

Biorrefinería

BIOECONOMÍA - BIOEDUCACIÓN - BIOCENCIA - BIOINNOVACIÓN




**POLÍGONO
TECNOLÓGICO
FIBRAS NATURALES**

www.cebaecuador.org
Ibarra-Ecuador

1/4/2023 www.cebaecuador.org 6





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/>. CEBA se alinea a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.

FILOSOFÍA: CEBA mantiene su propia filosofía para el Desarrollo Social y Económico del ser humano, fundamentada en las 3^S (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, BIOCENCIA 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.

Ing. Alejandro Pineda Soto

Director Ejecutivo

Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA)

Periférico Sur s/n, Fincas San Agustín, San Antonio. Ibarra-Ecuador

Cel: (+593) 99 579 7813

Email: cebaecuador@gmail.com

Web: www.cebaecuador.org

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-HORIZONTE 2035, 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. 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, 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, GPP, Ecuador
	30. Ing. Pablo Vela Nuñez, MSc. CEBA, Ecuador
	31. Dra. C. Lourdes Crespo Zafra, UC, Cuba
	32. Dra. C. Rosa Gonzales Zambrano, ESPAM-MFL, Ecuador
	33. Ing. Homero Vaca Vásquez, UTN, Ecuador
	34. Ing. Alejandro Pineda Soto, BIOECOLÓGICOS, Ecuador
	35. Tnlgo. Galo Chiriboga Ron, CEBA, Ecuador

ISSN digital: 2602-8530

URL: <https://www.cebaecuador.org/publicaciones/revista-biorrefineria/>

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

TABLA DE CONTENIDO

1	<i>INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA RESISTENCIA DEL COLORANTE ARTEMISA (AMBROSIA PERUVIANA) EN HILO DE ABACÁ</i>	6
2	<i>APLICACIONES DEL CÁÑAMO (CANNABIS SPP.) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: UNA REVISIÓN</i>	12
3	<i>INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA CONCENTRACIÓN DEL SOLVENTE EN LA PRODUCCIÓN DE EXTRACTO DE CALÉNDULA (CALÉNDULA OFFICINALIS).</i>	21
4	<i>APLICACIONES INDUSTRIALES DEL HELECHO ACUÁTICO AZOLLA SPP.: UNA REVISIÓN</i>	27
5	<i>INFLUENCIA DE LA DOSIS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE MEZCLA ESPECIAL M4 EN EL CULTIVO DE MARALFALFA (PENNISETUM SPP.)</i>	35
6	<i>INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA CONCENTRACIÓN DEL SOLVENTE EN LA PRODUCCIÓN DE EXTRACTO DE AZOLLA SPP.</i>	42
7	<i>ESTUDIO DE LA DOSIS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE MEZCLA ESPECIAL-M4 EN EL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE VARIOS CULTIVOS</i>	49
8	<i>INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA CONCENTRACIÓN DEL SOLVENTE EN LA PRODUCCIÓN DEL LICOR DE CÁÑAMO (CANNABIS SPP.).</i>	Error! Bookmark not defined.
9	<i>GUÍA DE AUTORES -BIORREFINERÍA</i>	63
10	<i>DESARROLLO DE UN PROCESO ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE LICOR DE CÁÑAMO (CANNABIS SPP.).</i>	55

1 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA RESISTENCIA DEL COLORANTE ARTEMISA (AMBROSIA PERUVIANA) EN HILO DE ABACÁ

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND TIME ON THE RESISTANCE OF THE DYE MUGWORT (AMBROSIA PERUVIANA) IN ABACA THREAD

Elsa Mora Muñoz¹, Elvis Ramírez Encalada¹, Valeria Chuga¹, Omar Lara Castro¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto², Ivette Graciela Mora Lovato².

¹Universidad Técnica del Norte, UTN. Ibarra, Ecuador

²Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente, CEBA. Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: esmora@utn.edu.ec

Recibido: 01/11/22

Aceptado: 25/11/22

RESUMEN

En este estudio se realiza la tintura del hilo de abacá con tinte natural, extracto de Ambrosia peruviana para reducir la contaminación ambiental oceánica y la dependencia de las fibras. Los tintes naturales obtenidos de diferentes fuentes biodegradables como plantas, además de tener las propiedades antibacterianas y antialérgicas también poseen características anti-UV y no tóxicos. En este trabajo, se estudia la solidez del color que ocasiona el agua de mar en la fibra de abacá tintado con el extracto de colorante Ambrosia peruviana con los mordientes sulfato de cobre y alumbre expuesta a procesos agresivos. Demostrando que, el extracto del Ambrosia peruviana es muy prometedor para la tintura de fibras y funcionalización sostenible de hilos de abacá.

Palabras clave: Abacá, Geotextiles, fibra natural, colorante natural.

INTRODUCCIÓN

En la industria pesquera hay alta demanda de fibras sintéticas, como es el uso en redes de pescas y dispositivos de agregación (FAD) de peces conocidos como plantados, los FAD de color verde y azul tienden a ser más abundantes (Kawamura et al., 1996). Al usar material sintético en esta industria se libera cantidades de micro plásticos y sustancias tóxicas al océano. El desgaste de estas fibras es

ABSTRACT

In this study, the tincture of abaca threads was performed with natural dye of Ambrosia peruviana extract to reduce ocean environmental pollution and dependence on fibers. Natural dyes obtained from different biodegradable sources such as plants, in addition to having antibacterial and anti-allergic properties also have anti-UV and non-toxic characteristics. In this study, we have studied the wear caused by seawater in the abaca fiber tinted with the extract of dye Ambrosia peruviana with the toothed copper sulfate and alum exposed to salt water for 60 days. Demonstrating that, the extract of Ambrosia peruviana is very promising for the dyeing of fibers and sustainable functionalization of abaca yarns.

Keywords: Abaca, Geotextiles, natural fiber, natural colorant

debido a la presencia de luz, fuerza mecánica de las olas y el agua salada (Elías, 2015).

La conciencia sobre la preservación ecológica y la preocupación de la salud, la sostenibilidad ambiental, y el uso de las fibras naturales ha creado una revolución en la investigación y desarrollo textil. Los aspectos de preservación ambiental y acuática obligaron a los pescadores dar prioridad de uso a las fibras naturales para minimizar los impactos

ambientales negativos (Van Seville et al., 2015).

Por otro lado, la industria textil que es una de las industrias contaminantes a nivel mundial (Sucasaca Quispe & Guevara Garnica, 2021), esta industria utiliza tres grupos de colorantes: naturales, idénticos a naturales y sintéticos o artificiales. Teniendo un reciente interés por las tinturas naturales (Farfán-Flores, J.A., Tito-Calderón, J., Quispe-Mamani, S., Laura-Huanca, J.C. & Humpiri-Flores, 2019).

En la actualidad, se ha buscado alternativas, teniendo un desarrollo progresivo hacia la bioeconomía. Por este motivo, se ha despertado el interés por cambiar o mejorar técnicas tradicionales que no afecten de forma negativa al planeta (Osorio et al., 2020), además, al tener conocimientos milenarios sobre el uso de plantas y animales para diversas aplicaciones. La industria textil ha reanudado el uso de tintes naturales (Rather et al., 2016).

Los tintes naturales se encuentran presentes en numerosos animales, plantas y en alimentos de origen vegetal (Shukla et al., 2022).

Las tinturas naturales, además de tener las propiedades antibacterianas y antialérgicas también poseen características anti-UV, no tóxicos, no venenosos, debido a la presencia en su estructura de diferentes grupos funcionales muy útiles para el ecosistema, como los flavonoides (Adeel et al., 2020).

La aplicación de colorantes naturales es una buena opción para el teñido de fibras naturales, cintas cardadas, entre otras, debido a que presenta una buena solidez de color, y al ser natural el colorante se degrada dependiendo de la estructura química del colorante posee mayor o menos solidez del color (Portillo, 2013).

En la actualidad se estudia los flavonoides para la coloración de fibras naturales. Los

flavonoides se encuentran con mayor abundancia en las flores, que pueden llegar a ser el 30% del peso seco del tejido (Zabala Flores Tatiana, 2021).

La Ambrosia peruviana se conoce con los nombres de marco o artemisa, es una planta medicinal, posee varias aplicaciones, no solo medicinal. El extracto de artemisa se ha utilizado en múltiples aplicaciones, como antiinflamatorio, repelente, antioxidante, y en la tinción textil usando las flores y hojas (Lérida Acosta, 2009) (Willcox et al., 2004).

El objetivo de esta investigación es determinar la influencia del tiempo y la temperatura en la resistencia del color de la tintura de ambrosia peruviana en el hilo de abacá sometida al agua de mar, mediante el análisis de procesos, que permita el máximo aprovechamiento de las materias primas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se realizó en el laboratorio de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la provincia de Imbabura Cantón Ibarra, Altitud 3050 m s.n.m.

En este estudio se utilizó hilo de abacá de numeración 2,5 ktex adquirido en la provincia de Manabí, cantón Manta. El lavado del hilo de abacá se realizó con detergente Eriopond con la concentración de 0,5 g/l a 80°C por 30 minutos. Como mordientes se utilizó Sulfato de cobre (CuSO₄). También se utilizó fijador, ligante, dispersol, carbonato de sodio, adquiridos a proveedores locales. Como colorante natural se utilizó el extracto de artemisa (Ambrosia peruviana) para obtener una tonalidad de verde oscuro sobre el hilo de abacá.

Extracción del colorante

El extracto de artemisa (Ambrosia peruviana) se extrajo de las hojas de artemisa cultivada en la provincia del Carchi. Las hojas fueron seleccionadas y clasificadas por su tamaño, luego se lavaron con agua potable y se

sometieron al proceso de secado natural bajo sombra a una temperatura ambiente promedio de 21°C por un período de 15 días. La obtención del extracto se realizó por maceración dinámica, utilizando una solución hidro-alcohólica al 25 % de alcohol.

Tintura del hilo de abacá

El teñido de hilo de abacá se realizó con el extracto de colorante de artemisa, por el método de agotamiento, utilizando la autoclave HG-TC200B DYEING CONTROLLER, la relación de baño se fijó en 1:20.

Después de terminar el proceso de tintura, las muestras de hilo de abacá se lavaron tres veces con agua fría para eliminar el colorante depositado en la superficie de la fibra. Las muestras teñidas se sometieron a un jabonado con 2ml/l de detergente a 40°C durante 10 min seguido de un lavado repetido con agua. Finalmente, el secado se realizó a temperatura ambiente bajo sombra.

Para determinar la solidez del color se utilizó agua de mar de la playa Las Peñas de la provincia de Esmeraldas, que tiene una concentración de sal de 35%. El hilo se sumergió en el agua de mar a temperatura ambiente por un intervalo de 60 días, luego las muestras se enjuagaron y se secaron bajo sombra. El color de los hilos teñidos con artemisa se evaluó mediante espectrofotometría (Espectrofotómetro X-Rite i5) según la norma NTE INEN-ISO 105-A03 (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2015).

Diseño experimental

La experimentación se realizó con un diseño experimental Factorial Multinivel. El número de factores experimentales fueron el tiempo y la temperatura. Como variable respuesta se estudió el GS Change (según la norma NTE INEN-ISO 105-A03) (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2015) del hilo de abacá sometido al agua de mar. Los 3 bloques. El orden de los experimentos es completamente aleatorizado, esto aporta protección contra el efecto de variables ocultas. Los parámetros de

operaciones es el tiempo de inmersión del hilo en agua de mar por 60 días, el tipo de hilo de abacá y el mordiente sulfato de cobre. Como factor de ruido, se estableció la variación de la luz.

En la tabla 1, se presenta los factores de estudio que se abordó en el experimento.

Tabla 1

Factores de estudio

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Temperatura	80,0	100,0	2	(°C)
Tiempo	60,0	120,0	2	(min)

Respuestas	Unidades
GS Change	(CIELAB)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de GS Change 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-Cuadrado indica que el modelo, así ajustado, explica 54,2857% de la variabilidad en GS Change. El estadístico R-cuadrado ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 16,1905%.

El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,235702. El error medio absoluto (MAE) de 0,138889 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%.

En la tabla 2 se presenta el análisis de varianza de la variable GS Change.

Tabla 2. Análisis de la varianza para GS Change

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0,0208333	1	0,0208333	0,37	0,5628
B: Tiempo	0,0208333	1	0,0208333	0,37	0,5628
AB bloques	0,1875	1	0,1875	3,37	0,1158
Error total	0,166667	2	0,0833333	1,50	0,2963
Total (corr.)	0,333333	6	0,0555556		
	0,729167	11			

R-cuadrada = 54,2857 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 16,1905 por ciento
 Error estándar del est. = 0,235702
 Error absoluto medio = 0,138889
 Estadístico Durbin-Watson = 2,35417 (P=0,4535)
 Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,270833

Tabla 3

Coef. de regresión para GS Change

Coefficiente	Estimado
Constante	-1,16667
A: Temperatura	0,0333333
B: Tiempo	0,0388889
AB	-0,000416667

Modelo matemático para GS Change

Aquí se presenta la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es el siguiente:

$$GS\ Change = -1,16667 + 0,0333333(Temperatura) + 0,0388889(Tiempo) - 0,000416667(Temperatura)(Tiempo)$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Optimización de la variable de respuesta

La tabla 4 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza GS Change sobre la región indicada.

Meta: maximizar GS Change

Valor óptimo = 2,16667

Tabla 4

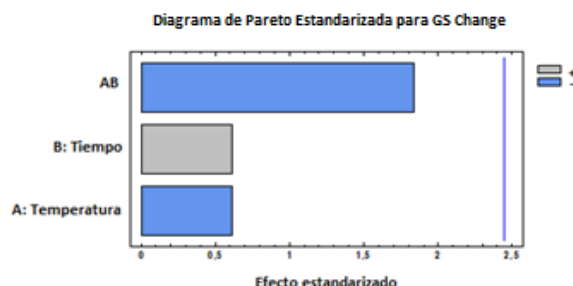
Optimización de la respuesta

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	80,0	100,0	80,0
Tiempo	60,0	120,0	120,0

En la figura 1 se presenta el diagrama de Pareto estandarizado para GS Change, el cual confirma que no existe ninguna diferencia significativa entre los factores estudiados y las correlaciones.

Figura 1

Diagrama de Pareto Estandarizado para GS Change.



Lectura en el espectrofotómetro del color

En la tabla 5 se presenta el resultado de la lectura del espectrofotómetro. La escala de grises permite valorar la degradación del color en los textiles provocado en los diferentes procesos y ensayos (12).

En la norma NTE INEN-ISO 105-A03 establece el cambio de color de los textiles, según la norma detalla la degradación del color, si la valoración es de 5 indica que no existe cambio de color. Si la valoración es de 1 indica mayor grado de cambio de color. Afirmando el resultado obtenido por el modelo matemático que el mejor valor obtenido en los ensayos realizados es de 2,5 obtenido en el tratamiento de 120 minutos a una temperatura de 80°C, el color se ha degradado en un 50% del color original. Por otro lado, el tratamiento de 80°C y 60 minutos tiene la valoración de 1,5 demostrando que el color se ha degradado en un 70% del color original.

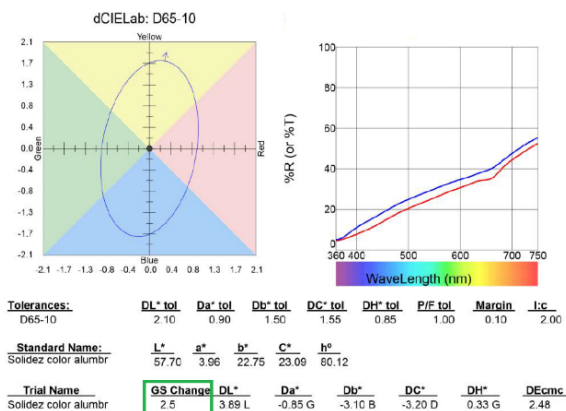
Tabla 5. Lectura del espectrofotómetro

Blo que	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	GS Change (Escala de grises)
1	80	60	2
1	80	120	2,5
1	100	60	2
1	100	120	2
2	100	60	2
2	100	120	2
2	80	60	1,5
2	80	120	2
3	80	120	2
3	100	60	2
3	80	60	2
3	100	120	1,5

temperatura de 80°C y un tiempo de 120 minutos. Siendo comprobado por espectrofotometría con la medición de escala de grises con un valor de 2,5 donde el color casi no fue degradado.

En la figura 2 se presenta los resultados de la medición de color realizados por espectrofotómetro X-Rite, con el tratamiento de 120 minutos a la temperatura de 80°C, obteniendo el mejor valor GS Change de 2,5, con el menor degradado del colorante.

Figura 2
Medición de color



CONCLUSIONES

En el análisis de varianza se observa que no existe diferencia significativa entre los factores estudiados. En esta misma línea, se ha generado un modelo matemático empírico que permitió calcular el óptimo de la variable de respuesta igual a 2,16667 GS Change. Este se consigue cuando se trabaja en la

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adeel, S., Naseer, K., Javed, S., Mahmmod, S., Tang, R.-C., Amin, N., & Naz, S. (2020). Microwave-assisted improvement in dyeing behavior of chemical and bio-mordanted silk fabric using safflower (*Carthamus tinctorius* L) extract. *Journal of Natural Fibers*, 17(1), 55–65. <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1465877>
2. Elías, R. (2015). *Mar del Plástico: Una Revisión del Plástico en el Mar*. 105, 83–105.
3. Farfán-Flores, J.A., Tito-Calderón, J., Quispe-Mamani, S., Laura-Huanca, J.C. & Humpiri-Flores, M. E. (2019). Extracción del colorante natural a partir de col morado y su efectividad en el teñido. *Revista de Investigación Científica*, 2, 49–52.
4. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2015). *NTE INEN-ISO 105-A03*. INEN. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_105_a03.pdf
5. Kawamura, G., Matsushita, T., Nishitai, M., & Matsuoka, T. (1996). Blue and green fish aggregation devices are more attractive to fish. *Fisheries Research*, 28(1), 99–108. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0165-7836\(96\)00478-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0165-7836(96)00478-X)
6. Lérica Acosta, R. C. (2009). Botánica, biología, composición química y propiedades farmacológicas de *Artemisa annua* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 14.
7. Osorio, P. A. M., Landim, P. D. C., Barata, T. Q. F., & Pereira, M. A. (2020). Eco-friendly natural dyeing of bamboo slats with *Curcuma longa*. *Kepes*, 17(21), 437–457. <https://doi.org/10.17151/kepes.2020.17.21.15>
8. Portillo, R. E. O. (2013). Hilos De Lana Con Colorantes. *Universidad Técnica Del Norte*, 1–14.
9. Rather, L. J., Shahid-Ul-Islam, Shabbir, M., Bukhari, M. N., Shahid, M., Khan, M. A., & Mohammad, F. (2016). Ecological dyeing of Woolen yarn with *Adhatoda vasica* natural dye in the presence of biomordants as an alternative copartner to metal mordants. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(3), 3041–3049. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.06.019>
10. Shukla, A., Mishra, R., Yadav, R., Awasthi, N., & Kumar, D. (2022). Computational investigations on interactions between dna and flavonols. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(6), 8117–8127. <https://doi.org/10.33263/BRIAC126.81178127>
11. Sucasaca Quispe, A., & Guevara Garnica, E. D. (2021). Efectos del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja Coriacea*) en la solidez de color de teñido de fibras de alpaca. *Revista De Innovación Y Transferencia Productiva*, 1(2), e003. <https://doi.org/10.54353/ritp.v1i2.e003>
12. Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B. D., Van Franeker, J. A., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F., & Law, K. L. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>
13. Willcox, M., Bodeker, G., Bourdy, G., Vikas, D., Falquet, J., Ferreira, J. F. S., Graz, B., Hirt, H.-M., Hsu, E., Magalhães, P. M. de, Provendier, D., & Wright, and C. W. (2004). *Artemisia annua* as a *Tradicional Herbal Antimalarial*. 43–59.
14. Zabala Flores Tatiana. (2021). *Caracterización del pigmento presente en el pericarpio del fruto del nogal (nogalina) como tintura orgánica*. 12–18.

