

Vigilancia tecnológica para la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café

William Alejandro **Orjuela Garzón**
Lili Fasuli **Muñoz Mondragón**
Angélica Piedad **Sandoval Aldana**
Jonh Jairo **Méndez Arteaga**



¡Construimos la universidad que soñamos!





Vigilancia tecnológica para la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café

William Alejandro Orjuela Garzón
Lili Fasuli Muñoz Mondragón
Angélica Piedad Sandoval Aldana
Jonh Jairo Méndez Arteaga



Vigilancia tecnológica para la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café / William Alejandro Orjuela Garzón ... [et al.]. -- 1ª. ed. -- Editorial Universidad del Tolima, 2024.

176 p. : figuras, tablas.

Contenido: Caracterización del grano (fruto) de café -- Proceso de beneficio de café -- Principales subproductos según tipo de beneficio de café -- Vigilancia tecnológica en la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café -- Vigilancia comercial -- Análisis y recomendaciones.

ISBN: 978-958-509-094-1 (Impreso)

978-958-509-095-8 (PDF)

1. Vigilancia tecnológica 2. Aprovechamiento biocircular
3. Residuos del café 4. Tecnología de alimentos I. *Título*
II. *Orjuela Garzón, William Alejandro III. Muñoz Mondragón,*
Lili Fasuli IV. Sandoval Aldana, Angélica Piedad V. Méndez
Arteaga, Jonh Jairo

664.8

A957

© Universidad del Tolima

© William Alejandro Orjuela Garzón, Lili Fasuli Muñoz Mondragón, Angélica Piedad Sandoval Aldana, Jonh Jairo Méndez Arteaga

Vigilancia tecnológica para la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café

Universidad del Tolima

Gobernación del Tolima

Convenio 4560 "Implementación de innovaciones tecnológicas en los procesos de postcosecha para mejorar la calidad y sostenibilidad del café en el departamento del Tolima"



EDITORIAL
Universidad del Tolima

Sello Editorial Universidad del Tolima

Cra. 5 con Cl. 10 Esquina

Edificio los Ocobos, piso 4

editorial@ut.edu.co

Ibagué-Tolima, Colombia

Primera edición: Ibagué - Tolima, 2024

ISBN 978-958-509-094-1 (Impreso)

978-958-509-095-8 (PDF)

Coordinación Editorial: Sello Editorial Universidad del Tolima

Corrección de estilo, diseño y diagramación: Colors Editores S.A.S.

Carrera 6 No. 11 - 83, Ibagué-Tolima, Colombia

Hecho en Colombia

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin autorización expresa del titular del derecho de autor.

Tabla de contenido

Introducción	13
Capítulo I. Caracterización del grano (fruto) de café	15
1.1 Composición del grano	17
1.1.1 Cáscara (piel)	17
1.1.2 Pulpa	18
1.1.3 Mucílago	18
1.1.4 Pergamino	18
1.1.5 Película o piel plateada	18
1.1.6 Grano	18
Capítulo II. Proceso de beneficio de café	21
2.1 Tipos de beneficio	22
Capítulo III. Principales subproductos según tipo de beneficio de café	25
3.1 Cáscara de café	26
3.2 Pulpa de café	27
3.3 Mucílago de café	28
3.4 Piel plateada	29
3.5 Otros subproductos	29
3.5.1 Borra de café	30

3.5.2 Aguas residuales de lavado.....	30
3.5.3 Granos de café inmaduros y defectuosos.....	31
Capítulo IV. Vigilancia tecnológica en la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café.....	33
4.1 Revisión académica.....	34
4.1.1 Identificación y definición de tesauros.....	34
4.1.2 Construcción de las ecuaciones mediante el uso de operadores para la producción científica.....	35
4.1.3 Producción científica a través del tiempo.....	37
4.1.4 Revistas con publicaciones científicas relacionadas.....	38
4.1.5 Principales autores en el área.....	40
4.1.6 Países con participación en la producción científica.....	45
4.1.7 Instituciones con participación en la producción científica.....	47
4.2 Tendencias actuales de la producción científica en la identificación de alternativas de uso para el aprovechamiento biocircular de los residuos generados durante el beneficio de café.....	49
4.2.1 Aprovechamiento químico.....	50
4.2.1.1 Extracción de compuestos bioactivos.....	51
4.2.1.2 Obtención de pectina.....	57
4.2.1.3 Producción de enzimas.....	58
4.2.1.4 Formulaciones cosméticas.....	59
4.2.2 Aprovechamiento biológico.....	64
4.2.2.1 Producción de biocombustibles líquidos.....	64
4.2.2.2 Producción de biocombustibles sólidos.....	77
4.2.2.3 Producción de abonos.....	79
4.2.2.4 Producción de bioadsorbentes.....	83

