de hacer crecer un microorganismo como bacterias, virus y hongos, aunque además se aplican para el incremento de células o tejidos. Una curiosidad es que, si deseamos “cultivar” virus, necesitaremos células vivas para que

estas logren infectarlas y multiplicarse (Arumí 2019).

Pacientes con cáncer que se trataron con una sola dosis de la droga psicodélica psilocibina, combinada con psicoterapia, mostraron beneficios importantes en manifestaciones de aflicción emocional y existencial casi 5 años después de recibir el tratamiento, indica nueva investigación (Ross et al. 2016).

Uno de los sistemas más importantes para la identificación de microorganismos es observar su crecimiento en sustancias alimenticias artificiales preparadas en el laboratorio. El material alimenticio en el que crecen los microorganismos es el medio de cultivo. Para que los microorganismos crezcan adecuadamente en un medio de cultivo artificial, éste debe reunir una serie de condiciones como lo son: temperatura, grado de humedad y presión; así como un grado correcto de acidez o alcalinidad. Un medio de cultivo contiene los nutrientes y factores de crecimiento necesarios para que el microorganismo se desarrolle correctamente y debe estar exento de cualquier tipo de microorganismo que pueda generar contaminación, los tipos de medios de cultivo

En la actualidad existen diversos tipos de medio de cultivo, si se centra en la composición, éstos pueden ser medios sintéticos que contienen fuente de carbono, fuente de nitrógeno, sales que suplan los iones y demás elementos tales como estimuladores del crecimiento; medios complejos que contienen ingredientes tales como extracto de levadura, peptona, infusión de cerebro, etc., ricos en nutrientes; medios de enriquecimiento, siendo estos complejos con aditivos adicionales para favorecer así al crecimiento y desarrollo de determinados microorganismos; medios selectivos, los cuales son diseñados para favorecer el crecimiento específico de un microorganismo determinado o un grupo microbiano; medios

diferenciales que proporcionan la distinción microbiana de una mezcla por sus propiedades diferenciales de crecimiento en dichos medios; medios de mantenimiento; siendo disímiles de los de crecimiento óptimo por el 25 crecimiento rápido y prolífico que deriva en la muerte rápida de las células. Atendiendo a su estado, los medios de cultivo pueden presentarse como medios sumergidos y medios sólidos que contienen agar que gelifica por debajo de 45 °C y cuya concentración en su uso es de 1.5% y medios semisólidos que contiene un agar a una concentración de 0.7% (García et al. 2009).

### **Medio sumergido**

En los cultivos sumergidos los nutrientes se hallan forma líquida y los microorganismos se desarrollan flotando libremente en el volumen de medio de cultivo o conformando agregados más o menos esféricos (pellets) en la situación de los cultivos de hongos (conalepfelixtovar 2012).

Debido a que cultivar el cuerpo fructífero toma varios meses y se dificulta el control de calidad del producto final porque se está sujeto a los cambios permanentes del clima y las plagas; se ha empleado la metodología de medio sumergido, la cual es una alternativa muy prometedora para la producción eficiente del micelio y de los metabolitos (García et al. 2009). Dicha forma es la mejor para producir, extraer y purificar metabolitos de un cultivo de hongo, ya que facilita una mayor producción de biomasa, en menor tiempo y de mayor calidad que el cultivo en medio sólido; además, facilita la dispersión y adaptación del hongo y reduce los vectores de contaminación. De igual forma, un cultivo de esta índole es la opción más viable si se quiere escalar procesos fermentativos en aras de desarrollar mercados, como en este caso, el de metabolitos medicinales. A su vez, el uso de cultivo sumergido puede beneficiar la producción de muchos metabolitos

secundarios y disminuir los costos de producción por reducir las labores que involucran los métodos de etapas sólidas. Los metabolitos bioactivos de los hongos pueden ser potencialmente producidos a nivel industrial mediante el uso de la metodología de cultivo sumergido, pero el éxito a escala comercial depende del costo, comparado con la tecnología existente y la ventaja económica que la industria puede ver usando este método. El uso de la tecnología puede ser facilitada por el aumento en el rendimiento de la producción y el desarrollo del sistema. El cultivo de hongos sumergidos se caracteriza por un aumento en la viscosidad del caldo con el tiempo, debido a uno o más factores tales como el aumento de la concentración de células, los cambios de la morfología del crecimiento o la producción de productos extracelulares que alteran el carácter reológico de la cultura del líquido. El aumento en la viscosidad puede ser visto como un fenómeno indeseable pero inevitable, ya que causan dificultades en el suministro de oxígeno, en la eliminación de dióxido de carbono y en posibles problemas de agitación (García et al. 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la recopilación de información llevada a cabo se aprecia el hongo de la risa (*Psilocybe cubensis*), tiene componentes como la psilocibina que se aprovecha para el tratamiento de persona que sufren de depresión, también ayuda a minimizar los dolores causados por el cáncer según (Gonzalo 2018) Las experiencias alucinógenas se deben a un alcaloide que el propio cucumelo produce, que se denomina psilocibina. A la misma categoría de compuestos pertenece el ácido lisérgico (y su derivado, el LSD) que también es producido por un hongo. Gracias a esta investigación se logra obtener un mayor conocimiento de este fármaco natural y sus propiedades.

## CONCLUSIONES

Se concluyó que el hongo risa (*Psilocybe cubensis*) gracias al alcaloide que se obtiene es de ayuda para el control de la depresión no obstante logra aliviar el dolor que sienten las personas con cáncer, con un estudio más extenso este hongo puede aportar un gran avance en el área farmacéutica.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alucinógenos, H. 2021. "Hongos Alucinógenos."

Arumí, Marcal. 2019. "Medios de Cultivo – Microbiología Para Humanos."

Center, National Drug Intelligence. 2005. "Psilocibina Datos Rápidos."

CEST. 2021. "Los Hongos Mágicos Son Un Negocio de Servicios, Más Que Farmacéutico | Opinión | Cinco Días."

CONALEPFELIXTOVAR. 2012. "Cultivo Industrial de Microorganismos: Tipos de Cultivo |

Conalepfelixtovar.”

García, Pilar, Natalia Ramírez, and Alex Sáez. 2009. “Establecimiento de Un Medio de Cultivo Sumergido Para *Psilocybe Sp.*”

Gonzalo, Romano. 2018. “Cucumelos Alucinógenos y Legislación | HONGOS-AR - Hongos de Argentina.”

Grisales LA. 2017. “Hongos (Reino Fungi): Características y Clasificación o Tipos.”

ICEERS. 2019. “Hongos Psilocibes: Información Básica | Psycheplants | ICEERS.”

Kirk, P. 2010. “*Psilocybe Cubensis.*”

L. S. Ramírez; Á. M. Arango. 2017. “Artículo de Revisión Macromicetos: Generalidades, Desinfección y Cultivo in Vitro.” *Universidad Tecnológica Pereira* 1–13.

Laura Fdez Roldán. 2021. “REINO FUNGI: Qué Es, Características, Clasificación y Ejemplos.”

Méndez, Roberto. 2017. “Intimate Insight: MDMA Changes How People Talk about Significant Others.” *Journal of Psychopharmacology* 29(6):669–77. doi: 10.1177/0269881115581962.

Newsweek. 2021. “Hongos Alucinógenos: Cómo Usarlos, Sus Efectos y Beneficios.”

Otero, Luis. 2016. “Una Sola Dosis Del Alucinógeno Psilocibina Cura La Depresión.”

Pérez, Julián, and María Merino. 2021. “Definición de Reino Fungi - Qué Es, Significado y Concepto.”

Pharmacotheon, Erowid. 2015. “Principios Activos de Los Hongos de Psilocibina | Setas Alucinógenas.”

Ramírez-Cruz, Virginia, Gastón Guzmán, and Florencia Ramírez-Guillén. 2006. “Las Especies Del Género *Psilocybe* Conocidas Del Estado de Oaxaca, Su Distribución y Relaciones Étnicas.” *Revista Mexicana de Micología* (23):27–36.

Ross, Stephen, Anthony Bossis, Jeffrey Guss, Gabrielle Agin-Liebes, Tara Malone, Barry Cohen, Sarah E. Mennenga, Alexander Belser, Krystallia Kalliontzi, James Babb, Zhe Su, Patricia Corby, and Brian L. Schmidt. 2016. “Rapid and Sustained Symptom Reduction Following Psilocybin Treatment for Anxiety and Depression in Patients with Life-Threatening Cancer: A Randomized Controlled Trial.” *Journal of Psychopharmacology* 30(12):1165–80. doi: 10.1177/0269881116675512.

Said. 2011. “Hell Project: Cultivo de Hongo *Psilocybe Cubensis* Método Casero.”

Tovar, Pedro. 2021. “Partes Del Hongo y Sus Características.”

Universidad de Yale, Neuron. 2021. “Compuesto Psicodélico de Hongos Mágicos Puede Recuperar Las Conexiones Cerebrales | Ciencia y Ecología | DW | 08.07.2021.”

Vanessa McMains. 2016. “Psilocibina: ¿un Viaje Más Allá Del Miedo a La Muerte? - Scientific American - Español.”

Vázquez, José. 2019. “*Psilocybe Cubensis*: Características, Hábitat, Usos, Cultivo.”

## Producción de un extracto de luteína a partir de la caléndula (*Caléndula officinalis*): una revisión

### Production of a lutein extract from calendula (*Calendula officinalis*): a review

Estefany Cifuentes Obando<sup>1</sup>, Micaela Montalvo Yépez<sup>1</sup>, Julio Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Luis Miguel Gálvez Chiriboga<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuqui, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: juliza.cifuentes994@ist17dejulio.edu.ec

*Recibido: 10 Octubre 2021*

*Aceptado: 11 Diciembre 2021*

---

#### RESUMEN

La luteína tiene una mayor demanda en los mercados internacionales debido a sus múltiples cualidades antioxidantes. Existe un conocimiento limitado sobre el proceso de extracción sólido-líquido por maceración dinámica en la producción de una extracción a partir de la caléndula, lo que no ha permitido alcanzar la máxima eficiencia del proceso de extracción de luteína. En este trabajo se recoge información bibliográfica para destacar los principales avances, resultados y tendencias en la producción de luteína.

**Palabras clave:** Luteína, Solido-Líquido, Caléndula officinalis, emenagoga, antiulcerosa

#### ABSTRACT

Lutein is in greater demand in international markets due to its multiple antioxidant qualities. There is limited knowledge about the solid-liquid extraction process by dynamic maceration in the production of an extraction from marigold, which has not allowed reaching the maximum efficiency of the lutein extraction process. In this work, bibliographic information is collected to highlight the main advances, results and trends in the production of lutein.

**Keywords:** Lutein, Solid-Liquid, Calendula officinalis, emmenagogue, anti ulcer

---

#### INTRODUCCIÓN

La caléndula cultivada en Europa desde el siglo XII, existe localmente naturalizada en el

sur oeste de Europa, y casual para todos los lugares, la caléndula es una planta conocida como alimento y medicamento desde el siglo XVI, gracias a las diversas propiedades terapéuticas y principios activos que posee como por ejemplo antiinflamatoria, antiséptica, cicatrizante, desintoxicante, antiespasmódica, hipotensora, entre otras; se la utiliza para la curación de varias tipos de enfermedades, además de ser una conocida flor de jardín de brotes rojo anaranjados, sus pétalos tienen un ligero regustillo amargo, que es muy aromática, sus hojas más tiernas se comen en ensaladas, se pueden utilizar para aromatizar y colorear, pasteles, quesos, arroces y mantequillas, ya que desde antiguamente se utilizaban como sustituto del azafrán (Decle, 2020)

La caléndula puede ser ingerida y usarse de manera tópica. Por lo general se usa en cremas, lociones, cápsulas y jarabes. Por vía interna puede ayudar en gastritis y en otros problemas inflamatorios del aparato digestivo. Tópicamente puede ser de gran utilidad en cuadros inflamatorios de la piel como en las dermatitis no complicadas (Roth, 2013)

Los grandes beneficios de la caléndula se obtendrán si se le utiliza de forma adecuada. Esto involucra una correcta indicación, una apropiada preparación y una observación racional y muy juiciosa de los resultados durante los tratamientos (Robert, 2011)

Es importante tener en cuenta que cuidar nuestra salud con productos de obtención natural sin dañar o talar nuestros bosques, teniendo una responsabilidad con la naturaleza y enseñar esto a las nuevas generaciones. Esta recomendación aplica, no sólo para las grandes empresas sino para todas las personas, ya que la conservación del

planeta es una responsabilidad de todos. (Mejia Antonio, 2011)

La caléndula es una planta que contiene carotenos, los cuales favorecen la renovación del tejido superficial y sus propiedades antibacterianas evitan las infecciones. El poder de la caléndula también se ha aprovechado en tratamientos de belleza, y se usa para lociones, cremas y otros cosméticos (Casierra Posada, F., & Ávila León, 2015)

### **Salud de la piel**

La caléndula puede ayudar a disminuir el dolor o riesgo de dermatitis por radiación. Se ha encontrado que puede disminuir la dermatitis del pañal y mejorar los padecimientos cutáneos que causan resequedad y descamación en los labios (Mercola, 2019)

### **Uso ornamental**

Es conocida en lugares de jardinería y se cultiva muy a menudo. Se usa como planta ornamental y desde hace siglos se utiliza como planta medicinal debido a sus cualidades curativas (Farm et al., 1999).

### **Uso medicinal**

La flor de caléndula tiene una acción antiinflamatoria y fuertemente cicatrizante cuando se aplica de forma tópica. Con extractos de la flor de caléndula, muestra una acción estimulante de la epitelización de las heridas y una actividad antiinflamatoria en edemas donde interviene la prostaglandina los triterpenos, sobre todo el faradiol, han

demostrado ser los principios antiinflamatorios más importantes (Andr et al., 2020).

En medicina popular se utiliza por su acción antibacteriana, fungicida y antiespasmódica. Se considera también emenagoga, como regulador y calmante de los dolores menstruales, es un buen relajante ya que suaviza, tonifica e hidrata la piel. De hecho, cada vez son más los productos cosméticos que la incluyen entre sus componentes, también se ha considerado calicida ayudando a la desaparición de verrugas víricas de la piel, debido a su contenido en ácido acetilsalicílico. Es colerético estimulando la actividad hepática, especialmente la secreción biliar, y también resulta eficaz en gastritis, gastroenteritis y vómitos por su acción antiulcerosa dado que ayudar a la cicatrización de úlceras gástricas (Paniagua-Zambrana et al., 2020)

### Tipo de caléndulas.

En la actualidad se pueden encontrar hasta 20 especies diferentes de esta flor, la mayoría con espectaculares flores cuyos pétalos se tiñen de tonalidades amarillas, naranjas y rojas. Entre los tipos de caléndulas más conocidas y cultivadas se encuentran, la altura de las caléndulas varía mucho y pueden llegar a medir un metro; la altura de las caléndulas varía mucho y pueden llegar a medir un metro. Caléndula africana también conocida como caléndula americana y tiene un tallo que puede sobrepasar hasta el metro de altura, sus flores tienen un tamaño bastante grande y con forma redondeada que se tiñen de colores como el amarillo, el naranja o el beige (Paz & Estenso, 2006)

Caléndula francesa esta variedad tiene una altura de entre 15 y 50 centímetros y sus flores se caracterizan por ser dobles con pétalos que nacen en forma de bola, similar a la caléndula africana. Sus tonalidades pueden variar entre el amarillo, el dorado, el naranja o el rojo (Olmedilla, 2008)

Caléndula triploide esta variedad es una mezcla entre la caléndula africana y la caléndula francesa, por lo tanto, al tratarse de una especie híbrida, es muy difícil establecer un patrón de colores.

Caléndula mexicana se caracteriza por su aroma similar al anís cuando sus pétalos se rompen, al igual que ocurre con la caléndula francesa, la mexicana también puede alcanzar hasta el metro de altura, aunque sus flores son bastante pequeñas y no sobrepasan los 2 centímetros (Beki, 2009)

La luteína es un tipo de pigmento orgánico llamado carotenoide. Está relacionado con el betacaroteno y la vitamina A. Mucha gente piensa en la luteína como la vitamina del ojo ya que es uno de los dos principales carotenoides que se encuentran en el ojo humano en la mácula y la retina. Se cree que funciona como un filtro de luz, protegiendo los tejidos oculares del daño de la luz solar. Los alimentos ricos en luteína incluyen yemas de huevo, espinacas, col rizada, maíz, pimiento naranja, kiwi, uvas, calabacín y calabaza (revista Calameo, 2015)

La luteína se toma comúnmente por vía oral para prevenir enfermedades oculares, incluidas las cataratas y una enfermedad que conduce a la pérdida de la visión en los adultos mayores. La luteína se usa para muchas otras condiciones, pero no existe una buena

evidencia científica que respalde estos otros usos (Farmacia & Miguel, 2016)

Es uno de los carotenoides más importantes ampliamente encontrado en el suero humano y en alimentos. Es una xantofila con un importante papel como antioxidante; estas características han generado gran interés, dando como resultado un aumento en estudios y producto en el mercado que buscan destacar estas, principalmente en la prevención de enfermedades degenerativas, como la degeneración macular relacionada a la edad, cataratas (Gimeno-Gilles et al., 2016)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción de luteína desde los pétalos de flor de tagete naranja se realizó por dos métodos que son extracción con acetona y posterior saponificación (Herrera-Andrade, 2011), extracción con saponificación simultáneos utilizando hexano. La saponificación es necesaria para obtener la luteína libre, debido a que en forma natural se encuentra formando ésteres con ácidos grasos. El método de extracción con acetona y posterior saponificación es el más utilizado ya que requiere menor cantidad de solvente y permite obtener mayor extracción de carotenoides. Además el segundo método no asegura una completa saponificación durante la extracción (Corral, 2011)

Los principales parámetros para la selección de una tecnología de extracción son las características bioquímicas de las moléculas

extraídas, la rapidez, la limitación del uso de solventes, reproducibilidad, rendimiento de la extracción, la selectividad, la protección de las moléculas extraídas para que no sufran transformación química, estudios realizados han demostrado que la luz, el oxígeno y la alta temperatura promueven la degradación e isomerización de la luteína, uno de los mecanismos utilizados para estabilizar la luteína es la micro encapsulación, la cual permite la incorporación de sustancias dentro de una matriz o pared con el objeto de proteger estos compuestos, impidiendo que sufran reacciones debido a la luz y/o al oxígeno (Corral, 2011)

## CONCLUSIONES

En los últimos años se ha percibido un creciente interés en los extractos de *C. officinalis* ya que está muestra un amplio espectro de acciones farmacológicas, entre las que sobresalen la antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante, y de ahí la gran importancia del extracto de luteína, ya que está posee un extenso número de familias químicas, la luteína desempeña un papel fundamental en la visión ya que previene la degeneración macular y reduce el riesgo de cataratas por ello para la salud humana es muy importante por su beneficio.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece a las autoridades del Instituto Tecnológico Superior 17 de Julio, y al equipo técnico del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA) en la presente investigación.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alifah, U. (2021). *calendula* (Vol. 3, Issue 2, p. 6).
- Andr, F., Alfaro, C., Garc, N., Escuela, G., Canario, S., Universitaria, P. E., Canario, S., Antich, S., Rodilla, V., Villagrasa, V., Giordano, F., Scarlata, E., Baroni, M., Gentile, E., Puntillo, F., Brienza, N., Gesualdo, L., Kaye, A. D., Viswanath, O., ... Volkow, N. D. (2020). Plantas Medicinales. *Arts in Psychotherapy*, 291(Abril), 1–9.  
[http://www.fademur.es/\\_documentos/ponencias/Ponencia\\_Fademur\\_farmacia\\_OK.pdf](http://www.fademur.es/_documentos/ponencias/Ponencia_Fademur_farmacia_OK.pdf)
- Beki. (2009). *Caléndulas: tipos, características y cuidados - Bekia Hogar*.  
<https://www.bekiahogar.com/articulos/calendulas-tipos-caracteristicas-cuidados/>
- Calendula officinalis - L. (2004). *Plants For A Future*.  
<http://www.pfaf.org/database/plants.php?Calendula+officinalis>
- Casierra Posada, F., & Ávila León, O. F. (2015). *Tolerancia a la sombra en plantas de caléndula (Calendula officinalis)*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 129–126 (pp. 129–126).
- Corral, C. A. A. (2011). *extracion de luteina de la flor tagente*. 67.  
[http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-arellano\\_ca/pdfAmont/qf-arellano\\_ca.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-arellano_ca/pdfAmont/qf-arellano_ca.pdf)
- Declé, D. (2020). *Beneficios de la calendula*. 2021-08-15.  
<https://www.cocinadelirante.com/tips/beneficios-de-la-calendula>
- Duarte-Trujillo, A. S., Jiménez-Forero, J. A., Pineda-Insuasti, J., González-Trujillo, C. A., García-Juárez, M., Periférico, C., Fincas, S., Agustín, S., De, A., & Research Article, I. /. (2020). EXTRACCIÓN DE SUSTANCIAS BIOACTIVAS DE *Pleurotus ostreatus* (PLEUROTACEAE) POR MACERACIÓN DINÁMICA Extraction of bioactive substances from *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) by dynamic maceration ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA. *Acta Biol. Colomb*, 25(1), 61–74.  
<https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>
- Farm, R. C., Vald, H. L., & Garc, R. P. (1999). *Artículos de Revisión*. 33(3), 188–194.
- Farmacia, F. D. E., & Miguel, B. B. De. (2016). *Biomarcadores de luteína , zeaxantina y otros*.
- Gimeno-Gilles, C., Lelièvre, E., Viau, L., Malik-Ghulam, M., Ricoult, C., Niebel, A., Leduc, N., Limami, A. M., Schmidt-Lebuhn, A. N., Fuchs, J., Hertel, D., Hirsch, H., Toivonen, J., Kessler, M., Loureiro, J., Lavania, U. C. U. C., Srivastava, S., Lavania, S., Basu, S., ... Yao, J. L. (2016). Formulación de nanopartículas y micropartículas de luteína extraída por fluidos supercríticos a partir de excedentes de cosecha de lechuga (*Lactuca*). *Euphytica*, 18(2), 22280.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2009.07.006>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neps.2015.06.001>  
<https://www.abebooks.com/Trease-Evans-Pharmacognosy-13th-Edition-William/14174467122/bd>
- Herrera-Andrade, M. H. (2011). Extracción de la astaxantina y su estabilidad. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7(1), 21–27.  
<http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/190>
- Luteína - UNIIQUIM - UNAM*. (2015). 2016. <https://uniiquim.iquimica.unam.mx/compuesto->

item/luteína/

- Mejía Antonio, J. C. (2011). *La caléndula y sus múltiples propiedades para el cuidado de la salud*. 2020. <https://labfarve.com/es/noticias/la-calendula-y-sus-multiples-propiedades-para-el-cuidado-de-la-salud>
- Mercola, J. (2019). *¿La caléndula es comestible? - Asociación de Consumidores Orgánicos*. <https://consumidoresorganicos.org/2019/04/15/la-calendula-es-comestible/>
- Olmedilla, B. (2008). Efecto de “nuevos” nutrientes sobre la retina y la función visual. *Revista de Nutrición Práctica*, 12, 64–69.
- Paniagua-Zambrana, N. Y., Bussmann, R. W., & Romero, C. (2020). *Calendula officinalis L. Asteraceae*. 1995, 417–420. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28933-1\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28933-1_51)
- Paz, M. R. C., & Estenso, D. E. G. D. P. . D. T. A. P. . D. M. E. (2006). *bioquímica*. revista Calameo. (2015). *Luteína*. <https://es.calameo.com/read/00175220238f4e4b522ec>
- Robert, P. (2011). *Universidad de Chile facultad de ciencias químicas y farmacéuticas depto. de ciencia de los alimentos y tecnología química extracción de luteína a partir de flores de tagete (tagete erecta) y estabilización por microencapsulación. memoria para optar al tí. 54*.
- Rodríguez, C., Coca, J. A., & Escalona, J. C. (n.d.). *Artículo Original Cuantitativo Standardization of Parameters for the Control of the Quality of the Soft Extract of Caléndula*. 2(2018), 65–76.
- Roth, W. D. (2013). *International Migration Review*, 47(2), 330-373. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/imre.12028/abstract>
- Wright, J. J. (2021). *Tipos de caléndulas*. [https://www.ehowenespanol.com/tipos-calendulas-info\\_209872/](https://www.ehowenespanol.com/tipos-calendulas-info_209872/)

## Producción de plantas in vitro de quina (*Cinchona officinalis*): una revisión

In vitro plant production of quina (*Cinchona officinalis*): a review

Francisco Farinango Cupueran<sup>1</sup>, Omar Alexander Vargas Barragán<sup>1</sup>, Julio Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio (IST17J), Urcuquí, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología (CEBA), Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: kevin.farinango774@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

---

## ABSTRACT

### RESUMEN

El cultivo *in vitro* es considerado una alternativa para la conservación de especies forestales amenazadas. El presente artículo recoge bibliografía relevante y actualizada, destacando el potencial de esta técnica para mitigar los riesgos de extinción de quina (*Cinchona officinalis*).