2 APLICACIONES DEL CÁÑAMO (CANNABIS SPP.) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: UNA REVISIÓN

APPLICATIONS OF HEMP (CANNABIS SPP.) IN THE FOOD INDUSTRY: A REVIEW

Homero Marcelo Ramírez Calderón¹, Julio Amílcar Pineda-Insuasti¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto²

¹Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, www.cebaecuador.org. Ibarra, Ecuador

²BIOECOLÓGICOS, www.bioecologicos.com. Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: wramirez10@yahoo.es

Recibido: 11/11/22

Aceptado: 26/12/22

RESUMEN

El cáñamo (*Cannabis spp.*) es una planta herbácea anemófila que pertenece a la familia Cannabinaceae. La semilla de cannabis (cáñamo) se ha utilizado por mucho tiempo como una fuente de alimento y es importante en el comercio como fuente de aceite comestible. En esta revisión, se abordan las aplicaciones del cannabis en la industria alimentaria. El cannabis se está desarrollando como un ingrediente clave en una variedad de alimentos, que incluyen panadería, confitería, bebidas, lácteos, frutas, verduras y carne. Las semillas de cáñamo tienen un alto contenido de proteínas fácilmente digeribles, lípidos, ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), fibra insoluble, carbohidratos y una proporción favorable de ácidos grasos poliinsaturados omega-6 a ácidos grasos poliinsaturados omega-3. Los antioxidantes del cannabis, como los polifenoles, ayudan con los problemas digestivos y las enfermedades de la piel. El propósito de este trabajo es realizar una revisión sistemática sobre las aplicaciones de cannabis en la industria de alimentos, que permita identificar las posibles líneas de investigación.

Palabras clave: Tetrahidrocannabinol, Cannabidiol, Alimentos con extracto de cannabis.

ABSTRACT

Hemp (*Cannabis spp.*) is an anemophilous herbaceous plant that belongs to the Cannabinaceae family. Cannabis (hemp) seed has long been used as a food source and is important in trade as a source of edible oil. In this review, the effects of cannabis and its use in various food products are discussed. Cannabis is being developed as a key ingredient in a variety of foods, including bakery, confectionery, beverages, dairy, fruit, vegetables, and meat. Hemp seeds are high in easily digestible protein, lipids, polyunsaturated fatty acids (PUFAs), insoluble fiber, carbohydrates, and a favorable ratio of omega-6 polyunsaturated fatty acids to omega-3 polyunsaturated fatty acids. The antioxidants in cannabis, such as polyphenols, help with digestive problems and skin conditions. The purpose of this paper is to stimulate further research on the adaptation of cannabis in the food industry.

Keywords: Tetrahydrocannabinol, Cannabidiol, Food with cannabis extract

INTRODUCCIÓN

Cannabis sativa L., comúnmente llamada cáñamo o cannabis, es la planta herbácea anemófila de la familia Cannabaceae. Cannabis

es una palabra general que se refiere a todas las plantas que pertenecen al género *Cannabis*. La mayoría de los investigadores opinan que esta planta se originó en Asia y posteriormente fue transportada a Europa como un cultivo doméstico y cultivado durante la Edad del Bronce (siglos 22 al 16 a. C.), como se observa a partir de análisis moleculares, estudios poligenéticos y extracción de ADN de arqueobotánicos modernos (Farinon et al., 2020).

El cannabis contiene más de 100 compuestos químicos activos conocidos como "cannabinoides" (De Petrocellis et al., 2011).

El más psicoactivo es el delta-9-tetrahidrocannabinol (THC). El THC también tiene cualidades estimulantes del apetito, antiinflamatorias, analgésicas y antieméticas, lo que lo convierte en un fármaco muy prometedor para aplicaciones medicinales (Sirikantaramas et al., 2005).

El cannabis es utilizado para usos textiles y alimentarios, ya que tiene un alto contenido de cannabidiol (CBD) o productos químicos similares y prácticamente carece de delta-9-THC (Appendino et al., 2011). Las plantas de tipo fibra contienen principalmente ácidos cannabinoides, como el ácido cannabigerólico (CBGA) y el ácido cannabidiólico (CBDA), seguido de sus formas descarboxiladas, a saber, cannabigerol (CBG) y ancannabidiol (CBD) (Brighenti et al., 2017).

Se han identificado tres especies principales de cannabis (*sativa*, *indica* y *ruderalis*). La potencia de las dos principales sustancias químicas activas del cannabis, el THC y el CBD, varía de una variedad a otra, y la *sativa* contiene la mayor cantidad de THC y la menor cantidad de CBD (Singh et al., 2018).

El CBD, un componente no psicoactivo, puede compensar estos efectos. Además, la Administración de Alimentos y Medicamentos aprobó recientemente una solución oral de CBD para el tratamiento de dos tipos raros y

graves de epilepsia como "medicamento huérfano" (Ghosh et al., 2019).

El cannabis tiene un alto valor nutritivo, por lo que todas las partes de la planta, incluido el tallo, las semillas, las raíces y las flores, se han utilizado como alimento humano y animal. La semilla de cáñamo se ha utilizado como fuente de alimento desde la antigüedad, particularmente en las civilizaciones asiáticas, y es comercialmente importante como fuente de aceite comestible (Farinon et al., 2020).

Está compuesto por un 30% de aceite y un 25% de proteína, ambos ricos en valor nutricional, así como un 10-15% de fibra insoluble. Las semillas se pueden usar en la industria cosmética, alimenticia y ganadera (Callaway et al., 2004).

Las semillas se prensan en frío para extraer aceite de buena calidad. El aceite tiene un alto contenido de ácido linoleico, ácido oleico, ácido estearidónico y ácido -linolénico, y los ácidos grasos saturados representan solo alrededor del 10 % del total (Baldini et al., 2018).

En comparación con otras especies de flores, el sistema de raíces del cáñamo está bien desarrollado, lo que lo hace ideal para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados (Irakli et al., 2019).

METODOLOGÍA

PROTOCOLO DE REVISIÓN

Se utilizó como protocolo de revisión el Report Standards for Systematic Evidence Synthesis (ROSES). Se eligió ROSES como protocolo de revisión en vez de elegir QUORUM o PRISMA debido a que está diseñado explícitamente para la investigación medio ambiental (Haddaway et al., 2018).

Pregunta de investigación

La revisión tiene como objetivo buscar en las bases de datos relacionadas con el uso industrial del Cannabis para recopilar la mayor cantidad de información posible de previos estudios con el fin de identificar las lagunas en los estudios y realizar un balance histórico de este. La pregunta de investigación que guía la búsqueda es "¿Cuáles son las aplicaciones industriales del Cannabis más comunes y eficientes?".

Estrategia de búsqueda

Una estrategia de búsqueda se destaca por ser un componente crítico de una revisión sistemática de literatura porque influye en la eficiencia de la búsqueda. Por lo tanto, se abordaron varios aspectos clave del protocolo ROSES para recuperar resultados de búsqueda de calidad. Los operadores booleanos como OR, AND y NOT se utilizaron para conectar elementos para ampliar o reducir los resultados de la ecuación de búsqueda. A continuación, se muestra el flujo de la estrategia de búsqueda, comenzando con la identificación y terminando con la inclusión final, siguiendo los protocolos ROSES.

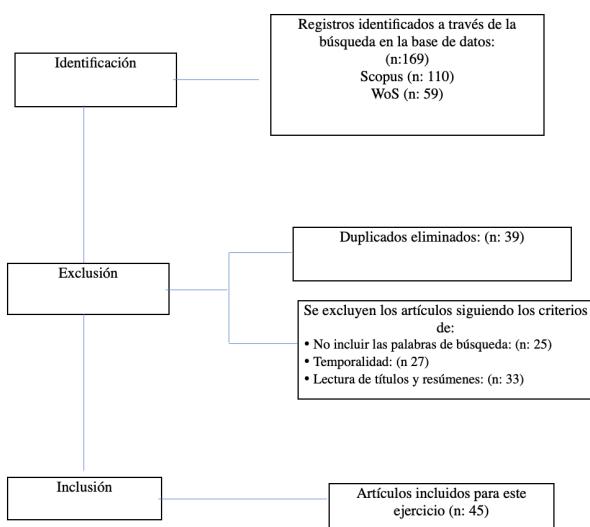


Figura 1: Diagrama sistemático del protocolo de revisión.

Aplicaciones del Cannabis

Desde que se proclamó la legalidad del cannabis comestible, varias corporaciones, fabricantes y minoristas de alimentos han estado considerando la posibilidad de comercializar y vender alimentos elaborados con cannabis.

En ciertos países donde el cannabis está legalizado, los consumidores pueden comprar productos de panadería, dulces duros, postres congelados, aceites y vino con infusión de cannabis. Las principales empresas, incluidas varias industrias de bebidas, han expresado interés en producir nuevos artículos culinarios que incluyan cannabis como ingrediente (Charlebois et al., 2018).

Aplicaciones Medicinales

Para su uso en medicina humana, se investigó su uso en: Problemas digestivos y nutricionales, trastornos del sistema nervioso central y psicológicos, dolor e inflamación crónica fueron las enfermedades más prevalentes (Chuchalin et al., 2014).

Se devela que se puede aplicar en 210 enfermedades para las que se utilizó el cannabis como terapia (Tashkin et al., 2002). Las aplicaciones más comunes fueron relajantes, analgésicos, antidiarreicos y antihemorroidales, seguidos de disentería, terapia de lesiones y estimulantes (Hancox et al., 2010; Tashkin et al., 2012; Moore et al., 2005).

Muchas de estas aplicaciones se han probado en humanos y otros ensayos clínicos con animales, pero los hallazgos han sido mixtos o no concluyentes, mientras que otros (como los antihemorroidales y la cicatrización de heridas) aún no se han demostrado Colizzi et al., 2017; Charlebois et al., 2018; Balant et al., 2021a; Balant et al., 2021b; Chouvy et al., 2015.

RESULTADOS

Aplicación en la industria alimenticia y sus efectos biológicos

Los principales componentes responsables de las características biológicas de los alimentos son los cannabinoides, que se introducen en las matrices alimentarias en altas concentraciones. Debido a que el THC y la descomposición de las grasas son idénticos, tienen muchas similitudes; por lo tanto, pueden compartir muchos rasgos. Como resultado, el consumo de THC puede estar determinado por el peso, el metabolismo, el género y los patrones de alimentación. Como resultado, la respuesta de cada persona a los cannabinoides será diferente. Todas estas variables afectan la biodisponibilidad, así como el tiempo que lleva intoxicarse y la duración de los efectos. Debido a que los cannabinoides ingresan al cuerpo a través del sistema digestivo en lugar de las vías respiratorias después de tomarlos, la farmacocinética del THC puede ser ventajosa para el cuerpo. Como resultado de su naturaleza lipofílica, el consumo de grasas mejora la absorción de THC y CBD (Chen et al., 2019).

Productos alimenticios con extracto de cannabis

Los productos de cannabis se reconocen cada vez más como alimentos beneficiosos. Las semillas son una gran fuente nutricional que tiene un alto contenido de proteínas, lípidos fibra insoluble y carbohidratos fácilmente digeribles. Tienen una proporción favorable de omega-6 y omega-3, se adaptan muy bien a la nutrición humana y ayudan en la salud cardiovascular, el eccema, el estreñimiento, la atopia y el cáncer, entre otros trastornos. La materia vegetal de cannabis se puede usar para hacer una variedad de alimentos. Un producto de cannabis es un producto alimenticio que contiene componentes de cannabis y puede consumirse como aceites, cápsulas llenas de aceite o tinturas en la práctica medicinal. Varios alimentos con infusión de cannabis están disponibles para uso recreativo. Las semillas se comprimen principalmente para la extracción de aceite, pero también se pueden encontrar en una

variedad de otros productos, como yogur con sabor, harina de cáñamo, productos horneados, leche de cáñamo, polvo de semillas de proteína y salsas saborizantes, así como barras energéticas y chocolates, entre otros. Aunque las semillas y los productos de cannabis se utilizan en gran medida en el negocio de la alimentación moderna, las flores, las hojas y los brotes de cannabis también se consumen crudos en jugos o ensaladas. Importantes químicos bioactivos, como polifenoles y cannabinoides, se agregan a los productos alimenticios que no están presentes en las semillas o se encuentran en cantidades más pequeñas (King et al., 2019).

Preparación de Cannabis para su Incorporación en Comestibles

La extracción, separación y refinado de cannabinoides, así como las técnicas analíticas para medir la concentración de cannabinoides en los alimentos (identificación y cuantificación de cannabinoides), son todos componentes del consumo de cannabis en el sector alimentario. El proceso de extracción consiste en aislar los componentes de las plantas de cannabis en un extracto que se puede utilizar de diversas formas, como ingredientes culinarios, vaporización o aplicaciones tópicas (Rasera et al., 2021; Marzorati et al., 2020).

Para su uso en alimentos, el cannabis se puede procesar de varias maneras, como la extracción de cannabis en aceite para su inclusión en el chocolate, lo que requiere remojar el material vegetal para formar una formulación a base de lípidos. Dado que el componente de cannabis no se concentraría, la cantidad de cannabis que se podría agregar al chocolate sólido estaría restringida por la reacción de la solución de grasa. Estos lípidos hacen que la mantequilla de chocolate se derrita a una temperatura más baja, lo que da como resultado barras de chocolate blandas que se derriten en la palma de la mano y carecen del brillo, el chasquido y la sensación en la boca de las barras de chocolate templadas adecuadamente. Los concentrados

de cannabis, como las ceras y la resina viva, se elaboran a partir del material vegetal (Knutson, 2020).

En específico, se ha desarrollado una gama de alimentos con cannabis spp. como es el chocolate en donde se añade cannabis hasta en un 20% (en forma no concentrada), el extracto de la planta de cannabis se añadió al chocolate, sin alterar sus cualidades principales (Beal, 2019).

También se utiliza en la elaboración de cerveza, las cervezas con infusión de cannabis suelen contener 10 mg de CBD y 3.5 a 6% de alcohol. Cuando las personas beben cervezas con CBD, informan sentirse "elevado" y "naturalmente relajados." (Ramírez y Viveros, 2018).

Además, ha sido utilizado en infusión de Té, para 500 ml de agua, se utiliza 500 mg de cannabis medicinal, la máxima concentración de cannabinoides en el té de cannabis fue obtenido después de 15 min de ebullición (Pacifci et al., 2017; Pontanavong, 2018). También ha sido aplicado en la industria láctea, en Yogurt, el contenido proteico del yogurt se incrementó agregando un 4% proteína cannábica, y finalmente se obtuvo un Yogurt con propiedades nutricionales mejoradas (Dabija et al., 2018).

También ha sido utilizado para producir pan sin gluten agregando 60-120 g de cannabis utilizándolo para la sustitución de 10-20% del almidón (Korus et al., 2017; Mikulec et al., 2019; Norajit et al., 2011; Korus et al., 2017; Ritter et al., 2020; Tallon, 2020).

Uno de los usos más conocidos a nivel mundial en Brownies, aproximadamente 0 a 50 mg de concentración de cannabis, los brownies con infusión de cannabis fueron producidos con éxito, revelando que incluso la dosis más pequeña de cannabis provoca efectos perceptibles de las drogas (Schlienzt et al., 2020; Wolf et al., 2017). Además, ha sido aplicado en galletas sin gluten, la torta de prensa de aceite

de cannabis al 20% fue utilizada para la formación de estas galletas sin gluten. El enriquecimiento resultó en una sustancial modificación de las características sensoriales (Radocajet al., 2014; Jancíková y Dordevic, 2020; Ertas y Aslan, 2020). También ha sido utilizado en la industria cárnica en Italia, 50 ml de extracto, que contiene 322,70 g/ml de CBD, fue aplicado a 2,5 kg de carne, el extracto de cannabis mostró actividad antimicrobiana contra los patógenos en la carne (Pasquali et al., 2020, Teterycz et al., 2021).

DISCUSIÓN

De acuerdo con la evidencia en la literatura, el cannabis y los cannabinoides tienen una amplia gama de efectos biológicos. Varias investigaciones han encontrado que tienen ventajas adicionales para la salud, particularmente como agentes terapéuticos. Los sectores de alimentos y bebidas han considerado el desarrollo de productos a base de cannabis como una industria nueva e innovadora. Además, debido a que los fitoquímicos bioactivos se pueden concentrar a lo largo del proceso de producción, para optimizar los posibles beneficios para la salud y minimizar los riesgos de seguridad, las empresas deben prestar especial atención a la dosis a incluir.

REFLEXIONES FINALES

Las ventajas de los componentes y productos alimenticios funcionales derivados del cannabis, los suplementos dietéticos y los nutracéuticos en la promoción de la salud humana requieren estudios de investigación bien diseñados, aleatorizados, controlados con placebo y doble ciego. El aceite de semilla de cáñamo tiene potencial como nutracéutico debido a su proporción óptima de omega-6 y omega-3 y cannabidiol bioactivo. En general, el sector del cannabis está empezando a despegar intriga en todo el mundo. Las autoridades reguladoras de cada país deben diferenciar el cáñamo industrial del cannabis medicinal (marihuana) para aprovechar el

potencial económico del cannabis industrial como fuente a largo plazo de componentes de alimentos funcionales y productos nutraceuticos de valor agregado.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA) por el apoyo en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Appendino, G.; Chianese, G.; Tagliatalata-Scafati, O. Cannabinoids: Occurrence and medicinal chemistry. *Curr. Med. Chem.* 2011, 18, 1085–1099.
2. Balant, M.; Gras, A.; Gálvez, F.; Garnatje, T.; Vallès, J.; Vitales, D. CANNUSE, a database of traditional Cannabis uses—an opportunity for new research. *Database* 2021, 2021.
3. Balant, M.; Gras, A.; Ruz, M.; Vallès, J.; Vitales, D.; Garnatje, T. Traditional uses of Cannabis: An analysis of the CANNUSE database. *J. Ethnopharmacol.* 2021, 279, 114362.
4. Baldini, M.; Ferfua, C.; Piani, B.; Sepulcri, A.; Dorigo, G.; Zuliani, F.; Danuso, F.; Cattivello, C. The performance and potentiality of monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars as a multipurpose crop. *Agronomy* 2018, 8, 162.
5. Beal, K. Considerations in the addition of cannabis to chocolate. *Curr. Opin. Food Sci.* 2019, 28, 14–17.
6. Brighenti, V.; Pellati, F.; Steinbach, M.; Maran, D.; Benvenuti, S. Development of a new extraction technique and HPLC method for the analysis of non-psychoactive cannabinoids in fibre-type *Cannabis sativa* L.(hemp). *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2017, 143, 228–236.
7. Callaway, J. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* 2004, 140, 65–72.
8. Charlebois, S.; Somogyi, S.; Sterling, B. Cannabis-infused food and Canadian consumers' willingness to consider "recreational" cannabis as a food ingredient. *Trends Food Sci. Technol.* 2018, 74, 112–118.
9. Charlebois, S.; Somogyi, S.; Sterling, B. Cannabis-infused food and Canadian consumers' willingness to consider "recreational" cannabis as a food ingredient. *Trends Food Sci. Technol.* 2018, 74, 112–118.
10. Chen, P.X.; Rogers, M.A. Opportunities and challenges in developing orally administered cannabis edibles. *Curr. Opin. Food Sci.* 2019, 28, 7–13.
11. Chouvy, P.-A.; Afsahi, K. Hashish revival in Morocco. *Int. J. Drug Policy* 2015, 25, 416–423.
12. Chuchalin, A.G.; Khaltaev, N.; Antonov, N.S.; Galkin, D.V.; Manakov, L.G.; Antonini, P.; Murphy, M.; Solodovnikov, A.G.; Bousquet, J.; Pereira, M.H. Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *Int. J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2014, 9, 963.
13. Colizzi, M.; Bhattacharyya, S. Does cannabis composition matter? Differential effects of delta-9-tetrahydrocannabinol and cannabidiol on human cognition. *Curr. Addict. Rep.* 2017, 4, 62–74.
14. Dabija, A.; Codina, G.G.; Gâtlan, A.-M.; Sanduleac, E.T.; Rusu, L. Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality. *Sci. Study Research. Chem. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.* 2018, 19, 181–192.
15. De Petrocellis, L.; Ligresti, A.; Moriello, A.S.; Allarà, M.; Bisogno, T.; Petrosino, S.; Stott, C.G.; Di Marzo, V. Effects of cannabinoids and cannabinoid-enriched Cannabis extracts on TRP channels and endocannabinoid metabolic enzymes. *Br. J. Pharmacol.* 2011, 163, 1479–1494.
16. Erta, N.; Aslan, M. Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2020, 19, 177–184.
17. Farinon, B.; Molinari, R.; Costantini, L.; Merendino, N. The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients* 2020, 12, 1935.
18. Ghosh, M.; Naderi, S. Cannabis and cardiovascular disease. *Curr. Atheroscler. Rep.* 2019, 21, 1–6.
19. Haddaway, Macura, Whaley, & Pullin. (2018). ROSES Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses: Pro Forma, Flow-Diagram and Descriptive Summary of the Plan and Conduct of Environmental Systematic Reviews and Systematic Maps. *Environmental Evidence*. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0121-7>.