4.2.3 Producción de biomateriales.....	85
4.2.3.1 Plásticos biodegradables.....	85
4.2.3.2 Materiales de aislamiento.....	89
4.2.3.3 Materiales para baterías.....	89
4.2.3.4 Agregados.....	90
4.2.4 Aprovechamiento alimentario.....	91
4.2.4.1 Producción de bebidas.....	92
4.2.4.2 Producción de hongos comestibles y medicinales.....	98
4.2.4.3 Productos de panificación.....	99
4.2.5 Alimentación animal: proteína animal, fibra dietaria y ensilados.....	102
4.2.6 Tendencias de producción científica para el aprovechamiento de la borra de café y aguas de lavado.....	105
4.3 Revisión tecnológica.....	114
4.3.1 Patentes o tecnologías de interés.....	117
Capítulo V. Vigilancia comercial.....	131
Capítulo VI. Análisis y recomendaciones.....	143
Bibliografía.....	147

Lista de figuras

Figura 1. Rama de café.....	16
Figura 2. Partes del fruto de café.....	17
Figura 3. Subproductos generados en el proceso de beneficio seco y húmedo de café.....	24
Figura 4. Subproductos de café generados según tipo de beneficio empleado.....	26
Figura 5. Metodología PRISMA.....	37
Figura 6. Producción científica a través del tiempo (2013-2023).....	38
Figura 7. Revistas destacadas en la publicación de resultados asociados a la temática de interés.....	39
Figura 8. Autores destacados en la publicación de resultados asociados a la temática de interés.....	41
Figura 9. Frecuencia de publicación para los autores destacados en el periodo (2013 – 2023).....	42
Figura 10. Estructuras sociales de interacción y cooperación entre autores.....	44
Figura 11. Autores locales más citados en el corpus.....	45
Figura 12. Países destacados en la publicación de resultados asociados a la temática de interés.....	46
Figura 13. Estructuras sociales de interacción y cooperación entre países.....	47
Figura 14. Instituciones destacadas en la publicación de resultados asociados a la temática de interés.....	48

Figura 15. Estructuras sociales de interacción y cooperación entre instituciones.....	49
Figura 16. Tendencias actuales de investigación para el aprovechamiento de subproductos del proceso de fermentación de café.....	50
Figura 17. Sublíneas de investigación para la tendencia de aprovechamiento químico.....	51
Figura 18. Sublíneas de investigación para la tendencia de aprovechamiento biológico.....	64
Figura 19. Sublíneas de investigación para la tendencia de producción de biomateriales.....	85
Figura 20. Sublíneas de investigación para la tendencia de aprovechamiento alimentario.....	92
Figura 21. Sublíneas de investigación para la tendencia de alimentación animal.....	103

Lista de tablas

Tabla 1. Composición química de la cáscara.....	27
Tabla 2. Composición química de la pulpa de café.....	28
Tabla 3. Composición química del mucílago de café.....	29
Tabla 4. Composición química de la silverskin.....	30
Tabla 5. Definición de tesauros para la búsqueda.....	34
Tabla 6. Ecuaciones de búsqueda para las bases de datos seleccionadas.....	35
Tabla 7. Frecuencia de publicación para las revistas destacadas en el periodo (2013 – 2023).....	40
Tabla 8. Frecuencia de publicación para los autores destacados en el periodo (2013 – 2023).....	46
Tabla 9. Obtención de compuestos bioactivos a partir de residuos de café.....	53
Tabla 10. Obtención de pectina a partir de residuos de café.....	57
Tabla 11. Producción de enzimas a partir de residuos de café.....	59
Tabla 12. Obtención de compuestos a partir de residuos de café para diferentes aplicaciones en la industria cosmética.....	61
Tabla 13. Producción de bioaceite a partir de residuos de café.....	65
Tabla 14. Producción de bioetanol y/o etanol a partir de residuos de café.....	67
Tabla 15. Producción de biogás y metano a partir de residuos de café.....	71
Tabla 16. Producción de biohidrógeno a partir de residuos de café.....	74