PALABRAS CLAVE: Quina, *cinchona*, quinina, cultivo *in vitro*.

In vitro culture is considered an alternative for the conservation of threatened forest species. This article gathers relevant and updated literature, highlighting the potential of this technique to mitigate the risks of extinction for quinoa (*Cinchona officinalis*).

KEYWORDS: Quina, *cinchona*, quinine, *in vitro* culture.

---

### INTRODUCCIÓN

La cascarilla o quina (*Cinchona officinalis*), pertenece a la familia *Rubiaceae*, es una especie endémica de Ecuador, la cual se desarrolla entre 500 y 2500 metros sobre el nivel del mar (Eras et al., 2019), entre los 10 °C y 23 °C, en un ambiente generalmente húmedo y lluvioso durante todo el año con un pH de 4.6 a 6.5 (Vásquez et al., 2019).

Su corteza posee variedad de alcaloides naturales, destacando la quinina, misma que tiene propiedades antipiréticas, antipalúdicas y analgésicas, razón por la que se usó desde tiempos prehispánicos para tratar

enfermedades como la malaria o paludismo (Agencia Peruana de Noticias, 2020).

Nieto & Obregón (2000), señala que, debido a estas propiedades, se la sobreexplotó hasta el siglo XIX.

Además, la quinina presente en esta especie, posee principios astringentes por su alta concentración de taninos (Agencia Peruana de Noticias, 2020).

Por otro lado, la quinina tiene como derivado activo la hidroxiclороquina, empleada como medicamento contra el lupus, artritis reumatoide y malaria; actualmente ha sido propuesto su uso para contrarrestar los síntomas del COVID-19, enfermedad causada

por el virus SARS-CoV-2, pese a que puede exhibir efectos secundarios (Arauco, 2021).

Según Ríos, De la Cruz, & Mora (2008), esta variedad, actualmente forma parte de la lista de especies promisorias de Ecuador, propensa a la extinción.

FAO (2010), menciona que Ecuador posee la mayor tasa de deforestación de la región, siendo urgentes medidas de conservación de la especie, para su uso sostenible y sustentable.

El cultivo *in vitro* hace parte de las estrategias para la conservación de especies amenazadas, permitiendo su multiplicación (Bhojwani & Santu, 2013).

El objetivo inicial de la presente investigación, ha sido estudiar la propagación *in vitro* de *Cinchona Officinalis*, partiendo desde la germinación, mediante recolección bibliográfica de bases de datos como Scielo, Elsevier, Latindex, Scopus y repositorios virtuales, identificando las propiedades de esta especie y la metodología óptima para su micropropagación.

## METODOLOGÍA

### Desinfección de semillas

Según García, Mesa, & Ocampo (2015), la presencia de microorganismos contaminantes que afectan el desarrollo del cultivo, una vez establecido *in vitro*, es una de las principales limitantes de esta técnica.

Los hongos, bacterias y levaduras son los vitropatógenos más frecuentes en condiciones *in vitro* (Leifert, Morris, & Waites, 1994).

Lima et al., (2018), propone desinfectar las semillas en cámara de flujo laminar, aplicando alcohol etílico al 70%, por 1 minuto, y enjuagar

con agua destilada estéril, seguidamente, colocar en hipoclorito de sodio, con concentraciones al 15, 25 y 50%, en inmersión a tres tiempos, 5, 10, y 15 minutos, respectivamente.

### Cultivo

Luego de realizar el proceso de desinfección, Serrano et al., (2019), recomienda sembrar las semillas usando como medio de cultivo agar SIGMA®, suplementado con vitaminas (1mg/l de tiamina y 100mg/l de m-inositol), sacarosa como fuente de carbohidratos al 2%, 0.6% de agar como agente gelificante y ácido giberélico (AG3), este último en concentraciones de 0.5 y 1.0 mg/l, sembrando dos semillas por tubo de ensayo y esterilizar en autoclave por 15 minutos a 120°C.

Antes de la esterilización en autoclave Armijos & Pérez (2016), menciona que se debe ajustar el pH a 5,8.

### Incubación

Las semillas se deben incubar a 22°C, con 12h de luz y 12h de oscuridad, o a su vez, 24h de luz con una densidad de flujo de fotones de 57  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , proporcionado por lámparas fluorescentes blanco frío (Armijos & Pérez, 2016).

Posteriormente, para la fase de multiplicación y enraizamiento *in vitro*, Paredes, Yaguana, & Poma (2019), recomiendan utilizar ápices caulinares y segmentos nodales, sembrándolos en medio de cultivo Murashige & Skoog (MS), suplementando con auxinas y citoquininas, en distintas concentraciones, puesto que, las citoquininas ayudan en la estimulación de brotes y las auxinas estimulan la formación de raíces.

## DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Un aspecto importante para el cultivo *in vitro* de *Cinchona Officinalis*, es su correcta identificación, puesto que según Huamán, Albán, & Chilquillo (2019), se suele confundir con otras especies morfológicamente similares, como *C. capulí*, *C. lancifolia* y *C. Macrocalyx*.

Autores recomiendan distintos medios para el cultivo *in vitro* de quina (*Cinchona Officinalis*), como Espinosa & Ríos (2014), quienes utilizaron un medio nutricional Gamborg (B5), al 50%, adicionando 7gr/l agar y 10gr/l sacarosa. Por otro lado Shim et al. (2018), destaca el uso de medio de cultivo basal, conformado por sales minerales de Murashige & Skoog, suplementado con vitaminas y sacarosa al 2,0%.

Usar ácido giberélico, ácidos fuertes y tratamientos hidrotérmicos, como inductores germinativos, han tenido resultados contrastantes, por lo que según Prado et al. (2013), es necesaria su evaluación en cada especie o morfotipo.

Por otro lado Pereira et al. (2011), menciona que entre los factores que inciden en la

morfogénesis *in vitro* destacan las citoquininas, que influyen en la diferenciación de yemas y crecimiento de brotes.

## CONCLUSIONES

El cultivo *in vitro* de quina (*Cinchona officinalis*), puede ser la alternativa para la preservación de la especie, realizándolo en condiciones y medios óptimos, como el uso de un medio de cultivo con los nutrientes necesarios para su desarrollo, suplementando con auxinas y citoquininas en las etapas de multiplicación y enraizamiento.

## AGRADECIMIENTO

Gratitud a las autoridades del Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, y al equipo técnico del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), por el apoyo técnico brindado para la ejecución de la presente investigación.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Peruana de Noticias. (2020). Árbol de la quina: conoce las propiedades medicinales de esta emblemática especie peruana. Agencia Peruana de Noticias Andina. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-arbol-de-quina-conoce-las-propiedades-medicinales-esta-emblematica-especie-peruana-808503.aspx>
- Arauco, A. (2021). Del árbol al medicamento: la quina en las Tradiciones peruanas y el uso de la hidroxiclороquina en la actualidad. *El Palma de La Juventud*, 2(2), 19–30. <https://doi.org/10.31381/epdlj.v2i2.4241>
- Armijos, R., & Pérez, C. (2016). In vitro germination and shoot proliferation of the threatened species *Cinchona officinalis* L (Rubiaceae). *Journal of Forestry Research*, 27(6), 1229–1236. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0272-8>
- Bhojwani, S., & Santu, P. (2013). *Plant tissue culture: an introductory text*. Springer. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-81-322-1026-9>
- Eras, V., Minchala, J., Moreno, J., Yaguana, M., Sinche, M., & Valarezo, C. (2019). Estructura,

composición florística y fisiología reproductiva de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja. EDILOJA Cia. Ltda. Recuperado de [https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ESTRUCTURA\\_COMPOSICIÓN\\_FLORÍSTICA\\_Y\\_FISIOLOGÍA\\_REPRODUCTIVA\\_DE\\_Cinchona\\_officinalis.pdf](https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ESTRUCTURA_COMPOSICIÓN_FLORÍSTICA_Y_FISIOLOGÍA_REPRODUCTIVA_DE_Cinchona_officinalis.pdf)

- Espinosa, C., & Ríos, G. (2014). Ex Vitro ; Respuestas De Plántulas Micropropagadas Y De Semillas, 73–82. <https://doi.org/10.26807>
- FAO. (2010). Evaluación recursos forestales mundiales. (I. y E. Oficina de Intercambio de Conocimientos, Ed.), Fao. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i1757s/i1757s.pdf>
- García, D., Mesa, N., & Ocampo, M. (2015). Estandarización del protocolo de desinfección para la micropropagación de *Aspidosperma polyneuron*. Revista Colombiana de Biotecnología, 17(2), 76–84. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.54277>
- Huamán, L., Albán, J., & Chilquillo, E. (2019). Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.) en el norte de Perú. Ecología Aplicada, 18(2), 145. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1333>
- Leifert, C., Morris, C. E., & Waites, W. M. (1994). Ecology of Microbial Saprophytes and Pathogens in Tissue Culture and Field-Grown Plants: Reasons for Contamination Problems In Vitro. Critical Reviews in Plant Sciences (Vol. 13). <https://doi.org/10.1080/07352689409701912>
- Lima, N., Moreno, J., Eras, V., Minchala, J., González, D., Yaguana, M., & Valarezo, C. (2018). Propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L. a partir de semillas. Altoandinas, 20(2), 169–178. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.361>
- Nieto, M., & Obregón, D. (2000). Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo., 258–264.
- Paredes, D., Yaguana, M., & Poma, R. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento in vitro de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. Bosques Latitud Cero, 9(1), 58–68. Recuperado de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/586/525>
- Pereira, F., Paiva, R., Alves, A., Nery, F., Peixoto, D., & Ramos, D. (2011). Taxa de multiplicação e efeito residual de diferentes fontes de citocinina no cultivo in vitro de *hancornia speciosa* gomes. Ciencia e Agrotecnologia, 35(1), 152–157. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000100019>
- Prado, G., Lagunes, L., García, E., Bautista, C., Camacho, W., Mirafuentes, F., & Aguilar, V. (2013). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants, 2(5), 161–196. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5628-1\\_28](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5628-1_28)
- Ríos, M., De la Cruz, R., & Mora, A. (2008). Conocimiento tradicional y plantas útiles del Ecuador: saberes y prácticas. Editorial Abya Yala. Recuperado de

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HZU\\_zQOH3jMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Rios,+M.+2008.+Plantas+utiles+del+ecuador:+uso+y+abuso.+En+M.+Rios.+R,+de+la+Cruz+y+A,+Mora,+Conocimientos+y+tradiciones+de+las+plantas+%C3%B9tiles+del+Ecuador:+Saberes+y+Pr%C3%A0cticas+\(Abya+Yala+ed.\).+Quito.+Ecuador.&ots=if11fVhOKx&sig=PLjp0TMLCUMh4B0p\\_OueohFsy0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HZU_zQOH3jMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Rios,+M.+2008.+Plantas+utiles+del+ecuador:+uso+y+abuso.+En+M.+Rios.+R,+de+la+Cruz+y+A,+Mora,+Conocimientos+y+tradiciones+de+las+plantas+%C3%B9tiles+del+Ecuador:+Saberes+y+Pr%C3%A0cticas+(Abya+Yala+ed.).+Quito.+Ecuador.&ots=if11fVhOKx&sig=PLjp0TMLCUMh4B0p_OueohFsy0#v=onepage&q&f=false)

Serrano, J. A. M., Ruíz, C. P., Fierro, I. M., & Fierro, J. M. (2019). Effect of culture medium on morphogenic processes in vitro in cinchona officinalis L. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 51(1), 55–68.

Shim, H., Shin, N., Stern, A., Aharon, S., Binyamin, T., Karmi, A., ... GmbH, Z. (2018). Procesos biotecnológicos para la inducción de callos a partir de plantas in vitro de *Cinchona officinalis* L., a nivel de laboratorio en la provincia de Loja, Ecuador. *Advanced Optical Materials*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1103>

Vásquez, J., Lápiz, E., Yojana, M., Vásquez, S., & Quispe, L. (2019). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.407>

## Producción del hongo-moho (*Trichoderma harzianum*): una revisión

Production of the fungus-mold (*Trichoderma harzianum*): a review

Joselyn Pamela IpiALES Juma<sup>1</sup>, Julio Amilcar Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Francis Ariel Muñoz Puetate<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico “17 de Julio” (IST 17J). Urcuquí, Ecuador.

<sup>2</sup> Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: joselyn.ipiales009@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado:

11

Diciembre

2021

### RESUMEN

*Trichoderma Harzianum* es una especie de hongo con potencial en la industria alimentaria, farmacéutica y biotecnológica.

Sin embargo, en Ecuador existe un limitado aprovechamiento de esta especie. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión científica exploratoria del bioproceso para la producción de (*T. Harzianum*) a escala de laboratorio.

**PALABRAS CLAVE:** Antagonistas fúngicos, Fitopatógenos, Microorganismos, *Trichoderma*

### ABSTRACT

*Trichoderma harzianum* is a species of fungus with potential in the food, pharmaceutical and biotechnological industries.

However, in Ecuador there is a limited use of this species. The objective of this work is to carry out an exploratory scientific review of the bioprocess for the production of (*T. Harzianum*) at laboratory scale.

**KEYWORDS:** Fungal antagonists, Phytopathogens, Microorganisms, *Trichoderma*,

### INTRODUCCIÓN

Los hongos son microorganismos eucarióticos, heterótrofos, requieren de compuestos orgánicos para su nutrición (Hernández, 2016). Secretan enzimas hidrolíticas, como lipasas, pectinasas y

proteinasas que ayudan a descomponer una gran variedad de sustratos, para absorber los nutrientes que hay en las hojas muertas y otros materiales orgánicos que se encuentran en el suelo por lo que se les conoce como saprofitos y generalmente no causan enfermedades en el ser humano. Por otro

lado, los hongos fitopatógenos ejercen un gran impacto económico en la industria agrícola debido a las enfermedades que les pueden causar a los cultivos (Poalacin, 2015).

La capacidad de estos hongos de detectar, invadir y destruir a otros hongos ha sido la principal causa de su éxito comercial, fabricando más del 60% de todos los bioplaguicidas a base de *Trichoderma* (Benjamin et al., 2013).

Los hongos poseen características que definen muy bien sus potencialidades como biocontroladores, por su alto poder patogénico y la capacidad de producir epizootias (Cárdenas, 2010).

El uso de especies del género *Trichoderma* en la agricultura han sido muy utilizados como agentes de biocontrol, debido a su versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación para combatir hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium* y *Phytophthora* entre otros, que afectan cultivos de interés comercial como arroz, maíz, cebolla, tomate, fríjol, trigo, cacao, etc. (Arévalo et al., 2017).

La acción de *Trichoderma* como micoparásito natural se demostró en 1932, y su utilización en experimentos de control biológico se implementó a partir de 1970, cuando se incrementaron los estudios de campo para su uso en cultivos de hortalizas y ornamentales. Los hongos del género *Trichoderma* tienen la capacidad de producir diversos metabolitos, además de adaptarse a diversas condiciones ambientales y sustratos, otorgando la posibilidad de ser utilizado en la industria biotecnológica (Martínez et al., 2013).

Las especies de *Trichoderma* predominan en ecosistemas terrestres (bosques o suelos agrícolas), tienen bajo requerimiento nutricional pero relativamente amplio rango de temperatura (25-30°C) para su crecimiento (Hernández et al., 2019).

La nómina mundial (*Index Fungorum*), contiene nombres de hongos (incluidas levaduras, líquenes, análogos de hongos protozoarios y formas fósiles) en todos los rangos. El *Index Fungorum* proporciona información taxonómica al Registro Mundial de Especies (Kirk, 2013) según el *Index fungorum* se han descrito hasta el momento 488 especies y una de las más estudiadas es la *Trichoderma harzianum*.

En Ecuador existe una amplia biodiversidad fúngica y un amplio potencial biotecnológico para hallar nuevos metabolitos, por ende, no se ha realizado un máximo aprovechamiento sobre esta especie (*T. harzianum*) para la extracción de numerosos derivados.

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión científica del bioproceso para la producción de *Trichoderma harzianum* a escala de laboratorio.

## METODOLOGÍA

### Aislamiento

Andrade et al. (2019), menciona que utilizó el medio de cultivo Papa dextrosa agar (PDA) para el aislamiento del hongo, bajo un tiempo de incubación de 5 días a 25°C, además Cumbagin (2020), indica que posteriormente se incubaron a 28°C durante tres días en oscuridad.

### Taxonomía de *Trichoderma*

Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Ascomycota</i>
Subdivisión	<i>Pezizomycotina</i>
Clase	<i>Sordariomycetes</i>
Orden	<i>Hypocreales</i>
Familia	<i>Hypocreaceae</i>
Género	<i>Trichoderma</i>

**Fuente:** Caiza, 2017

### *Trichoderma harzianum*

Microscópicamente se evidenció el desarrollo de hifas ramificadas, en las que se desprenden conidióforos también ramificados, a partir de las cuales se desarrollan fiálides en forma de botella que producen los conidios, muchas veces en forma de cabezas conidiales. Además, cuando las condiciones del medio no son óptimas *T. harzianum* presenta clamidosporas terminales o intercalares como estructuras de resistencia (Tirado, 2017).

### Morfología

Según, Guimarães et al. (2016) indica que *Trichoderma harzianum* posee color blanco y se torna verde oscuro con abundante esporulación. En general crece en medio PDA y no presenta micelio aéreo, su pigmentación

puede variar desde verde oscuro hasta verde claro, y en ocasiones tornarse amarillento. El *T. harzianum* posee un olor característico a coco. Durante su desarrollo y crecimiento producen hifas de 5 -10 µm de ancho que conforman el micelio septado, con paredes compuestas por quitina y glucano (Castillo, 2018).



**Figura 1.** *Trichoderma Harzianum*

**Fuente:** Briceño, 2017

### Fisiología

El desarrollo y crecimiento en colonias de *T. harzianum*, van a crecer y madurar rápidamente a los cinco días de incubación en medio de cultivo PDA a 25 °C, se adapta a un rango de pH ácido de 4-7. Además, se desarrolla en áreas con alto contenido de humedad y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera. Si bien *T. harzianum* tolera hasta 38 °C, la temperatura óptima para el crecimiento es de 20 °C , aunque de manera

general esta varía entre 25 y 30 °C (Akiyama, 2017).

## Variables

### Humedad

Según Burgos (2017), para determinar la humedad en el medio de cultivo se usó la siguiente fórmula:

$$Ss (\%) = \frac{(m2 - m)}{(m1 - m)} \times 100$$

Siendo: Ss (%) = sustancia seca en porcentaje

m= masa de la cápsula en gramos

m1= masa de la cápsula con la muestra en gramos

m2= masa de la cápsula con la muestra después del secado, en gramos

### Biorreactor Airlift

Esencialmente es usado para la producción masiva de células o de compuestos bioactivos a través del uso de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras), células vegetales, microalgas y células animales, por lo cual es considerado una herramienta eficaz para la micropropagación, ya que incrementa el coeficiente de multiplicación y produce el mejoramiento en la calidad de la materia. Por otra parte, se controlan varias condiciones de

cultivo como lo son pH, agitación, oxígeno disuelto y la producción de espuma (López, 2019).

### Fermentación en estado sólido y fermentación sumergida

La fermentación es el proceso en el cual los sustratos sólidos o líquidos son convertidos por (hongos, microalgas, levaduras, bacterias) en productos con valor agregado, útiles para el ser humano (Ashok et al., 2017).

La fermentación sólida es aplicada para procesos en los cuales materiales insolubles en agua son utilizados para el crecimiento del microorganismo (Chávez et al. 2008), es importante mencionar que la cantidad de agua no debe exceder la capacidad de saturación del sólido en el cual crecerá el microorganismo. Los sustratos que pueden utilizarse son salvado de trigo, bagazo de caña y pulpa de papel (Liriano et al., 2015).