20. Hancox, R.J.; Poulton, R.; Ely, M.; Welch, D.; Taylor, D.R.; McLachlan, C.R.; Greene, J.M.; Moffitt, T.E.; Caspi, A.; Sears, M.R. Effects of cannabis on lung function: A population-based cohort study. *Eur. Respir. J.* 2010, 35, 42–47.
21. Irakli, M.; Tsaliki, E.; Kalivas, A.; Kleisariis, F.; Sarrou, E.; Cook, C.M. Effect of genotype and growing year on the nutritional, phytochemical, and antioxidant properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Antioxidants* 2019, 8, 491.
22. Jancíková, S.; Dordevic, D. The use of a pectin–cannabis flour coating on freshly cut apple pieces. *J. Food Sci.* 2020, 1, 73–78.
23. King, J.W. The relationship between cannabis/hemp use in foods and processing methodology. *Curr. Opin. Food Sci.* 2019, 28, 32–40.
24. Knutson, K. *Food Safety Lessons for Cannabis-Infused Edibles*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020.
25. Korus, A.; Gumul, D.; Krystyjan, M.; Juszczak, L.; Korus, J. Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites. *Eur. Food Res. Technol.* 2017, 243, 1429–1438.
26. Korus, J.; Witczak, M.; Ziobro, R.; Juszczak, L. Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. *LWT* 2017, 84, 143–150.
27. Marzorati, S.; Friscione, D.; Picchi, E.; Verotta, L. Cannabidiol from inflorescences of *Cannabis sativa* L.: Green extraction and purification processes. *Ind. Crops Prod.* 2020, 155, 112816.
28. Mikulec, A.; Kowalski, S.; Sabat, R.; Skoczylas, Ł.; Tabaszewska, M.; Wywrocka-Gurgul, A. Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *LWT* 2019, 102, 164–172.
29. Moore, B.A.; Augustson, E.M.; Moser, R.P.; Budney, A.J. Respiratory effects of marijuana and tobacco use in a US sample. *J. Gen. Intern. Med.* 2005, 20, 33–37.
30. Norajit, K.; Gu, B.-J.; Ryu, G.-H. Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. *Food Chem.* 2011, 129, 1919–1925.
31. Pacifici, R.; Marchei, E.; Salvatore, F.; Guandalini, L.; Busardò, F.P.; Pichini, S. Evaluation of cannabinoids concentration and stability in standardized preparations of cannabis tea and cannabis oil by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Clin. Chem. Lab. Med. (CCLM)* 2017, 55, 1555–1563.
32. Pasquali, F.; Schinzari, M.; Lucchi, A.; Mandrioli, M.; Toschi, T.G.; De Cesare, A.; Manfreda, G. Preliminary data on the antimicrobial effect of *Cannabis sativa* L. variety Futura 75 against food-borne pathogens in vitro as well as against naturally occurring microbial populations on minced meat during storage. *Ital. J. Food Saf.* 2020, 9, 80–87.
33. Pongtanavong, A. Encapsulated cannabis oil Oolong tea formulation. *Journal of Biotechnology* 2018, 2, 1–35.
34. Radocaj, O.; Dimic, E.; Tsao, R. Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *J. Food Sci.* 2014, 79, 318–325.
35. Ramírez, A.; Viveros, J.M. Brewing with *Cannabis sativa* vs. *Humulus lupulus*: A review. *J. Inst. Brew.* 2021, 4, 55–67.
36. Rasera, G.B.; Ohara, A.; de Castro, R.J.S. Innovative and emerging applications of cannabis in food and beverage products: From an illicit drug to a potential ingredient for health promotion. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 115, 31–41.
37. Ritter, S.; Zadik-Weiss, L.; Almogi-Hazan, O.; Or, R. Cannabis, One Health, and Veterinary Medicine: Cannabinoids' Role in Public Health, Food Safety, and Translational Medicine. *Rambam Maimonides Med. J.* 2020, 11, e0006.

38. Schlienz, N.J.; Spindle, T.R.; Cone, E.J.; Herrmann, E.S.; Bigelow, G.E.; Mitchell, J.M.; Flegel, R.; LoDico, C.; Vandrey, R. Pharmacodynamic dose effects of oral cannabis ingestion in healthy adults who infrequently use cannabis. *Drug Alcohol Depend.* 2020, 211, 107969.
39. Singh, A.; Saluja, S.; Kumar, A.; Agrawal, S.; Thind, M.; Nanda, S.; Shirani, J. Cardiovascular complications of marijuana and related substances: A review. *Cardiol. Ther.* 2018, 7, 45–59.
40. Sirikantaramas, S.; Taura, F.; Tanaka, Y.; Ishikawa, Y.; Morimoto, S.; Shoyama, Y. Tetrahydrocannabinolic acid synthase, the enzyme controlling marijuana psychoactivity, is secreted into the storage cavity of the glandular trichomes. *Plant Cell Physiol.* 2005, 46, 1578–1582.
41. Tallon, M.J. Cannabis sativa L. and its extracts: Regulation of cannabidiol in the European Union and United Kingdom. *J. Diet. Suppl.* 2020, 17, 503–516.
42. Tashkin, D.P.; Baldwin, G.C.; Sarafian, T.; Dubinett, S.; Roth, M.D. Respiratory and immunologic consequences of marijuana smoking. *J. Clin. Pharmacol.* 2002, 42, 715–815.
43. Tashkin, D.P.; Simmons, M.S.; Tseng, C.-H. Impact of changes in regular use of marijuana and/or tobacco on chronic bronchitis. *COPD: J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2012, 9, 367–374.
44. Teterycz, D.; Sobota, A.; Przygodzka, D.; Łysakowska, P. Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation. *PLoS ONE* 2021, 16, e0248790.
45. Wolf, C.E.; Poklis, J.L.; Poklis, A. Stability of tetrahydrocannabinol and cannabidiol in prepared quality control edible brownies. *J. Anal. Toxicol.* 2017, 41, 153–157.

3 INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA CONCENTRACIÓN DEL SOLVENTE EN LA PRODUCCIÓN DE EXTRACTO DE CALÉNDULA (CALÉNDULA OFFICINALIS).

INFLUENCE OF TIME AND SOLVENT CONCENTRATION ON THE PRODUCTION OF CALENDULA (CALÉNDULA OFFICINALIS) EXTRACT.

Juliza Estefany Cifuentes Obando¹, Lourdes Araceli Granja Alvear^{1,2}, Julio Amilcar Pineda-Insuasti³
Camilo Alejandro Pineda-Soto⁴,

¹Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuqui, Ecuador

²Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad de Tecnología Experimental Yachay Tech

³Centro Ecuatoriano de Biotecnología, Ibarra, Ecuador

⁴BIOECOLÓGICOS. www.bioecologicos.com, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: cifuentesobandojuliza@gmail.com

Recibido: 15/11/2022

Aceptado: 01/12/2022

RESUMEN

Existe limitado conocimiento en el campo del extracto de Caléndula, por lo cual se propone realizar esta investigación con el fin de optimizar el proceso de extracción de Caléndula spp. Esto mediante una extracción hidroalcohólica a diferentes concentraciones y diferentes tiempos de maceración que permitan determinar los factores y variables clave para una mayor cantidad de SDT en el extracto. Se determina el modelo matemático que permite optimizar el proceso con las variables de tiempo de maceración y concentración de la disolución.

Palabras clave: Luteína, Sólido-Líquido, modelo matemático.

INTRODUCCIÓN

Calendula officinalis es conocida como una planta de jardín común que es utilizada con fines medicinales en países de Europa, China, Estados Unidos e India. De acuerdo con Muley et al. (2009) *Calendula officinalis* pertenece a la familia *Asteraceae*. Además, la Wound Healing Society ha identificado a *C. officinalis* como poseedora de grandes beneficios para el cuidado de heridas durante la última década y en estudios farmacológicos (Muley et al., 2009; Singer & Clark, 1999).

ABSTRACT

There is limited knowledge in the field of Calendula extract, which is why it is proposed to carry out this research to optimize the extraction process of Calendula spp. This through a hydroalcoholic extraction at different concentrations and different maceration times that allow determining the key factors and variables for a greater amount of SDT in the extract. The mathematical model that allows optimizing the process with the variables of maceration time and concentration of the solution is determined.

Keywords: Lutein, Solid-Liquid, mathematical model.

Por otro lado, se ha utilizado *C. officinalis* para diferentes usos como la ictericia, la purificación de la sangre y como antiespasmódico (Muley et al., 2009). Sus grandes flores anaranjadas y las hojas de la planta se pueden usar en infusión, tintura y extracto para diferentes usos, incluidos el cuidado piel y el cabello (Leach, 2008; the Wound Healing Society 13 *Calendula officinalis* extract for wound healing Givol et al., 2019)

Se ha encontrado en la literatura que *C. officinalis* posee diversos metabolitos secundarios con diferentes propiedades farmacológicas que contribuyen a su uso medicinal. Los principales reportados son triterpenoides, flavonoides, cumarinas, quinonas, aceite volátil, carotenoides y aminoácidos (Muley et al., 2009).

En particular, se reporta que los triterpenoides son un compuesto antiinflamatorio en la planta (Leach, 2008), así como un efecto estimulante de fibroblastos (Fronza et al., 2009). Este efecto se atribuye a la evidencia que apoya en efecto inhibitor de 5-lipoxigenasa, ciclooxigenasa-2 y C3-convertasa (Dzubak et al., 2006; Kapil & Sharma, 1995). Además, Middleton et al. (2000) afirma que la 5-lipoxigenasa es esencial para la producción de leucotrienos. La ciclooxigenasa-2 es un importante contribuyente para la producción de prostaglandinas durante la inflamación, y la C3-convertasa es esencial en la vía clásica del complemento. Otro de los grupos clave de los metabolitos secundarios con propiedades antiedematosas y antioxidantes son los flavonoides. Estos También se ha demostrado que inhiben las enzimas lipoxigenasas, así como las propiedades de inhibición de los mastocitos (Middleton et al., 2000).

En esta misma línea, se ha encontrado que el extracto de *C. officinalis* contiene muchos tipos de flavonoides (Arora et al., 2013; Dinda et al., 2016), triterpenoides (Buzzi & Freitas, 2016; Nicolaus et al., 2014) así como polifenoles (Fonseca et al., 2010). Además, los estudios in vitro con extracto de alcohol de caléndula han demostrado efectos biológicos adicionales. Estos efectos incluyen un aumento en la proliferación y migración de fibroblastos humanos (Dinda et al., 2015, 2016; Fonseca et al., 2010; Fronza et al., 2009; Nicolaus et al., 2014) y queratinocitos (Nicolaus et al., 2014) cultivados en cultivos, aumento de la angiogénesis observada en el modelo de membrana corioalantoidea (Parente et al., 2011, 2012) y disminución de la actividad de la colagenasa (Nicolaus et al., 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se investigó a escala de laboratorio la producción de un extracto a partir de *Caléndula* spp. El trabajo experimental se realizó en el Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizado en la ciudad de Ibarra, Ecuador a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C.

Material genético

Como materia prima se utilizó *Caléndula* seca spp. de la empresa Aromas & Especies de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha.



Figura 1. Muestra de Caléndula.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se ha creado un diseño factorial multinivel que consiste en 12 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Diseño Base

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12
 Grados de libertad para el error: 6
 Aleatorizar: Sí

Tabla 1. Factores del diseño experimental

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Tiempo	12,0	24,0	2	(h)
Concentración	12,0	25,0	2	(%)

Tabla 2. Variable dependiente

Respuestas	Unidades
SDT	(ppt)

Se estableció como unidad experimental una muestra de 10 g de Caléndula seca y molida; como factores de estudio se definieron el tiempo de agitación y la concentración del solvente. Se establecieron como parámetros de operación el tamaño de partícula de 0,5 mm, pH de 7,2 y la velocidad de agitación de 100 rpm y presión atmosférica (101,3 KPa). La variable de respuesta seleccionada fue la productividad del proceso de extracción por maceración dinámica, medida como Sólidos Disueltos totales (SDT) en ppt. Como factores de ruido se verifica la cantidad de luz y la temperatura ambiente. Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS, para crear un diseño experimental factorial estándar 2², con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos.

Procedimiento

La muestra de Caléndula fue pulverizada en una licuadora industrial de marca MONTERO-LAR-15PMB, la muestra de materia prima se tamizó en tamaño de 0,5 mm. Como solvente se utilizó una solución de agua con alcohol etílico neutro rectificado, en concentración de 12 y 25 %. Se llenaron las jarras de vidrio de 250 ml con 10 g de muestra de Caléndula y 100 ml de solución hidroalcohólica y posteriormente se procedió a realizar la maceración dinámica, en un equipo agitador de marca BIODIVERSITY. Luego de la maceración dinámica, las muestras se filtraron través de un papel de filtro de celulosa gruesa de 0,3 micras con la ayuda de una bomba de vacío marca QUALITY QVP-500, a cada muestra

filtrada se le midió los SDT con un equipo marca HANNA.



Figura 2. Proceso de maceración de Caléndula.



Figura 3. Formulación de la disolución.



Figura 4. Licuado y homogenización.



Figura 5. Disoluciones de diferente concentración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se presenta la muestra de Caléndula utilizada en el experimento, su composición química promedio En relación con su composición se determinó (Grancza L, 1987; Marczal G, 1987) la presencia de pedunculatina, a y b ionona, oxido-transcariofileno, carvona, cariofileno, 2 cardinolos, geranil acetona, b-ionona-5,6-epóxido, dihidroactinidiolido, oplopanona, g-mouroleno, a -cardineno, guaiol y torryol. Por su parte Chushenhko V. (1988) detectó la presencia de polisacáridos solubles en agua, sustancias pectídicas y hemicelulosas en 14,75; 9,67 y 5,92 % en base seca (bs).



Figura 6. Disolución de caléndula.

En la tabla 3, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede apreciar se logra un mínimo de SDT de 0,79 ppt y un máximo de SDT de 1,39 ppt, cuando se trabaja con una maceración dinámica de 24 horas y una concentración del solvente del 25% y de 24 horas y una concentración del solvente del 12% respectivamente.

Tabla 3. Matriz de Resultados Experimentales

N	Bloque	Tiempo (h)	Concentración (%)	SDT (ppt)
1	1	12	12	1,22
2	1	24	12	1,33
3	1	24	25	0,79
4	1	12	25	0,89
5	2	24	12	1,39
6	2	12	25	0,82
7	2	24	25	0,73
8	2	12	12	1,24
9	3	24	12	1,3
10	3	24	25	0,8
11	3	12	12	1,32
12	3	12	25	0,85

Fuente: Elaborada por el autor

Análisis de Varianza para SDT

En la tabla 2 se presenta el ANOVA el cual particiona la variabilidad de SDT 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, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 4. Análisis De Varianza para SDT

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B: Concentración	0,710533	1	0,710533	302,00	0,0000
AB bloques	0,0192	1	0,0192	8,16	0,0289
Error total	0,00101667	2	0,000508333	0,22	0,8117
	0,0141167	6	0,00235278		
Total (corr.)	0,744867	11			

Fuente: Elaborada por el autor

La ecuación de regresión del modelo empírico ajustado a los datos de SDT es la siguiente:

$$SDT = 1,40769 + 0,0189744 * Tiempo + 0,0189744 * Concentración + 0,00102564 * Tiempo * Concentración$$

Optimización de la respuesta

En la tabla 5 se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza los valores de SDT sobre la región indicada.

Meta: maximizar SDT

Valor óptimo = 1,34

Tabla 5. Optimización de la respuesta

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	12,0	24,0	24,0
Concentración	12,0	25,0	12,0

Fuente: Elaborada por el autor

En la figura 8 se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizada para SDT, como se puede observar, tanto la concentración como la correlación tiempo-concentración son significativos, por lo cual dichos factores deben conservarse en el modelo matemático empírico.

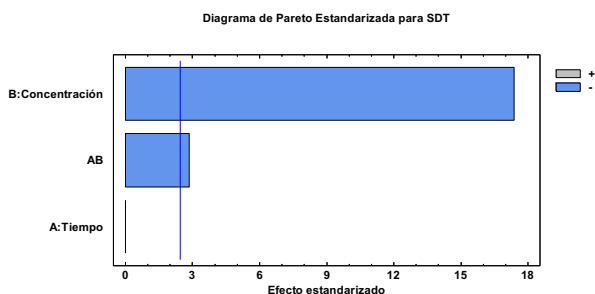


Figura 8. Diagrama de Pareto Estandarizada para SDT

En la figura 9 se presenta la Superficie de Respuesta Estimada para SDT, en la cual se puede observar que el punto máximo logrado de SDT equivalente a 1,34 ppt se da con las condiciones de tiempo = 24 h y concentración = 12%.

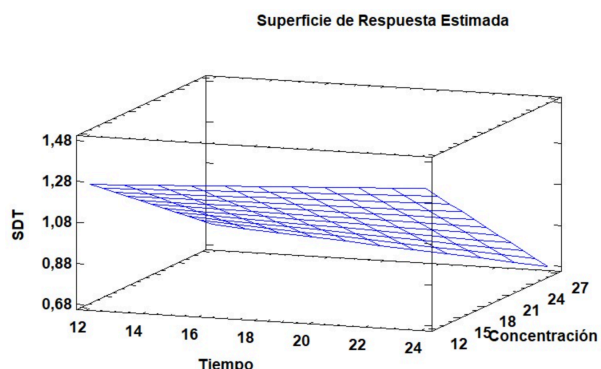


Figura 9. Superficie de Respuesta Estimada

CONCLUSIONES

Los extractos de *C. officinalis* y en particular los de sus flores poseen un amplio espectro de acciones farmacológicas, como antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante, de ahí la gran importancia de la Calendula en la cosmetología. Además, la Calendula posee un extenso número de familias químicas, entre las cuales sobresalen los carotenoides, los flavonoides, triterpenos, saponinas, ácidos fenólicos, taninos, coumarinas, polisacáridos, sustancias pectídicas y hemicelulosas.

