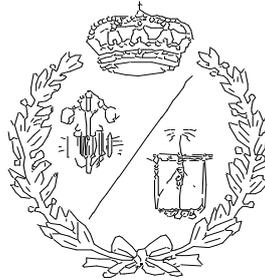


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

**OPCIONES DE BIORREFINERÍA PARA
DISMINUIR DESIGUALDADES DE GÉNERO
EN ZONAS RURALES Y VULNERABLES**
(Biorefinery options to decrease gender
inequalities in vulnerable rural areas)

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN
INGENIERIA INDUSTRIAL**

Autor: Karol Yahayra Laguna Muñoz

Julio - 2022

Agradecimientos:

A Dios por iluminar mi vida, ser mi guía, por acompañarme y darme la fuerza para sacar adelante mis estudios que hoy culmino con alegría y con orgullo.

Al proyecto CELISE, especialmente a mi tutor, Alberto Coz, de la Universidad de Cantabria, por todo lo que me ha enseñado, su paciencia y constancia para yo poder lograr mi trabajo, usted formó parte importante con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por su orientación y por el buen ambiente de trabajo que ha creado.

Al profesor Fernando Colmenares Quintero, de la Universidad Cooperativa de Colombia y a Tamara Llano Astuy, del proyecto GER- Green Engineering and resources de la Universidad de Cantabria, por compartir sus conocimientos de manera profesional. Gracias por sus valiosos aportes, críticas y sugerencias durante el desarrollo de la investigación.

A la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, por haberme permitido formarme en sus aulas, compartiendo ilusiones y anhelos. Con constancia, dedicación y esfuerzo alcance uno de mis sueños. Fue un gran honor ser parte de esta extraordinaria casa de estudios. Muchas gracias.

y, por último, quiero agradecer a mi familia. Especialmente, a mi hermano, por haberme dado la oportunidad de estudiar en el exterior y por haberme permitido conocer otras culturas y otras maneras de ver la vida y a mi madre, que es el motor que impulsa mis sueños y esperanzas. Gracias por ser mi guía y por creer en mí.

Gracias a todos. Bendiciones

Abstract

This research work shows the realization of a study of alternatives for the use of agricultural residues such as coffee, oil palm, corn and rice in order to develop biorefinery models at laboratory scale, establishing the quantities of raw materials, residues, materials, equipment and tools required for this purpose. This is intended to help drive innovation and the bioeconomy, helping to achieve major economic, social and environmental changes, as well as improving gender inequalities in rural areas.

Key words: Biorefinery, innovation, bioeconomy, gender inequalities.

Resumen

En el presente trabajo de investigación se muestra la realización de un estudio de alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas como el café, la palma de aceite, el maíz y el arroz con el fin de desarrollar modelos de biorrefinería a escala laboratorio, estableciendo las cantidades de materias primas, residuos, materiales, equipos y herramientas requeridas para tal fin. De esta manera se pretende ayudar a impulsar la innovación y la bioeconomía ayudando a conseguir grandes cambios económicos, sociales y ambientales, así como también mejorar las desigualdades de género en el medio rural.

Palabras clave: Biorrefinería, innovación, bioeconomía, desigualdades de género.

Índice general

Índice de Figuras	9
Índice de Tablas	11
Capítulo 1	15
Fundamentación teórica	15
1. Introducción	16
2. Objetivo y marco del trabajo	19
Capítulo 2	20
Desarrollo de la investigación.....	20
3. Metodología	21
3.1 Metodología del estudio de indicadores de desigualdad de género	21
3.2. Metodología de análisis multicriterio	22
3.2.1 Análisis Multicriterio	22
3.2.2 Software Definite 3.1	23
3.3. Estudio de opciones de biorrefinería en Colombia.....	24
3.4. Transferencia de los resultados y conclusiones a España.....	24
4. Resultados.....	24
4.1 Estudio de indicadores de desigualdad de género en zonas rurales vulnerables de Colombia.....	24
4.1.1 Índice de pobreza multidimensional (IPM) por departamento	24
4.1.2 Índice de pobreza multidimensional (IPM) por dominio	25
4.1.3 Índice de pobreza monetaria (IPM).....	26
4.1.4 Indicadores de desempleo por género.....	27
4.1.5 Indicadores de ocupación por género.....	27
4.1.6 Indicadores de desempleo y ocupación por departamento y por género.....	27
4.1.7 Indicadores de diferentes tipos de violencia de género por dominio	29