La fermentación líquida (sumergida) es aplicada en técnicas de los cuales los materiales solubles en agua son utilizados para el desarrollo de los microorganismos y para la propagación de biomasa, por lo que el medio selecto debe ser asequible y con apropiado balance nutricional, siendo los más utilizados melazas y caldos de cultivo que contienen sales minerales y vitaminas (Kent, 2017).

La fermentación sólida y la fermentación sumergida han sido utilizadas para producir *Trichoderma* y sus compuestos bioactivos tales como enzimas (Marques et al., 2017).

## DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Según la bibliografía consultada se determina que el desarrollo de nuevas tecnologías cada vez aumenta, por lo tanto, aparecen más investigadores interesados en el aislamiento y uso de *Trichoderma*. Nugra (2018), desarrolla a *Trichoderma* como controlador biológico para evitar el uso indiscriminado de agroquímicos en los cultivos, demostrando que el desarrollo de nuevas alternativas da lugar a una agricultura transparente.

Dal et al. (1997), menciona que algunas enfermedades afectan a la planta y están relacionados de manera directa con hongos habitantes del suelo, entre ellos: *B. sorokiniana*, *B. cynodontis*, *D. tritici-repentis*, *C. oryzae-sativae*, *C. lunata*, *C. brachyspora* y *S. rolfsii* y como agente biocontrolador se utiliza el *Trichoderma* sobre los hongos que afectan a la planta.

Poalacin (2015), indica que existen diversas técnicas de crecimiento y una de las técnicas más usadas es el desarrollo en sustratos, por lo cual se ocupa distintos sustratos orgánicos como: arroz, quinua, amaranto, trigo y avena para la propagación de *Trichoderma harzianum*.

Teniendo en cuenta algunos de los parámetros como son: temperatura, pH, humedad. En la literatura existente se ha encontrado una fuerte relación entre los autores (Paredes, 2017; Caiza, 2017), concuerdan en el rango óptimo de las variables como: temperatura 20°-30°, pH 5-7 y humedad 60-75. Se estima que los parámetros antes mencionados se encuentran en las condiciones ideales para que el hongo pueda alcanzar su máxima reproducción.

## CONCLUSIONES

*Trichoderma Harzianum* es una especie de hongo apreciado por sus propiedades de control de Fitopatógenos, organolépticas y medicinales, lo que evidencia su potencial en la industria alimentaria, farmacéutica, biotecnológica y el sector agrícola.

Para obtener un cultivo de *Trichoderma Harzianum* que permita aprovechar el potencial industrial de esta especie, es necesario realizar un adecuado proceso de producción.

Se concluye que la especie contiene un gran potencial en el ámbito industrial, demostrando que existen numerosas técnicas que conllevan a un producto final con valor agregado, además cuenta con diversas opciones que dan paso al desarrollo de nuevas tecnologías.

**AGRADECIMIENTO**

El Autor agradece a las Instituciones auspiciantes como son el Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente y al Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Akiyama, Stella Maris. 2017. "Evaluación de La Promoción Del Crecimiento, La Calidad de Planta y La Incidencia de Enfermedades En Vivero de Producción de Ciclamen (*Cyclamen Persicum* Mill.) Mediante El Uso de *Trichoderma Harzianum Rifai*." Retrieved November 11, 2021 ([https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/540/Akiyama\\_Stella\\_Maris\\_TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/540/Akiyama_Stella_Maris_TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y)).
- Ana María Mesa Vanegas, Alexander Marin & Jaime Calle Osorno. 2019. "Metabolitos Secundarios En *Trichoderma Spp.* y Sus Aplicaciones Biotecnológicas Agrícolas." *Canadian Journal of Chemistry*. doi: 10.1139/V92-320.
- Andrade Hoyos, Petra, Alfonso Luna Cruz, Eduardo Osorio Hernández, Eduardo Molina Gayosso, Nadia Landero Valenzuela, & Hebert Jair Barrales Cureño. 2019. "Antagonismo de *Trichoderma Spp.* vs Hongos Asociados a La Marchitez de Chile." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(6):1259–72. doi: 10.29312/remexca.v10i6.1326.
- Aracely Jazmín Cumbagin Torres, Cynthia Alejandra Flores Morales. 2020. "Universidad politécnica salesiana sede Quito."
- Arévalo, Enrique, José Cayotopa, Delmar Olivera, Mar Gárate, Erick Trigoso, Bomfim Costa, & Betsabe Leon. 2017. "Vol 19 Nº 2." 19:135–44.
- Ashok, Anup, Kruthi Doriya, Devulapally Ram Mohan Rao, and Devarai Santhosh Kumar. 2017. "Diseño de biorreactores de estado sólido para aplicaciones industriales: una descripción general de los biorreactores convencionales." *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 9:11–18. doi: 10.1016/J.BCAB.2016.10.014.
- Benjamin A., Alfredo Herrera-Estrella, Monika Schmoll, & Charles M. Kenerley. 2013. "Investigación de *Trichoderma* en la era del genoma." [Http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev-Phyto-082712-102353](http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev-Phyto-082712-102353) 51:105–29. doi: 10.1146/ANNUREV-PHYTO-082712-102353.
- Briceño Armando, Andry Alexander. 2017. "A.-Características Culturales En Agar PDA: 1, T. *Creameum*" Retrieved November 11, 2021 ([https://www.researchgate.net/figure/A-Caracteristicas-culturales-en-agar-PDA-1-T-cremeum-strain-AN-392-2-T-longipile\\_fig1\\_324884898](https://www.researchgate.net/figure/A-Caracteristicas-culturales-en-agar-PDA-1-T-cremeum-strain-AN-392-2-T-longipile_fig1_324884898)).

- Burgos, Cristhian Junior. 2017. "Evaluación de los tiempos de secado de la arcilla como medio para la conservación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*."
- Caiza Sango Silvia Elizabeth, Agroindustrial. 2017. "Escuela politécnica nacional facultad de ingeniería química y agroindustria evaluación in vitro de la capacidad antagónica de proyecto previo a la obtención del título de ingeniera."
- Castillo Gonzálz Daniela María. 2018. "Determinación de la variabilidad genética de trichoderma nativo de Nicaragua mediante el uso de rep-pcr y su potencial in vitro como antagonista de fusarium spp. Laboratorio de agrobiotecnología, inta-cnica. 2018-202."
- Chávez García, Mónica, José, Salvador Montaña Lara, María, Mercedes Martínez-Salgado, Marcela Mercado-Reyes, Ximena Rodríguez, & ; Balkys Quevedo-Hidalgo. 2008. "Efecto del sustrato y la exposición a la luz en la producción de una cepa de *Trichoderma Sp.*" *Universitas Scientiarum* 13(3):245–51.
- Cristina, María, Sandoval Vega, & Isabel Noelting Zenobio. 2011. Producción de Conidios de *Trichoderma Harzianum Rifai* En Dos Medios de Multiplicación.
- Cruz Martinez Lina Carolina. 2007. "Trichoderma Koningii como un parásito potencial de Sclerotia de Sclerotium Rolfsii." *Cryptogamie, Mycologie* 22(4):289–95. doi: 10.1016/S0181-1584(01)01073-9.
- Dobrosnki, Jorge, & María José Salazar. 2018. "Efecto de *Trichoderma Harzianum*. En el agua de regadío y la microbiología del suelo." 74.
- Gato Cárdenas, Yohana. 2010. "Métodos de Conservación y Formulación de *Trichoderma Harzianum Rifai*." *Fitosanidad* 14(3):189–95.
- Geovani, Alexis, and Gutierrez Tirado. 2017. "Caracterización microbiológica y producción de *trichoderma harzianum* y *trichoderma viridae* en cultivo artesanal."
- Graciela Romero; Agr. Virginia Olivera Costa & Déborah Rodriguez. 2016. "Trichoderma Harzianum Como Agente de Control Biológico - Engormix." Retrieved November 12, 2021 (<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/trichoderma-harzianum-como-agente-t32904.htm>).
- Jazmín Hernández Melchor, Dulce, Ronald Ferrera Cerrato, & Alejandro Alarcón. 2019. "Aceptado: 10 Enero 2019." *Chilean J. Agric. Anim. Sci., Ex Agro-Ciencia* 35(1):98–112.
- Juana Maricela Poalacin Cabascango. 2015. "Estudio del adecuado crecimiento del hongo trichoderma harzianum y trichoderma hamatum en sustrato sólido." 13(3):1576–80.
- Kent, James A. 2017. "Manual de Química Industrial y Biotecnología: Duodécima edición." *Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology: Twelfth Edition* 1–2:1–1562. doi: 10.1007/978-1-4614-4259-2.
- Liriano González, Ramón, Dania Bárbara Núñez Sosa, Lidia Hernández La Rosa, & Amarilis Castro Arrieta. 2015. "Evaluación de Microorganismos Eficientes y *Trichoderma Harzianum* en la producción de posturas de cebolla (*Allium Cepa L.*). (Spanish)." Evaluación del efecto de microorganismos eficientes y aplicación de *Trichoderma harzianum* en la producción de cebolla plántulas (*Allium Cepa L.*). (English) 42(2):25–32.

- Macario Osorio Concepción & Casas, J. Sergio. 2017. "Las modificaciones de la cromatina y su rol en la percepción de las señales externas en *trichoderma atroviride*."
- Marielsa Gil. 2019. "Agar Papa Dextrosa: Fundamento, Preparación y Uso." Retrieved November 11, 2021 (<https://www.lifeder.com/agar-papa-dextrosa/>).
- Marqués, S., C. T. Matos, F. M. Gírio, J. C. Roseiro, and J. A. L. Santos. 2017. "Producción de ácido láctico a partir de lodo de papel reciclado: intensificación del proceso mediante la ejecución de lotes alimentados en un biorreactor de reciclado de membranas." *Biochemical Engineering Journal* 120:63–72. doi: 10.1016/J.BEJ.2016.12.021.
- Martínez, B., Danay Infante, & Yusimy Reyes. 2013. "*Trichoderma Spp.* y Su función en el control de plagas en los cultivos." *Revista de Protección Vegetal* 28(1):1–11.
- Paredes Sandoval Michelle Katherine. 2017. "Evaluación de La biodegradación de un insecticida cabamato en muestra de suelo de cultivo de papa. Mediante *Trichoderma Harzianum* y *Pleurotus Ostreatus*."
- Rosales-López, Catalina. 2019. "Los Bioprocesos en La Biotecnología: Uso de Biorreactores para la producción y el escalamiento de productos de interés comercial." *Revista Tecnología En Marcha* 32:41–46. doi: 10.18845/tm.v32i9.4626.

## Bioproceso para producción del pez tilapia (*Oreochromis spp.*) Mediante sistema acuapónico: una revisión

### Bioprocess for production of tilapia fish (*Oreochromis spp.*) through aquaponics system: A review

Omar Alexander Vargas Barragán<sup>1</sup>, Julio Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: omar.vargas898@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

---

#### RESUMEN

La producción de peces mediante S.A. (sistemas acuapónicos), han tomado relevancia progresivamente, siendo éste un método que permite aprovechar espacios reducidos, además de combinar la acuicultura con la hidroponía en un sistema de recirculación. El presente artículo recopila información sobre el funcionamiento y los factores condicionantes, que intervienen en el bioproceso de producción del pez tilapia (*Oreochromis spp.*).

**PALABRAS CLAVE:** Acuaponía, hidroponía, proteína, recirculación.

#### ABSTRACT

The production of fish through aquaponics systems has progressively gained relevance. This is a method that makes it possible to take advantage of reduced spaces and combine aquaculture with hydroponics in a recirculation system. This article compiles information on the functioning and conditioning factors that intervene in the production bioprocess of tilapia fish (*Oreochromis spp.*).

**KEYWORDS:** Aquaponics, hydroponics, protein, recirculation.

---

#### INTRODUCCIÓN

El declive de la biodiversidad marina y sus cambios climáticos son evidentes, presionan

sustancialmente las reservas pesqueras, debido al uso insostenible de recursos (Seas At Risk, 2012), perjudicando su auto

renovación a dispendios de los ecosistemas (FAO, 2020).

La preservación de la diversidad biológica es un interés de toda la humanidad, hábitats, especies y recursos genéticos, deben ser aprovechados por el ser humano, pero de manera que no lleve a su pérdida (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2018).

(Pentair, 2013) menciona que, la exigüidad de recursos naturales impulsan a una producción sostenible de alimentos.

Además de la pesca, la acuicultura como método de producción, presenta limitantes, debido a la concentración de materia orgánica en los estanques de cultivo, resultado de las excreciones de peces, alimento y otros insumos (Campos et al., 2013), el consumo de grandes cantidades de agua potable y su descarga con desechos al ambiente, son también consecuencia del aumento en la densidad de siembra y prácticas convencionales (Torres, 2017).

Según Loy (2021), la acuaponía es presentada como una solución, debido a las ventajas sobre los sistemas de producción acuícola y agrícolas convencionales, surgiendo como estrategia para contrarrestar problemas de hambre y sobreexplotación de recursos vitales. Los S.A. viabilizan la reducción de descarga y consumo de agua, permitiendo su reutilización en el bioproceso (Torres, 2017).

Jiménez (2015), describe la acuaponía como un co-cultivo entre peces y plantas en un circuito de recirculación. El agua se enriquece con desechos orgánicos provenientes de los organismos acuáticos, aprovechados por las plantas como fuente nutricional, mientras sus raíces actúan como filtros biológicos, limpiando el agua que recircula (Gómez et al., 2018), al grado de que puede reintegrarse a los sistemas acuáticos (Moreno & Zafra, 2015), haciendo uso de los subproductos de la

biomasa, para la obtención de un producto secundario (Jiménez, 2015).

El pez más utilizado en acuaponía según (Gómez et al., 2018), es la tilapia (*Oreochromis spp.*), debido a sus características, como rápido crecimiento, gran producción de desechos orgánicos que se convierten en altos niveles de nitrato, además de su resistencia a fluctuaciones drásticas de calidad del agua (Villegas & Gutiérrez, 2021).

Colorado & Ospina (2019), destaca que la acuaponía se puede implementar en diferentes diseños y escalas que van desde acuarios pequeños hasta sistemas de alta tecnología y grandes volúmenes de producción. La práctica de esta tecnología se constituye en una alternativa viable para la reducción de costos y diversificación productiva de las unidades (Loor & Mendoza, 2018).

Ramírez et al. (2017), menciona que países como Australia y Canadá muestran gran interés en la acuaponía como herramienta biotecnológica, debido a su viabilidad, por lo que su aplicación en países en desarrollo significaría la inmersión en la producción bioeconómica.

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio de revisión exploratorio sobre los sistemas acuapónicos, mediante búsqueda de información científica en bases de datos como Latindex, Scielo y Scopus, que permita identificar las principales ventajas y desventajas de las tecnologías desarrolladas hasta el momento.

## METODOLOGÍA

Según Pérez et al. (2015), los equipos implementados en S.A. varían según su tamaño y escala de producción.

El modelo estándar del sistema operativo en acuaponía consta de:

**Tanque de cultivo de peces:** de material resistente, se recomienda un litro de agua por cada 5 cm de peces o 10-15 g de peces por litro de agua. (Jiménez, 2020), se debe tomar en cuenta el tamaño final estimado de los peces.

**Remoción de sólidos o clarificador:** separa y remueve desechos sólidos en suspensión (Candarle, 2016)

**Filtrado biológico (biofiltro):** alberga bacterias nitrificadoras (Jiménez, 2020), poblaciones beneficiosas como nitrosomonas o nitrobacterias (Pérez et al., 2015), que actúan en el proceso de transformación del NAT (nitrógeno amoniacal total) en  $\text{NO}_2^-$  (nitrito) y  $\text{NO}_3^-$  (nitrato) (Votteler, 2021). Previo a la inserción de biomasa al sistema (Candarle, 2016) recomienda una maduración del biofiltro de 3 a 5 semanas, para desarrollar y establecer las colonias bacterianas, proporcionándoles fuentes de amonio, y se administra periódicamente en concentraciones  $< 2 \text{ mg/l}$ , para evitar que sea tóxico para la misma colonia.

El proceso de nitrificación es imprescindible para evitar intoxicación de los peces, debiendo tomarse en cuenta factores importantes, como el área superficial del material de sustrato para adhesión de las bacterias, y óptima calidad del agua, con un pH de 6 a 8,5; temperatura de 17 a 34°C y OD (oxígeno disuelto)  $> 4 \text{ mg/L}$ , además, el tanque debe permanecer cubierto y ser oscuro debido a la fotosensibilidad de las bacterias nitrificantes (Votteler, 2021);

**Bomba de agua:** mantiene la recirculación del agua.

**Sistema de oxigenación:** sistema compuesto por bomba, tuberías, mangueras y piedras difusoras, que proporcionan aire para la

disolución de oxígeno en el sistema, necesario para el óptimo desarrollo de peces, plantas y bacterias (Martínez, 2014).

**Sistema de cultivo hidropónico:** técnica de cultivo en la que no se utiliza suelo, y los nutrientes que necesita la planta para crecer son provistos a través del agua (Castañares, 2020), permite el desarrollo de cultivos en un ambiente controlado utilizando sustratos inertes, asegurando en mayor porcentaje la producción (Hernández et al., 2021).

#### **Subsistema hidropónico**

Según Castañares (2020), los cultivos hidropónicos son técnicas que no necesitan suelo, siendo el agua recirculante la que provea de nutrientes a las plantas, y según (Hernández et al., 2021) permite controlar las condiciones de crecimiento del cultivo, asegurando la calidad de la producción.

Además (Pinheiro et al., 2017), establece que, los compuestos residuales de nitrógeno y fosfato son absorbidos por las plantas, reduciendo los residuos de nutrientes, y evita su desecho al medio ambiente.

#### **Tipos de cultivos hidropónicos.**

**Sistema de película nutritiva (NFT):** sistema en el que las raíces de las plantas tienen contacto con una lámina de solución nutritiva.

(Valdez et al., 2017) señala que esta solución circula por el sistema desde el cultivo acuático a través de un circuito de PVC, con ayuda de una bomba de agua y regresa gracias a la gravedad.

Castañares (2020) ,recomienda que la lámina de solución sea delgada, con un caudal de 1 a 2 litros por minuto.

**Sistema de balsa o raíz flotante:** en este sistema según indica (Díaz, 2017), las plantas se cultivan en planchas de poliestireno expandido, flotando sobre el agua enriquecida de nutrientes.

**Sistema de camas de sustrato:** tipo de cultivo en el que las plantas se encuentran en sustrato sólido ajeno al suelo, puede ser natural o sintético. Alguno de los sustratos más usados en sistemas de cultivo sin suelo son: turba rubia, lana de roca, perlita B-12, fibra de coco y tezontle (Intagri, 2017), la tabla 1 expresa las propiedades de cada sustrato en porcentajes.

Dentro del sistema acuapónico descrito por Loor & Mendoza (2018) destaca la incorporación de sifones de campana, con la función de inundar las camas de cultivo y drenar al llenar su capacidad.

**Tabla 7.** Propiedades físicas de varios sustratos para cultivo.

Propiedad	Turba rubia	Lana de roca	Perlita B12	Fibra de coco	Tezontle 1	Tezontle 2
DA (%)	0,07	0,07	0,14	0,09	0,70	0,68
EPT(%vol)	96	97	86	94	72	71
CA(% vol)	41	36	29	30	35	32
AFD(%vol)	25	59	25	25	21	23
AR(% vol)	6,0	0,3	7,0	8,1	5,5	3,5

Nota: DA (densidad aparente); EPT (espacio poroso total); CA (capacidad de aireación); AFD (agua fácilmente disponible); AR (agua de reserva)

Fuente: Intagri (2017).

### Factores condicionantes para la producción de tilapia (*Oreochromis spp.*)

### Calidad del agua.

Las condiciones del agua es el factor de mayor atención para un buen funcionamiento en el sistema. De acuerdo con (Loor & Mendoza, 2018), medir frecuentemente parámetros importantes como oxígeno, temperatura, pH, amonio, nitrito y nitrato, permite al productor modificar o mantenerlos a niveles óptimos.

### Temperatura.

El rango óptimo para la producción de *Oreochromis spp.* es de 25-32°C, a pesar de que puede sobrevivir a fluctuaciones considerables, cuando la temperatura disminuye a 15°C, los peces dejan de comer, ralentizando su desarrollo, mientras que  $\leq 10-11^\circ\text{C}$  o superiores a 42°C causan letalidad (Intagri, 2019).

### Oxígeno disuelto.

(Quintanilla et al., 2019) afirma que valores  $\geq 5$  mg/l, son los óptimos para el desarrollo de cultivos de tilapia.

### pH

El rango propicio para cultivo acuapónico de tilapia fluctúa entre 6,5-9,0; y en valores cercanos a 5 causan mortalidad en un tiempo de 3 a 5 horas (Alicorp, 2015).

### Amonio

Los niveles de amonio deben fluctuar entre 0,01ppm-0,1ppm, y valores cercanos a 2ppm son críticos. La toxicidad del amonio aumenta a niveles de pH y temperatura elevados del agua (Alicorp, 2015).

Debido a la amplia resistencia del pez tilapia su rango de tolerancia a NAT es entre 0.6 a 2.0 mg.L-1, siendo este último un nivel crítico en condiciones de pH básico (Votteler, 2021).

### Nitritos

(Villegas & Gutiérrez, 2021) indica que se debe mantener concentraciones < 0,1 mg/l, niveles > 0,75 mg/l provocan estrés para los peces y > 5mg/l provocan toxicidad.

**Alimentación de peces**

Para un óptimo desarrollo de *Oreochromis* spp., es necesario proporcionarles alimento con porcentaje proteico variable, dependiendo de su peso como lo expresa la tabla 2 o la etapa de desarrollo en la que se encuentren.

(Votteler, 2021) recomienda 30-56% de proteína en alevines, 30-40% para peces en etapa juvenil y 28-30% en la etapa de engorde, previo a la cosecha.

**Tabla 8.** Requerimiento de proteína para tilapia según su peso.

Rango de peso (gramos)	Nivel óptimo de proteína (%)
Larva de 0,5	40-45%
0,5-10	40-35%
10-30	30-35%
30-250	30-35%
≥250	25-30%

Fuente: Alicorp (2015).

**Factor de condición de Fulton**

Una manera de determinar el “bienestar” del cultivo acuático, es mediante el Factor de condición de Fulton (K), basándose en que los peces de mayor peso a determinada longitud,

poseen mejor condición (Cifuentes et al., 2012).