En esta investigación se destaca la capacidad de disolución de la caléndula en distintas concentraciones alcohólicas, en donde se puede concluir que la disolución más óptima entorno a las condiciones de este experimento se brinda en base a una maceración de 24 horas y una concentración de 12% de alcohol. De esto se puede concluir que a mayor tiempo de maceración se obtiene disolución con mayor cantidad de SDT, siempre y cuando se mantenga una concentración alcohólica baja.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, y al Instituto Superior Tecnológico - 17 de Julio por la cooperación en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arora, Rani, & Sharma. (2013). A review on phytochemistry and ethnopharmacological aspects of genus calendula. *Pharmacog- Nosy* , 7, 179–185.
2. Buzzi, & Freitas. (2016). Therapeutic effectiveness of a Calen- dula officinalis extract in venous leg ulcer healing. *Wound Care* , 25, 732–754.
3. Chushenhko V. (1988). Carbohydrates from the inluorescence of C. officinalis. *Khim Prir Soedin*, 4–6.
4. Dinda, Dasgupta, Singh, Bhattacharyya, & Karmakar. (2015). PI3K-mediated proliferation of fibroblasts by Calendula off- icinalis tincture: implication in wound healing. *Phytother Res* , 607–619.
5. Dinda, Mazumdar, Das, Ganguly, Dasgupta, & Dutta. (2016). The water fraction of Calendula officinalis hydroethanol extract stimulates in vitro and in vivo prolifera- tion of dermal fibroblasts in wound healing. *Phytother Res* , 30, 169–186.
6. Dzubak, Hajduch, Vydra, Hustova, Kvasnica, & Biedermann. (2006). Pharmacological activities of natural triterpenoids and their therapeutic implications. *Nat Prod Rep* , 23, 394–411.
7. Fonseca, Catini, Vicentini, Nomizo, Gerlach, & Fonseca. (2010). Protective effect of Calendula officinalis extract against UVB-induced oxidative stress in skin: evaluation of reduced glutathione levels and matrix metalloproteinase secre- tion. . *Ethnopharmacol* , 127, 596–601.
8. Fronza, Heinzmann, Hamburger, Laufer, & Merfort. (2009). Determination of the wound healing effect of calendula extracts using the scratch assay with 3T3 fibroblasts. *J Ethnopharmacol*, 463–480.
9. Gracza L. (1987). Oxygen-containing terpene from Calendula officinalis. *Planta Med* .
10. Kapil, & Sharma. (1995). Effect of oleanolic acid on complement in adjuvant-and carrageenan- induced inflammation in rats. *Pharm Pharmacol* , 585–598.
11. Leach. (2008). Calendula officinalis and wound healing. *A Compendium Clin Res Practice*, 236–243.
12. Marczał G. (1987). Data on the essential oil content and composition of C. officinalis . *Herba Hung*, 26, 2–3.
13. Middleton, Kandaswami, & Theoharides. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. . *Pharmacol Rev*, 52, 673–751.
14. Muley, Khadabadi, & Banarase. (2009). Phytochemical constitu- ents and pharmacological activities of Calendula officinalis Linn (Asteraceae). *Trop J Pharmaceut Res* , 455–465.
15. Nicolaus, Junghanns, Murillo, & Merfort. (2014). Triterpene alcohols from Calendula officinalis L. flowers and in vitro studies on their wound healing activity. *Planta Med* , 80.
16. Parente, Andrade, Brito, Moura, Miguel, & Lino-Júnior. (2011). Angiogenic activity of Calendula officinalis flowers L. in rats. *Acta Cirurgica Brasileira* , 26, 19–24.
17. Parente, Lino, Tresvenzol, & Vinaud. (2012). Wound healing and anti-inflammatory effect in animal models of Calendula officinalis L. growing in Brazil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medi- Cine*, 375–671.
18. Singer, & Clark. (1999). *Cutaneous wound healing* (New England J Med).
19. the Wound Healing Society 13 Calendula officinalis extract for wound healing Givol et al. (2019). *Final report on the safety assessment of Calendula officinalis extract and Calendula officinalis*.

4 APLICACIONES INDUSTRIALES DEL HELECHO ACUÁTICO *AZOLLA SPP.*: UNA REVISIÓN

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF THE WATER FERN *AZOLLA SPP.*: A REVIEW

Kimberly Natacha Colorado Rodríguez¹, Diana Elizabeth Aguilar Arias¹, Julio Amílcar Pineda-Insuasti², Camilo Alejandro Pineda-Soto³, Gabriela Alejandra Veloz Salazar³, Ivette Graciela Mora Lovato².

¹Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

²Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

³BIOECOLÓGICOS. www.bioecologicos.com, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: coloradokimberly766@gmail.com

Recibido: 30/11/22

Aceptado: 23/12/22

RESUMEN

En el ámbito académico las plantas acuáticas están recibiendo mucha atención en la investigación de sus aspectos nutricionales, debido a su amplia gama de usos en la alimentación animal y humana. Azolla es una de las plantas flotantes de uso común. Actualmente, diferentes especies de Azolla se utilizan como alternativas de alimentación mantenible para ganado, cerdos, aves de corral y peces. Además del alto contenido de proteínas y aminoácidos esenciales de la Azolla, el helecho es rico en otros nutrientes como minerales, vitaminas y pigmentos. Por lo tanto, este artículo de revisión brinda información sobre la planta Azolla, su composición y la importancia de su suplementación para diferentes especies animales y su uso en la industria.

Palabras clave: Azolla, extracto, proteína.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la revisión de literatura, se han realizado diversas investigaciones acerca de la planta acuática Azolla; sobre todo se ha realizado énfasis sobre el valor nutritivo de la planta. La Azolla es un helecho acuático, flotante de la familia Azollaceae y el orden Pteridophyta (Bacerra et al., 1995; Wagner, 1997).

ABSTRACT

In the academic field, aquatic plants are receiving a lot of attention in the investigation of their nutritional aspects, due to their wide range of uses in animal and human food. Azolla is one of the commonly used floating plants. Currently, different Azolla species are used as maintainable feed alternatives for cattle, swine, poultry, and fish. In addition to Azolla's high protein and essential amino acid content, the fern is rich in other nutrients such as minerals, vitamins, and pigments. Therefore, this review article provides information about the Azolla plant, its composition, and the importance of its supplementation for different animal species and its use in industry.

Keywords: Azolla, extract, protein.

El nombre hace referencia a la conjunción de dialectos azo y allyo, que significan secar y matar respectivamente, esto debido a que el helecho se puede morir si fuese expuesto a condiciones de sequía.

De acuerdo con Mathur et al. (2013), se conocen al menos ocho especies de *Azolla en el mundo*, a saber, *Azolla pinnata*, *Azolla nilotica*, *Azolla caroliniana*, *Azolla japonica*,

Azolla circinata, *Azolla microphylla*, *Azolla rubra* y *Azolla mexicana*, de las cuales, la más común es *Azolla pinnata*.

Por su parte, Pillai et al. (2005) afirman que la *Azolla* es una fuente de carbono y nutrientes, además de proveer una cavidad que protege a las colonias de *Anabaena* a cambio de dinitrógeno atmosférico y promotores de crecimiento; esta relación de simbiosis hace que la *Azolla* sea una planta rica en proteínas (Mooventhan et al., 2019).

METODOLOGÍA

Protocolo de revisión

Se utilizó como protocolo de revisión el Report Standards for Systematic Evidence Synthesis (ROSES). Se eligió ROSES como protocolo de revisión en vez de elegir QUORUM o PRISMA debido a que está diseñado explícitamente para la investigación medio ambiental (Haddaway et al., 2018).

Pregunta de investigación

La revisión tiene como objetivo buscar en las bases de datos relacionadas con *Azolla* para recopilar la mayor cantidad de información posible de previos estudios para identificar las lagunas en los estudios. La pregunta de investigación que guía la búsqueda es "¿Cuáles son las aplicaciones industriales de la *Azolla* más comunes y eficientes?".

Estrategia de búsqueda

Una estrategia de búsqueda se destaca por ser un componente crítico de una revisión sistemática de literatura porque influye en la eficiencia de la búsqueda. Por lo tanto, se abordaron varios aspectos clave del protocolo ROSES para recuperar resultados de búsqueda de calidad. Los operadores booleanos como OR, AND y NOT se utilizaron para conectar elementos para ampliar o reducir los resultados de la ecuación de búsqueda. A continuación, se muestra el flujo de la estrategia de búsqueda, comenzando con la

identificación y terminando con la inclusión final, siguiendo los protocolos ROSES.

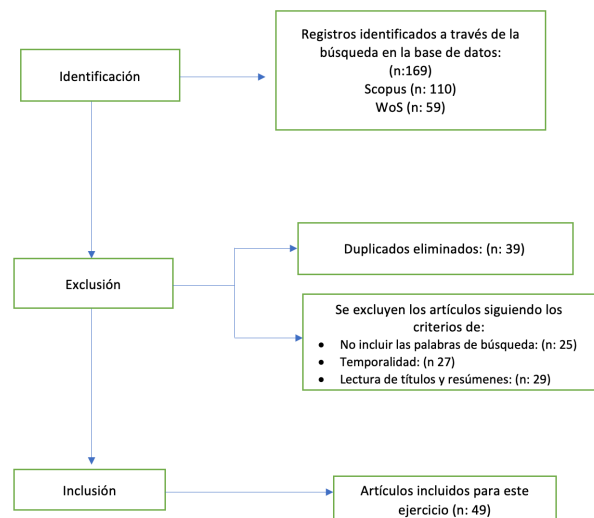


Figura 1: Diagrama sistemático del protocolo de revisión.

RESULTADOS

Composición de la azolla

La azolla es una fuente que posee un alto contenido de proteínas (25-35 %), nitrógeno (Lumpkin, 1984), gran variedad de aminoácidos esenciales (7-10 %), como lisina (Van Hove, 1989), además contiene minerales esenciales como hierro, calcio, fósforo, magnesio, manganeso, potasio, hierro y cobre (10-15%), también contiene diversas vitaminas como la vitamina A y la vitamina B12 (Lejeunea et al., 1999), carotenoides, clorofila, biopolímeros y probióticos (Cherryl et al., 2014; Henry et al., 2017; Mathur et al., 2013; Parashuramulu et al., 2013).

Por lo tanto, la *Azolla* se considera una fuente primordial de nutrientes. Además, el cianobionte de *Anabaena azollae* contiene, ficobiliproteínas y carotenoides (Tyagi et al., 1980). Cabe recalcar que, sus contenidos de carbohidratos y aceite no son altos, a diferencia de su gran capacidad de ser digerible debido a su alto contenido de lignina y proteína (Anitha et al., 2016). De acuerdo con Namra et al. (2010), quienes revelaron la presencia de altos niveles de energía en la *Azolla*, lo cual es importante tanto para la

disponibilidad de los nutrientes como para la digestión. De acuerdo con Kannaiyan (1992), la Azolla parece ser un posible biofertilizante debido a la contribución de nitrógeno a los cultivos de arroz.

Aplicaciones experimentales

De acuerdo con los usos conocidos de la azolla se plantea principalmente como abono, aunque recientemente se ha usado como repelente de mosquitos, herbicida, purificador de agua, ahorrador de fertilizantes (van Hove & Lejeune, 1996), medicamento para la tos (Raja et al., 2012), productor de biogás (Das et al., 1994; van Hove, 1989), biorremediador (Sood et al., 2012; Yadav et al., 2014) y recuperador de suelos afectados por salinidad (Raja et al., 2012).

Además, la literatura reporta que la adición de Azolla en las raciones de alimento reduce significativamente su costo (Bacerra et al., 1995; Escobin, 1987; Lawas et al., 1998; Sujatha et al., 2013b).

Facilidad de cultivo

Al hablar de la Azolla cabe recalcar su facilidad de cultivo, debido a la rápida producción de biomasa, crecimiento en nichos no explotados, alta productividad y valor nutritivo (Alalade & Iyayi, 2006; Lumpkin & Plucknette, 1982; Pillai et al., 2002; Prabina & Kumar, 2010; Singh & Subudhi, 1978; van Hove & Lejeune, 1996).

Azolla como alternativa de alimentación

La biocomposición de la Azolla la convierte en una alternativa de alimentación más económica, accesible, eficientes y mantenible para el ganado y las aves de corral (Kathirvelan et al., 2015; Pannaerker, 1988). Por ejemplo, la harina de *Azolla pinnata* se ha utilizado exitosamente para la alimentación de patos (Acharya et al., 2015; Bacerra et al., 1995; Escobin, 1987; Lawas et al., 1998; Sujatha et al., 2013a), pollos de engorde y ponedoras (Alalade & Iyayi, 2006; Balaji et al., 2009; Basak et al., 2002; Bhuyan et al., 1988; Castillo et al., 1981; Dhumal et al., 2009; Naghshi et al., 2014;

Querubin et al., 1986; Sreemannarayana et al., 1993), codornices (Rathod et al., 2013; Shamna et al., 2013; Varadharajan et al., 2019), conejos (Anitha et al., 2016; Sadek et al., 2010; Sreemannarayana et al., 1993; Wittouck et al., 1992) y peces (Nwana & Falaye, 1997).

Otros usos comunes

La literatura también afirma que en algunos casos la Azolla pinnata se ha utilizado para la alimentación de camarones, cabras y búfalos (Hossiny et al., 2008; Indira et al., 2009; Mandal et al., 2012; Rawat et al., 2015; Sudaryono, 2006), mientras que la Azolla filiculoides ha sido incluida en la dieta de cerdos en crecimiento (Bacerra et al., 1995) y para cerdas como sustituto de la fuente de proteína (Leterme et al., 2010).

DISCUSIÓN

Este artículo de revisión brinda una descripción general de la composición de la planta de Azolla y la importancia de su suplementación para diferentes especies, incluyendo la suplementación humana y su aplicabilidad industrial.

De acuerdo con esto se puede observar en la literatura que el helecho acuático Azolla spp. puede ser utilizado de distintas formas de acuerdo con las propiedades y composición de cada una de las especies existentes. Es por esto que los autores abordan de distinta forma a estas especies, pero en su mayoría concuerdan con su composición nutricional y proteica.

Reflexiones finales

En medio del interés en el helecho acuático Azolla como una gran alternativa universal de materia prima, solo unos pocos estudios han demostrado el potencial de la Azolla como alimento para aves o ganado vacuno. Además, se discute con frecuencia la eficacia de la Azolla como alimento en aves y ganado. Se descubrió que la mayoría de los estudios de Azolla se han centrado en su mayoría en los biofertilizantes y la biorremediación. Por lo

tanto, existe la urgencia de estudiar la eficacia de Azolla en aves o ganado para futuras referencias, o a su vez centrar esfuerzos en el potencial de sus extractos y composiciones protéicas.

AGRADECIMIENTO

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acharya, Mohanty, Pradhan, Mishra, Beura, & Moharana. (2015). Exploring the effects of inclusion of dietary fresh Azolla on the performance of White Pekin broiler ducks. *Veterinary World*, 8, 1293–1299. <http://dx.doi.org.10.14202/vetworld.2015.1293-1299>
2. Alalade, & Iyayi. (2006). Chemical composition and feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) meal for egg type chicks. *International Journal of Poultry Science*, 5, 137–141. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2006.137.141>
3. Anitha, Rajeshwari, Prasanna, & Shilpa. (2016). Nutritive evaluation of Azolla as livestock feed. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 670–674. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(Issue6\).670.674](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(Issue6).670.674)
4. Bacerra, Preston, & Ogle. (1995). Effect of replacing whole boiled soya beans with Azolla in the diets of growing ducks. *Livestock Research for Rural Development*, 7, 1–11. <http://www.lrrd.org/lrrd7/3/7.htm>
5. Balaji, Jalaludeen, Richard, Peethambaran, & Senthilkumar. (2009). Effect of dietary inclusion of Azolla (*Azolla pinnata*) on production performance of broiler chicken. *Indian Journal of Poultry Science*, 44, 195–198.
6. Basak, Pramanik, Rahman, Tarafdar, & Roy. (2002). Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in broiler ration. *International Journal of Poultry Science*, 1, 29–34. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2002.29.34>
7. Bhuyan, Hasanat, Ali, & Rahman. (1988). Effect of feeding Azolla (*Azolla pinnata*) on the performance of broiler. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 27, 77–82. : http://jakraya.com/journal/pdf/15-IriArticle_1.pdf
8. Castillo, Gerpacio, & Pascual. (1981). *Exploratory studies on Azolla and fermented rice hulls in broiler diets*. College Laguna.
9. Cherryl, Prasad, Rao, Jayalaxmi, & Kumar. (2014). A study on the nutritive value of Azolla pinnata. *Livestock Research International*, 2, 13–15. : http://jakraya.com/journal/pdf/3-IriArticle_3.pdf
10. Das, Sikdar, & Chetterjee. (1994). Potential of Azolla pinnata as biogas generator and as a fish feed. *Indian Journal of Environmental Health*, 36, 186–191. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19961300822>
11. Dhumal, Siddiqui, Siddiqui, & Avari. (2009). Performance of broilers fed on different levels of azolla meal. *Indian Journal of Poultry Science*, 65–68. : <http://www.entomoljournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=4&ArticleId=3928>
12. Escobin. (1987). *Fresh Azolla (*Azollamicrophylla kaulfuss*) as partial replacement to palay-snail-shrimp based ration for laying mallard and growth-fattening Muscovy ducks*. University Los Banos, College, Laguna.
13. Haddaway, Macura, Whaley, & Pullin. (2018). ROSES Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses: Pro Forma, Flow-Diagram and Descriptive Summary of the Plan and Conduct of Environmental Systematic Reviews and Systematic Maps. *Environmental Evidence*. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0121-7>.
14. Henry, Reetha, Paramasivam, & Mehala. (2017). . Effect of Azolla supplementation on production performance of Nandanam– II turkey growers. *Indian Veterinary Journal*, 94, 28–30.
15. Hossiny, Setoudeh, Rokni, Dehghanzadeh, & Cheraghcheshm. (2008). Using of silage Azolla in Guilan male calves nutrition. *Proceedings of Third National Congress of Recycling and Reuse of Renewable*.
16. Indira, Sarjan, Suresh, Venugopal, & Ravi. (2009). Azolla (*Azolla pinnata*) as feed supplement in buffalo calves on growth performance. . *Indian Journal of Animal Nutrition*, 26, 345–348. t: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijan&volume=26&issue=4&article=009>