4.1.8 Indicadores de violencia de género por departamento	30
4.1.8.2 Contexto de violencia niños, niñas y adolescentes.....	31
4.1.9 Número de víctimas por desplazamiento forzado por género y departamento.....	33
4.2 Indicadores de desigualdad de género en zonas rurales y vulnerables de España.....	34
4.2.1 Indicadores de riesgo de pobreza por comunidades autónomas España.....	34
4.2.2 Indicador de riesgo de pobreza por edad y género	35
4.2.3 Tasas de paro por distintos grupos de edad, género y comunidad autónoma España.....	36
4.2.4 Tasa de empleo por comunidades autónomas	37
4.2.5 Indicadores de violencia interpersonal mujeres	39
4.2.6 Indicadores formas de violencia hacia las mujeres.....	39
4.3 Indicadores sector agrícola en Colombia	40
4.3.1. Cultivos de productos agrícolas por hectárea	40
4.3.2 Residuos de los productos agrícolas	43
4.4. Análisis Multicriterio	46
4.4.1 Definición de alternativas.....	46
4.4.2 Definición de Criterios.....	47
4.4.3 Asignación de pesos.....	49
4.4.4 Matriz de decisiones	51
.....	53
4.4.5 Selección de alternativas y análisis	59
4.4.6 Análisis de incertidumbre	68
4.4.7 Análisis de sensibilidad.....	69
4.5 Alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas en la obtención de energía y otros productos	75

4.5.1 Café	75
4.5.2. Palma de aceite	80
4.5.3 Maíz	84
4.5.4 Arroz	85
4.6 Selección de las mejores alternativas	87
4.7 Recomendaciones en Colombia	87
4.8 Recomendaciones en el caso de España	88
Capítulo 3	90
Conclusiones	90
Capítulo 4	92
Referencias	92

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de distribución de los principales cultivos por subregión priorizada en 2017(Hoja de ruta de la biomasa agrícola y ganadera en las regiones colombianas en situación de posconflicto, Fernando Colmenares et al., UCC).....	18
Figura 2. Índice de Pobreza Multidimensional-IPM/Departamentos. Según sexo del jefe de Hogar, 2020 (elaboración propia a partir de los datos del Dane; encuesta de calidad de vida ECV 2019-2020).	25
Figura 3. Índice de Pobreza Multidimensional-IPM/Principales Dominios. Según sexo del jefe de Hogar. 2019- 2020 (elaboración propia a partir de los datos del Dane; encuesta de calidad de vida ECV 2019-2020.....	25
Figura 4. Tasa de Desempleo por Género/2020 (elaboración propia, a partir de los datos del Dane).	27
Figura 5. Tasa de Empleo por Género /2020 (elaboración propia, a partir de los datos del Dane).	27
Figura 6. Centros poblados y rural disperso/ tasa global de ocupación y de desempleo (elaboración propia a partir de los datos de la encuesta integral de hogares EIH 2020/Dane).....	28
Figura 7. Cifras de Presunto delito sexual por Género/ 2021(elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – INMLCF).....	31
Figura 8. Violencia a niños, niñas, adolescentes/ 2021(elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – INMLCF).....	32
Figura 9. Violencia de pareja mujeres vs hombres/2021(elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – INMLCF).....	33
Figura 10. Reporte Único de Víctimas por Desplazamiento Forzado Mujeres vs Hombres (elaboración propia a partir de los datos de la Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas).....	34
Figura 11. Tasa de Riesgo de Pobreza por Comunidad Autónoma (elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística INE).	35

Figura 12 Tasa de riesgo de pobreza por edad y género (elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística INE).	36
Figura 13. Tasas de paro por género y comunidad autónoma (elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística INE).	37
Figura 14. Tasa de Empleo de la Población (elaboración propia).	38
Figura 15. Indicadores Formas de Violencia de Género (elaboración propia).	40
Figura 16. Resultados obtenidos (escenario 1).	61
Figura 17. Resultados obtenidos (escenario 2).	62
Figura 18. Resultados obtenidos (escenario 3).	63
Figura 19. Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 1 con la misma asignación de pesos.	64
Figura 20. Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 2 con asignación de pesos diferente.	65
Figura 21. (Continuación) Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 2 con asignación de pesos diferente.	65
Figura 22. (Continuación) Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 2 con asignación de pesos diferente.	66
Figura 23. Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 3 con asignación de pesos diferente.	67
Figura 24. Análisis resultados usando una incertidumbre del 25% (escenario 3).	69
Figura 25. Análisis de sensibilidad criterio pobreza multidimensional (escenario 3).	70
Figura 26. Análisis de sensibilidad criterio desempleo (escenario 3).	70
Figura 27. Análisis de sensibilidad criterio desplazamiento forzado (escenario 3).	71
Figura 28. Análisis de sensibilidad criterio violencia de pareja (escenario 3). ...	71
Figura 29. Análisis de sensibilidad criterio plátano (escenario 3).	72
Figura 30. Análisis de sensibilidad criterio caña de azúcar (escenario 3).	72
Figura 31. Análisis de sensibilidad criterio cacao (escenario 3).	73
Figura 32. Análisis de sensibilidad criterio arroz (escenario 3).	73
Figura 33. Análisis de sensibilidad criterio palma de aceite (escenario 3).	74
Figura 34. Análisis de sensibilidad criterio café (escenario 3).	74
Figura 35. (Continuación) Análisis de sensibilidad.	75