Fórmula del factor de condición:

$$K = 100 (W/L^3)$$

Dónde: W= peso corporal (g), y L= longitud (cm) (Villalobos & González, 2016).

**DESARROLLO Y DISCUSIÓN**

Los equipos usados en un sistema acuapónico dependen de la escala de producción, autores recomiendan implementar otros dispositivos buscando optimizar el sistema mediante un desgacificador (Ramírez et al., 2017). Por otro lado, Pérez et al. (2015), hace uso de un sumidero o sump, como parte más baja del sistema, siendo el punto de regreso y recirculación del agua, con ayuda de una bomba. Además, con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria (Colorado & Bermúdez, 2019), adicionó un sistema inteligente de monitoreo IoT y dispositivos conectados, como sensores inalámbricos, que dan lectura a los factores condicionantes del sistema.

El sistema de cultivo hidropónico también depende de las necesidades del productor, cada tipo de cultivo se acopla a dichos requerimientos, presentando ventajas y desventajas (Tabla 3).

**Tabla 9.** Ventajas y desventajas de los distintos sistemas de cultivo hidropónico.

Sistema	Ventajas	Desventajas
NFT	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil instalación</li> <li>Expandible</li> <li>Poco mantenimiento</li> </ul>	La concentración de oxígeno y nutrientes se reduce al alejarse del

			tanque de peces.
Camas flotantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil de operar</li> <li>Apto para sistemas grandes</li> </ul>	Los costos iniciales son altos.	
Camas en grava	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sirven como filtros biológicos.</li> <li>Dan soporte a las raíces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las camas pueden taparse y generar ambientes anaerobios</li> <li>Generalmente se usa para sistemas pequeños (acuaponía casera)</li> </ul>	

Fuente: tabla adaptada de Ramírez et al., (2017).

## CONCLUSIONES

La producción de tilapia (*Oreochromis spp.*) mediante S.A., resulta sostenible y sustentable. Tomando en cuenta los distintos factores condicionantes a niveles óptimos, como una temperatura entre 25-32°C, pH de 6,5-9,0; OD mayor a 5 mg/L y las concentraciones de NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub> fuera de niveles tóxicos.

## AGRADECIMIENTO

El aporte del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente y el Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, ha sido imprescindible para llevar a cabo la investigación previa a la publicación del artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alicorp. (2015). Manual de Crianza Tilapia. Nicovita.
- Campos, R., López, A., Avalos, D. A., Asiain, A., & Reta, J. L. (2013). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 939–950.
- Candarle, P. (2016). Técnicas de Acuaponía. Cenadac, 1–47.  
[https://www.academia.edu/download/59872871/160831\\_Tecnicas\\_de\\_Acuaponia20190626-82641-1bngeh9.pdf](https://www.academia.edu/download/59872871/160831_Tecnicas_de_Acuaponia20190626-82641-1bngeh9.pdf)
- Castañares, L. (2020). Abc De La Hidroponía. In Inta.  
[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8023/INTA\\_DireccionNacional\\_EEAAMBA\\_Castañares\\_JL\\_ABC\\_de\\_la\\_hidroponia.pdf?sequence=1](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8023/INTA_DireccionNacional_EEAAMBA_Castañares_JL_ABC_de_la_hidroponia.pdf?sequence=1)
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana*, 76(SUPP.1), 101–110. <https://doi.org/10.4067/s0717-65382012000100009>
- Colorado, M., & Bermúdez, F. (2019). Monitoreo acuapónico y tecnología IOT en el CBA. *Revista*

- Siembra CBA, 1, 83–88.  
<http://revistas.sena.edu.co/index.php/Revsiembracba/article/view/2591>
- Colorado, M., & Ospina, M. (2019). Acuaponía, Herramienta de formación en tiempos de paz. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). <https://hdl.handle.net/11404/5555>
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2018). Iniciativa Océano Sostenible. Decenio de Las Naciones Unidas Sobre La Biodiversidad, 341–347. [www.cbd.int/soi](http://www.cbd.int/soi)
- Díaz, L. A. (2017). Producción de Cultivo Hidropónico Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) para la Promoción de la Autogestión en la Escuela Básica Bolivariana “Los Naranjos.” *Revista Scientific*, 2(4), 204–222. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2017.2.4.12.204-222>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 3, Issues 1–2). <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Gómez, F. C., Ortega, N. E., Trejo, L. I., Sánchez, R., Salazar, E., & Salazar, J. (2018). La Acuaponía: Alternativa Sustentable Y Potencial Para Producción De Alimentos En México. *Agro Productividad*, 8(3), 60–65. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/662>
- Hernández, B. N., Tornero Campante, M. A., Sandoval Castro, E., Rodríguez Mendoza, M. de las N., Taboada Gaytán, O. R., & Peña Olvera, B. V. (2021). Crecimiento, rendimiento y calidad de chile poblano cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1043–1056. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2755>
- Intagri. (2017). La Hidroponía : Cultivos sin Suelo. *Artículos Técnicos de INTAGRI*, 5. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>
- INTAGRI. (2019). Requerimientos del Cultivo de Tilapia. *Artículos Técnicos de INTAGRI*, 37, 3. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia>
- Jiménez, A. (2015). Acuaponía: Herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias. *Ciencia y Desarrollo*, 16(2), 83–90. <https://doi.org/10.21503/cyd.v16i2.1113>
- Jiménez, O. (2020). Acuaponía: una forma potencial y sustentable de cultivar de manera eficiente y sustentable alimentos. <https://www.eumed.net/actas/20/economia-social/26-acuaponia-una-forma-potencial-y-sustentable-de-cultivar.pdf>
- Loor, G., & Mendoza, R. (2018). Sistema acuapónico a escala piloto con chame (*Domitator latifrons*) lechuga y (*Lactuca sativa*) para producción de alimentos, comunidad Casas Viejas, cantón Bolívar. 100. <http://repositorio.esпам.edu.ec/xmlui/handle/42000/896>
- Loy, E. (2021). Productividad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en asociación con la tilapia bajo un sistema de acuaponía en el cantón Guayaquil, provincia Guayas [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56167>
- Martínez, R. (2014). La Acuaponía como alternativa de producción agropecuaria sostenible ¿Una posibilidad para tener en casa? *REDICINAYSA*, 2(5), 16–23. <https://doi.org/04-2012-121911503400-203>
- Moreno, E., & Zafra, A. (2015). Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. *Revista REBIOL*, 34(2), 60–72.

- Pentair. (2013). Partners for a sustainable future. 2. pentairaes.com
- Pérez, M., Téllez, R., Avelino, R., & Tenorio, F. (2015). Sistema Acuapónico. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(4), 538–546. [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)
- Pinheiro, I., Arantes, R., do Espírito Santo, C. M., do Nascimento Vieira, F., Lapa, K. R., Gonzaga, L. V., Fett, R., Barcelos-Oliveira, J. L., & Seiffert, W. Q. (2017). Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. *Ecological Engineering*, 100, 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.024>
- Quintanilla, A., Valle, C. Del, Alfaro, V., Urrutia, R., Vanegas, M., & Reyes, P. (2019). Evaluación de un modelo de Acuaponía en la producción de biomasa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en El Salvador. [Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19029>
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Giraldo, H. H. (2017). La Acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1–2), 32–51. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2230>
- Seas At Risk. (2012). Reduciendo la huella. <https://seas-at-risk.org/>
- Torres, A. (2017). Dinámica de nutrientes en sistemas cerrados de recirculación en el cultivo de *Piaractus brachyomus*, *Oreochromis sp* y *Cyprinus carpio*, para su aplicación en la acuaponía [Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/16356>
- Valdez, J., Guerra, D., & Rodríguez, M. (2017). Experiencias en la investigación de acuaponía con variedades de frijol y tilapias. Serviprensa S.A. [https://www.researchgate.net/publication/323867221\\_Experiencias\\_en\\_la\\_investigacion\\_de\\_acuaponia\\_con\\_variedades\\_de\\_frijol\\_y\\_tilapias](https://www.researchgate.net/publication/323867221_Experiencias_en_la_investigacion_de_acuaponia_con_variedades_de_frijol_y_tilapias)
- Villalobos, S., & González, E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sistema de acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 983–992. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000500983&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000500983&lng=es&tlng=es)
- Villegas, L., & Gutiérrez, L. (2021). Evaluación de la eficiencia de un sistema de acuaponía por biofiltración en el sistema RAS [Unilasallista Corporación Universitaria]. <http://hdl.handle.net/10567/3185>
- Votteler, G. (2021). Evaluación de un sistema acuapónico de pequeña escala, para la producción limpia de tilapia roja (*Oreochromis sp*), cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) y rúgula (*Eruca vesicaria sativa*) [Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/37793>

## Producción de espirulina (*Arthrospira platensis*): una revisión

### Production of spirulina (*Arthrospira platensis*): a review

Francis Ariel Muñoz Puetate<sup>1</sup>, Julio Amilcar Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico “17 de Julio” (IST17J), Urcuquí, Ecuador.

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: francis.munoz794@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Diciembre 2021

---

#### RESUMEN

La biotecnología de microalgas cada vez gana más fuerza en el mercado, siendo esencial la producción de biomasa del género *Arthrospira platensis*. Es una cianobacteria con potencial en la industria alimentaria, farmacéutica y biotecnológica. Sin embargo, no es aprovechada al máximo en Ecuador, por ello, el objetivo de esta investigación es realizar una revisión exploratoria de los avances tecnológicos mediante una amplia revisión sistemática de literatura científica.

**PALABRAS CLAVE:** algas verdes azuladas, biotecnología de algas, cianobacterias, espirulina

#### ABSTRACT

Microalgae biotechnology is gaining more and more strength in the market, being essential the production of biomass from the genus *Arthrospira platensis*. It is a cyanobacterium with potential in the food, pharmaceutical and biotechnology industries. However, it is not fully exploited in Ecuador; therefore, the objective of this research is to carry out an exploratory review of technological advances through a broad systematic review of scientific literature.

**KEYWORDS:** algal biotechnology, blue green algae, cyanobacteria, spirulina

---

#### INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias son microalgas unicelulares, capaces de convertir la energía lumínica en energía química a través de la fotosíntesis, suelen habitar en aguas marinas como en aguas dulces (Ruiz, 2020). Dentro de

este compacto grupo se encuentra el género espirulina, siendo aquel un nombre usado para destacar a dos de sus especies más conocidas como lo son: *A. platensis* y *A. máxima*. (Lafarga et al., 2020).

La espirulina (*A. platensis*), está presente en el planeta desde hace unos 3500 millones de años (Ramos, 2020), se sabe que sus orígenes estuvieron en las lagunas de África y América Latina, y desde entonces ha sido recolectada durante muchos años por las civilizaciones Kanembous (África) y Azteca (México) (Costa et al., 2019).

Las microalgas han sido utilizadas desde hace mucho tiempo, incluso desde la aparición del ser humano, el cual sigue en la búsqueda de nuevos alimentos que aporten los contenidos nutricionales necesarios para la supervivencia (Caiza, 2021).

Ecuador es considerado un país megadiverso, el cual posee en su territorio una gran variedad de microalgas, sin embargo, su investigación no es prioritaria. Los estudios que se realizan en el país sobre aprovechamiento sustentable de microalgas y sus beneficios son muy escasos (Caiza, 2021), dando origen a una limitada producción, de tal forma que no ha permitido generar una máxima eficiencia en la fabricación de productos, tanto en el campo farmacéutico, alimenticio, e industrial (Ramos, 2020).

Debido a lo antes indicado se evidencia la necesidad de contribuir en la investigación científica del Ecuador, por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión exploratoria de la producción de

## **METODOLOGÍA**

### **Hábitat y ecología**

La espirulina observada bajo la luz del microscopio presenta filamentos verdes azulados de células cilíndricas situadas en varias filas helicoidales, sin ramificación. Los filamentos se mueven sobre el axil. Las filas de las células cuentan con un diámetro de 1 a 3  $\mu\text{m}$  en las especies de menor dimensión y de 3 a 12  $\mu\text{m}$  en las de mayor dimensión (Caiza, 2021).

### **Aislamiento**

Según Camacho (2016), sugiere 3 técnicas para aislar cianobacterias:

**Aislamiento por separación de colonias:** radica en inocular 100  $\mu\text{L}$  de muestra y colocarlo en el centro de una placa petri que contenga previamente medio gelificado, seguidamente extender con un asa triangular, al mismo tiempo girar la placa y finalmente tapar e incubar.

**Aislamiento célula por célula:** reside en sembrar el microorganismo de interés en un medio sólido, por técnica de siembra agotamiento de estrías, se procede a inocular con un asa el medio de cultivo en caja petri, se realiza el estriado y a medida que se ejecutan las estrías el contenido microbiano va a pasar del asa al medio de cultivo de manera gradual, esto hará que las estrías iniciales proporcionan un crecimiento progresivo, en las estrías terminales tienden a crecer colonias más aisladas, finalmente con un asa de punta se toma un filamento se lo suspende en medio líquido para incubarlo, de esta manera se tiene un cultivo axénico.

**Aislamiento por diluciones:** Su objetivo es disminuir la concentración de la muestra para permitir que las colonias crezcan más

separadas unas de otras facilitando su aislamiento, a través de las diluciones seriadas.

Según, Villalba (2018) menciona que en la laguna Yaragui (Paraguay), se aisló espirulina (*A. platensis*), por lo que se realizó un muestreo, se utilizó una red de fitoplancton de 25 µm, la materia recolectada fue colocada en recipientes estériles previamente rotulados, la muestra fue conservada a 4° C, posteriormente se trasladó al laboratorio. Se tomó registro de las coordenadas geográficas de cada punto de muestreo, con un GPS (Garmin Etrex20). Cabe mencionar que se realizó *in situ* la toma de parámetros (pH y temperatura).

### Medios de cultivo

Para el crecimiento *in vitro* un componente fundamental es el medio de cultivo, el cual se encarga de suministrar todas las sales necesarias para el delicado desarrollo de las microalgas. Por este motivo, es esencial que los medios contengan una fuente de carbono, nitrógeno y otros nutrientes esenciales como magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K) o calcio (Ca). La fuente de nitrógeno comúnmente es una sal de nitrato, amonio o urea y la fuente de carbono es, sal inorgánica (bicarbonato sódico) o gas (CO<sub>2</sub>) (Pérez, 2019).

El primer medio de cultivo sintético, fue creado en 1966 por Zarrouk, siendo este el primer medio para cultivo de espirulina, en la actualidad este sigue siendo usado como un medio de cultivo estándar.

**Tabla 1.** Elementos del Medio de cultivo Zarrouk.

Sustancia	Concentración (g/L)
-----------	---------------------

NaHCO <sub>3</sub>	13,61
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,03
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5
NaNO <sub>3</sub>	2,5
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0
NaCl	0,2
MgSO <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	0,04
CaCl <sub>2</sub> ,2H <sub>2</sub> O	0,01
FeSO <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	0,05
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86
MnCl <sub>2</sub> ,4H <sub>2</sub> O	1,81
ZnSO <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	0,22
NaMoO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	0,39
CuSO <sub>4</sub> ,5H <sub>2</sub> O	0,079
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ,6H <sub>2</sub> O	0,049
VOSO <sub>4</sub> ,5H <sub>2</sub> O	49,6
K <sub>2</sub> Cr(SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	96
NiSO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	47,8
Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	17,9
TiOSO <sub>4</sub>	33,3
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ,6H <sub>2</sub> O	44

**Fuente:** Zarrouk, 1966 citado por Huaman, 2021.

Uno de los medios más usados es el Medio Zarrouk Modificado (MZM) usado principalmente en la propagación celular y la adaptación de la cepa, fue reemplazado el

cloruro de sodio (NaCl) por SMC, usando las mismas concentraciones (Rojas et al., 2017).

**Tabla 2.** Elementos del Medio de cultivo MZM.

Reactivo	Concentración (g/L)
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5
NaNO <sub>3</sub>	2,5
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0
MgSO <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	0,2
CaCl <sub>2</sub> , 7H <sub>2</sub> O	0,04
FeSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	0,01
EDTA	0,11
Inyecciones de CO <sub>2</sub> usado como fuente de carbono	7 %

**Fuente:** Rojas et al., 2017.

En la tabla 3 se muestra el medio de cultivo Schlosser, usado para el cultivo de espirulina.

**Tabla 3.** Elementos del Medio de cultivo Schlosser.

Reactivo	Concentración (g/L)
NaHCO <sub>3</sub>	13,61
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5
NaNO <sub>3</sub>	2,5
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0
NaCl	1
MgSO <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	0,2

CaCl<sub>2</sub>,2H<sub>2</sub>O 0,04

FeSO<sub>4</sub>,7H<sub>2</sub>O 4,03

Medios PIV + CHU 6 + 1 (mL)

Vitamina B12 1 mL

**Fuente:** Schlösser, 1982 citado por Huaman, 2021.

### Variables

El cultivo de espirulina en laboratorio, se lo realiza comúnmente en botellas es decir a una escala experimental en donde se controla todos los parámetros necesarios para el desarrollo de las microalgas, de una manera artificial se facilita factores ambientales que influyen en la espirulina como lo son: temperatura, luminosidad, pH y agitación, cabe recalcar que es indispensable el conocimiento y amable manejo de los recursos disponibles, de esta manera se puede beneficiar en una ágil y eficaz producción de biomasa u algún metabolito de interés (Costa et al., 2019).

**Temperatura:** afecta directamente al crecimiento y desarrollo de *A. platensis*, ligado directamente a su capacidad de fotosíntesis y respiración de la misma. La temperatura óptima para la fotosíntesis en esta cianobacteria se sitúa en torno a los 30°-35°C. Recordando que este es un filamento que posee un amplio rango de desarrollo, la mayoría de los cultivos microalgales suelen tolerar temperaturas entre los 16 y 27 °C, a temperaturas que sobrepasen los 35 °C resultan letales para la mayoría de las especies microalgales (Guasto & Waliszewski, 2018).

pH: el potencial hidrógeno de la espirulina prospera en condiciones sumamente alcalinas con valor que oscila entre 8 y 10 (Gómez Rengifo, 2020), se conoce que el efecto del pH en un rango fuera de la escala antes mencionada, va a verse reflejado ya sea en la falta de crecimiento, la escasa producción de pigmentos, el exiguo contenido de proteínas, o un limitado nivel en su capacidad antioxidante (Soni et al., 2017).

Luminosidad: los métodos de cultivo las microalgas deben estar suministrados de una fuente de luz ya sea natural, artificial inclusive ambas, siendo este un factor necesario para la transformación en biomasa, el crecimiento de las microalgas aumenta gradualmente con una eficaz exposición e intensidad de luz, en donde la espirulina va a crecer hasta alcanzar su tasa máxima de reproducción, cabe mencionar la relevancia en la arquitectura del biorreactor junto al sistema de agitación debido a que estos permitirán la irradiación que reciba cada una de las células (Rojas et al., 2017).

Con el constante movimiento se busca dar luz a las zonas oscuras como a las iluminadas con el objetivo de evitar la fotoinhibición. Si la luz se continua durante periodos 24 horas sin tiempos de oscuridad, los filamentos de la espirulina serán destruidos por fotólisis, varios autores recomiendan tener la producción por un período de 12 horas de luz y 12 de oscuridad (Otero et al., 2021).

Agitación: es necesario agitar el cultivo de espirulina, con el objetivo de favorecer la dispersión uniforme de la cianobacteria en el medio de cultivo, para tener activó su mecanismo fotosintético, siendo indispensable el control de agitación, ya que

una débil agitación provoca sedimentación de las microalgas, mientras que una agitación robusta causa turbulencias dañando la pared celular de las microalgas, el burbujeo no permite el correcto paso de luz (Armas & Ferrándiz, 2019; Pérez, 2019).

### **Curva de crecimiento**

La cinética de crecimiento se desarrolla bajo condiciones controladas por cada investigador siendo 5 fases en el desarrollo de la espirulina. (López, 2018).

La fase de adaptación consiste en la aclimatación de la espirulina, se caracteriza por su baja velocidad de crecimiento, en donde la cepa se va adaptando gradualmente al medio de cultivo y a las condiciones en las que se encuentra (Martínez, 2019).

La fase de crecimiento exponencial una vez aclimatada, el incremento de biomasa inicial por unidad de tiempo va a aumentar de forma proporcional, a lo que se llama un crecimiento exponencial (Ortíz et al., 2018).

Según Maximiliano (2018), la fase de crecimiento lineal y su respectiva densidad de biomasa va a dar como resultado una disminución en la exposición de las células a la luz, el incremento de densidad continua de forma lineal a medida que se agotan los nutrientes del medio, se evidencia una inhibición en el aumento de la biomasa.

En la fase estacionaria la velocidad de crecimiento disminuye, la oxidación metabólica se verá afectada por lo tanto disminuirá la densidad de biomasa, aquí se

observa el máximo valor de concentración de la biomasa (Galvis, 2021). La fase de muerte va a determinar los procesos de descomposición debido a la muerte de las células, es ocasionada por alteración de las condiciones necesarias para el crecimiento luz, nutrientes, pH, temperatura (Silos, 2021).

## Biorreactores

Según Huarachi et al. (2013), el control total de los parámetros del cultivo se lo debe realizar en sistemas cerrados, es decir, en fotobiorreactores, ya que son sistemas flexibles que pueden ser diseñados de acuerdo a las características biológicas y fisiológicas de una especie de microalga específica a usarse.

Son sistemas cerrados donde pueden obtener la mayor cantidad de biomasa producida debido al control de variables (Sandoval, 2017).

Guillermo, et al. (2013), mencionan los tipos de fotobiorreactores para la producción de espirulina como el fotobiorreactor tubular, siendo eficiente en el sistema de mezcla (alto), el sistema de luz (alto), su transferencia de gas (medio-alto), su escalado resulta de gran facilidad (razonable).

Fotobiorreactor tipo fermentador de tanque agitado es eficiente en el sistema de mezcla (alto), el sistema de luz (medio-bajo), su transferencia de gas (alto-bajo) es el más convencional, su escalado conlleva un nivel de dificultad elevado(difícil). Fotobiorreactor con sistema airlift siendo efectivo en el sistema de mezcla(medio-alto), el sistema de luz (medio), su transferencia de gas (alto), su escalado resulta de gran facilidad (razonable).

Fotobiorreactor tipo híbrido es infalible en el sistema de mezcla(medio-alto), el sistema de luz (alto), su transferencia de gas (medio-alto), su escalado resulta de gran facilidad(razonable).