17. Kannaiyan. (1992). *Azolla Biofertilizer Technology for Rice*. Tamil Nadu Agricultural University.
18. Kathirvelan, Banupriya, & Purushothaman. (2015). Azolla- an alternate and sustainable feed for livestock. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 4, 1153–1157. <http://www.ijset.net/journal/748.pdf>
19. Lawas, Roxas, & Lambio. (1998). Laying performance of Philippine Mallard ducks fed diets substituted with fresh Azolla. *Recent Developments in Animal Production*, 220–225.
20. Lejeunea, Cagauan, & Vanhove. (1999). Azolla research and development: recent trends and properties. In *Symbiosis* (Vol. 27, pp. 333–351). t: <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/77695/VOLUME%2027-NUMBERS%203&4-1999-PAGE%20333.pdf?sequence=1>
21. Leterme, Londono, Ordonez, Rosales, Estrada, Bindelle, & Buldegen. (2010). Nutritive value and intake of aquatic ferns (*Azolla fillicoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in sows. *Animal Feed Science and Technology*, 5564–64. : <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.10.002>
22. Lumpkin. (1984). Assessing the potential for Azolla use in the humid tropics. *International Rice Commission News*, 33, 30–33. [hps://agris.fao.org/agris-earch/search.do?recordID=XF8552445](https://agris.fao.org/agris-earch/search.do?recordID=XF8552445)
23. Lumpkin, & Plucknette. (1982). Azolla as a green manure. *Use and Management in Crop Production*. http://jakraya.com/journal/pdf/15-IriArticle_1.pdf
24. Mandal, Pandey, Chattopadhyay, & Mukhopadhyay. (2012). Azolla-an adequate form of significance to small scale. *Aquaculture Asia*, 18. : <https://arccjournals.com/journal/bhartiya-krishi-anusandhanpatrika/BKAP36>
25. Mathur, Sharma, & Choudhary. (2013). Use of Azolla (*Azolla pinnata*) as cattle feed supplement. *Journal of Krishi Vigyan*, 2, 73–75. <http://iskv.in/wp-content/themes/iskv/volumepdfs/77c375b4c30658fe6bd13845afae0010jkv-2-1-018.pdf>
26. Mooventhan, Kumar, Dixit, Sharma, Sivalingam, Gupta, Singh, Singh, Venkatesan, & Kaushal. (2019). Azolla: The super plant for sustainable feed production. *Indian Farming*, 69, 26–27. https://www.nibsm.res.in/images/Azolla_The_super_plant_for_sustainable_feed_production.Indian_Farming.pdf
27. Naghshi, Khojasteh, & Jafari. (2014). Investigation of the effect of different levels of Azolla (*Azolla pinnata*) on performance and characteristics of Cobb broiler chicks. *International Journal of Farming and Allied Science*, 45–49. t: [https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-the-Effect-of-Different-Levels-of-\(Naghshi-Khojasteh/5d533eb1d26b0a7d19a7fc4767630cf35fe07357](https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-the-Effect-of-Different-Levels-of-(Naghshi-Khojasteh/5d533eb1d26b0a7d19a7fc4767630cf35fe07357)
28. Namra, Hataba, & Abdel. (2010). The productive performance of growing Fayoumi chicks fed restricted diets supplemented with free fresh Azolla. *Egyptian Poultry Science Journal*, 30, 747–762. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4774740/>
29. Nwanna, & Falaye. (1997). Substitution of Azolla meal for groundnut cake in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Applied Tropical Agriculture*, 139–143.
30. Pannaerker. (1988). Azolla as a livestock and poultry feed. *Livestock Adviser*, 22–26. t: <https://www.semanticscholar.org/paper/Feeding-Potential-of-Aquatic-FernAzolla-in-Broiler-Ara-Adil/e9c9e0a4ea0101d24967c165d3acbb48fbc539bb>
31. Parashuramulu, Swain, & Nagalakshmi. (2013). Protein fractionation and in vitro digestibility of Azolla in ruminants. *Online Journal of Animal Feed Research*, 3, 129–132. : [http://www.ojafr.ir/main/attachments/article/95/Online%20J.%20Anim.%20Feed%20Res.,%203%20\(3\)%20129-132.pdf](http://www.ojafr.ir/main/attachments/article/95/Online%20J.%20Anim.%20Feed%20Res.,%203%20(3)%20129-132.pdf)
32. Pillai, Premalatha, & Rajamony. (2002). Azolla – A sustainable feed substitute for livestock. *LEISA India*, 4, 26–27.

33. Pillai, Premalatha, & Rajamony. (2005). Azolla: A Sustainable Feed for Livestock. . *LEISA Magazine*, 21, 15–17. <http://www.gemenskapspraktik.se/projects/theazollacookingandcultivationproject/research/Azolla,%20a%20sustainable%20feed%20for%20livestock.pdf>
34. Prabina, & Kumar. (2010). Dried Azolla as a nutritionally rich cost effective and immunomodulatory feed supplement for broilers. *The Asian Journal of Animal Science*, 5, 20–22. [http://www.researchjournal.co.in/online/TAJAS/TAJAS%205\(1\)/5_A-20-22.pdf](http://www.researchjournal.co.in/online/TAJAS/TAJAS%205(1)/5_A-20-22.pdf)
35. Querubin, Alcantara, & Princesa. (1986). Chemical composition of three Azolla species (*A. caroliniana*, *A. microphylla* and *A. pinnata*) and feeding value of Azolla meal (*A. microphylla*) in broiler ration II. *Philippine Agriculturist*, 479–490. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=PH8810158>
36. Raja, Rathaur, John, & Ramteke. (2012). Azolla: an aquatic Pteridophyte with great potential. . *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2, 68–72. https://dofr.pw/feta_cy_cygub_n.pdf
37. Rathod, Pramod, Praveen, Mandal, & Shinde. (2013). Feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) meal in growing Japanese quail. . *Indian Journal of Poultry Science*, 48, 154–158. t: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijps&volume=48&issue=2&article=004>
38. Rawat, Kumari, Singh, & Gilhare. (2015). Effect of Azolla supplemented feeding on milk production of cattle and production of broiler. *Applied Biological Research*, 214–218. l: <http://dx.doi.org/10.5958/0974-4517.2015.00031.2>
39. Sadek, Fatma, Hanan, Hassanein, Arafa, & Elham. (2010). Using of Azolla silage in growing rabbits feeding. *Egyptian Journal of Rabbit Science*, 67–82.
40. Shamna, Peethambaran, Jalaludeen, Joseph, & Aslam. (2013). Broiler characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) at different levels of diet substitution with *Azolla pinnata*. *Animal Science Report*, 75–80. https://www.animalsciencereporter.com/7_2013_i2/75-80.pdf
41. Singh, & Subudhi. (1978). Utilization of Azolla in poultry feed. *Indian Farming*, 27, 37–39.
42. Sood, Uniyal, Prasanna, & Ahluwalia. (2012). Phytoremediation potential of aquatic macrophyte. *Azolla*, 122–137. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0159-z>
43. Sreemannarayana, Ramachandraiah, Sudarshan, Ramanaiah, & Ramaprasad. (1993). Utilization of azolla as rabbit feed. *Indian Veterinary Journal*, 285–286. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=IN9300569>
44. Sudaryono. (2006). Use of Azolla (*Azolla pinnata*) meal as a substitute for defatted soybean meal in diets of juvenile black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Journal of Coastal Development*, 145–154. : <http://www.coastdev.undip.ac.id/>
45. Sujatha, Kundu, Jeyakumar, & Kundu. (2013a). Azolla supplementation: Feed cost benefit in duck ration in Andaman Islands. *Tamil Nadu Journal of Veterinary Animal Science*, 130–136. t: [http://www.tanuv.ac.in/tnjvas/tnjvas/vol9\(2\)/130-136%20pdf.pdf](http://www.tanuv.ac.in/tnjvas/tnjvas/vol9(2)/130-136%20pdf.pdf)
46. Sujatha, Kundu, Jeyakumar, & Kundu. (2013b). Azolla supplementation: Feed cost benefit in duck ration in Andaman Islands. *Tamil Nadu Journal of Veterinary Animal Science*, 9, 130–136.
47. Tyagi, Mayne, & Peters. (1980). Purification and initial characterization of phycobiliproteins from the endophytic cyanobacterium of *Azolla*. *Archives of Microbiology*, 128, 41–44. : <https://doi.org/10.1007/BF00422303>
48. van Hove. (1989). Azolla and its multiple use with emphasis on Africa. *Food and Agriculture Organization*, 21, 112–116. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=XF19910069349>
49. van Hove, & Lejeune. (1996). Does Azolla have any future in agriculture? In Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice Production (Ed.), *Does Azolla have any future in agriculture?* (pp. 83–94). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

50. Varadharajan, Gnanasekar, & Kothandaraman. (2019). Studies on feeding value of Azolla in quails in relationship to its carcass traits. *The Pharma Innovation Journal*, 1143–1145. <http://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartR/8-4-124-734.pdf>
51. Wagner. (1997). Azolla: A review of its biology and utilization. *The Botanical Review*, 63, 1–26. <https://www.jstor.org/stable/4354285>
52. Wittouck, Detimmerman, Petry, & Van. (1992). Azolla as a food for rabbit in Africa. *Journal of Applied Rabbit Research*, 1058–1062.: http://www.arnjournals.org/jabs/research_papers/rp_2016/jabs_01_16_774.pdf
53. Yadav, Abraham, Singh, & Singh. (2014). Advancements in the utilization of Azolla-Anabaena system in relation to sustainable agricultural practices. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, , 80, 301–316. http://www.insaindia.org/journals/proceedings/Vol80_2014_2_Art14.pdf

5 INFLUENCIA DE LA DOSIS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE MEZCLA ESPECIAL M4 EN EL CULTIVO DE MARALFALFA (*PENNISETUM SPP.*)

INFLUENCE OF THE DOSE AND MOMENT OF APPLICATION OF THE SPECIAL MIX FERTILIZER M4 IN THE CROP OF MARALFALFA (*PENNISETUM SPP.*)

Camilo Alejandro Pineda-Soto¹, Julio Amilcar Pineda-Insuasti², Melissa Anahí Solarte Cazar²

¹ BIOECOLOGICOS. www.bioecologicos.com, Ibarra, Ecuador.

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra. Ecuador

Correo de contacto: camilopinedasoto@hotmail.com

Recibido: 14/02/21

Aceptado: 19/02/21

RESUMEN

Se identifica la necesidad de comprobar que la máxima eficiencia del Fertilizante Mezcla Especial se logra cuando se utiliza una dosis de 1000 ml/ha, como máximo. Se estudió el cultivo del pasto proteico maralfalfa, aplicando un diseño experimental factorial 2². Los factores estudiados fueron la dosis del FME-M4 y el momento de aplicación. Se demostró con un 95 % de confiabilidad que *no existe una de diferencia significativa entre los factores estudiados y se logró una máxima eficiencia de crecimiento del cultivo de 70 cm, cuando se trabajó con 1000 ml FME-M4/ha a los 10 días de aplicación luego de la siembra*. Los resultados logrados representan un aporte tecnológico para el desarrollo de la Bioagricultura del país.

Palabras claves: maralfalfa, FME-M4, fibra de coco, dosis y momento de aplicación.

INTRODUCCIÓN

La ganadería tiene una gran importancia en América Latina y el Caribe al ser una fuente de alimentos básicos que contribuye a la seguridad alimentaria y a la economía de la población. El sector pecuario en América Latina y el Caribe según la FAO contribuye con el 46 % del Producto Interno Bruto Agrícola y ha crecido a una tasa anual del 3,7. La ganadería ha tenido un enorme crecimiento,

ABSTRACT

The need to verify that the maximum efficiency of the Special Mixture Fertilizer is achieved when using a maximum dose of 1000 ml/ha is identified. The cultivation of maralfalfa protein grass was studied, applying a 2² factorial experimental design. The factors studied were the dose of FME-M4 and the time of application. It was shown with 95% reliability that there is no significant difference between the factors studied and a maximum growth efficiency of the crop of 70 cm was achieved when working with 1000 ml FME-M4/ha at 10 days of application. after planting. The results achieved represent a technological contribution for the development of Bioagriculture in the country.

Keywords: maralfalfa, FME-M4, coconut fiber, dose, and time of application.

debido al incremento de la demanda mundial por productos de origen animal (FAO, 2022).

En el Ecuador desde el año 2005 se ha introducido una nueva especie forrajera denominada pasto maralfalfa (*Pennisetum spp.*) como una alternativa a la alimentación ganadera. El pasto maralfalfa es una gramínea perenne, presenta una alta productividad. Puede establecerse en suelos de media a alta

fertilidad, también, puede desarrollarse en alturas de 0 – 2600 m.s.n.m, a temperaturas de 13 a 27°C y es moderadamente tolerante a la sombra. Esta especie forrajera es atacada por pudrición de raíces y mancha foliar (*Cylindrocladium* sp) (Martínez F, 2019).

El pasto maralfalfa ha sido introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica (Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros) debido a su potencial como forraje para rumiantes (Correa, 2006; Moreno and Molina, 2007). Siendo este cultivo de gran interés para la industria ganadera.

En la actualidad se conoce el gran aumento de la utilización de herbicidas y plaguicidas esto ha llegado a ser un problema para el medio ambiente. Afecta a la salud humana, del suelo y de la planta. Los herbicidas provocan la eutrofización, toxicidad de las aguas, degradan el suelo. Alteran el equilibrio del ecosistema (Belitama, 2022).

Por otro lado, se ha registrado que el uso de plaguicidas puede estar relacionado con diversas enfermedades como leucemia, cáncer, problemas cognitivos y neuropsicológicos, entre otras. También, depende del tiempo y cantidad a la que ha sido expuesta el humano o el animal (Gonzales, 2019).

Los agricultores aplican los pesticidas con necesidad de proteger a sus cultivos, algunos sin protección y sin respetar las medidas establecidas, aumentando la dosis para la plaga, sin tomar en cuenta la cantidad de contaminación que se ha aplicado (Castillo, et al., 2020).

La alternativa para el uso de agroquímicos, son los productos orgánicos. Estos productos tienen algunas ventajas en general que son: recuperan el equilibrio del suelo, permiten la fijación del carbono en el suelo, se necesita menos energía en su producción. Además, si el agricultor esta expuesto a esta clase de

productos es menos probable que tenga afecciones a su salud, también, se ha visto que al usar productos orgánicos el cultivo puede tener un mejor rendimiento dependiendo el fertilizante escogido (Mosquera, 2010).

El Fertilizante Mezcla Especial M4 es un fertilizante orgánico que está compuesto por materia orgánica minerales y metabolitos. Este fertilizante tiene la capacidad de mejorar la absorción de nutrientes en la planta, mejora la textura y estructura del suelo, mejora la permeabilidad del suelo, disminuye la erosión del suelo y aumenta la retención del agua en el suelo. Además, permite reducir los cambios del pH y aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo. También, favorece la aireación y oxigenación del suelo permitiendo una mayor actividad radicular y la actividad de microorganismos aerobios.

Todas estas características expuestas tienen como efecto la reducción del ciclo de cultivo, ayuda a compensar los efectos negativo producidos por sequias, aumento de humedad, temperaturas variables, fitotoxicidad, disminución del uso de plaguicidas y herbicidas, acelera el proceso de compostaje, estimula el desarrollo de raíces, tallos y hojas. El fertilizante se puede aplicar en cualquier tipo de cultivo.

Este fertilizante al tener varias características favorables es necesario entender cuál es la dosis que muestre la mayor eficiencia para un cultivo como la maralfalfa. Al ser un cultivo relativamente nuevo es necesario aprovechar al máximo los recursos y al utilizar un fertilizante orgánico se necesita comprobar la dosis adecuada.

El objetivo de este estudio es determinar la influencia de la dosis del Fertilizante Mezcla Especial (FME-M4) y el momento de aplicación, en el cultivo de la maralfalfa, mediante análisis de procesos de bioagricultura, que permitan el máximo

aprovechamiento de las materias primas e insumos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se investigó a escala laboratorio la eficiencia del Fertilizante Mezcla Especial en el cultivo de maralfalfa (*Pennisetum spp.*). El trabajo experimental se realizó en el cultivo de plantas proteicas del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizada en la ciudad de Ibarra, a 2200 msnm y con una temperatura promedio de 18 °C.

Material genético, sustrato e insumos

Como material genético se utilizó estacas de maralfalfa del cultivo experimental de CEBA. El insumo agrícola utilizado fue el Fertilizante Mezcla Especial (FME-M4) (CÓDIGO SERCOP: SIE-CEBA-001-21). En la figura 1 se muestran los materiales utilizados. Como sustrato para plantas se utilizó fibra de coco para uso agrícola y forestal de la marca GOLDEN MIX. En la tabla 1, se presenta la descripción promedio del producto de fibra de coco.

Tabla 1. Descripción del sustrato

Densidad	Materia Orgánica	Porosidad Total	Capacidad de Aireación (10 cm)	Capacidad Retención Agua	Rendimiento Efectivo Sustrato
89Kg/m ³	98 %	94 %	35 %	408 ml/L	240 litros



a) Material genético de maralfalfa



c) Fertilizante Mezcla Especial (FME-M4).



b) Sustrato fibra de coco

Figura 1. a) Material genético, b) FME-M4 y c) sustrato fibra de coco.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció como unidad experimental una bolsa plástica de color negro de 7 x 23 pulgadas para la siembra de las plantas, como factores de estudio se definió la dosis de FME-

M4 y el momento de aplicación. Se utilizó el software STATGRAPHICS Centurion XVI para el análisis estadístico.

Parámetros de operación: Como parámetros de operación se estableció el número de plantas por hectárea en 62500,0 el tiempo de medición del crecimiento de la planta en 45 días, altura sobre el nivel del mar en 2200 msnm, como sustrato de crecimiento la fibra de coco y la bolsa de siembra de 500 g de sustrato.

Factores de ruido: Se identificaron los factores de ruido como la temperatura ambiente, humedad relativa y el clima.

Diseño experimental

Se ha creado un diseño experimental factorial multinivel 2² que consiste en 12 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Diseño Base

- Número de factores experimentales: 2
- Número de bloques: 3
- Número de respuestas: 1
- Número de corridas: 12
- Grados de libertad para el error: 6
- Aleatorizar: Sí

<i>Factores de estudio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Niveles</i>	<i>Unidades</i>
Dosis FME M4	1000,0	1500,0	2	(ml/ha)
Momento aplicación	10,0	30,0	2	(Días)

<i>Variable de Respuesta</i>	<i>Unidades</i>
Altura de crecimiento	(cm)

Procedimiento experimental

Se procede con el llenado y pesaje de la bolsa de cultivo con 500 g de sustrato de fibra de

coco, luego se realiza la siembra de la estaca del maralfalfa vertical ligeramente inclinada y se riega con agua natural procedente de vertiente, se deja en una gaveta de plástico para su crecimiento y posterior evaluación. Se prepara por separado dos soluciones de FME-M4 en 100 ml de agua la una con 1000 ml/ha (0,016 ml por planta) y otra con 1500 ml/ha (0,024 ml/planta), que se utiliza para nutrir cada una de las plantas del experimento. En la figura 2, se observa el procedimiento experimental.



Figura 2. Procedimiento experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 3, se presenta las muestras de maralfalfa estudiadas. En la Tabla 2, se

presenta la matriz de resultados experimentales, como se observa se logra una altura máxima de 70 cm, cuando se trabaja con momento de aplicación 10 días y dosis de 1000 ml FME-M4/ha.