Tabla 17. Producción de combustibles sólidos a partir de residuos de café.....	78
Tabla 18. Producción de fertilizantes orgánicos a partir de residuos de café.....	80
Tabla 19. Producción de biocarbón a partir de residuos de café.....	82
Tabla 20. Producción de bioadsorbentes a partir de residuos de café.....	84
Tabla 21. Producción de plásticos biodegradables a partir de residuos de café.....	87
Tabla 22. Producción de materiales de aislamiento a partir de residuos de café....	89
Tabla 23. Producción de material para baterías a partir de residuos de café.....	90
Tabla 24. Producción de agregados a partir de residuos de café.....	91
Tabla 25. Producción de “cáscara” a partir de residuos de café.....	93
Tabla 26. Producción de bebidas fermentadas a partir de residuos de café.....	95
Tabla 27. Producción de bebidas para pérdida de peso a base de residuos de café...	96
Tabla 28. Producción de bebidas funcionales y probióticos.....	97
Tabla 29. Producción de sustratos para cultivo de hongos.....	99
Tabla 30. Formulación de galletas empleando ingredientes a partir de residuos de café.....	100
Tabla 31. Formulación de masas para pan empleando ingredientes a partir de residuos de café.....	101
Tabla 32. Formulación para productos pasteleros incorporando ingredientes a partir de residuos de café.....	102
Tabla 33. Producción de alimentos para animales a partir de residuos de café....	104
Tabla 34. Aprovechamiento de borra para la generación de diversos productos..	107
Tabla 35. Información de patentes relacionadas con el aprovechamiento biocircular de residuos del proceso de fermentación de café.....	116
Tabla 36. Proceso para la obtención de pectina a partir de mucílago de café.....	117
Tabla 37. Proceso de obtención y purificación de ácido clorogénico a partir de productos naturales mediante metodología híbrida no convencional y su uso como antioxidante.....	117
Tabla 38. Proceso para elaboración de harina a partir de pulpa de café.....	118

Tabla 39. Calzado ecológico elaborado a partir de fibras plásticas recicladas y material orgánico reciclado o desecho, producto y proceso.....	119
Tabla 40. Placa reforzada con alto contenido de residuos de café.....	119
Tabla 41. Método de fabricación de un compuesto polimérico ecológico utilizando residuos de café.....	120
Tabla 42. Pajilla de bebida fría degradable de residuos de café y método de preparación de la misma.....	121
Tabla 43. Composición de un medio de cultivo para micelios de hongos que contiene residuos de café como componente activo.....	121
Tabla 44. Método para cultivar la seta Shiitake usando residuos de café.....	122
Tabla 45. Método de recuperación de agentes aromáticos y colorantes a partir de residuos de café en forma de baba.....	123
Tabla 46. Método de fabricación y uso de fertilizante líquido a partir de subproductos del café y bacterias ácido lácticas complejas.....	124
Tabla 47. Jabón natural con excelente efecto hidratante de la piel.....	124
Tabla 48. Método de fabricación de un extracto a partir de residuos de café con excelente actividad blanqueadora mediante el método de extracción supercrítica.....	125
Tabla 49. Composición de champú a base de café, capaz de mejorar la suavidad del cabello.....	126
Tabla 50. Método de preparación de arena para gatos con residuos de café.....	126
Tabla 51. Espuma antibacteriana y método de preparación de la misma.....	127
Tabla 52. Método de producción de compost antibacteriano para el control de insectos utilizando residuos de café.....	127
Tabla 53. Madera plástica de residuos de café, tablero compuesto de madera plástica de residuos de café y método de preparación de los mismos.....	128
Tabla 54. Mármol artificial con aroma de café respetuoso con el medioambiente que utiliza café en polvo y subproductos del café.....	129
Tabla 55. Composición bioplástica que comprende biomasa como componente y su proceso de producción.....	129
Tabla 56. Productos desarrollados con base en subproductos de café.....	133

Prólogo

La Gobernación del Tolima, conociendo la vocación agrícola de sus municipios, ha centrado sus esfuerzos en llevar a cabo proyectos y programas que vinculen y articulen procesos de Ciencia, Tecnología e Innovación como pilar para el desarrollo, es así, que desde nuestra administración se viene realizando el fortalecimiento de diferentes cadenas productivas, en especial la de café por ser cultivado en pequeñas parcelas de 38 municipios que sostienen la economía de 61.849 familias, también, por ser parte integral de la dinámica económica del departamento del Tolima. Es importante destacar que la producción y comercialización de café, ha centrado los esfuerzos y retos en producir cafés de mejor calidad.

Los mercados internacionales han dado un gran salto hacia la economía circular, con el sano interés de optimizar el uso eficiente del agua en las cosechas, el aprovechamiento y reutilización de los residuos en la producción cafetera, minimizando el impacto ambiental y maximizando el valor que podemos obtener de cada etapa del proceso productivo.

El proyecto “Implementación de innovaciones tecnológicas en los procesos de postcosecha para mejorar la calidad y sostenibilidad del café en el departamento del Tolima”, es una iniciativa que representa el compromiso con la Ciencia, Tecnología e Innovación en la caficultura, buscando producciones más limpias, sistemas eficientes y amigables con el ambiente. A través de este estudio, se busca identificar y promover alternativas para el aprovechamiento biocircular de los residuos del café, generando nuevas oportunidades para los