## Fermentación sumergida

La fermentación sumergida consiste en el crecimiento del organismo de interés en un medio de cultivo líquido dentro de un biorreactor de manera monitorizada. Siendo una estrategia muy amplia, las ventajas que presenta este tipo de fermentación es que permite controlar las condiciones del medio de cultivo (pH, humedad, temperatura, etc.), y de manera segura va a conseguir el suministro de nutrientes a los microorganismos, de manera hacedera (Manzano, 2021), sus desventajas tiene un elevado coste económico y energético además, genera una cantidad significativa de aguas residuales o también llamado efluente (Ashok et al., 2017).

Sin embargo, lo esencial es la fácil esterilización y control de contaminantes, los nutrientes son uniformemente distribuidos a través de la fermentación, la cantidad de inóculo es relativamente baja, también resulta factible su escalamiento (Soccol et al., 2017).

## Conservación

La Espirulina fresca, en estado de biomasa prensada, su contenido nutritivo, es superior a toda otra forma de microalgas. Según Caiza (2021), puede conservarse dos días en el refrigerador a 7°C o diez días a 1°C, además posee la capacidad de ser congelada fácilmente y preservarse sin problema alguno.

En el proceso de conservación de las preparaciones de espirulina seca, el producto es completamente resistente a los hongos, no se ha evidenciado rastros de *Aspergillus flavus* ni aflatoxinas secretadas por este hongo que suele comúnmente aparecer en las preparaciones secas de tipo alimenticio. También se sabe que la espirulina industrial contiene menos de 100 esporas de hongos viables por gramo (Rodríguez & Serrano, 2006).

## DESARROLLO Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la investigación realizada se ha obtenido información mediante la lectura de artículos científicos, en donde los resultados de recientes investigadores Tabla 4, demuestra que para obtener el producto deseado es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros de operación: concentración del medio, temperatura, tipo de luz e intensidad, medio de cultivo a usar; si se tiene presente estas variables se obtendrá la mayor cantidad de biomasa de espirulina.

Tomando en cuenta la metodología planteada, se da a conocer una base adecuada para abordar la producción de espirulina, ya que describe el bioproceso óptimo para la elaboración de la misma a escala de laboratorio.

En la literatura existente se ha encontrado una fuerte relación entre los autores (Huaman, 2021; Sandoval, 2017; Rodríguez & Serrano, 2006), concuerdan en que el rango del pH óptimo para la producción de espirulina es dentro de 8 a 10, ya que en un intervalo mayor a 10,2 muestran que las condiciones muy alcalinas no son favorables para un buen desarrollo del cultivo.

**Tabla 4.** Resultados de biomasa de espirulina a distintas condiciones

Variables	Valores	Biomasa (g)
Concentración	10	
Temperatura	18,3°C,	1,5 g
Luz	Solar 12/12	
Medio	Inorgánico	
Concentración	9-10	
Temperatura	24 °C	4.7 g
Luz	3240 lux (LED)	
Medio	Zarrouk	
Concentración	9	
Temperatura	25 °C	1.032 g
Luz	Solar 12/12	
Medio	Zarrouk	

**Fuente:** Sandoval, 2017; Huaman, 2021; Rodríguez & Serrano, 2006.

## CONCLUSIONES

*A. platensis* es una especie de microalga con potencial de cultivo y comercialización en diversas industrias, es apreciada por sus propiedades nutritivas y medicinales, lo que evidencia su potencial en la industria alimentaria, farmacéutica, de cosméticos y biotecnológica. Entre las principales

posibilidades de aprovechamiento se encuentra como: biocombustible, suplemento alimentario, uso farmacéutico, biodiésel, cosmético, carotenos,  $\beta$ -caroteno, vitaminas, entre otros, con actividades biológicas: antioxidante, anticancerígena, antibacteriana, antiinflamatoria y hepatoprotectora.

Para realizar un cultivo de espirulina para su producción, aprovechando el potencial comercial que posee dicha especie, es necesario indagar para conocer el bioproceso de su óptima elaboración, lo que garantiza que la producción de biomasa sea eficiente.

Sería recomendable que futuras investigaciones abordasen la problemática de

escalado, llevando el proyecto al siguiente nivel: producción de espirulina a escala piloto.

Siendo el desafío de futuros investigadores culminar en una escala industrial, así, se evidenciará el interés aún más de las microalgas en el ámbito industrial.

#### AGRADECIMIENTO

El autor agradece a las instituciones ejecutoras y auspiciantes como lo son Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente y al Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio.

---

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armas Pérez Borroto, E., & Ferrándiz Pastor, J. (2019). Extracto enzimático y procedimiento de obtención. <https://patentimages.storage.googleapis.com/1a/18/9c/9a3a9f8fa8ade5/ES2813123A1.pdf>
- Ashok, A., Doriya, K., Ram, D., Rao, M., & Kumar, D. S. (2017). Diseño de biorreactores de estado sólido para aplicaciones industriales: descripción general de los biorreactores convencionales. Elsevier, 9, 11–18. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2016.10.014>
- Caiza Troya, R. A. (2021). Desarrollo y formulación de un suplemento nutricional a partir de algas de Espirulina (*Arthrospira platensis*). (Tesis para grado de Químico Farmacéutico) [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23568>
- Camacho Morales, A. S. (2016). 4E06 Producción de Spirulina: Aislamiento, optimización de cultivo y secado FASE: Aislamiento y preservación Arthrospira (Spirulina) nativa de Jalisco. <http://hdl.handle.net/11117/3547>
- Costa, J. A. V., Freitas, B. C. B., Rosa, G. M., Moraes, L., Morais, M. G., & Mitchell, B. G. (2019). Aspectos operativos y económicos de la biorrefinería basada en la espirulina. Bioresource Technology, 292, 121946. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.121946>
- Costa, J. A. V., Freitas, B. C. B., Rosa, G. M., Moraes, L., Morais, M. G., Mitchell, B. G., Wisha, U. J., & Kusumah, G. (2019). Tendencias en los usos de la microalga de espirulina: una mini revisión. Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan, 11(2), 29–38. <https://e-journal.unair.ac.id/JIPK/index>
- Galvis Sánchez, J. C. (2021). Crecimiento y bioacumulación de selenio en chlorella sorokiniana UTEX 1230 y Scenedesmus obliquus ATCC Introducción Materiales y Métodos. 1–16.

<http://hdl.handle.net/10784/30057>

Gaudia Alcántara, M. del M. (2018). Revisión del estado actual de la problemática y de los métodos de análisis para determinación de metales pesados en espirulina.

<https://hdl.handle.net/10953.1/8732>

Gómez Rengifo, K. A. (2020). Aplicación de spirulina en el desarrollo de alimentación humana y animal. <http://hdl.handle.net/10251/158039>

Guasto, A., & Waliszewski, W. (2018). *Arthrospira platensis* Monografía. In Methods.

<https://www.colegiobolivar.edu.co/garden/wp-content/uploads/2019/06/Alejandra-Guasto-Arthrospira-Platensis.pdf>

Guillermo, L., Mérida, R., Queiroz Zepka, L., & Jacob Lopes, E. (2013). Fotobiorreactor: herramienta para cultivo de cianobacterias fotobiorreactor: herramienta para el cultivo masivo de cianobacterias. *Ciencia y Tecnología*, 6, 9–19. <http://spirulina.greennutritionals>.

Huarachi, R., Yapo, U., Dueñas, A., Soto, J., & González, R. (2013). Producción de *spirulina platensis* (cyanophyta) en tubos cónicos de fotobiorreactores en condiciones de laboratorio. *The Biologist*, 11(2), 217–227. <https://doi.org/https://doi.org/10.24039/rtb2013112400>

Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J. M., González-López, C., & Acién-Fernández, F. G. (2020). Espirulina para las industrias alimentaria y alimentaria funcional. *Food Research International*, 137, 109356. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109356>

Laura Huaman, J. I. (2021). Modelamiento matemático para la optimización de los factores que influyen en la producción de biomasa de Spirulina (*arthrospira platensis*) como una alternativa de mitigación de la contaminación del aire por fijación de CO2 atmosférico. (Tesis para grado d [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12336/MDzutoma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López Cruz, C. (2018). Sistema automatizado de control de variables Físicoquímicas en un prototipo para favorecer la apropiación social del cultivo de spirulina spp. (Tesis para grado de Maestro) [Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente].

<https://hdl.handle.net/11117/6197>

Manzano Nicolás, J. D. (2021). Estudio del enzima Lacasa y sus aplicaciones en la industria alimentaria. <http://hdl.handle.net/10201/113084>

Martínez Romero, A. G. (2019). Evaluación de la remoción de nitrógeno y fósforo contenidos en agas residuales de origen porcícola por medio de Spirulina maxima y Chloerella spp. [Instituto tecnológico de Orizaba].

[http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/291/Ary\\_Gayll\\_Martínez\\_Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/291/Ary_Gayll_Martínez_Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ortíz Villota, M. T., Romero Morales, M. A., & Meza Rodríguez, L. D. (2018). La biorremediación con microalgas (*Spirulina máxima*, *Spirulina platensis* y *Chlorella vulgaris*) como alternativa para tratar la eutrofización de la laguna de Ubaque, Colombia. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación*, 9(1), 163–176. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8153>

Otero Hernández, C., Verdasco Martín, C., & Díaz Lozano, A. (2021). Método para la obtención de

un extracto con propiedades anti-hipertensivas, anti-hiperlipidémicas y antioxidantes.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/1a/18/9c/9a3a9f8fa8ade5/ES2813123A1.pdf>

Pérez, L. (2019). Optimización de las operaciones de separación de biomasa algal [Universidad de Vigo]. <http://hdl.handle.net/11093/1281>

Ramos Cruzate, L. A. (2020). Análisis de experiencias de mejora continua en la producción industrial de spirulina. Una revisión sistemática. In Ucv.

[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23982/Delgado Espinoza%2C Yaceli Maribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23982/Delgado%20Espinoza%2C%20Yaceli%20Maribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez Cuesta, A. R., & Triana Serrano, C. F. (2006). Evaluación del pH en el cultivo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) bajo condiciones de laboratorio. (Tesis para grado de Microbiólogo) [Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/8281>

Rojas, D., Vargas, G., & Saénz, A. (2017). Evaluación del crecimiento de *Spirulina platensis* UTEX 1926 cultivada en medios salinos, utilizando CO<sub>2</sub> como fuente de carbono.

<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12222>

Ruiz, A. M. (2020). Las microalgas y la salud en la actualidad, una revisión bibliográfica.

<http://hdl.handle.net/10609/128726>

Sandoval Simbaña, D. C. (2017). Evaluación del crecimiento de espirulina (*Arthrospira platensis*) mediante alternativas de fertilización orgánica e inorgánica y su masificación en condiciones de campo en la hda. El Prado. (Tesis para grado de Ingeniero) [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14508>

Schlösser, U. G. (1982). Sammlung von Algenkulturen. Berichte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 95(1), 181–276. <https://doi.org/10.1111/J.1438-8677.1982.TB02862.X>

Silos Vega, C. A. (2021). Efecto del medio de cultivo sobre el crecimiento y valor nutricional de *Arthrospira maxima* [Universidad Autónoma de San Luis Potosí].

[https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3900/ARGUMEDO MOIX.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3900/ARGUMEDO%20MOIX.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Soccol, C. R., Costa, E. S. F. da, Letti, L. A. J., Karp, S. G., Woiciechowski, A. L., & Vandenberghe, L. P. de S. (2017). Desarrollos e innovaciones recientes en la fermentación en estado sólido.

*Biotechnology Research and Innovation*, 1(1), 52–71.

<https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.002>

Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017). Espirulina – Del crecimiento al producto nutricional: una revisión. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 1–12.

<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.09.010>

Villalba, C. I. (2018). Bioprospección de *Arthrospira platensis* nativa del Chaco Paraguayo como propuesta alternativa para fines alimentarios.

Zarrouk, C. (1966). Contribución al estudio de una cianofícea. Influencia de diversos factores físicos y químicos en el crecimiento y la fotosíntesis de *Spirulina maxima*. [University of Paris].

[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1332043](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1332043)

# Producción de *Ganoderma lucidum* y su potencial medicinal: una revisión

## Production of *Ganoderma lucidum* and its medicinal potential: a review

Cindy Rodríguez-Farinango<sup>1</sup>, Julio Pineda-Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Francis Ariel Muñoz Puetate<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: cindy.rodriguez404@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Enero de 2022

---

### ABSTRACT

### RESUMEN

*Ganoderma lucidum* es un hongo saprófito, presenta propiedades medicinales que generan un gran impacto en la industria farmacéutica, además tiene un comercio global muy elevado, razón por la que este estudio pretende recopilar información relacionada con los métodos de producción óptimos para su crecimiento y de su oferta medicinal como tratamiento a diferentes enfermedades que padece el ser humano. Al relacionar la información literaria de estudios realizados por diferentes autores se concluye que *Ganoderma lucidum* posee compuestos bioactivos, con aporte benéfico en el tratamiento de diferentes enfermedades.

PALABRAS CLAVE: basidiomiceto, bioactivos, biomasa, fungí.

*Ganoderma lucidum* is a saprophytic fungus, it presents medicinal properties that generate a great impact in the pharmaceutical industry, it also has a very high global trade, reason why this study aims to collect information related to the optimal production methods for its growth and its medicinal offer as a treatment for different diseases suffered by human beings. By relating the literary information of studies conducted by different authors, it is concluded that *Ganoderma lucidum* has bioactive compounds, with beneficial contribution in the treatment of different diseases.

KEY WORDS: basidiomycete, bioactives, biomass, fungi.

## INTRODUCCIÓN

Los hongos medicinales según Trinexo (2019), han sido usados durante miles de años, como alimento y forma de preparado medicinal para mejorar el bienestar físico y energético del organismo, además han sido considerados curativos ya que actúan como un potenciador en el sistema inmunitario.

Además según (Rojas et al., 2012) actualmente estos hongos se utilizan como materia prima para la producción de alimentos funcionales, de manera que es importante desarrollar e implementar procesos que garanticen una alta eficacia y estabilidad funcional de la biomasa, por lo que el cultivo biotecnológico bajo condiciones automatizadas permite optimizar la producción de biomasa y bioactivos.

Según (Feijóo-Vivas et al., 2021) existe un elevado número de productos con alto valor biotecnológico que surgen del metabolismo de los hongos como es la obtención de aditivos alimentarios, compuestos bioactivos e interés farmacológico, pigmentos, biocombustibles, enzimas, vitaminas, aminoácidos, entre otros.

Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación consiste en referenciar un modelo experimental para la optimización del cultivo del hongo reishi estableciendo el control de parámetros físicos y químicos que intervienen en su desarrollo, además se destacará información relevante de las propiedades benefactoras que este ofrece.

### ***Ganoderma lucidum***

De acuerdo con (Moreno et al., 2011), afirman que el hongo *Ganoderma* fue utilizado en Japón, China y otros países desde hace centenares de años como alimento y materia prima para el desarrollo de productos nutracéuticos que preservan la vitalidad y promueven la longevidad. Según (Cadavid, 2018), menciona que durante el reinado del emperador Han Wu Di, alrededor de 2100 años atrás, *Ganoderma lucidum* fue proclamada por la clase social gobernante como una hierba prometidora debido a su poder misterioso súper natural, y más tarde luego del gobierno del emperador Han Wu, el taoísmo creía que con la práctica y el consumo de *G. lucidum* se podía alcanzar la inmortalidad.

Por otra parte Cáceres (2017), menciona que el hongo *Ganoderma lucidum* es un basidiomiceto de la familia *Ganodermataceae*, este tiene un gran significado y valor en la medicina tradicional en china, donde además es conocido como reishi o lingzhi, esta cultura lo refiere como hongo de la inmortalidad, además es utilizado para mejorar el bienestar y la salud en general.

Se encuentra distribuido en zonas de clima templado de todo el mundo. De acuerdo con (Ávila López & Yáñez Moretta, 2020) este hongo es saprófito, su micelio vive en la madera muerta de árboles latifoliados, sus carpóforos se encuentran en la base de sus troncos, a lo largo de heridas o grietas en la corteza, también crecen en troncos muertos, además es un hongo coriáceo, que tiene forma de un sombrero comúnmente arriñonado, de colores variables, regularmente marrón rojizo; gracias a su demanda.

Además según (Yandu, 2017) los hongos de la familia *Ganodermataceae* son de importancia económica ya que incluyen varias especies con propiedades medicinales muy importantes; además, estos hongos juegan un papel crucial en el ciclo de nutrientes de los ecosistemas al ser uno de los más importantes degradadores de lignina de la naturaleza.

### Taxonomía

*Ganoderma lucidum* es la especie tipo del género *Ganoderma*. Pertenece al Reino Fungi, *Phylum Basidiomycota*, Clase Himenomicetes, Orden Afiloforales, Familia *Ganodermataceae* (Figlas & Curveto, 2010).

### Orígenes de *Ganoderma lucidum*

Nace de forma silvestre en los troncos en descomposición y en el resto de los árboles. Llama la atención la variedad cromática de un hongo que se presenta en la naturaleza en seis colores distintos, si bien es la **variedad de color rojo presentada a continuación en la figura 1**, la que se utiliza de un modo más común y se cultiva a nivel industrial en el Oriente de Asia y en Norte América (Sánchez, 2020).



**Figura 11.** *Reishi, Ganoderma lucidum*  
**Fuente:** Bidegain, 2017

### Morfología de *Ganoderma lucidum*

*G. lucidum* es un hongo grande y oscuro, posee un exterior brillante, una textura leñosa, y su cuerpo fructífero tiene un color rojo intenso, también tiene un sabor amargo, sus características varían según las condiciones y lugar de cultivo, además el cuerpo fructífero consta de un talo, de 2 a 30 cm de largo, unido lateralmente al basidiocarpo, su estructura con forma de riñón, plana, mide de 5 a 20 cm de diámetro, sus colores varían del rojo ladrillo al café oscuro según la cepa y las condiciones ambientales (Zavaleta, 2017).

Según (Naranjo, 2014) *G. lucidum* se caracteriza por presentar basidiomas o cuerpos fructíferos anuales a perennes, estipitado o sésil, la superficie del píleo presenta una cutícula gruesa, opaca pruinosa o brillante lacada, cuyas células vistas al microscopio presentan apariencia clavada. El contexto es de color pardo claro a oscuro, color madera, doble o con varias bandas o zonas, suave y esponjoso, o fibroso y duro.

Cuando los niveles de dióxido de carbono son altos y los niveles de luz bajos, surgen hongos con estípites largos, habitualmente ramificados y sin “sombrero”; esta rara forma se conoce como “cuernos de ciervo” y es altamente valuada en Asia, a continuación se muestra en la figura 2 (Bidegain, 2017).



**Figura 12.** *Ganoderma lucidum* en su forma cuernos de ciervo  
**Fuente:** Bidegain, 2017

Entre los hongos cultivados, *G. lucidum* es el único que se consume más por sus propiedades medicinales que por su valor nutritivo. Se ingiere de diferentes formas, siendo la más frecuente la infusión del carpóforo. *G. lucidum* es y ha sido ampliamente utilizado por el hombre para mejorar su salud, aumentar la longevidad y para combatir diversas enfermedades (Ríos, 2008).

(Rivera, 2007) menciona que la producción de Reishi en nuestro país es nula debido al desconocimiento de sus propiedades medicinales y por falta de conocimiento de una tecnología adecuada para facilitar el consumo de este hongo. Según las investigaciones se le atribuye a las esporomas y el micelio las propiedades medicinales de los hongos, así como también al medio de cultivo empleado para el crecimiento micelial (Briones & Zambrano, 2018).

### **Composición química de *Ganoderma lucidum***

(Hernandez, 2018) menciona que a lo largo de las dos últimas décadas se ha conseguido identificar un elevado número de compuestos caracterizados por presentar diferentes tipos de actividad biológica, entre ellas se destacan sustancias con actividad cardiovascular, citotóxica, inmunomodulador, analgésica, antidiabética, antioxidante, insecticida, nematicida, entre otras. Además, según (Santana, 2015) contiene potentes compuestos bioactivos tales como: ácidos, terpenos y polisacáridos beta-glucanos, los cuales se han utilizado en la medicina tradicional y moderna por muchos países para el tratamiento y prevención del cáncer, también se ha demostrado que los polisacáridos beta-glucanos tienen la capacidad de regular el sistema inmune.

### **Polisacáridos**

El reishi contiene polisacáridos  $\beta$ -glucanos que estimulan la inmunidad por mediación de las células, controlan mayormente el índice de azúcar en la sangre, se puede utilizar en el tratamiento del cáncer y otras degeneraciones inmunológicas, es efectivo en el tratamiento de la artritis, sus propiedades antivirales combaten el resfriado, la hepatitis y VIH, reduce los efectos secundarios de la quimioterapia y la radioterapia, es un antioxidante eficaz ya que protege a las células del envejecimiento, mejora las alergias, el flujo de sangre del corazón y también reduce la cantidad de oxígeno que este consume (Amaya & Ardila, 2016).

### **Oligosacáridos**

En este género, se han determinado oligosacáridos de interés, que aportan de 0-3 Kcal/g de sustituto de azúcar; no estimulan un incremento en la glucosa sanguínea o en la secreción de insulina, debido a que se disuelven en el intestino formando un gel viscoso que disminuye la absorción de la glucosa liberada; favorecen el establecimiento de una microbiota saludable en el intestino, disminuyendo el pH, y con ello estimulan la absorción de algunos metales divalentes como el calcio, magnesio y hierro. De esta manera se reduce el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares, obesidad y cáncer de colon (Ayala et al., 2016).

### **Triterpenos**

Según (Piñeiro, 2009) los triterpenos han demostrado ser sustancias activas responsables de la actividad anticancerígena de *Ganoderma*. Además, los triterpenos ácidos como los ácido lucidénico A, N y el ácido ganodérico E, han sido descubiertos por

suprimir *in vitro* la proliferación de hematoma humano en las células Hep G2 y Hep G2, 2, 15; así mismo los triterpenos neutros como los alcoholes ganodéricos, lucidumol A y B, ganodermanondiol, ganoderiol F y ganodermanontriol se han evidenciado por inhibir la proliferación de células tumorales; Meth-A (sarcoma) y LLC *in vitro*. Los triterpenos de *Ganoderma* pueden efectivamente inhibir a los microorganismos incluyendo bacterias, hongos y virus.