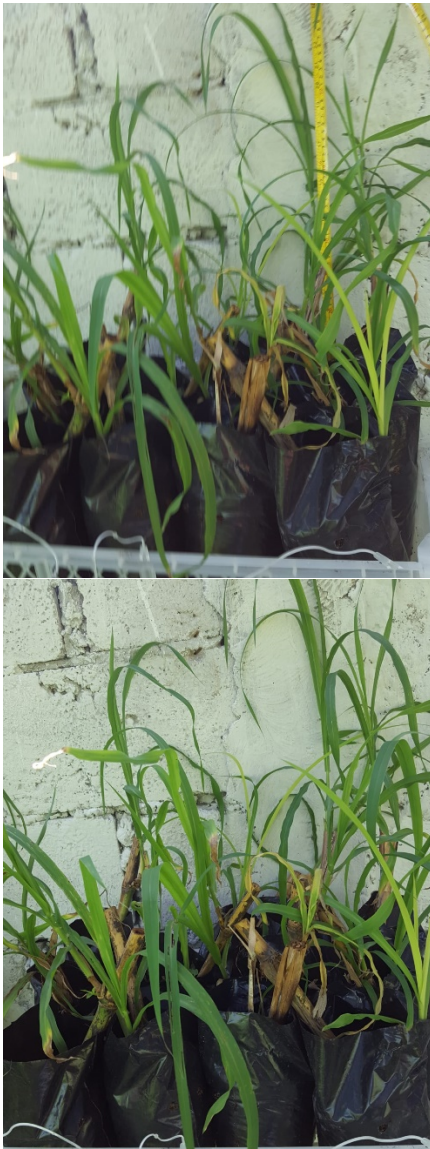


Figura 3. Resultados del crecimiento del cultivo

Tabla 2. Matriz de resultados experimentales

Blo que	Dosis FME M4 (ml/Ha)	Momento Aplicación (Días)	Altura De Crecimiento (Cm)
1	1500	10	69
1	1000	30	68
1	1000	10	70
1	1500	30	69

2	1000	10	70
2	1500	30	69
2	1500	10	69
2	1000	30	70
3	1000	30	69
3	1500	10	69
3	1500	30	68
3	1000	10	70

En la tabla 3, se presenta el análisis de varianza para la altura de crecimiento del pasto proteico maralfalfa.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Altura de crecimiento 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%.

Tabla 3. Análisis de Varianza para altura de crecimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
A: dosis FME M4	1,33333	1	1,33333	4,00	0,0924
B: momento aplicación	1,33333	1	1,33333	4,00	0,0924
AB bloques	0,333333	1	0,333333	1,00	0,3559
Error total	0,666667	2	0,333333	1,00	0,4219
Total (corr.)	2,0	6	0,333333		
	5,66667	11			

Tabla 4. Coeficiente de regresión para altura de crecimiento

Coefficiente	Estimado
constante	73,1667
A: Dosis FME M4	-0,00266667
B: Momento aplicación	-0,116667
AB	0,0000666667

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Altura de crecimiento} = 73,1667 - 0,00266667 \cdot \text{DOSIS FME M4} - 0,116667 \cdot \text{MOMENTO APLICACIÓN} + 0,0000666667 \cdot \text{DOSIS FME M4} \cdot \text{MOMENTO APLICACIÓN}$$

Optimizar Respuesta

Meta: maximizar altura de crecimiento
 En la tabla 5, se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza altura de crecimiento sobre la región indicada. Valor óptimo = 70,0

Tabla 5. Optimización

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Dosis FME M4	1000,0	1500,0	1000,0
Momento aplicación	10,0	30,0	10,0

En la figura 4, se presenta el Diagrama de Pareto estandarizado para altura de crecimiento, lo cual corrobora que no existe diferencia significativa entre los factores estudiados.

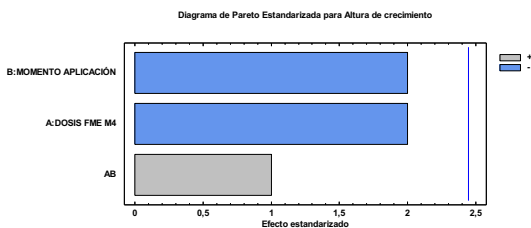


Figura 4. Diagrama de Pareto Estandarizado para altura de crecimiento.

CONCLUSIONES

No existe diferencia significativa en los factores estudiados, momento de aplicación y dosis de FME-M4 en el crecimiento de la maralfalfa en sustrato fibra de coco, la máxima eficiencia con una altura de 70 cm se logra cuando se trabaja con momento de aplicación 10 días y dosis de 1000 ml FME-M4/ha.

AGRADECIMIENTO

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Belitama Montero, F. B. (2022). *Los plaguicidas y su impacto en el medio ambiente* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022)
2. Castillo, B., Ruiz, ;., Manrique, ;., & Pozo, C. (2020). *Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú)* Contamination by agricultural pesticides in crop fields in Cañete. Revistaespacios.com. Recuperado el 27 de julio de 2022, de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/a20v41n10p11.pdf>
3. Calle, F. (2009). *Adaptación y producción del pasto Maralfalfa (Pennicetum violaceum) en la zona de Jadan 2600msnm*. Edu.ec. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/435/1/07522.pdf>
4. Correa, H. 2006. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (Pennisetum sp) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development*. 18(6):2006. (En línea). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/6/corr18084.htm>
5. González Ulibarry, P. (2019). *Efecto de los plaguicidas sobre la salud humana Exposición e impactos Autor*. Bcn.cl. Recuperado el 27 de julio de 2022, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26823/2/Efecto_de_los_plaguicidas_en_la_Salud.pdf
6. Moreno, F. y D. Molina. 2007. Buenas practicas agropecuarias en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta. MANA-FAO. Impresión CTP Print Ltda. Colombia. 139 p.
7. Mosquera, B. (2010, septiembre). *ABONOS ORGANICOS PROTEGEN EL SUELO Y GARANTIZAN ALIMENTACIÓN SANA*. Org.ec. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
8. *Producción pecuaria en América Latina y el Caribe*. (s/f). Fao.org. Recuperado el 5 de julio de 2022, de <https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>

6 INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA CONCENTRACIÓN DEL SOLVENTE EN LA PRODUCCIÓN DE EXTRACTO DE AZOLLA SPP.

INFLUENCE OF TIME AND SOLVENT CONCENTRATION ON THE PRODUCTION OF AZOLLA SPP. EXTRACT.

Kimberly Natacha Colorado Rodríguez¹, Diana Elizabeth Aguilar Arias¹, Julio Amílcar Pineda-Insuasti², Camilo Alejandro Pineda-Soto³, Ivette Graciela Mora Lovato².

¹Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

²Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

³BIOECOLÓGICOS. www.bioecologicos.com, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: coloradokimberly766@gmail.com

Recibido: 07/10/22

Aceptado: 08/11/22

RESUMEN

Existe limitado conocimiento en el campo del extracto de Azolla, por lo cual se propone realizar esta investigación con el fin de optimizar el proceso de extracción de Azolla spp. Esto mediante una extracción hidroalcohólica a diferentes concentraciones y diferentes tiempos de maceración que permitan determinar los factores y variables clave para una mayor cantidad de SDT en el extracto. Se determina el modelo matemático que permite optimizar el proceso con las variables de tiempo de maceración y concentración de la disolución.

PALABRAS CLAVE: Proteína, Sólido-Líquido, modelo matemático.

INTRODUCCIÓN

La Azolla es un helecho acuático, flotante de la familia Azollaceae y el orden Pteridophyta (Bacerra et al., 1995; Wagner, 1997). El nombre hace referencia a la conjunción de dialectos azo y allyo, que significan secar y matar respectivamente, esto debido a que el helecho se puede morir si fuese expuesto a condiciones de sequía.

De acuerdo con Mathur et al. (2013), se conocen al menos ocho especies de *Azolla en el mundo, a saber, Azolla pinnata, Azolla*

ABSTRACT

There is limited knowledge in the field of Azolla extract, which is why it is proposed to carry out this research in order to optimize the extraction process of Azolla spp. This through a hydroalcoholic extraction at different concentrations and different maceration times that allow determining the key factors and variables for a greater amount of SDT in the extract. The mathematical model that allows optimizing the process with the variables of maceration time and concentration of the solution is determined.

KEYWORDS: Protein, Solid-Liquid, mathematical model.

nilotica, Azolla caroliniana, Azolla japonica, Azolla circinata, Azolla microphylla, Azolla rubra y Azolla mexicana, de las cuales, la más común es Azolla pinnata.

Por su parte, Pillai et al. (2005) afirman que la Azolla es una fuente de carbono y nutrientes, además de proveer una cavidad que protege a las colonias de Anabaena a cambio de dinitrógeno atmosférico y promotores de crecimiento; esta relación de simbiosis hace que la Azolla sea una planta rica en proteínas (Moventhan et al., 2019).

Por lo tanto, la Azolla se considera una fuente primordial de nutrientes. Además, el cianobionte de *Anabaena azollae* contiene, ficobiliproteínas y carotenoides (Tyagi et al., 1980). Cabe recalcar que, sus contenidos de carbohidratos y aceite no son altos, a diferencia de su gran capacidad de ser digerible debido a su alto contenido de lignina y proteína (Anitha et al., 2016).

De acuerdo con Namra et al. (2010), quienes revelaron la presencia de altos niveles de energía en la Azolla, lo cual es importante tanto para la disponibilidad de los nutrientes como para la digestión. De acuerdo con Kannaiyan (1992), la Azolla parece ser un posible biofertilizante debido a la contribución de nitrógeno a los cultivos de arroz.

De acuerdo con los usos conocidos de la azolla se plantea principalmente como abono, aunque recientemente se ha usado como repelente de mosquitos, herbicida, purificador de agua, ahorrador de fertilizantes (van Hove & Lejeune, 1996), medicamento para la tos (Raja et al., 2012), productor de biogás (Das et al., 1994; van Hove, 1989), biorremediador (Sood et al., 2012; Yadav et al., 2014) y recuperador de suelos afectados por salinidad (Raja et al., 2012).

Además, la literatura reporta que la adición de Azolla en las raciones de alimento reduce significativamente su costo (Bacerra et al., 1995; Escobin, 1987; Lawas et al., 1998; Sujatha et al., 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se investigó a escala de laboratorio la producción de un extracto a partir de *Azolla* spp. El trabajo experimental se realizó en el laboratorio del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizada en la ciudad de Ibarra, Ecuador a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C.

Material genético

Como material genético se utilizó la *Azolla* spp. de producción nacional cultivada de forma artesanal en la finca del señor Franco Agustín Ordóñez Godoy, ubicada en la parroquia del Quinche, cantón Quito, Provincia de Pichincha.



Figura 1. Cosecha de Azolla

Diseño experimental y análisis estadístico

Se ha creado un diseño factorial multinivel que consiste en 12 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Diseño Base

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12

Grados de libertad para el error: 6

Aleatorizar: Sí

Tabla 1. Factores clave del diseño experimental

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Tiempo	12,0	24,0	2	(h)
Concentración	12,0	25,0	2	(%)

Tabla 2. Variable dependiente y unidad de medida

Respuestas	Unidades
SDT	(ppt)

Se estableció como unidad experimental una muestra de 10 g de Azolla seca y molida. Como factores de estudio se definieron el tiempo de agitación y la concentración del solvente. Se

establecieron como parámetros de operación el tamaño de partícula de 0,5 mm, pH de 7,2, la velocidad de agitación de 100 rpm y presión atmosférica (101,3 KPa). La variable de respuesta seleccionada fue la productividad del proceso de extracción por maceración dinámica, medida como los ppt de Sólidos Disueltos Totales (SDT). Como factores de ruido se verifica la cantidad de luz y la temperatura ambiente. Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS, para crear un diseño experimental factorial estándar 2², con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos.

Procedimiento

La muestra de Azolla fue secada en un horno, a 60 °C, hasta peso constante, luego se pulverizó en una licuadora industrial de marca MONTERO-LAR-15PMB. La muestra de materia prima se tamizó en tamaño de 0,5 mm. Como solvente se utilizó una solución de agua con alcohol etílico neutro rectificado, en concentración de 12 y 25 %. Se llenaron las jarras de vidrio de 250 ml con 10 g de muestra de Azolla y 100 ml de solución hidroalcohólica y posteriormente se procedió a realizar la maceración dinámica, en un equipo agitador de marca BIODIVERSITY. Luego de la maceración dinámica, las muestras se filtraron través de un papel de filtro de celulosa gruesa de 0,3 micras con la ayuda de una bomba de vacío marca QUALITY QVP-500, cada muestra filtrada se le midió los SDT con un equipo marca HANNA.



Figura 2. Proceso de selección de muestras de Azolla.



Figura 3. Proceso de secado.



Figura 4. Proceso de pulverización.



Figura 5. Maceración de las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se presenta la Azolla utilizada en el experimento. En relación con su composición se determinó que la azolla es una fuente que posee un alto contenido de proteínas (25-35 %), nitrógeno (Lumpkin, 1984), gran variedad de aminoácidos esenciales (7-10 %), como lisina (Van Hove, 1989), además contiene minerales esenciales como hierro, calcio, fósforo, magnesio, manganeso, potasio, hierro y cobre (10-15%), también contiene diversas vitaminas como la vitamina A y la vitamina B12 (Lejeunea et al., 1999), carotenoides, clorofila, bio-polímeros y probióticos (Cherryl et al., 2014; Henry et al., 2017; Mathur et al., 2013; Parashuramulu et al., 2013).



Figura 6. Medición de SDT

En la Tabla 3, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede apreciar se logra un mínimo de 1,4 ppt (SDT) cuando se trabaja con 12 horas de maceración y 25% de concentración del solvente. Por otro lado, se encontró un máximo 2,31 ppt (SDT) cuando se trabaja con 12 horas de maceración y 12% de concentración del solvente.

Tabla 3. Matriz de Resultados Experimentales

No Bloque	Tiempo (h)	Concentración (%)	SDT (ppt)	
1	1	12	25	1,52

2	1	24	25	1,52
3	1	12	12	2,22
4	1	24	12	2,26
5	2	12	25	1,48
6	2	12	12	2,31
7	2	24	12	2,18
8	2	24	25	1,52
9	3	12	25	1,4
10	3	24	12	2,28
11	3	24	25	1,48
12	3	12	12	2,31

Fuente: Elaborada por el autor

Análisis de Varianza para SDT

En la tabla 4 se presenta el ANOVA el cual particiona la variabilidad de SDT 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, 1 efecto tiene un valor-P menor que 0,05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 4. Análisis De Varianza para SDT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
A: Tiempo	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B: Concentración	1,79413	1	1,79413	560,18	0,0000
AB	0,0048	1	0,0048	1,50	0,2668
bloques	0,000316667	2	0,000158333	0,05	0,9521
Error total	0,0192167	6	0,00320278		
Total (corr.)	1,81847	11			

Fuente: Elaborada por el autor

La ecuación de regresión del modelo empírico ajustado a los datos de SDT es la siguiente:

$$SDT = 3,14462 - 0,00948718 * \text{Tiempo} - 0,0687179 * \text{Concentración} + 0,000512821 * \text{Tiempo} * \text{Concentración}$$

Optimización de la respuesta

Esta tabla 3 se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza los valores de SDT sobre la región indicada.

Meta: maximizar SDT
 Valor óptimo = 2,28

Tabla 5. Optimización de la respuesta

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	12,0	24,0	12,0
Concentración	12,0	25,0	12,0

Fuente: Elaborada por el autor

En la figura 7 se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizada para SDT, como se puede observar, la es significativo, por lo cual dicho factor debe conservarse en el modelo matemático empírico.

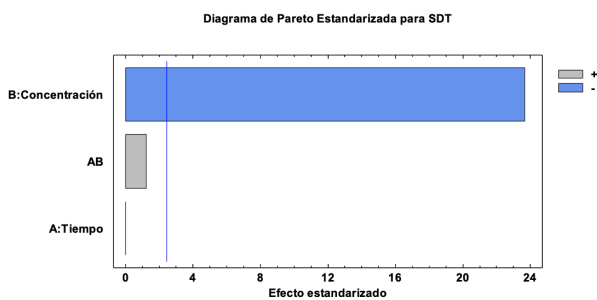


Figura 7. Diagrama de Pareto Estandarizada para SDT

En la figura 8 se presenta la Superficie de Respuesta Estimada para SDT, en la cual se puede observar que el punto máximo logrado de SDT se da con las condiciones de tiempo = 12 h y concentración = 12%.

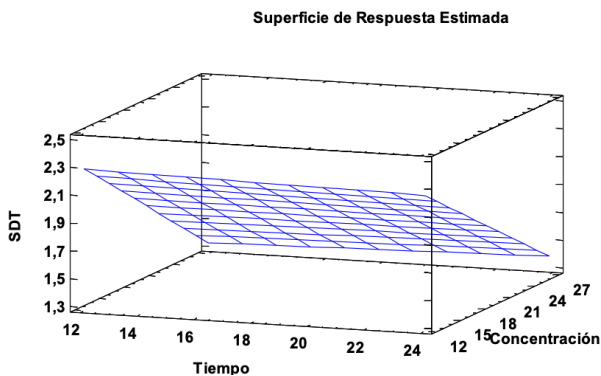


Figura 8. Superficie de Respuesta Estimada

CONCLUSIONES

La biocomposición de la Azolla la convierte en una alternativa de alimentación más económica, accesible, eficientes y mantenible para el ganado y las aves de corral. Por ejemplo, la harina de *Azolla pinnata* se ha utilizado exitosamente para la alimentación de patos, pollos de engorde y ponedoras, codornices, conejos y peces.

En esta investigación se destaca la capacidad de disolución de la Azolla en distintas concentraciones alcohólicas, en donde se puede concluir que la disolución más optima entorno a las condiciones de este experimento se brinda en base a una maceración de 12 horas y una concentración de 12% de alcohol. De esto se puede concluir que con un tiempo moderado de maceración se obtiene disolución con mayor cantidad de SDT, siempre y cuando se mantenga una concentración alcohólica baja.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Centro Ecuatoriano de Biotecnología, Ambiente, y al Instituto Superior Tecnológico - 17 de Julio y al señor Franco Agustín Ordóñez Godoy por la cooperación en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anitha, Rajeshwari, Prasanna, & Shilpa. (2016). Nutritive evaluation of Azolla as livestock feed. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 670–674. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(Issue6\).670.674](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(Issue6).670.674)
2. Bacerra, Preston, & Ogle. (1995). Effect of replacing whole boiled soya beans with Azolla in the diets of growing ducks. *Livestock Research for Rural Development*, 7, 1–11. <http://www.lrrd.org/lrrd7/3/7.htm>
3. Das, Sikdar, & Chetterjee. (1994). Potential of Azolla pinnata as biogas generator and as a fish feed. *Indian Journal of Environmental Health*, 36, 186–191. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19961300822>
4. Escobin. (1987). *Fresh Azolla (Azollamicrophylla kaulfuss) as partial replacement to palay-snail-shrimp based ration for laying mallard and growth-fattening Muscovy ducks*. University Los Banos, College, Laguna.
5. Kannaiyan. (1992). *Azolla Biofertilizer Technology for Rice*. Tamil Nadu Agricultural University.
6. Lawas, Roxas, & Lambio. (1998). Laying performance of Philippine Mallard ducks fed diets substituted with fresh Azolla. *Recent Developments in Animal Production*, 220–225.
7. Mathur, Sharma, & Choudhary. (2013). Use of Azolla (Azolla pinnata) as cattle feed supplement. *Journal of Krishi Vigyan*, 2, 73–75. <http://iskv.in/wp-content/themes/iskv/volumepdfs/77c375b4c30658fe6bd13845afae0010jkv-2-1-018.pdf>
8. Mooventhan, Kumar, Dixit, Sharma, Sivalingam, Gupta, Singh, Singh, Venkatesan, & Kaushal. (2019). Azolla: The super plant for sustainable feed production. *Indian Farming*, 69, 26–27. https://www.nibsm.res.in/images/Azolla_The_super_plant_for_sustainable_feed_production.Indian_Farming.pdf
9. Namra, Hataba, & Abdel. (2010). The productive performance of growing Fayoumi chicks fed restricted diets supplemented with free fresh Azolla. *Egyptian Poultry Science Journal*, 30, 747–762. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4774740/>
10. Pillai, Premalatha, & Rajamony. (2005). Azolla: A Sustainable Feed for Livestock. *LEISA Magazine*, 21, 15–17. <http://www.gemenskapspraktik.se/projects/theazollacookingandcultivationproject/research/Azolla,%20a%20sustainable%20feed%20for%20livestock.pdf>
11. Raja, Rathaur, John, & Ramteke. (2012). Azolla: an aquatic Pteridophyte with great potential. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2, 68–72. https://dofr.pw/feta_cy_cygub_n.pdf
12. Sood, Uniyal, Prasanna, & Ahluwalia. (2012). Phytoremediation potential of aquatic macrophyte. *Azolla*, 122–137. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0159-z>
13. Sujatha, Kundu, Jeyakumar, & Kundu. (2013). Azolla supplementation: Feed cost benefit in duck ration in Andaman Islands. *Tamil Nadu Journal of Veterinary Animal Science*, 9, 130–136.
14. Tyagi, Mayne, & Peters. (1980). Purification and initial characterization of phycobiliproteins from the endophytic cyanobacterium of Azolla. *Archives of Microbiology*, 128, 41–44. <https://doi.org/10.1007/BF00422303>
15. van Hove. (1989). Azolla and its multiple use with emphasis on Africa. *Food and Agriculture Organization*, 21, 112–116. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF19910069349>
16. van Hove, & Lejeune. (1996). Does Azolla have any future in agriculture? In Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice Production (Ed.), *Does Azolla have any future in agriculture?* (pp. 83–94). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
17. Wagner. (1997). Azolla: A review of its biology and utilization. *The Botanical Review*, 63, 1–26. <https://www.jstor.org/stable/4354285>