#### **Actividad antimicrobiana**

(Barajas, 2015) menciona que en los hongos *G. lucidum* la producción de sustancias durante su desarrollo depende de las condiciones de cultivo ya que es diferente cada etapa de crecimiento, los exudados del micelio de este tipo de hongo presentan actividad antimicrobiana y antiparasítica contra *Plasmodium falciparum*, así como también los polisacáridos de la pared celular de *G. lucidum* y sus triterpenoides son los principales constituyentes de antibacteriales.

#### **Actividad terapéutica**

*Ganoderma lucidum* posee numerosas propiedades terapéuticas, como ser anticancerígenas, antiinflamatorias, antioxidantes y anti-envejecimiento, inmunoreguladoras, hepatoprotectoras, hipoglicémicas, anti fúngicas, antibacteriales, antivirales (anti-HIV y anti-HSV), hipocolesterolémicas, antihipertensivas, antifibróticas, anti-insomnio e inhibidoras de la enzima 5 $\alpha$  – reductasa, estas propiedades se deben a la acción combinada de los más de 400 componentes bioactivos presentes (Bidegain et al., 2012).

#### **Ventajas de la producción de *Ganoderma***

Según (Roa et al., 2018) entre las ventajas de producir *G. lucidum* es que la materia prima no es costosa, los diseños de sus plantaciones no requieren de gran inversión, y además de producir el hongo también se puede producir su extracto, también es un producto que está disponible en el mercado en grandes cantidades, lo que significa mayor cobertura, producción y alcance.

#### **Tipos de suplementos derivados de reishi**

Según (Cerutti, 2020) algunas de las razones por las que el *Ganoderma lucidum* no se consume como alimento, es debido a su textura leñosa, y además por su intenso sabor amargo. Los suplementos de Reishi se comercializan en forma de polvo, los triterpenoides, los polisacáridos y los péptidos del hongo (seta y micelio), debe mezclarse con algún líquido antes de su consumo; también se lo encuentra en forma de cápsulas pueden ser de gelatina animal o de hidroxipropilmetilcelulosa (celulosa vegetal), pueden aportar entre 300 mg y 500 mg de extracto de *Ganoderma lucidum* por cápsula y su sabor es neutro.

#### **Toxicidad y contraindicaciones**

El *Ganoderma lucidum* se debe consumir únicamente en forma de extracto. Si se lo consume como hongo seco y en polvo por más de un mes puede ocasionar daños hepáticos severos debido a que sus toxinas no fueron extraídas. No es recomendando el consumo de reishi ni en el embarazo ni en la lactancia. Tampoco deben consumir este hongo personas que deben operarse o se hallan sometidos a cirugía recientemente, así como personas con presión arterial baja. También está contraindicado en pacientes con trastornos de coagulación (Manisse, 2020).

## **Ganoderma en cosmetología**

Según (Monica, 2017) uno de los principales beneficios del hongo reishi en cosmética es su elevado poder antioxidante, así como su importante acción regenerativa de tejidos. Este tipo de hongo retrasa el envejecimiento de la piel, estimula la producción de nueva células, elimina toxinas, tiene propiedades antiinflamatorias que ayudan a tratar la dermatitis, y repara los posibles daños generados por los agentes externos como los rayos solares.

## **METODOLOGÍA**

### **Estudios *in vitro***

(Rodriguez, 2014) realizó un estudio donde evaluó la actividad anti fúngica de extractos y fracciones obtenidos a partir del micelio liofilizado y del cuerpo fructífero de *G. lucidum*, obtenidos de un cultivos de Cumaral, así como del medio líquido en el cual obtuvo la biomasa, los cuales fueron evaluados frente a tres cepas de *Aspergillus* spp, *Aspergillus* No. 1 de origen humano, *Aspergillus* No. 2 de origen humano y *Aspergillus* No. 10 de origen animal; y dos cepas de dermatofitos, una cepa de *Microsporum canis* No. 5 de origen animal y otra cepa de *Microsporum gypseum* No. 7 de origen humano, los extractos los obtuvo a partir de fraccionamientos sólido-líquido y líquido-líquido con solventes de diferente polaridad como éter de petróleo, diclorometano, acetato de etilo y etanol. Tres de las cinco cepas evaluadas presentaron inhibición frente a los extractos de *G. lucidum*, finalmente encontró actividad antifúngica en dos cepas de origen humano, *Aspergillus* No. 1 y *Microsporum gypseum*, y en una cepa de origen animal, *Aspergillus* No. 10.

### **Estudios *in vivo***

En comparación, en pocos estudios se han explorado los efectos *in vivo* de *G. lucidum* en modelos animales; no obstante, en los estudios disponibles se ha observado actividad antitumoral de los triterpenoides en modelos murinos de carcinoma pulmonar de Lewis y efectos antitumorales de los polisacáridos en murinos portadores de células S180 y células de ascitis de Ehrlich (Instituto nacional del cáncer, 2020).

### **Cultivo**

En la naturaleza, *G. lucidum* se encuentra escasa, y debido a su amplio uso medicinal y las exigencias del mercado internacional, es necesario el continuo aumento de su cultivo. Por tanto, en la agricultura moderna, se ha vuelto esencial el cultivo de la biomasa del micelio de este hongo. Es bien conocido durante décadas que *Ganoderma lucidum* se cultiva en biorreactores sobre sustratos sólidos o sumergidos en sustratos líquidos. La calidad y el contenido de los compuestos activos de este hongo varían de cepa en cepa (Blanco Lorena, 2019).

### **Cultivos sólidos**

(Idaly et al., 2015) menciona que los métodos de cultivo sólido involucran convencionalmente cinco etapas: elaboración del inóculo, siembra, formación de primordios, desarrollo de carpóforos y la cosecha. *G. lucidum*, sostiene una temperatura óptima de crecimiento de 21-27°C para desarrollar su micelio, otro factor de mayor importancia es la humedad, ya que crecen y desarrollan sus fructificaciones en un ambiente de humedad relativa alta. Aunque los intervalos de humedad relativa varían de 60% a 95%, los mejores rendimientos se obtienen entre 90 % y 95%.

(Peksen & Yakupoglu 2009) informaron una humedad de 85 a 95% para la formación de primordios y de 80-90% durante el desarrollo de los carpóforos con lo que lograron una EB de 31-35%. (Erckel 2009) utilizó una humedad de 85 a 90 % para todo el proceso de colonización y desarrollo de carpóforos y logró, una EB de 13 a 20

### **Cultivo sumergido**

De acuerdo con (Gallego & García, 2009), mencionan que este tipo de cultivo ha tenido un mayor auge, siendo esencial para satisfacer la creciente demanda en los mercados internacionales.

Según (López et al., 2015) mencionan que los cultivos sumergidos son más fáciles de controlar y se obtiene producción en poco tiempo, sin embargo, en la mayoría de los casos debido al proceso de producción y a los sustratos utilizados el producto final es muy costoso y de difícil acceso para la población general.

### **Influencia de la luz azul sobre la productividad del cultivo sólido de *Ganoderma lucidum***

Según el estudio realizado por (Montoya et al., 2018), mencionan que al evaluar la eficiencia biológica (EB) y la tasa de producción (TP) como parámetros de productividad del cultivo sólido de *Ganoderma lucidum* bajo irradiación de los sustratos con luz emitida por diodos azules (LED) con dos periodos de foto-estímulo de 12 y 24 h durante todas las fases de cultivo para inducir el crecimiento micelial y la formación de los cuerpos fructíferos. En donde aplicaron parámetros convencionales para el crecimiento y desarrollo del hongo en las etapas de producción. Para la formulación de los sustratos, emplearon residuos agroindustriales y materiales lignocelulósicos. El diámetro de los cuerpos fructíferos

sometidos a tratamientos con luz azul mayor que los exhibidos a luz blanca fluorescente (Testigo). Los resultados muestran que el cultivo de *Ganoderma lucidum* con exposición a la luz azul es útil para la inducción de cuerpos fructíferos de alta calidad, logrando una disminución del periodo de fermentación en 16 días para el foto-estímulo de 24 h con EB de 28,04% y TP de 0,64. A lo que concluyeron que el uso de la luz azul en el cultivo sólido de *G. lucidum* proporciona un aumento en los rendimientos y una reducción de costos de los productos finales.

### **Cultivos líquidos**

Según Ramírez (2015), los cultivos líquidos puros pueden desarrollarse en caldo papa-dextrosa (PDA) u otras formulaciones. El micelio de *Ganoderma lucidum* se adapta muy bien al cultivo líquido, el cual es tradicional en China, además describe que la temperatura óptima de incubación realizada durante su experimentación data entre los 21 y 27°C, también menciona que el inicio de primordios tiene una duración de 50 a 60 días después de la inoculación y debe encontrarse dentro de un rango de temperatura de 25 a 30°C o menor a los 20°C, el desarrollo del stípe dura de 10 a 14 o el tiempo que se requiera mantenerlo para lograr una mejor diferenciación.

### **DESARROLLO Y DISCUSIÓN**

De acuerdo a la información recopilada se muestra que el hongo *Ganoderma lucidum* contiene compuestos bioactivos que son aprovechados ampliamente en la farmacología. También se refleja que gracias a su composición posee propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas,

antioxidantes, y hasta anticancerígenas, por lo que es utilizado como una medicina natural y es recomendada para prevenir enfermedades como el cáncer. De acuerdo a la recopilación de información realizada por (Chacon, 2021) concluye que los hongos medicinales como *G. lucidum* son fundamentales en la salud debido a sus propiedades y beneficios que presentan, además afirma que estos siguen estudiándose más y más debido a la composición que poseen y la utilidad que se le puede dar a estos para enfermedades venéreas como el cáncer. No obstante de acuerdo a los resultados de la investigación realizada por (Jin et al., 2016) sobre las propiedades anticancerígenas prometedoras de *Ganoderma* en relación al tratamiento para el cáncer revelan que no encuentran una evidencia suficiente para justificar su uso como tratamiento de primera línea, sin embargo en la información recopilada por (Ríos, 2008) se describe que el uso de *G. lucidum* puede potenciar las defensas del paciente, sobre todo en combinación con tratamientos quimioterápicos y/o radioterápicos, pero también postula la necesidad de realizar un estudio más amplio en cuanto al número de pacientes y duración del tratamiento, para poder establecer la significación real del ensayo, así como el beneficio y seguridad del tratamiento de *G. lucidum* en pacientes con cáncer. Por lo que actualmente sigue siendo un misterio la efectividad anticancerígena que posee *Ganoderma lucidum* como tratamiento para algunos tipos de cáncer. Por otra parte (Idaly et al., 2015) concluyen

que la madera vid es un sustrato viable para el cultivo sólido, además que la temperatura óptima para el desarrollo del micelio de *G. lucidum* es de 21 a 27°C, de acuerdo con (Ramírez, 2015) establece la misma temperatura como óptima en el cultivo líquido utilizando sustratos artificiales, mientras que (Gallego & García, 2009) afirma que el cultivo sumergido satisface la creciente demanda en los mercados internacionales, sin embargo (López et al., 2015) mencionan que mediante el cultivo sumergido se obtiene una producción más rápida pero que así mismo tiene costos finales muy altos, por lo que se ha visto factible realizar la producción de *Ganoderma lucidum* mediante el cultivo sólido o líquido que son los métodos más utilizados en la actualidad.

## CONCLUSIONES

Se concluyó que los compuestos bioactivos y las propiedades que contiene *Ganoderma lucidum* presentan un gran potencial en la industria farmacéutica, además se logra determinar que en el tipo de cultivo tanto sólido como líquido, la temperatura considerada óptima para el crecimiento de la seta *Ganoderma* en los dos casos es de 21 a 27°C. Así mismo se concluye que las propiedades anticancerígenas que posee este hongo pueden tener un mejor énfasis de estudio para lograr una determinación mejorada de los efectos que causa *G. lucidum* como tratamiento para el cáncer.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya, A., & Ardila, J. (2016). Evaluación del proceso de obtención de polisacaridos tipo glucano presentes en la ganoderma lucidum a nivel laboratorio para nutrisetas S.A.S (Issue June). Recuperado de <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/828/1/6112823-2016-2-IQ.pdf>

- Ávila López, A., & Yáñez Moretta, P. (2020). Evaluación de la eficiencia del crecimiento del micelio de *Ganoderma lucidum* (Ganodermataceae), un hongo con alto potencial de uso textil en Ecuador, en tres sustratos orgánicos. *Ciencia Digital*, 4(3), 210–228.  
Recuperado de <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i3.1324>
- Ayala, N., Portillo, A., Villarreal, L., Rico, R., & Soria, I. (2016). Los Hongos como fuente de recursos farmacológicos: *Ganoderma lucidum*; *Grifola frondosa*; y *Pleurotus ostreatus*. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(58), 12.
- Barajas, L. (2015). Universidad de Guadalajara Universidad de Guadalajara (Vol. 52, Issue 321).
- Bidegain. (2017). Optimización del cultivo de *Ganoderma lucidum* . 168.
- Bidegain, M., Cubito, M., Palma, S., Curvetto, N., Figlas, D., González, R., Volpe, M., & Devalis, R. (2012). Cultivo del hongo medicinal reishi (*Ganoderma lucidum*) y desarrollo de productos derivados. 3.
- Blanco Lorena. (2019). *Ganoderma lucidum*: características, hábitat y beneficios.  
Recuperado de <https://www.lifeder.com/ganoderma-lucidum/>
- Briones, G. M. C., & Zambrano, G. D. M. (2018). Universidad de guayaquil facultad de ciencias químicas carrera química y farmacia trabajo de titulación presentado como requisito previo para optar al grado de químico y farmacéutico.  
Recuperado de [www.fcq.ug.edu.ec](http://www.fcq.ug.edu.ec)
- Cáceres, C. (2017). Metodología empleada para la obtención de nanocápsulas de betaglucanos provenientes del hongo *ganoderma lucidum*. una revisión sistemática de la literatura. *Ekp*, 13(3), 1576–1580. Recuperado de [https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/33445/TESIS\\_Carolina\\_Cáceres\\_Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/33445/TESIS_Carolina_Cáceres_Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cadavid, Y. (2018). Historia del *Ganoderma Lucidum*. Recuperado de <https://veryhappy2.wixsite.com/cafeconamor/post/historia-del-ganoderma-lucidum>
- Cerutti, R. (2020). CBD: ¿Cuáles son los mejores productos del 2021?  
Recuperado de [https://www.guiadesuplementos.es/cbd/#El\\_aceite\\_CBD\\_de\\_canamo\\_5](https://www.guiadesuplementos.es/cbd/#El_aceite_CBD_de_canamo_5)
- Chacon, D. (2021). Ciencias de la vida , Universidad de las Fuerzas Armadas “ ESPE ”. Correo : April, 0–23.
- Feijóo-Vivas, K., Bermúdez-Puga, S. A., Rebolledo, H., Figueroa, J. M., Zamora, P., & Naranjo-Briceño, L. (2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura*, 6(1), 1637–1652. Recuperado de <https://doi.org/10.21931/rb/2021.06.01.29>
- Figlas, D., & Curvetto, N. (2010). Monografía sobre las propiedades medicinales del hongo reishi (*Ganoderma lucidum*). 1–70.  
Recuperado de [http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/2\\_ganoderma-s.pdf](http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/2_ganoderma-s.pdf)
- Gallego, S., & García, G. (2009). Obtención de biomasa y exopolisacáridos de *Humphreya coffeata* en cultivo sumergido. 96.
- Hernandez, R. (2018). Universidad Autónoma del estado de Morelos doctorado en ingeniería y

ciencias aplicadas opción terminal tecnología de materiales.

Recuperado de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1810/HESURU01T%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Idaly, R., Estrada, M., & Hermosillo, S. (2015). Coordinación de tecnología de alimentos de origen vegetal como requisito parcial para obtener el grado de maestría en ciencias.

Instituto nacional del cáncer. (2020). Hongos medicinales (PDQ®)-Versión para profesionales de salud. Recuperado de [https://www.cancer.gov/espanol/cancer/tratamiento/mca/pro/hongos-pdq#\\_129\\_toc](https://www.cancer.gov/espanol/cancer/tratamiento/mca/pro/hongos-pdq#_129_toc)

Jin, X., Ruiz Beguerie, J., Sze, D. M. Y., & Chan, G. C. F. (2016). *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) for cancer treatment. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2016, Issue 4). John Wiley and Sons Ltd.  
Recuperado de <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007731.pub3>

López, X., Arboleda, C., & Segura, F. (2015). Producción de polisacáridos a partir de *Ganoderma* sp., aislado en la región andina. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2), 44–54.  
Recuperado de <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.47060>

Manisse, R. (2020). *Ganoderma lucidum*: para qué sirve. 9 beneficios del reishi.  
Recuperado de <https://ecocosas.com/salud-natural/ganoderma-lucidum-hongo-reishi/>

Monica. (2017). Reishi, propiedades infinitas en salud y belleza.  
Recuperado de <https://www.fashionableasia.com/fashion-blog/reishi-propiedades>

Montoya, S., López, D. M., & Segura, B. (2018). Influencia de la luz azul sobre la productividad del cultivo sólido de *Ganoderma lucidum*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 51–58.  
Recuperado de <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73674>

Moreno, H., Martínez, A., & Fujimoto, Y. (2011). Aislamiento e identificación de dos esteroides y un triterpeno del cuerpo fructífero de *Ganoderma lucidum* cultivado en Colombia. *Vitae, Revista de La Facultad de Química Farmacéutica*, 18(1), 11–15.

Naranjo, J. (2014). Caracterización morfológica y molecular del género. 1–97.

Piñeiro, M. (2009). Estudio químico orgánico del hongo *Ganoderma lobatum*. Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46797/CruzPineroMichael.pdf;jsessionid=F69DF703556C1A5315D8AC4ADDABEFB0?sequence=2>

Ramírez, J. (2015). Cultivo del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum*) en sustratos artificiales.  
Recuperado de <https://fdocuments.ec/reader/full/cultivo-del-hongo-reishi-ganoderma-lucidum-sustratos-artificiales>

Ríos, J. (2008). *Ganoderma lucidum*, un hongo con propiedades inmunoestimulantes. *Rev. Fitoter*, 135–146.

Rivera, Á. (2007). Universidad técnica de Ambato facultad de ciencia e ingeniería en alimentos "La subutilización de residuos agrícolas y su incidencia en la producción de hongo medicinal reishi (*ganoderma lucidum*).

Roja, G., Camacho, H., Ardila, J., & Nieves, K. (2018). Viabilidad Para La Creación De Una Empresa Que Fabrique Y Comercialice El Extracto De *Ganoderma lucidum*. 1–106.

- Rodríguez, K. (2014). Evaluación de metabolitos de ganoderma lucidum con actividad antifúngica frente a aislamientos humanos y animales de aspergillus spp. y dermatófitos. In Igarss 2014 (Issue 1).
- Rojas, D., Palacio, A. M., Ospina, S. P., Zapata, P., & Atehortúa, L. (2012). Spray (26.189; 45.027; 60.423) and lyophilization (19.025; 24.736; 22.889 ) and antioxidant capacity (ORAC value): Forced convection (6224 (Vol. 5413).
- Sánchez, C. (2020). Reishi: Propiedades y Beneficios del hongo.  
Recuperado de <https://www.hsnstore.com/blog/nutricion/hongos/reishi/>
- Santana, J. (2015). Universidad de Guadalajara Recipientes. 1–21.
- Trinexo. (2019). Los hongos y sus beneficios para la salud - Neofungi.  
Recuperado de <https://neofungi.com/blog/2019/11/26/los-hongos-y-sus-beneficios-para-la-salud/>
- Yandu, M. (2017). Pontificia universidad católica del ecuador facultad de ciencias exactas y naturales escuela de ciencias biológicas.
- Zavaleta, S. (2017). Propiedades nutraceuticas y farmacológicas de Ganoderma lucidum (Hongo Reishi). Recuperado de

# Desarrollo de un bioproceso para la producción de malta a partir de maíz morado (*Zea mays*): una revisión

## Development of a bioprocess for the production of malt from purple corn (*Zea mays*): a review

Jazmín Betsabe Paredes Toapanta<sup>1</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Francis Ariel Muñoz Puetate<sup>1</sup>, Julio Amílcar Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ibarra

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: jazmin.paredes626@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Enero de 2022

---

### RESUMEN

La malta es un producto derivado de la cebada de trigo caracterizado por su alto contenido en proteínas, carbohidratos y vitaminas, además de ser una fuente de energía en el organismo, sin embargo, existe limitado conocimiento sobre el proceso de fermentación sólida en la producción de malta a partir de maíz morado (*Zea mays* L.). Lo cual no ha permitido generar la máxima eficacia en el proceso de "malteado". El presente artículo recopila información sobre los factores claves, que intervienen en el bioproceso de producción de la malta, buscando la manera de aportar con soluciones basadas en literatura científica.

PALABRAS CLAVE:

Humidificación, germinación, secado, malta, maíz.

### ABSTRACT

Malt is a product derived from wheat barley characterized by its high content of proteins, carbohydrates and vitamins, in addition to being a source of energy in the organism; however, there is limited knowledge about the solid fermentation process in the production of malt from purple corn (*Zea mays* L.). This has not allowed to generate maximum efficiency in the "malting" process. This article compiles information on the key factors involved in the bioprocess of malt production, seeking to provide solutions based on scientific literature.

KEYWORDS:

Humidification, germination, drying, malt, corn.

## INTRODUCCIÓN

La malta se obtiene a través de la transformación de un cereal y su proceso se denomina malteado. Puede realizarse con cebada, trigo, sorgo o maíz, por su alto contenido de nutrientes tiene la capacidad de fortalecer los huesos, además de contener vitaminas, B1, B2, B3, B6, B9 y minerales como hierro, potasio, fósforo, zinc y magnesio.

La fábrica de malta se designa como "maltería" aquí se controlan las condiciones de humedad y temperatura que el grano encontraría en el campo para poder germinar y alimentarse de sus propias reservas hasta transformarse en una planta capaz de nutrirse del medio que le rodea. Por otro lado, el maltero es capaz de controlar este proceso natural según se requiera y además interrumpirlo para aprovechar los productos generados por el propio grano (Malteurop Groupe Vivescia, 2020).

La malta al ser un cereal, tiene efectos positivos sobre la salud, dado que contiene antioxidantes e incluso sustancias antiinflamatorias. Además, estudios afirman que la malta ayuda a regular el colesterol (Yoim Ginseng Coffee, 2017).

En este caso para realizar la malta a base de maíz morado, se debe comprender, que es una variedad genética de maíz peruano; una mazorca (tusa y grano) constituido en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa). Contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano, siendo uno de los principales alimentos en la dieta peruana,

utilizado frecuentemente en la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada (Otiniano, 2012).

Las antocianinas son antioxidantes por naturaleza, están presentes tanto en los granos como en la mazorca y ayudan a nuestro organismo en el sistema circulatorio y a prevenir enfermedades cardiovasculares, ya que estimula la circulación de la sangre y protege a nuestros vasos sanguíneos de un posible deterioro oxidativo. Es decir, ayudan a prevenir el envejecimiento prematuro (Aguilera et al., 2011).

El maíz morado es un antioxidante natural que retarda el envejecimiento celular, principalmente por los mecanismos de acción de la cianidina-3- $\beta$ -glucósido, pelargonidina-3- $\beta$ -glucósido, peonidina-3- $\beta$ -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina (Salinas et al., 2013). Además, se ha reportado que contrarresta los efectos nocivos de los radicales libres, estrés oxidativo y la carcinogénesis (Rachelle et al., 2014).

Se ha demostrado, que por su alto contenido en antocianinas tiene un efecto potenciador sobre la actividad del superóxido dismutasa (SOD), en animales monogástricos. Por tanto, su consumo también podría afectar el estado del sistema de defensa antioxidante en los rumiantes (Kenji et al. 2012).

### Valor nutritivo

La composición química del maíz varía según la parte del grano que se analice como se indica en la Tabla 1. Tomando en cuenta el contenido de proteína y almidón se evidencia que la mayor cantidad de estos componentes

se encuentran en el endospermo del grano de maíz (Intriago & Burgos, 2014).

**Tabla 1.** Distribución de los componentes del maíz dentado entre las fracciones del grano (%)

Componete	Endospermo	Embrión	Pericarpio
Proteínas	73,1	23,9	3,0
Extracto de etéreo	15,0	83,2	1,8
Cenizas	18,2	78,5	3,3
Almidón	98,0	1,3	0,7
Azúcar	28,2	70,0	1,8

Fuente: Mayorga, 2010

### Composición

La composición del maíz morado varía según se tome el grano o la coronta, el promedio de composición nutricional del maíz se encuentra en la tabla 2, en donde se aprecia que el mayor contenido es el de carbohidratos, según del contenido proteico (Intriago & Valencia, 2014).

**Tabla 2.** Componentes del maíz morado (g) en el grano y en la coronta.

Componente	Grano (mg)	Coronta (mg)
------------	------------	--------------

Proteínas	6,70	3,74
Grasas	1,50	0,32
Carbohidratos	76,90	57,42
Calcio	12,00	24,00
Humedad	11,40	11,20
Cenizas	1,70	3,31

Fuente: Mayorga, 2010

Aunque hay varias investigaciones científicas sobre las propiedades biológicas de las antocianinas del maíz morado y su poder antioxidante in vitro, hay una falta de pruebas in vivo. El amplio conocimiento de la biodisponibilidad y el metabolismo de las antocianinas es, pues, esencial para que sus efectos sobre la salud sean entendidos (Sánchez et al., 2014).

Las propiedades que posee el maíz morado son poco conocidas por quienes lo consumen, sin embargo varios estudios experimentales demostraron que el consumo de este, proporciona antocianinas, las cuales disminuyen la presión sanguínea en las personas hipertensas y elevan su capacidad en la sangre.

### Materia prima

El maíz morado es un tipo de maíz (*Zea mays*), de la familia de las gramíneas. Es muy característico por poseer una mazorca de un color morado muy llamativo, otorgándole un gran valor a las propiedades antioxidantes.

El *Zea mays* variedad morada (maíz morado) es un cereal oriundo del Perú y México, cuyas culturas precolombinas lo consideraron sagrado. Florece, cultivado o en estado silvestre, en diversos lugares de América. El maíz morado se cultivaba en el Perú en épocas prehispánicas y era conocido como oro, sara o kulli sara (Ortiz, 2013).

Para la elaboración de malta se realizan tres fases principales: humidificación, germinación y secado o tostado.

### **Humidificación**

El proceso de malteado empieza cuando se ponen los granos en remojo durante 38 y 46 horas, hasta que han absorbido al menos el 50% de su peso inicial en agua. Acto seguido se escurren y se trasladan a la sala de germinación, donde residen durante casi cuatro días con una humedad y una temperatura constante. Los granos tienen que ser removidos periódicamente para que mantengan una temperatura de entre 15 y 24°C, la cual favorece la germinación (Cerveza Artesana, 2014)

### **Germinación**

Es el proceso a través del cual los granos desarrollan las enzimas necesarias para el posterior proceso de maceración.

Para ello, necesitan tener un grado de humedad próximo al 45% lo cual se consigue

sometiendo a las semillas a procesos de remojo con agua a 16 °C y posteriormente drenado, en los cuales se deja el grano al aire, minimizando los posibles cambios bruscos de temperatura (Gisbert, 2016).

Todo esto con la finalidad de alterar la composición del aire y agua, evitando así que los granos consuman todo el oxígeno, lo que detendrían su proceso de germinación.

### **Secado o tostado**

Una vez que la malteadora determina que el grano, ahora denominado malta verde, ha sido lo suficientemente modificado, se traslada al horno y se seca cuidadosamente con alrededor del 4% de humedad. El secado tiene una duración de entre 24 y 36 horas, a una temperatura de entre 50 y 70°C. Para algunos tipos de malta, el proceso termina aquí. Estas maltas se denominan maltas base. (Cerveza Artesana, 2014)

### **Parámetros estudiados**

Para el desarrollo de un bioproceso para la producción de malta se debe tomar en cuenta los parámetros más importantes, como son: la temperatura de 14°C a 16°C y una humedad de 40% a 50%.

### **Fermentación sólida**

Esta etapa del proceso es clave, pues es aquí donde la cerveza toma cuerpo, aroma, sabor, y genera el alcohol. Estos tanques reciben el mosquito, libre de partículas, y a

temperaturas bajo los 15°C. Es aquí donde se aplican las levaduras y los lúpulos. La levadura será el intermediario para transformar los almidones en moléculas de alcohol y el mismo proceso de fermentación genera CO<sub>2</sub> el cual será el gas particular que tienen las cervezas. Por otro lado, los lúpulos serán quien le dará la esencia, el olor y ciertas cualidades únicas de una buena cerveza (Suqui & Pintado, 2015).

## **DESARROLLO Y DISCUSIÓN**

Como se observa la producción de malta a partir de maíz morado, es proporcionar métodos como humidificación, germinado y secado, esto para producir una composición enriquecida con antocianinas, sin embargo, para la producción de malta autores como

(Bugnar & Franzoni, 2019) sugieren que la humedad debe reducirse lentamente a 12 y 14%, mientras que (Ruiz, 2006) menciona que debe reducirse de 2-5% para lograr mantener la estabilidad de la malta durante el periodo de almacenamiento. Sin embargo, varios autores dicen todo lo contrario que la humedad perfecta debe ser de 40% a 50%, sin sobre pasar estos límites y debe encontrarse en una temperatura de 14°C a 16°C, para lograr obtener una malta de buena calidad.

---

De esta manera se puede producir una malta que proporcioné un alto contenido de antioxidantes e incluso sustancias antiinflamatorias.

## **CONCLUSIONES**

La fermentación sólida no tiene buenos resultados para la extracción de antocianinas que es lo que se busca del maíz morado, es por eso que no se la utiliza con frecuencia, porque al momento de realizar esta fermentación se colocan levaduras y lúpulos, los cuales transforman los almidones en moléculas de alcohol y el mismo proceso genera CO<sub>2</sub>, dando origen a la cerveza.

## **AGRADECIMIENTO**

La realización del trabajo de investigación que ha servido de base para esta publicación ha contado con el apoyo del Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio y el Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA).

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alfredo, G., Sánchez, M., Daniel Pérez, R., Escuela, G., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2016). *Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (Zea mays), cebada (Hordeum vulgare), carbonatada con azúcar y miel de abeja.*
- Cerveza Artesana. (2014, septiembre 19). *La guía definitiva de la malta* .  
<https://cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>
- Formosa, M. (2016). Malta. *International Perspectives on Older Adult Education*, 261–272.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-24939-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24939-1_23)
- González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A., Tejero Jiménez, L., González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A., & Tejero Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (Zea mays L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(3), 669–680.
- Guillén Sánchez, J., Mori Arismendi, S., & Paucar Menacho, L. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (Zea mays L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211–217. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2014.04.05>
- Hugo Suqui Suqui, & Edwin Pintado Morales. (2015). *Implementación de un sistema de fermentación para la elaboración de cerveza artesanal con la utilización de tres variedades de cebada*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Industria alimenticia. (2019, Abril 25). *HANNA® instruments México*. Medición Del PH En La Fabricación de Cerveza. <https://hannainst.com.mx/boletines/medicion-del-ph-en-la-fabricacion-de-cerveza/>
- Kenji, H. 2012., Makoto, M., Hiroki, M., Satoshi, H., Hiroshi, I., & Kazuhisa, N. (2012). Efecto de la suplementación de pigmento púrpura de maíz rico en antocianinas (Zea mays L.) sobre la actividad antioxidante de la sangre y la resistencia a la oxidación en ovejas. *Ciencia Ganadera*, 266–270.
- Malteurop. (n.d.). *Intermalta* . Retrieved November 12, 2021, from  
<https://www.malteurop.com/es/intermalta>
- Matías Emmanuel Bugnar, & Alejandro Agustín Franzoni Gimenez. (n.d.). *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata*.
- Mauro Gisbert Verdú. (2016). *Diseño Del Proceso Industrial Para La Elaboración De Cerveza*. Universidad Politécnica de Valencia. Campus de Alcoy.
- Miguel Aguilera Ortíz, María del Carmen Reza Vargas, Rodolfo Gerardo Chew Madinaveitia, & Jorge Armando Meza Velázquez. (2011). Propiedades Funcionales De Las Antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*.
- Ortiz, K. (2013). *Elaboración de un sorbete a base de harina de maíz morado (Zea mays L) mezclado con bacterias lácteas naturales. : Vol. Capítulo VI*. Universidad Dr. José Matías Delgado.
- Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo*.

- Rachelle, M., Esperance, D., Rachad, S., Richard, G., & Nicolas, L. (2014). Multiple optimizations of chemical and textural properties of roasted expanded purple maize using response surface methodology. *Journal of Cereal Science* 60, 397–405.
- Saber la Academia de la Cerveza. (2017, January 31). *El proceso de malteado*.  
<https://sabeer.es/2017/01/31/el-proceso-de-malteado-en-3-pasos/>
- Salinas, Y., García, C., Coutiño, B., & Vidal, V. (2013). *Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz*. 285–294.
- Sotomayor, R. (2013). Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de Zea mays L. (maíz morado). *Ciencia y Desarrollo*, 16(1), 69–74. <https://doi.org/10.21503/CYD.V16I1.1120>
- Thalia Cerela Intriago Sanchez, & Yamilet Valencia Burgos. (2014). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*.
- Yuridia Ruiz Sánchez. (2006). *Elaboración y evaluación de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (Hordeum vulgare) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala*.

## Producción de plantas *in vitro* de cáñamo (*Cannabis Sativa*): una revisión

### ***In vitro* production of hemp (*Cannabis Sativa*) plants: a review**

Javier Moreno Baque<sup>1</sup>, Julio Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Diego Alejandro Barrigas Revelo<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: javier.moreno811@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Enero de 2022

---

#### RESUMEN

La producción de cáñamo (*Cannabis sativa*) tiene cada vez una amplia gama de admisión en mercado, las investigaciones actuales son mayores. En el presente trabajo se recoge información de literatura actualizada que pretende dar a conocer los avances, resultados y tendencias primordiales del cultivo de cáñamo *in vitro*.

**PALABRAS CLAVE:** cáñamo, *in vitro*, micropropagación, cultivo.

#### ABSTRACT

The production of hemp (*Cannabis sativa*) has an increasingly wide range of market admission, and current research is increasing. In the present work, information from updated literature is collected in order to present the advances, results and main trends of *in vitro* hemp cultivation.

**KEY WORDS:** hemp, *in vitro*, micropropagation, cultivation.

---

#### INTRODUCCIÓN

La planta de cannabis ha sido usada a lo largo de la historia con fines recreativos, medicinales y espirituales (Bonini et al., 2018), según (Andrade et al., 2019) el informe mundial de drogas aproximadamente 200 millones de personas consumieron cannabis en 2019, lo que representa el 4% de la

población mundial, el número de consumidores de cannabis aumento un 18% en la última década, en 2021 aumento el índice de consumo en algunas partes del mundo, la marihuana está en la lista 1 de drogas más consumidas a nivel federal (Arathy S. & Shariq K., 2021), las investigaciones actuales dan un nuevo punto de vista al uso de la planta de cannabis en la medicina, países

como Estados Unidos, Canadá, Chile, Uruguay, Argentina, México, entre otros, han dado

pasos importantes en la legalización del cannabis para uso medicinal (Bernal R & Ramos M, 2021).

El mercado de cannabis crece constantemente (Horinek, 2019), las nuevas tecnologías de cultivo *in vitro* permiten un mejor manejo y producción de las plántulas de cannabis, aunque su uso medicinal y recreativo es legal (Fassio et al., 2013), la American Academy of Pediatrics (AAP) manifiesta que el uso de esta planta puede ser perjudicial en los niños, jóvenes y adultos que consumen esta planta o sus derivados por ende recomiendan un consumo bajo supervisión médica en tratamientos de enfermedades con cannabis medicinal (Claire McCarthy, MD, 2019).

En Ecuador la nueva industria del cannabis medicinal o cáñamo está ganando cada vez más fuerza, con la reforma de la ley penal el 25 de febrero del 2021 se promulgó el uso del cannabis medicinal y sus derivados que contengan menos del 1% de tetrahidrocannabinol (THC) (Maldonado, 2021), el cannabis es conocido como el oro verde su economía está en constante crecimiento se estima que la industria del cannabis puede superar con facilidad a nivel económico al producto principal de exportación del Ecuador el banano (Felipe S, 2021).

La información bibliográfica publicada sobre el uso y la producción de cannabis *in vitro* es limitada o dispersa, en el presente trabajo se tiene como objetivo realizar una revisión exploratoria sobre las tecnologías de mayor importancia publicadas sobre la producción de cáñamo *in vitro*, de manera que se pueda

establecer las tendencias más relevantes en el desarrollo de tecnologías para su producción.

### **Variedades:**

No existe un número definido de cepas de cannabis (Queen R, 2020), se estima que hay más de 3.600 variedades únicas (Fassio et al., 2013), las variedades más comunes para el cultivo son, cannabis sativa sativa, Kali Mist, Green Carck Punch (Kim et al., 2019), la variedad más usada en el enfoque medicinal es el cannabis sativa sativa por su alto contenido de cannabidiol (CBD) y cannabinoides, contiene menos del 1% de THC (Larrea G & Borneo F, 2015), la versatilidad agrícola que tiene esta planta a comparación de otros cultivos es mayor se estima que se pueden producir más de 25.000 productos y subproductos del cáñamo (Ci & Reichwein, 2019) entre los que se encuentran, papel, cosméticos, medicamentos, pintura, ropa, alimentos, entre otros (Alvarado et al., 2020).

### **Taxonomía**

El cannabis sativa es una planta herbácea tropical, con hojas opuestas, palmadas compuestas, imparipinnadas, con folíolos en número variable, generalmente más de cinco en las plantas adultas, aunque su número y tamaño va disminuyendo a medida que la planta empieza a desarrollar sus flores (Esteban et al., 2021).

### **Componentes químicos**

El compuesto químico predominante en el cáñamo es el CBD, además, contiene más de 500 compuestos químicos diferentes, entre ellos al menos 113 son cannabinoides, como, el canabíneo (CBN). Un cannabinoide es un

compuesto orgánico perteneciente al grupo de los terpeno fenoles (Fassio et al., 2013)

### Propiedades ambientales

El cultivo de cáñamo también conlleva beneficios para el medio ambiente como la protección del suelo contra la erosión y deforestación. No necesita productos químicos para su crecimiento y cuidado, por ende se considera, un cultivo milenario con un gran potencial medio ambiental (Fernández C., 2019).

### Derivados

Se considera un derivado del cáñamo a cualquier productor o subproducto, hecho directa o indirectamente de la planta, actualmente los derivados más estandarizados son el aceite de CBD y la fibra (D. Pasqual M., 2018).

El cáñamo es probablemente uno de los productos más usados en el mundo de hecho, lleva empleándose en diferentes ámbitos desde hace cientos de años: desde la industria textil hasta la industria alimentaria, el cáñamo es una materia prima (P.Ruales, 2018).

### Cultivo in vitro

El proceso que conocemos como cultivo *in vitro* (en latín, dentro de vidrio) es cultivar nuevas plantas a partir de pequeños explantes de una planta madre (órganos, tejidos, células o protoplastos) en un medio nutritivo, bajo condiciones estériles y controladas (Kim et al., 2019).

A diferencia del método tradicional, en que para un esqueje se requiere una rama entera de una planta madre (Ci & Reichwein, 2019),

con un cultivo *in vitro* se pueden crear nuevas plantas de cannabis a partir de hojas, brotes o pequeños trozos de una planta, de modo que de una sola planta madre pueden obtenerse plantas nuevas conservando su genotipo y fenotipo (Narciso L., 2017), las cuales pueden mantenerse en un estado de crecimiento limitado durante mucho tiempo (Leo D, 2018).

El cultivo *in vitro* de cáñamo es reciente, la respuesta *in vitro* de las plantas es distinta en cada especie, e incluso entre variedades (Leo D, 2018), los estudios actuales referentes al cultivo *in vitro* de cáñamo y la estandarización de protocolos eficaces que ayuden al rendimiento, mejoramiento y calidad de la planta, son escasos, por ende, varias empresas de cáñamo a nivel mundial implementan e innovan en nuevas técnicas de cultivo, entre las cuales, destaca el cultivo *in vitro* por sus altos estándares de calidad (Shebaby et al., 2021).

En el cultivo *in vitro* influyen varios factores entre los que destacan, humedad 70%, luz 16h, temperatura 24°C, PH 5,5%, el método más usado para el cultivo *in vitro* de cáñamo es la micropropagación (Romani G, 2017).

### Medio de cultivo

Un medio de cultivo es un conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes que crean las condiciones apropiadas para el desarrollo de los microorganismos (Santryerbasi, 2017). La diversidad metabólica de los medios de cultivo es enorme, no existiendo un medio de cultivo universal adecuado para bacterias, en la actualidad el desarrollo de medios de cultivo en la material vegetal es variado, el medio de cultivo más usado es Murashige & Skoog (Kim et al., 2019)

Los medios de cultivo están formados entre 6 y 40 componentes, habitualmente están constituidos por, agar, lípidos, proteínas y soluciones buffer (Capó et al., 2004), una fórmula utilizada es la compuesta por, M,S, Cannabis 17.22g, Azúcar 15g, PPM 500 ul, Agua destilada 500 ml, Agar 5g (Santryerbasi, 2017).

### Suplementos del medio

El uso de sustancias con el propósito de mejorar el rendimiento de las plántulas es muy común (Wang et al., 2008), en el cultivo cáñamo *in vitro* los suplementos más usados son, auxinas, ácido s-abcísico, bencilaminopurina, PPM, estos suplementos ayudan al enraizado, adsorción de minerales y a la desinfección del medio de cultivo a usar (John W, 2019).

### METODOLOGÍA

En la actualidad hay diversos métodos para la germinación *in vitro* de plantas ya sean en medios sólidos o líquidos.

(Whitton, 2019), describe un método en el cual se expone a radiación fotosintéticamente activa o PAR (por sus siglas en inglés), tejidos de la hoja de Cannabis durante su cultivo. PAR es la luz que permite que el tejido se fotosintetice, los fotorreceptores para la fotosíntesis son más eficientes en el rango azul (400-500 nm) y roja (600-700 nm) del espectro de luz. El rojo lejano (700-800 nm) es más crítico para la floración de muchas plantas. Es importante resaltar que además se utiliza radiación UVA y UVB, esta última logra incrementar los niveles de tetrahidrocannabinol (THC), y la intensidad a la que se somete la muestra está en el rango

de 1200 a 2000 lúmenes, debido a que valores por encima de ello pueden causar daño en el tejido. Este se mantiene a una temperatura de 27 °C y el tiempo de cultivo esta entre 10 a 28 días.

(Cajas R et al., 2018), describe un método para la producción uniforme y en gran cantidad de Cannabis a través de los siguientes pasos: corte de porciones axilares de explantes de las plantas "elite" de cannabis, encapsular los explantes en alginato de sodio formando esferas y luego, transferirlas al suelo la encapsulación comprende la inoculación de dichos explantes en un medio MS, cultivar dicho inoculado y colocarlo en vermiculita dentro de un recipiente durante tres semanas. Con este método se consigue una tasa de supervivencia del 90%.

(Kim et al., 2019), describe técnicas de cultivo de plantas de alto crecimiento que crean condiciones de cultivo eficientes y optimizadas, que incluye administrar una alta concentración de radiación fotosintéticamente activa o PAR con un calor extremadamente bajo. Además, proporciona una cámara de crecimiento especializada y un sistema de control que promueve un mayor nivel de crecimiento.

### DISCUSIÓN

En la literatura consultada los métodos de cultivo de cáñamo actuales son muy variables, (Kim et al., 2019; Whitton, 2019) destacan en sus investigaciones que el factor humedad y temperatura tiene un papel fundamental en el desarrollo de las plántulas *in vitro*, el exceso de humedad procrea hongos en las plántulas de cáñamo por otra parte, la deficiencia de humedad produce problema de mala adsorción de minerales, la temperatura

excesiva provoca deshidratación y muerte del tejido vegetal de las plántulas.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de un bioproceso para la producción de plantas *in vitro* de cáñamo es esencial, las investigaciones, el descubrimiento de nuevas técnicas, métodos y la implementación de nuevos protocolos mejoran la eficiencia, calidad y productividad del cultivo *in vitro* del cáñamo, en Ecuador recién se está implementando la industria del cáñamo con ayuda de nuevos aportes tanto informativos como tecnológicos el desarrollo de esta industria crecerá exponencialmente.

El cultivo *in vitro* es un método seguro de producción de plántulas de cáñamo libre de

patógenos que puedan inferir en el crecimiento y evolución de la planta, los factores óptimos según (Cajas R et al., 2018; Kim et al., 2019; Whitton, 2019) son, humedad ambiente 70%, temperatura 24°C, luz 16h, PH 5,5 y una afable distribución de macro y micro nutrientes en el medio a usar, todos estos factores son de suma importancia ya que influyen de manera directa al desarrollo de la plántula así conservando sus características genotípicas y fenotípicas.