18. Yadav, Abraham, Singh, & Singh. (2014). Advancements in the utilization of Azolla-Anabaena system in relation to sustainable agricultural practices. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, , 80, 301–316. http://www.insaindia.org/journals/proceedings/Vol80_2014_2_Art14.pdf

7 ESTUDIO DE LA DOSIS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE MEZCLA ESPECIAL-M4 EN EL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE VARIOS CULTIVOS

STUDY OF THE DOSE AND TIME OF APPLICATION OF THE SPECIAL MIX FERTILIZER-M4 IN THE YIELD OF AGRICULTURAL PRODUCTION OF VARIOUS CROPS

Nelson Homero Vaca Vásquez¹, Camilo Alejandro Pineda-Soto³, Melissa Anahí Solarte Cazar ²

¹Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

²Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente-CEBA, Ibarra, Ecuador

³BIOECOLÓGICOS. www.bioecologicos.com, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: homero vacav@yahoo.com

Recibido: 16 de mayo de 2019

Aceptado: 16 de julio de 2019

RESUMEN

En el marco de la Estrategia Ecuatoriana de Bioeconomía-Horizonte 2035 y del programa de Bioeducación, se ejecuta el proyecto **Escuela de Bioagricultura- Capítulo Pimampiro – Ecuador**, donde se realizó el estudio en varias fincas de los agricultores del cantón Pimampiro, provincia de Imbabura, Ecuador, con el objetivo de evaluar la influencia del Fertilizante Mezcla Especial M4, en el rendimiento del proceso de producción agrícola de varios cultivos. El estudio se realizó con un diseño experimental factorial multinivel 2², con tres repeticiones, evaluándose el efecto de la dosis y momento de aplicación en el rendimiento. Sobre la base de los resultados, se obtuvo que el mejor tratamiento fue una dosis de 1000 ml/ha que mostró diferencia altamente significativa sobre los demás tratamientos.

Palabras clave: cultivos, mezcla especial, bioestimulante, fertilizante.

INTRODUCCIÓN

El proceso de producción agrícola en Ecuador atraviesa por una crisis en cuanto a su eficiencia, la cual es provocada por el uso excesivo de agrotóxicos y fertilizantes que tienen un impacto negativo en la salud del suelo, salud de la planta y salud de la población.

ABSTRACT

Within the framework of the Ecuadorian Bioeconomy Strategy-Horizon 2035 and the Bioeducation program, the School of Bioagriculture project - Pimampiro Chapter - Ecuador is being carried out, where the study was carried out on several farms of farmers in the Pimampiro canton, Imbabura province, Ecuador, with the objective of evaluating the influence of the M4 Special Mix Fertilizer, on the performance of the agricultural production process of various crops. The study was carried out with a multilevel 2² factorial experimental design, with three repetitions, evaluating the effect of the dose and moment of application on performance. Based on the results, it was found that the best treatment was a dose of 1000 ml/ha, which showed a highly significant difference over the other treatments.

Keywords: crops, special mix, biostimulant, fertilizer.

La mayoría de los cultivos agrícolas del Ecuador se encuentra por debajo del rendimiento del promedio internacional, tal es el caso del maíz, que se logra entre 5 y 6 toneladas por hectárea, siendo el promedio mundial 12 toneladas por hectárea y un máximo de 35 toneladas por hectárea (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2021). La primera aparición del Sr. David Hula como

obtentor del récord mundial de rendimiento de maíz dentro del “NCGA Corn Yield Contest” fue en el año 2013 en donde logró obtener 28,5 t/ha. Para 2014 su rendimiento de maíz fue de 29,8 t/ha. y en 2015 logró obtener nuevamente el récord mundial de rendimiento con 33,39 t/ha (National Corn Growers Association, 2021)

Son muchos los productos naturales usados que han potenciado el manejo ecológico de los agroecosistemas, entre los que podemos relacionar están: los bioplaguicidas, los biofertilizantes y los bioestimulantes. Varios autores plantean que en los últimos tiempos son muchos los bioestimulantes y biofertilizantes orgánicos que permiten a las plantas superar las situaciones de estrés a las condiciones adversas del medio, favoreciendo el crecimiento y desarrollo, como también el rendimiento. Disminuyendo de esta forma el uso de sustancias químicas (Asociación Española de Fabricantes de Agronutricionales, 2019).

Los biorreguladores ejercen su actividad estimuladora cuando se aplican en cantidades muy pequeñas, no dañan al medio ambiente, ni al hombre y tienen una toxicidad muy baja. El objetivo de la investigación es evaluar la influencia del Fertilizante MEZCLA ESPECIAL M4 sobre el rendimiento de varios cultivos del cantón Pimampiro.



Figura 1. Escuela de Bioagricultura CEBA. Granja Experimental.

El Fertilizante Mezcla Especial -M4, es una mezcla de productos bioquímicos con alto contenido de energía y sales minerales (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y

polisacáridos biológicamente activos) formulados como una suspensión acuosa que se debe agitar antes de su uso. Su aplicación se recomienda en cualquier fase fenológica del cultivo: germinación, semilleros, viveros, fase de crecimiento vegetativo, prefloración, floración y cuajado de fruto.

Se recomienda en todo tipo de cultivo existente, puede ser empleado en todas las especies botánicas, como caña de azúcar, frutales, cereales, tubérculos y raíces, plantas medicinales, tabaco, remolacha, tomate, pimiento, pepino, melón, col, lechuga, apio, plátano, sandía, piña, oleaginosas y legumbres en general, árboles forestales, plantas ornamentales, flores, etc. Fertilizante Mezcla Especial - M4, se fundamenta en una tecnología amigable con el medio ambiente protegida bajo Know how.

La ESCUELA DE BIOAGRICULTURA -EBA-© CEBA 2009, es un programa de la Estrategia Ecuatoriana de Bioeconomía-Horizonte 2035, que ejecuta el Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente -CEBA, su misión es contribuir al desarrollo social, cultural y económico del sector agrícola de Ecuador y América Latina, a través de la formación continua con programas de alta calidad en BIOAGRICULTURA, para elevar las competencias de los agricultores y mejorar la calidad de vida de la población. En el marco de cooperación entre CEBA y GADM PIMAMPIRO, se ejecutó el *Curso Básico de Bioagricultura* en la parroquia de Chugá, Pimampiro, 2019.



Figura 2. Alumnos Escuela de Bioagricultura Parroquia de Chugá-Pimampiro, 2019

Se identifica que existe limitado conocimiento del agricultor en el uso de la ciencia y la tecnología agrícola, desconoce del análisis del pH y azúcares en el suelo y planta.

El objetivo de este estudio es determinar la dosis y momento de aplicación óptimos del Fertilizante Mezcla Especial -M4, en varios tipos de cultivos del cantón Pimampiro, mediante el análisis de procesos agrícolas, que permita el máximo aprovechamiento de las materias primas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación se realizó en varias fincas del cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura, en el proyecto ESCUELA DE BIOACRICULTURA- CAPÍTULO PIMAMPIRO en los siguientes cultivos: caña de azúcar, frutales, cereales, tubérculos y raíces, plantas medicinales, tabaco, remolacha, tomate, pimiento, pepino, melón, col, lechuga, apio, plátano, sandía, piña, oleoginosas y legumbres en general, árboles forestales, plantas ornamentales, flores, etc.

La planificación experimental se realizó con un diseño experimental factorial 2^2 , los factores de estudio fueron la dosis de aplicación 0,2 y 1 litro por hectárea y el momento de aplicación en la etapa fenológica de germinación y desarrollo. La variable de respuesta estudiada fue el rendimiento en %. El análisis del experimento se realizó con el software estadístico STATGRAPHICS.¹

Diseño experimental

Se ha creado un diseño factorial multinivel que consiste en 12 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Diseño Base

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12

Grados de libertad para el error: 6

Aleatorizar: Sí

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Dosis	200,0	1000,0	2	(ml/ha)
Momento	0,0	21,0	2	(Días)

Respuestas	Unidades
Eficiencia	(%)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la tabla 1, se logra el mayor rendimiento de 15% respecto al testigo cuando se trabaja con 1000 ml de Mezcla Especial por Ha, en cualquier momento de aplicación, bien sea en la germinación o en los 21 días luego de la siembra.

El mínimo rendimiento observado de 9% se logra al trabajar con 200 ml por hectárea y el momento de aplicación a los 21 días luego de la siembra.

Tabla 1. Corridas experimentales

BLOQUE	Dosis (ml/ha)	Momento (Días)	Eficiencia (%)
1	200	0	10
1	1000	0	14
1	200	21	11
1	1000	21	15
2	1000	21	14
2	1000	0	14
2	200	0	10
2	200	21	9
3	200	0	9
3	1000	0	15
3	1000	21	15
3	200	21	11

En la tabla 2, se presenta el análisis de varianza, la cual particiona la variabilidad de

Eficiencia 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, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 2. Análisis de Varianza para Eficiencia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Dosis	60,75	1	60,75	115,11	0,0000
B: Momento	0,75	1	0,75	1,42	0,2782
AB bloques	0,0833333	1	0,0833333	0,16	0,7049
Error total	1,5	2	0,75	1,42	0,3125
Total (corr.)	3,16667	6	0,527778		
	66,25	11			

Tabla 3. Coeficiente de regresión para Eficiencia

Coefficiente	Estimado
constante	8,5
A: Dosis	0,00583333
B: Momento	0,0357143
AB	-0,0000198413

Ecuación de regresión

A continuación, se presenta el modelo matemático que ha sido ajustado por regresión para la eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = 8,5 + 0,00583333 * \text{Dosis} + 0,0357143 * \text{Momento} - 0,0000198413 * \text{Dosis} * \text{Momento}$$

Optimización de la respuesta

La tabla 4 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Eficiencia sobre la región indicada.

Tabla 4. Optimizar Respuesta

Meta: maximizar Eficiencia
 Valor óptimo = 14,6667

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Dosis	200,0	1000,0	1000,0
Momento	0,0	21,0	21,0

Análisis de Pareto Estandarizado para la Eficiencia

Como se observa en la figura 3, el diagrama de Pareto muestra diferencia estadística en cuanto a la dosis aplicada, sin embargo, el momento de aplicación y la relación dosis-momento de aplicación no presenta diferencia estadística significativa.

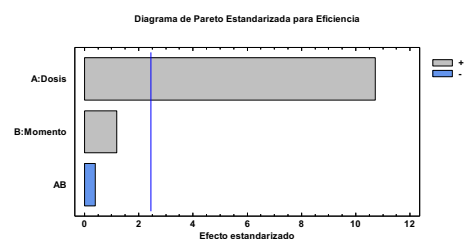


Figura 3. Diagrama de Pareto Estandarizada para Eficiencia

Efectos Mezcla Especial -M4

Se observan los siguientes efectos:

- Incrementa y acelera la germinación de las semillas, ya sea botánica o agámica.
- Estimula el desarrollo de las raíces, tallos y hojas.
- Mejora la nutrición, el florecimiento y el cuajado de los frutos.
- Reduce el ciclo del cultivo.
- Potencia la acción de los herbicidas y otros plaguicidas, lo que permite la reducción de las dosis recomendadas.
- Acelera el proceso de compostaje y la degradación de los residuos de cosecha.
- Ayuda a compensar los efectos negativos de la salinización de los suelos, sequías, excesos de humedad, vientos fuertes, temperaturas extremas, fitotoxicidad debido a pesticidas y otros agroquímicos, trasplantes, ataques de plagas o enfermedades y otros.

CONCLUSIONES

El producto Fertilizante Mezcla Especial -M4, es un bioestimulante de alta eficiencia en todos los cultivos estudiados, su máxima eficiencia se logra cuando se trabaja con una dosis de 1000 ml/ha, no existe diferencia significativa en cuanto al momento estudiado en el rango de 0-21 días.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de Fertilizante Mezcla Especial M-4, para todo tipo de cultivos, como bioestimulante para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Española de Fabricantes de Agronutricionales. (2019). *Bioestimulantesagricolas.net*. Obtenido de Aplicación de bioestimulantes ante el stress vegetal: <http://www.bioestimulantesagricolas.net/aplicacion-de-bioestimulantes-ante-el-stress-vegetal/>
2. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. Quito.
3. López, R. y Lovaina, J. (2005). Comportamiento de plantas hortícola con diferentes dosis de FitoMas E en condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. Centro Universitario Guantánamo.
4. López, R. et al., (2005). Comportamiento de la habichuela con diferentes dosis de FitoMas E en condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. Monografía.
5. Martínez, (2005) Martínez, F. (2005). Efecto de diferentes dosis de Bioplasma en el cultivo de pepino híbrido HA-436 en condiciones de casa de cultivo protegido. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Granma.
6. Martínez, F. (2005). Efecto de diferentes dosis de Biobras 16 en le cultivo de la lechuga var Anaida. En condiciones de cultivo semiprotegido. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Granma.
7. Mendosa, D. (2000). Folleto: La nueva generación de fertilizantes líquidos, biológicos y ecológicos.
8. National Corn Growers Association. (2021). National corn yield contest. National Corn Growers Association. Recuperado el 26 de agosto de 2022, de <https://www.ncga.com/get-involved/national-corn-yield-contest>
9. Pomares, F. (1994). Fertilización en hortalizas y empleo de abonos orgánicos. Conferencia. Curso especial de reciclaje de técnicos de la CAPA de Generalitat Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.
10. Reyes, J. et al., (2005). Dosis y momento de aplicación del Humus Foliar en cultivos hortícolas de interés económico en suelos fluvisoles de Granma. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Granma.

8 DESARROLLO DE UN PROCESO ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE LICOR DE CÁÑAMO (CANNABIS SPP.).

DEVELOPMENT OF A LABORATORY SCALE PROCESS FOR THE PRODUCTION OF HEMP LIQUOR (CANNABIS SPP.).

Micaela Montalvo Yépez¹, Lourdes Araceli Granja Alvear^{1,2}, Julio Amilcar Pineda-Insuasti³, Camilo Alejandro Pineda-Soto⁴

¹Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

²Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad de Tecnología Experimental Yachay Tech

³Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

⁴BIOECOLÓGICOS. www.bioecologicos.com, Ibarra, Ecuador

Autor para correspondencia: paola.montalvo590@ist17dejulio.edu.ec

Recibido: 31/12/2022

Aceptado: 04/01/23

RESUMEN

Existe limitado conocimiento en el campo de bebidas alcohólicas de Cannabis, por lo cual se propone realizar esta investigación con el fin de optimizar el proceso de producción de licor de un licor. Esto mediante un proceso de maceración directa de la biomasa de cannabis en la matriz hidroalcohólica a diferentes concentraciones y diferentes tiempos, que permitan establecer los factores y variables clave para una mayor cantidad de SDT en el licor. Se determina el modelo matemático que optimiza el proceso de producción de licor de cannabis en función de del tiempo y la concentración de la solución.

Palabras clave: Cannabis, Sólido-Líquido, modelo matemático.

INTRODUCCIÓN

Cannabis sativa L., comúnmente llamada cáñamo o cannabis, es la planta herbácea anemófila de la familia Cannabaceae (Farinon et al., 2020). El cannabis contiene más de 100 compuestos químicos activos conocidos como "cannabinoides" (De Petrocellis et al., 2011; Tallon, 2020). El más psicoactivo es el delta-9-tetrahidrocannabinol (THC). El THC también tiene cualidades estimulantes del apetito,

ABSTRACT

There is limited knowledge in the field of Cannabis alcoholic beverages, which is why it is proposed to carry out this research in order to optimize the liquor production process. This through a process of direct maceration of the cannabis biomass in the hydroalcoholic matrix at different concentrations and different times, which allow establishing the key factors and variables for a greater amount of SDT in the liquor. The mathematical model that optimizes the cannabis liquor production process as a function of time and solution concentration is determined.

Keywords: Cannabis, Solid-Liquid, mathematical model.

antiinflamatorias, analgésicas y antieméticas, lo que lo convierte en un fármaco muy prometedor para aplicaciones medicinales (Sirikantaramas et al., 2005; Tashkin et al., 2012). El cannabis es utilizado para usos textiles y alimentarios, ya que tiene un alto contenido de cannabidiol (CBD) o productos químicos similares y prácticamente carece de delta-9-THC (Appendino et al., 2011). Las plantas de tipo fibra contienen

principalmente ácidos cannabinoicos (Brighenti et al., 2017).

Se han identificado tres especies principales de cannabis (sativa, indica y ruderalis) (Singh et al., 2018; Teterycz et al., 2021). El CBD, un componente no psicoactivo, puede compensar estos efectos. Además, la Administración de Alimentos y Medicamentos aprobó recientemente una solución oral de CBD para el tratamiento de epilepsia (Ghosh et al., 2019).

Los productos de cannabis se reconocen cada vez más como alimentos beneficiosos. Las flores y semillas son una gran fuente nutricional que tiene un alto contenido de proteínas, lípidos fibra insoluble y carbohidratos fácilmente digeribles. Tienen una proporción favorable de omega-6 y omega-3, se adaptan muy bien a la nutrición humana (Wolf et al., 2017). La materia vegetal de cannabis se puede usar para hacer una variedad de alimentos.

Las comidas y bebidas a base de plantas han ganado popularidad durante la década anterior y la industria se está expandiendo rápidamente (Ramírez y Viveros, 2021; Pacifici et al., 2017). Por ejemplo, las bebidas sustitutas de la leche derivadas de un material de origen vegetal que incluye soya, coco, almendras y cannabis han ganado prominencia (Pontanavong, 2018; Dabija et al., 2018). Específicamente hablando de mezclas o batidos de proteínas, infusiones, cervezas con infusión de cáñamo (p. ej., Turn®, Cannabia®, Mandrin®, Coors Light® y Appenzeller Hanfblüte™), vinos con infusión de cáñamo, cócteles de cáñamo (p. ej., ginebra tónica Hempfy), alcoholes (semilla de cáñamo utilizada como saborizante), limonadas, Hempfy Martini, té (p. ej., HempTea), y el ponche de café son algunos de los productos a base de cáñamo (Korus et al., 2017). Todos estos productos tienen un nicho de mercado centrado en alimentos y bebidas orgánicos, así como tiendas

especializadas en alimentación (Schlien et al., 2020; Radocai et al., 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió a escala de laboratorio el desarrollo de un proceso para la producción de licor a partir de Biomasa de cannabis spp. El trabajo experimental se realizó en el Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizado en la ciudad de Ibarra, Ecuador a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C.