## AGRADECIMIENTO

La realización del presente trabajo de investigación ha contado con la ayuda del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente del Ecuador (CEBA) y el Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio (IST).

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, Y. J. P., Sanchez, Y. J., & Junco, O. J. G. (2020). CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DE CÁÑAMO MERCERIZADA. *Congreso Internacional de Innovación En Ingeniería Civil*.  
[https://rdigitales.uptc.edu.co/memorias/index.php/ing\\_civil/ing\\_civil/paper/view/3484](https://rdigitales.uptc.edu.co/memorias/index.php/ing_civil/ing_civil/paper/view/3484)
- Andrade, J. M., Ramírez, E., Cedeño, J. D., Ardila, N. A., & López, A. L. (2019). Avances científicos y tecnológicos del cannabis en el campo medicinal. *Históricamente El Cannabis Ha Sido Un Problema Social Por Los Altos Niveles de Consumo Que Reporta Alrededor Del Mundo, Por Lo Que La Alternativa de Uso En El Campo Medicinal Viene Tomando Fuerza En Todo El Mundo. Al Respecto, Se Realizó Un Proceso de Vig*, 1(November), 3–4.
- Arathy S. & Shariq K. (2021). *Demócratas de EEUU presentan un proyecto de ley para legalizar la marihuana | Euronews*. 14/07/2021. <https://es.euronews.com/2021/07/14/eeuu-cannabis-senado>
- Bernal R, N. I., & Ramos M, J. P. (2021). *Legalización del cannabis, una oportunidad social y económica a partir del proyecto de ley 189 de 2.020*. 1, 5–6.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/26442>
- Bonini, S. A., Premoli, M., Tambaro, S., Kumar, A., Maccarinelli, G., Memo, M., & Mastinu, A. (2018). Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history. *Journal of Ethnopharmacology*, 227, 300–315.  
<https://doi.org/10.1016/J.JEP.2018.09.004>
- Cajas R, I. P., Number, I. A., Date, I. F., States, D., Language, F., Language, P., Data, P., Us, E. E., Hen,

- M. G., & Begin, M. (2018). (51) *International Patent Classification: 00(51)*.
- Capó, Y. A., Capó, Y. A., Martín, M. C., González, N. P., Suárez, M. A., & Mora, M. L. (2004). Influencia de las concentraciones de sales MS y sacarosa del medio de cultivo para las plantas in vitro sobre el crecimiento de contaminantes bacterianos de la micropropagación de la caña de azúcar. *Biotecnología Vegetal*, 4(3). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/409>
- Ci, U. S., & Reichwein, D. P. (2019). *Metodología e instalación automatizada de cultivo de cannabis en interiores*. 1.
- Claire McCarthy, MD, F. (2019). *Legalizar la marihuana no es bueno para los niños: se explica la política de la AAP - HealthyChildren.org*. 11/21/2019. <https://www.healthychildren.org/Spanish/ages-stages/teen/substance-abuse/Paginas/legalizing-marijuana.aspx>
- D. Pasqual M., D. L. B. & D. J. M. (2018). "ESTUDIO DEL CULTIVO DE CANNABIS SATIVA EN EL RIF MARROQUI: SUS CONSECUENCIAS SOCIOECONOMICAS PARA LA REGION. 3/Octubre/2018, 148, 148–162.
- Esteban, J. I. A., de Cortes Sánchez-Mata, M., & Torija-Isasa, E. (2021). Evolución histórica de la clasificación taxonómica del cáñamo Historical evolution of taxonomic classification of hemp. *Boletín de La Real Sociedad Española de Historia Natural*, 115(4), 5–12. <https://doi.org/10.29077/bol.115.e04.alonso>
- Fassio, A., Rodríguez, M., & Ceretta, S. (2013). Cáñamo (Cannabis sativa L.). *Latin American Hemp Trading*, 1, 64–65. [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/canamo\\_inia\\_uruguay.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/canamo_inia_uruguay.pdf)
- Felipe S. (2021). *Industria emergente del cannabis y el cáñamo en Ecuador*. 28 Junio, 2021. <https://corralrosales.com/industria-emergente-del-cannabis-y-canamo-en-ecuador/>
- Fernández C. (2019). *Los beneficios del cáñamo - Bio Eco Actual*. 2/Abril/2019 Pag 1. <https://www.bioecoactual.com/2019/04/10/los-beneficios-del-canamo/>
- Horinek, Z. S. Bassind. D. (2019). *Physical means and methods for affecting cannabis plants*. 1.
- John W, I. (2019). *Recipiente para el cultivo de cannabis*. 1, 5–7.
- Kim, C., Joshi, S., & Cauwenberghs, G. (2019). *Sistema y método de alto crecimiento para el cultivo de cannabis autoflorecente*. 1, 1–10.
- Larrea G & Borneo F, S. N. & R. M. (2015). *Cannabis sativa L., una planta singular*. 27 de Marzo de 2015. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-01952014000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004)
- Leo D. (2018). *Sistemas y métodos de cultivo de cannabis*. 1.
- Maldonado, O. (2021). *El Cannabis En Ecuador — Paralelo*. August 26, 2021. <https://www.paralelo.info/cannabis/cannabis-en-ecuador>
- Narciso L. (2017). *Aspectos químicos y farmacológicos de los componentes de Cannabis sativa "marihuana" - Dialnet*. 2017 Págs. 163-163. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7114830>
- P.Ruales. (2018). Derivados del cannabis. Información, estudios y usos terapéuticos. 24 Marzo 2018 Pag 1, 1. <https://thecannabisweb.org/derivados-del-cannabis/>

- Queen R. (2020). *Top 10 de variedades de marihuana sativa en 2020 - RQS Blog*. 10/Agosto/2020  
Pag 2. <https://www.royalqueenseeds.es/blog-las-10-mejores-variedades-de-cannabis-sativa--n68>
- Romani G, M. (2017). Informe analítico Modelos de Regulación de Cannabis en las Américas. *Secretaría Ejecutiva de CICAD/OEA*, 0(0), 6–147.  
[http://www.cicad.oas.org/main/aboutcicad/reference/ROMANI\\_Modelos de Regulacion de Cannabis-SPA.PDF](http://www.cicad.oas.org/main/aboutcicad/reference/ROMANI_Modelos de Regulacion de Cannabis-SPA.PDF)
- Santryerbasi. (2017). *Cultivo in-vitro de cannabis*. 30/MAYO/2017 Pas 2.  
<https://www.santryerbasi.com/blog/cultivo-in-vitro-de-cannabis/>
- Shebaby, W., Saliba, J., Faour, W. H., Ismail, J., El Hage, M., Daher, C. F., Taleb, R. I., Nehmeh, B., Dagher, C., Chrabieh, E., & Mroueh, M. (2021). In vivo and in vitro anti-inflammatory activity evaluation of Lebanese Cannabis sativa L. ssp. indica (Lam.). *Journal of Ethnopharmacology*, 270, 113743. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2020.113743>
- Wang, X. S., Tang, C. H., Yang, X. Q., & Gao, W. R. (2008). Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (Cannabis sativa L.) proteins. *Food Chemistry*, 107(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.06.064>
- Whitton, P. A. (2019). *US10477791B2.pdf* (pp. 1–5).

# Producción de extracto de Cannabidiol a partir del cáñamo (*Cannabis sativa*): una revisión

## Production of Cannabidiol extract from hemp (*Cannabis sativa*): a review

Micaela Montalvo Yépez<sup>1</sup>, Julio Pineda Insuasti<sup>2</sup>, Luis Miguel Gálvez Chiriboga<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuqui, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano De Biotecnología Y Ambiente, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: paola.montalvo590@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 10 Octubre 2021

Aceptado: 11 Enero de 2022

---

### RESUMEN

El cáñamo es una planta útil que contiene numerosas sustancias con efectos farmacológicos y cuyo cultivo se remonta a varios milenios. En los últimos años, la relevancia del cáñamo en el campo de la medicina ha aumentado; por ello, cada vez es más importante desarrollar más procedimientos para extraer y aislar los principios activos de la planta de cannabis, pero existe un conocimiento limitado sobre la baja eficiencia del proceso de extracción sólido-líquido. En este trabajo exploratorio se recoge el análisis de una amplia y actualizada biografía para destacar los principales avances, resultados y tendencias en la producción de extracto de cáñamo.

Palabras clave: Extracción solido-líquido, Cáñamo, Extracto de CBD

### ABSTRACT

Hemp is a useful plant that contains many substances with pharmacological effects and whose cultivation dates back several millennia. In recent years, the relevance of hemp in the field of medicine has increased; therefore, it is increasingly important to develop more procedures to extract and isolate the active ingredients of the cannabis plant, but there is limited knowledge about the low efficiency of the solid-liquid extraction process. This exploratory work includes the analysis of a broad and updated biography to highlight the main advances, results and trends in the production of hemp extract.

Keywords: Solid-liquid extraction, Hemp, CBD Extract

---

### INTRODUCCIÓN

La planta pasó de ser recolectada a ser cultivada e incluso se discute si fue el primer ejemplo de domesticación. La especie se perfeccionó para su explotación gracias a su cultivo y la existencia de plantas femeninas y

masculinas en esta especie (Chema Ferrer 2005)

El cáñamo y la marihuana son dos variedades de la misma planta, *cannabis sativa*; solo aumenta la confusión que la marihuana también se llama cannabis. El cáñamo y el cannabis se distinguen más notablemente por

su estatus legal, basado en el hecho de que uno es psicoactivo (la cannabis) y el otro no (el cáñamo) (Heiss 2018)

El cáñamo (*cannabis sativa*) es una de las plantas más antiguas que produce efectos psicotrópicos, en los textos de la medicina Ayurvédica se describe por primera vez tres preparaciones de *C. sativa*, el bhang, preparado con hojas secas, el ganja, preparado con flores femeninas secas y el charas, que es la resina que se encuentra en las hojas (Zuardi 2006)

Existen variedades de cáñamo *Cannabis Sativa* que proceden de partes cálidas del mundo como el sudeste asiático y América Central y del Sur, proporciona un subidón más energético y creativo, aunque en algunas personas puede provocar ansiedad, esta planta tiende a contener más tetrahidrocannabinol (THC) que cannabidiol (CBD) (Haug et al. 2016)

*Cannabis Índica* se originó en el Medio Oriente, tiene un contenido de CBD más alto que el *Cannabis sativa* y es un analgésico eficaz con un efecto plano y relajante (Haug et al. 2016) y por último *Cannabis Ruderalis* es procedente de Europa central y oriental y Asia, su genética determina el tiempo en la etapa vegetativa antes de florecer automáticamente, tiene niveles bajos de THC, es utilizada para los mercados medicinales y sus tallos fibrosos hacen que las cepas ruderalis sean más adecuadas para su uso en prendas de vestir y textiles (Market 2009)

La fibra del cáñamo fue muy utilizada en la antigüedad para la fabricación de tejidos, sacos, cordajes, alfombras. Desde un punto de vista cultural, el cáñamo contribuyó a uno de los mayores descubrimientos de la humanidad. Se cree que el cannabis llegó a Sudamérica en los años 1500, en forma de cáñamo. Los españoles llevaron esta planta hasta Chile, utilizándola para fabricar cuerdas

y aparejos para sus barcos. El cáñamo excedente era transportado hacia Perú, llegando por último a Ecuador (Seeds 2015)

El cultivo de cáñamo ayuda y nutre el suelo, e incluso lo recupera. Además, retiene el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmosfera con su rápido crecimiento. Pero más allá de todo esto, también puede protegernos contra la contaminación del aire. La planta tiene una alta capacidad de absorber materiales pesados o radioactivos y procesarlos o encapsularlos. El cáñamo y sus semillas tienen múltiples beneficios, tanto para nosotros como también para nuestra salud y bienestar, nos ayudan a cuidar nuestro planeta (Bahí 2020)

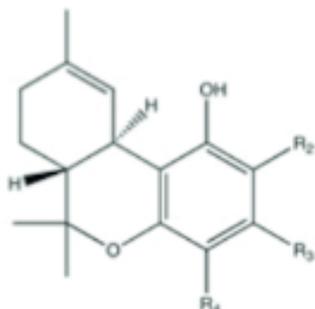
En 1942 se eliminó el cannabis de la Farmacopea estadounidense y en 1951 se la incluyó entre las drogas narcóticas por eso en la mayor parte del mundo, se empezó a considerar ilegal el uso y venta de sus preparados. Décadas después fue considerada una planta de valor terapéutico encontrando propiedades útiles para aliviar los síntomas de algunas dolencias como por ejemplo epilepsia, glaucoma, esclerosis múltiple, fibromialgia, cáncer, etc., que no responden adecuadamente a los medicamentos convencionales (Samaniego Joaquin and Fuertes Ruitón 2017)

### Química del cáñamo

La composición química de esta especie se ha estudiado ampliamente y se han identificado aproximadamente 500 compuestos, entre los que se encuentran cannabinoides, terpenos, flavonoides, alcaloides, estilbenos, amidas fenólicas y lignanamidas (Flores-Sanchez and Verpoorte 2008)

Los cannabinoides son sintetizados y acumulados como ácidos cannabinoides, y no es sino hasta el proceso de secado y almacenaje en que los ácidos alcanzan su

forma final, como por ejemplo el THC o el CBD (Atakan 2012)



Tipo  $\Delta^9$ -Tetrahydrocannabinol ( $\Delta^9$ -THC)

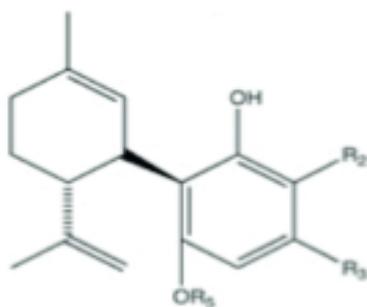
$R_2, R_4$ : H, COOH

$R_3$ : Cadena lateral C1, C3, C4 o C5

$R_4$ : COOH, H

**Figura 1.** Cannabinoides presentes en *Cannabis Tetrahydrocannabinol* (THC)

**Fuente:** Flores-Sanchez and Verpoorte 2008



Tipo Cannabidiol (CBD)

$R_2$ : H, COOH

$R_3$ : Cadena lateral C1, C3, C4 o C5

$R_5$ : H, CH<sub>3</sub>

**Figura 2.** Cannabinoides presentes en *Cannabis Cannabidiol* (CBD)

**Fuente:** Flores-Sanchez and Verpoorte 2008

## METODOLOGÍA

A medida que pasamos de la planta al proceso de extracción, la ciencia (y el arte) de extraer cannabinoides se vuelve más compleja y dependiente del derivado específico del producto final que está buscando producir. Sin

embargo, hay varios procesos científicos que se utilizan universalmente en el proceso de extracción y refinamiento del cannabis.

En general, los métodos de extracción generalmente se dividen en dos categorías; solvente vs no solvente:

### 1. Solvente

- Etanol (una de las formas de extracción más populares)
- CO<sub>2</sub> supercrítico
- Hidrocarburo (butano, propano)
- Aceites: Oliva, coco, vegetal.
- Combinar diferentes métodos (por ejemplo, inyectar etanol en CO<sub>2</sub>)

### 2. No solvente (separación mecánica)

- A base de agua y / o hielo (el agua es técnicamente un disolvente, pero se denomina no disolvente para la separación "mecánica" del cannabis)
- Extracción prensada en frío (usando una presión intensa para extraer el aceite)
- Otras tecnologías sin disolventes (vapor, infusión de lípidos)

La preparación de las muestras vegetales incluyó secado a 65°C durante 16 horas (CB Ph. D. COFFMAN 1974)

Extraer cannabinoides del cannabis o del cáñamo puede ser tan sencillo, pero para fines de fabricación a gran escala y resultados más potentes, existen dos métodos principales para la extracción de CBD. Cada método presenta distintas ventajas si lo que deseas es crear un producto de CBD de alta calidad y gran potencia (Planteo 2021)

Mediante el proceso de centrifugación, se pueden separar mezclas compuestas por elementos sólidos y líquidos de distinta

densidad, exponiéndolos a una fuerza giratoria en la intensidad que se necesite, según la muestra que se esté trabajando. A medida que este proceso sedimenta las estructuras con sistemas de rotor fijo o de columpio, éstas se pueden monitorear utilizando luz ultravioleta o interferómetros. Adicional a estos métodos de centrifugado, existen también procesos físicos y químicos que también sirven para separar mezclas (Brajovic 2020)

### **DESARROLLO Y DISCUSIÓN**

Según Sholl (2020) la extracción con CO<sub>2</sub> ofrece importantes ventajas en comparación con otros métodos de producción de aceite de CBD. En primer lugar, el CO<sub>2</sub> supercrítico se bombea a través del cáñamo de forma que recoja los cannabinoides y otros compuestos de manera selectiva, dejando atrás todo lo demás. En segundo lugar, dado que utiliza CO<sub>2</sub>, los aceites de CBD producidos no llevan sustancias químicas ni contaminantes. Y, cuando termina el proceso de extracción, el CO<sub>2</sub> se puede reutilizar o liberar a la atmósfera de forma segura (Sholl 2020)

Según The Cannabis Web que ha probado los tres métodos más habituales de extracción menciona una cuestión que también influirán en este proceso. Y que está relacionada con qué partes de la planta usar para extraer el CBD. En ese sentido, no hay una opinión generalizada. Mientras que algunas personas abogan por emplear todas las partes de la planta para su extracción, otros prefieren utilizar solo las cepas. Aunque los aceites de CBD que se emplean de forma terapéutica a menudo recurren a la extracción de los cannabinoides de toda la planta. De esta

manera, se cree que se obtienen mayores beneficios al conseguir un espectro más amplio de los compuestos activos (Cannabis 2021)

Una de las últimas innovaciones que ha surgido en los últimos años es el uso de ondas sonoras también conocidas como "sonicación" o "extracción ultrasónica" para extraer cannabinoides. El proceso funciona a través de una sonda que emite ondas sonoras alternas de alta y baja presión (hasta 20.000 ciclos por segundo). Para crear fluctuaciones que rompen las paredes celulares y liberan los compuestos deseados.

### **CONCLUSIONES**

En los últimos años las investigaciones, el descubrimiento de nuevas técnicas, métodos y la implementación de nuevos protocolos mejoran la eficiencia, productividad y calidad del extracto de cáñamo; el uso de productos derivados del cáñamo es cada vez mayor, por lo que son necesarios unos procesos de extracción y refinamiento que sean eficientes y requieran poco mantenimiento. Actualmente existe en el mercado productos acabados desde extracto crudo provisto de distintas consistencias hasta sustancias puras en forma de cristal. La diversidad de formas se refleja en la gran cantidad de métodos de procesamiento que existen; estos requieren un sistema sofisticado de temperatura que se adapte a los requisitos correspondientes.

### **AGRADECIMIENTO (opcional)**

Expresamos nuestro agradecimiento al Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, y al Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), por su cooperación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atakan, Zerrin. 2012. Cannabis, a complex plant: different compounds and different effects on individuals. *therapeutic advances in psychopharmacology* 2(6):241–54. doi: 10.1177/2045125312457586.
- Bahí, Júlia. 2020. el cáñamo, un gran aliado contra la contaminación. 26 de noviembre. retrieved september 28, 2021 (<https://www.ecoluba.com/blog/post/el-canamo-un-gran-aliado-contra-la-contaminacion>).
- Brajovic, Fernanda. 2020. centrifugación: métodos y usos prácticos en laboratorio - cromtek %. retrieved november 13, 2021 (<https://www.cromtek.cl/2020/07/30/centrifugacion-metodos-y-usos-practicos-en-laboratorio/>).
- Cannabis, Web The. 2021. ¿cómo se produce y se purifica el cbd? información y procesos. retrieved november 14, 2021 (<https://thecannabisweb.org/produccion-y-purificacion-del-cbd/>).
- CB Ph. D. COFFMAN, WA Ph. D. GENTNER. 1974. unodc - boletín de estupefacientes - 1974 número 1-005. 67 a 70. retrieved december 2, 2021 ([https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/bulletin/bulletin\\_1974-01-01\\_1\\_page006.html](https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/bulletin/bulletin_1974-01-01_1_page006.html)).
- Chema Ferrer. 2005. la biblia del cannabis - chema ferrer - google libros. edited by carena. valencia.
- Flores-Sanchez, Isvett Josefina, And Robert Verpoorte. 2008. secondary metabolism in cannabis. *phytochemistry reviews* 7(3):615–39. doi: 10.1007/s11101-008-9094-4.
- Haug, Nancy A., Dustin Kieschnick, James E. Sottile, Kimberly A. Babson, Ryan Vandrey, And Marcel O. Bonn-Miller. 2016. training and practices of cannabis dispensary staff. *cannabis and cannabinoid research* 1(1):244–51. doi: 10.1089/can.2016.0024.
- Heiss, John Ph. D. 2018. qué es el cbd: la diferencia entre cáñamo, cannabis y cannabinoides - yo soy herbalife nutrition. retrieved november 13, 2021 (<https://yosoyherbalifenutrition.com/salud-y-bienestar/cbd-canamo-diferencias/>).
- Market, Cannabis. 2009. entendiendo el cannabis: sativa vs. indica vs. ruderalis | *cannabismarketcap*. retrieved december 1, 2021 (<https://www.cannabismarketcap.io/blog/understanding-cannabis-sativa-vs-indica-vs-ruderalis>).
- Planteo. 2021. ¿cómo extraer el cbd del cannabis? | *el planteo*. retrieved december 2, 2021 (<https://elplanteo.com/como-extraer-el-cbd-del-cannabis/>).
- Samaniego Joaquin, Jhonnell, And César Fuertes Ruitón. 2017. el aceite de cannabis. *revista de la sociedad química del Perú* 83(3):261–63.
- Seeds, Sensi. 2015. cannabis en ecuador: legislación, consumo e historia - *sensi seeds*. retrieved september 28, 2021 (<https://sensiseeds.com/es/blog/paises/cannabis-en-ecuador-leyes-uso-historia/>).
- Sholl, Luke. 2020. ¿cuál es la mejor forma de extraer cbd del cáñamo? - *cibdol*.
- uardi, antonio waldo. 2006. history of cannabis as a medicine: a review. *brazilian journal of psychiatry* 28(2):153–57. doi: 10.1590/s1516-44462006000200015.