Material genético

Como materia prima se utilizó Biomasa seca de cannabis sativa Top Top Top 613, suministrada por la empresa YUMBORGANIC S.A.S. localizada en Chontal Medio/Llurimagua, García Moreno, Cotacachi, Ecuador (figura 1).



Figura 1. Biomasa de Cannabis Top Top Top 613 (YUMBORGANIC S.A.S.)/ 29/12/22.

En la figura 2, se presenta las características de la materia prima, de acuerdo con su ficha técnica se identifica la siguiente composición:

CARACTERÍSTICAS	LIMITES	UNIDADES	MÉTODOS ANALÍTICOS
THC	> 1.0	%	AOAC 2018.11
CBD	12 – 15	%	AOAC 2018.11
HUMEDAD	< 13 %	%	AOAC 986.21
MATERIA ORGÁNICA	0.1	%	Método Interno
Aerobios Totales	< 10 ⁵	UFC/g	Y-LAB-01
E. coli	< 10 ²	UFC/g	Y-LAB-02
Salmonella	Abs.	1 g	Y-LAB-03

Figura 2. Ficha técnica muestra Cannabis.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció como unidad experimental una muestra de solución de 40 ml, conteniendo 4 g de biomasa de cannabis seca y molida; como factores de estudio se definieron el tiempo de agitación en los niveles de 12 y 24 horas y la concentración de la solución en los niveles de 12 y 25 %.

Se establecieron como parámetros de operación el tamaño promedio de partícula de 0,5 mm, pH de 7,2, la velocidad de agitación de 100 rpm y presión atmosférica (101,3 KPa).

La variable de respuesta seleccionada fue la productividad del proceso de maceración dinámica, medida como Sólidos Disueltos totales (SDT) en ppt. Como factores de ruido se identifica la cantidad de luz, la temperatura del ambiente y el clima.

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS, para planificar un diseño experimental factorial multinivel estándar 2², con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques y el orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Procedimiento Experimental

En la figura 3, se presenta el diagrama de flujo del proceso experimental. La muestra de Biomasa de cannabis fue pulverizada en un triturador industrial de marca MONTERO-LAR-15PMB, la muestra pulverizada se tamizó en un tamiz de 0,5 mm de tamaño. Como solución se utilizó agua con alcohol etílico neutro rectificado, en concentración de 12 y 25 %. Se llenaron las jarras de vidrio de 125 ml con 4 g de Biomasa de cannabis en polvo y 36 ml de solución hidroalcohólica y posteriormente se procedió a realizar la maceración dinámica, en un equipo agitador de marca BIODIVERSITY, a 100 rpm. Luego de la maceración, las muestras se filtraron través de un papel de filtro de celulosa gruesa de 0,3

micras con la ayuda de una bomba de vacío marca QUALITY QVP-500, a cada muestra filtrada se le midió los SDT con un equipo marca HANNA. El licor obtenido fue ajustado su °Brix, envasado y etiquetado, para análisis y gestión del registro sanitario.



Figura 3. Diagrama de flujo licor de cannabis.



Figura 4. Recepción materia prima



Figura 5. Triturado.



Figura 8. Filtrado

El proceso de desfibrado consiste en retirar la fibra de la muestra de Biomasa, de forma manual. En este caso se obtiene el 10% de fibra natural de cáñamo (figura 6).



Figura 6. Desfibrado



Figura 7. Macerado



Figura 9. Envasado y etiquetado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cannabis tiene un alto valor nutritivo, por lo que todas las partes de la planta, incluido el tallo, las semillas, las raíces y las flores, se han utilizado para la producción de alimentos y

bebidas (Farinon et al., 2020). Está compuesto por un 30% de aceite y un 25% de proteína, ambos ricos en valor nutricional, así como un 10-15% de fibra insoluble (Callaway et al., 2004; Baldini et al., 2018; Irakli et al., 2019).

En la tabla 1, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede observar se logra un mínimo SDT de 1,31 ppt cuando se trabaja con 12 h de tiempo y de 25% de concentración de la solución y un máximo de 2,83 ppt, cuando se trabaja con 24 h de maceración y 12% de concentración de la solución.

Tabla 1. Matriz de Resultados Experimentales

BLOQU E	Tiempo (h)	Concentración (%)	SDT (ppt)
1	12	12	2,49
1	12	25	1,41
1	24	25	1,67
1	24	12	2,80
2	12	25	1,31
2	12	12	2,49
2	24	25	1,73
2	24	12	2,79
3	24	12	2,83
3	12	12	2,55
3	12	25	1,41
3	24	25	1,65

Fuente: Elaborada por el autor

Análisis de Varianza para SDT

En la tabla 2, se presenta el ANOVA que particiona la variabilidad de SDT 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, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05 indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 2. Análisis De Varianza para SDT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo	0,273008	1	0,273008	141,41	0,0000
B: Concentración	3,81941	1	3,81941	1978,40	0,0000

AB	0,000075	1	0,000075	0,04	0,8503
bloques	0,00181667	2	0,000908333	0,47	0,6459
Error total	0,0115833	6	0,00193056		
Total (corr.)	4,10589	11			

La ecuación de regresión del modelo empírico ajustado a los datos de SDT es la siguiente:

$$SDT = 3,26872 + 0,023953 * \text{Tiempo} - 0,0879487 * \text{Concentración} + 0,0000641026 * \text{Tiempo} * \text{Concentración}$$

Optimización de la respuesta

En la tabla 3, se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza los valores de SDT sobre la región indicada.

Optimizar Respuesta

Meta: maximizar SDT

Valor óptimo = 2,80667

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	12,0	24,0	24,0
Concentración	12,0	25,0	12,0

Fuente: Elaborada por el autor

En la figura 10, se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizada para SDT, como se puede observar, la concentración y el tiempo son significativos, por lo cual dichos factores deben conservarse en el modelo matemático empírico.

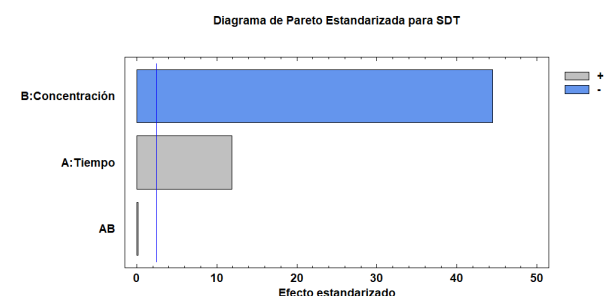


Figura 11. Diagrama de Pareto Estandarizada para SDT

En la figura 11, se presenta la Superficie de Respuesta Estimada para SDT, en la cual se puede observar que el punto máximo logrado de SDT equivalente a 2,8 ppt se da con las condiciones de tiempo de 24 h y concentración de 12%.

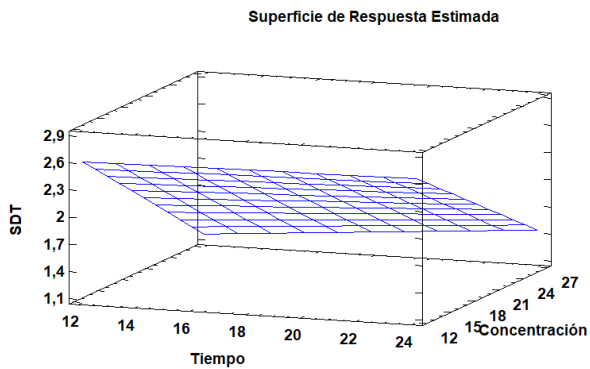


Figura 11. Superficie de Respuesta Estimada

CONCLUSIONES

El uso del cannabis de forma directa en la preparación de alimentos y bebidas es cada día más frecuente, principalmente la preparación de alimentos nutraceuticos. Se logra un óptimo SDT de 2,8 ppt en la preparación del licor de cannabis, cuando se trabaja una maceración dinámica 24 horas con una concentración de 12% de solución alcoholica. Se puede concluir que a mayor tiempo de maceración se obtiene disolución con mayor cantidad de SDT, siempre y cuando se mantenga una concentración alcohólica baja.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Empresa YUMBORGANIC S.A.S. y la Marca comercial BIODIVERSITY®. Por su cooperación en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appendino, G.; Chianese, G.; Tagliabue, S.; Scafati, O. Cannabinoids: Occurrence and medicinal chemistry. *Curr. Med. Chem.* 2011, 18, 1085–1099.
- Baldini, M.; Ferfuaia, C.; Piani, B.; Sepulcri, A.; Dorigo, G.; Zuliani, F.; Danuso, F.; Cattivello, C. The performance and potentiality of monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars as a multipurpose crop. *Agronomy* 2018, 8, 162.
- Brighenti, V.; Pellati, F.; Steinbach, M.; Maran, D.; Benvenuti, S. Development of a new extraction technique and HPLC method for the analysis of non-psychoactive cannabinoids in fibre-type *Cannabis sativa* L. (hemp). *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2017, 143, 228–236.
- Callaway, J. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* 2004, 140, 65–72.
- Dabija, A.; Codina, G.G.; Gâtlan, A.-M.; Sanduleac, E.T.; Rusu, L. Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality. *Sci. Study Research. Chem. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.* 2018, 19, 181–192.
- De Petrocellis, L.; Ligresti, A.; Moriello, A.S.; Allarà, M.; Bisogno, T.; Petrosino, S.; Stott, C.G.; Di Marzo, V. Effects of cannabinoids and cannabinoid-enriched *Cannabis* extracts on TRP channels and endocannabinoid metabolic enzymes. *Br. J. Pharmacol.* 2011, 163, 1479–1494.
- Farinon, B.; Molinari, R.; Costantini, L.; Merendino, N. The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients* 2020, 12, 1935.
- Ghosh, M.; Naderi, S. Cannabis and cardiovascular disease. *Curr. Atheroscler. Rep.* 2019, 21, 1–6.
- Irakli, M.; Tsaliki, E.; Kalivas, A.; Kleisaris, F.; Sarrou, E.; Cook, C.M. Effect of genotype and growing year on the nutritional, phytochemical, and antioxidant properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Antioxidants* 2019, 8, 491.
- Korus, J.; Witczak, M.; Ziobro, R.; Juszcak, L. Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. *LWT* 2017, 84, 143–150.
- Pacifici, R.; Marchei, E.; Salvatore, F.; Guandalini, L.; Busardò, F.P.; Pichini, S. Evaluation of cannabinoids concentration and stability in standardized preparations of cannabis tea and cannabis oil by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Clin. Chem. Lab. Med. (CCLM)* 2017, 55, 1555–1563.
- Pongtanavong, A. Encapsulated cannabis oil Oolong tea formulation. *Journal of Biotechnology* 2018, 2, 1–35.
- Radocaj, O.; Dimic, E.; Tsao, R. Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *J. Food Sci.* 2014, 79, 318–325.
- Ramírez, A.; Viveros, J.M. Brewing with *Cannabis sativa* vs. *Humulus lupulus*: A review. *J. Inst. Brew.* 2021, 4, 55–67.
- Schlienz, N.J.; Spindle, T.R.; Cone, E.J.; Herrmann, E.S.; Bigelow, G.E.; Mitchell, J.M.; Flegel, R.; LoDico, C.; Vandrey, R. Pharmacodynamic dose effects of oral cannabis ingestion in healthy adults who infrequently use cannabis. *Drug Alcohol Depend.* 2020, 211, 107969.
- Singh, A.; Saluja, S.; Kumar, A.; Agrawal, S.; Thind, M.; Nanda, S.; Shirani, J. Cardiovascular complications of marijuana and related substances: A review. *Cardiol. Ther.* 2018, 7, 45–59.
- Tallon, M.J. *Cannabis sativa* L. and its extracts: Regulation of cannabidiol in the European Union and United Kingdom. *J. Diet. Suppl.* 2020, 17, 503–516.
- Tashkin, D.P.; Simmons, M.S.; Tseng, C.-H. Impact of changes in regular use of marijuana and/or tobacco on chronic bronchitis. *COPD: J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2012, 9, 367–374.

- Teterycz, D.; Sobota, A.; Przygodzka, D.; Łysakowska, P. Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation. *PLoS ONE* 2021, 16, e0248790.
- Wolf, C.E.; Poklis, J.L.; Poklis, A. Stability of tetrahydrocannabinol and cannabidiol in prepared quality control edible brownies. *J. Anal. Toxicol.* 2017, 41, 153–157.

GUÍA DE AUTORES -BIORREFINERÍA

TÍTULO EN ESPAÑOL

English title

Nombre y apellidos¹, Nombre y apellidos² (subrayar el responsable de la correspondencia)

¹Institución, ciudad, País

²Institución, ciudad, País

Autor para correspondencia:

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

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

RESUMEN

Exponga el problema de investigación en una sola oración, si es posible; el método experimental, incluyendo los mecanismos, procedimientos de recopilación de datos, nombres de las pruebas; los hallazgos, incluyendo los niveles de significación estadística; y las conclusiones, implicaciones, recomendaciones y/o aplicaciones. Máximo 120 palabras.

Palabras clave: no más de cinco, en orden alfabético, no incluidas en el título del trabajo. Debe basarse en tesauros de gran impacto como el oficial de la UNESCO, SKOS, CAB, EUROVOC, National Agricultural Library

(USDA), AGROVOC, MeSH, entre otros específicos del área de estudio.

ABSTRACT

State the problem under investigation in a single sentence. If it is possible, also include the experimental method, including the mechanisms, data collection procedures, full names of tests, the findings, including levels of statistical significance; and the conclusions and implications or applications. Maximum 120 words.

Keywords: no more than five.

INTRODUCCIÓN

La introducción presenta la teoría que sustenta la experimentación. Contiene el planteamiento del problema, el desarrollo de los antecedentes, fundamentación y objetivos. Las contribuciones enviadas a la revista deben abordar temáticas relacionadas con el desarrollo de la Bioeconomía con base Biotecnológica en los campos agrícola, alimentos, salud, ambiente, energías e industria.

Se aceptarán contribuciones de los siguientes tipos: revisión, de investigación, de reflexión, metodológicos, estudios de caso y notas breves. Se aceptarán solamente contribuciones inéditas, **no sometidas** al mismo tiempo a ninguna otra publicación

impresa o digital. El envío de estas contribuciones supone el compromiso del autor a **ceder sus derechos** a la revista. Serán enviadas al correo electrónico [biorrefineria.ceba@gmail.com](mailto: biorrefineria.ceba@gmail.com) y sometidas al sistema de revisión por pares, en la modalidad ciego, manteniendo el anonimato. Este recurso es inapelable.

Las contribuciones se escribirán en español o inglés con fuente **Calibri Light, tamaño de 12 puntos, interlineado sencillo**, un espacio entre párrafos y una extensión máxima de 8 páginas. **El formato del papel debe ser A4, con márgenes de 2 cm a cada lado.** El procesador de texto a utilizar será Microsoft Word. Los **títulos se escribirán en negrita y mayúscula sostenida**, mientras que los

subtítulos tendrán sólo la primera letra en mayúscula. Las tablas deben crearse en Word y separarse únicamente con líneas horizontales. Las figuras (fotografías, gráficos, esquemas) deben insertarse en formato JPG con una resolución de 300 dpi y enviarse también como documento adjunto. Las tablas y figuras se citarán en el texto de acuerdo con el orden de aparición y en el siguiente formato: Tabla 1, Fig. 1, Figs. 1 y 2, Fig. 1(A) (cuando una imagen se subdivide en varios recuadros), se insertarán en el lugar exacto de aparición y se acompañarán de su correspondiente título y pie de figura, respectivamente. El número de tablas y figuras no será superior a 5 para artículos y 3 para notas breves. Las unidades de medida a utilizar serán las especificadas en el Sistema Internacional de Unidades. Los separadores de decimales serán la coma para artículos en español y el punto para artículos en inglés. La estructura de los artículos de revisión es libre y notas breves, siempre y cuando no sobrepase las 10 páginas en el formato de fuente indicado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Informe en tiempo pretérito qué es lo que usted hizo y cómo lo hizo, incluyendo la descripción de participantes (muestras), Herramientas o materiales, método estadístico, diseño experimental (incluyendo nivel de confianza) y procedimiento. Identifique en el texto todos los reactivos utilizados (reseñando el nombre del fabricante y el país entre paréntesis), el modelo de cada equipo y el sitio de obtención del material biológico (incluyendo las coordenadas del sitio de recolección).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados responden a los objetivos planteados en el experimento, incluyendo el análisis estadístico y los hallazgos relevantes. Los resultados se pueden presentar en tablas y/o figuras, siendo preferibles las figuras. Las discusiones interpretan los resultados obtenidos con base en la teoría y los

contrastan con los resultados de otros autores, se escriben en tiempo presente.

CONCLUSIONES

Las conclusiones responden al problema científico expuesto en la introducción el cual dio origen al experimento. Incluyen consecuencias, deducciones y generalizaciones que emanan de la evidencia aportada por los resultados y su interpretación. Sintetiza la idea planteada y los argumentos que se utilizaron para sustentarla. Evalúa lo planteado, señalando sus alcances y sus limitaciones. Plantea implicaciones o nuevos interrogantes al problema y recomendaciones. Escribir en tiempo presente.

AGRADECIMIENTO (opcional)

Se mencionarán las fuentes de financiación de los proyectos de investigación y/o apoyos recibidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Se aplicará la norma internacional APA tanto para citación como para referenciación. Se recomienda usar un software.

Ejemplos:

- Adelin, E., Servy, C., Martin, M.-T., Arcile, G., Iorga, B. I., Retailleau, P., ... Ouazzani, J. (2014). Bicyclic and tetracyclic diterpenes from a *Trichoderma* symbiont of *Taxus baccata*. *Phytochemistry*, *97*, 55–61. <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.10.016>
- Arango, M., Ordoñez, N., Castañeda, E., & Restrepo, A. (1988). *Manual Hongos contaminantes del laboratorio*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud y Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Bailey, B., Bae, H., Strem, M., Roberts, D., Thomas, S., Crozier, J., ... Holmes, K. (2006). Fungal and plant gene expression during the colonization of cacao seedlings by endophytic isolates of four *Trichoderma* species. *Planta*, *224*(6), 1449–164. <http://doi.org/10.1007/s00425-006-0314-0>
- Baldwin, J. E., Bansal, H. S., Chondrogianni, J., Field, L. D., Taha, A. A., Thaller, V., ... Taylor, A. (1985). Biosynthesis of 3-(3'-isocyanocyclopent-2-enylidene) propionic acid by (*bon.*) *bain.* aggr. *Tetrahedron*, *41*(10), 1931–1938. [http://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)96556-1](http://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)96556-1)
- Barnet, H. L., & Hunter, B. B. (1972). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. *Mycologia*, *64*(4), 930–932. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3757954>
- Barnet, H. L., & Hunter, B. B. (1978). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (5th ed.). New York: MacMillan Pub. Company.



SERVICIOS

- proyectos de investigación.
- Desarrollo de productos escalas Laboratorio, Banco y Piloto.
- Escalado Semi-industrial e Industrial.

PRODUCTOS

- Alimentos
- Suplementos
- Fitofármacos
- Fármacos
- Cosméticos
- Bebidas

Contacto

Cel.: +593 99 758 9267, Email: info.biodiversity@gmail.com

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

Ibarra-Ecuador



SERVICIOS

- Elaboración proyecto de inversión.
- Dirección técnica instalación industrial.
- Asesoría técnica para la producción.
- Capacitación técnica y adiestramiento al personal de planta.

PRODUCTOS

- Micelios (semillas) de hongos nutraceuticos.
- Extractos de hongos nutraceuticos.

Contacto

Cel.: +593 99 596 8529, Email: bioecologicosec@gmail.com

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

Ibarra-Ecuador