Figura 36. Producción en toneladas por especie mayoritaria en España..... 88

Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores desigualdad de género (elaboración propia).....	14
Tabla 2. Ingresos laborales Promedio Mujeres vs Hombres. (elaboración propia).	26
Tabla 3. Violencia sexual según zona del hecho, año y sexo de la víctima/ Colombia, comparativo Enero – Noviembre, años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro Referencia Nacional sobre Violencia/Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense – SICLICO.).....	29
Tabla 4. Violencia de pareja según zona del hecho, año y sexo de la víctima/ Colombia, comparativo Enero -Noviembre, años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro Referencia Nacional sobre Violencia/Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense – SICLICO).....	30
Tabla 5. Violencia intrafamiliar según zona del hecho, año y sexo de la víctima/ Colombia, comparativo Enero -Noviembre, años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro Referencia Nacional sobre Violencia/Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense – SICLICO).....	30
Tabla 6. Violencia Interpersonal 2021/2022 (elaboración propia)	39
Tabla 7. Cultivo por hectáreas (elaboración propia, tomado de Agronet).	41
Tabla 8 (Continuación). Cultivo por hectáreas (elaboración propia, tomado de Agronet).....	42
Tabla 9. Ciclo de vida y residuos generados en la postcosecha de los productos agrícolas, Colombia (elaboración propia).....	43
Tabla 10. Productos obtenidos a partir de los residuos agrícolas de Colombia (elaboración propia).	44
Tabla 11. (Continuación). Productos obtenidos a partir de los residuos agrícolas de Colombia (elaboración propia).	45

Tabla 12. (Continuación). Productos obtenidos a partir de los residuos agrícolas de Colombia (elaboración propia).	46
Tabla 13. Alternativas definidas en cada zona para ubicar las opciones de biorrefinería.	47
Tabla 14. Criterios para análisis multicriterio de la ubicación óptima para colocar las biorrefinerías (escenario 1).	48
Tabla 15. Criterios para análisis multicriterio de la ubicación óptima para colocar las biorrefinerías (escenario 2).	48
Tabla 16. Criterios para análisis multicriterio de la ubicación óptima para colocar las biorrefinerías (escenario 3).	48
Tabla 17. Escenarios propuestos evaluados a través del análisis multicriterio.	49
Tabla 18. Matriz de decisión (escenario 1).	51
Tabla 19. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 1).	51
Tabla 20. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 1).	52
Tabla 21. Matriz de decisión (escenario 2).	52
Tabla 22. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 2).	52
Tabla 23. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 2).	53
Tabla 24. Matriz de decisión (escenario 3).	53
Tabla 25. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 3).	53
Tabla 26. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 3).	54
Tabla 27. Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).	55
Tabla 28. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).	55
Tabla 29. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).	55
Tabla 30. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).	55
Tabla 31. Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).	56
Tabla 32. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).	56
Tabla 33. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).	56
Tabla 34. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).	57

Tabla 35. Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).....	57
Tabla 36. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).....	57
Tabla 37. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).....	58
Tabla 38. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).....	58
Tabla 39. Estandarización y pesos ponderados (escenario 1).....	58
Tabla 40. Estandarización y pesos ponderados (escenario 2).....	59
Tabla 41. Estandarización y pesos ponderados (escenario 3).....	59
Tabla 42. Resumen de los escenarios y las mejores alternativas en cada uno (elaboración propia).....	68

Definiciones

Tabla 1. Indicadores desigualdad de género (elaboración propia).

INDICADORES	DEFINICIÓN
ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL (IPM)	Es una medición de la pobreza que refleja las múltiples carencias que enfrentan las personas pobres al mismo tiempo en áreas como educación, salud, entre otros. El IPM refleja tanto la incidencia de la pobreza multidimensional (la proporción de personas en una población que son pobres multidimensionales), y su intensidad (el número promedio de carencias que cada persona pobre experimenta al mismo tiempo). Se puede utilizar para crear una imagen completa de las personas que viven en la pobreza, y permite hacer comparaciones tanto entre los países, las regiones y el mundo, y dentro de los países por grupo étnico, la ubicación urbana / rural, así como otras características de los hogares y de la comunidad.
ÍNDICE DE POBREZA MONETARIA	Es comúnmente el indicador que hace referencia al nivel de vida de la población, esta refleja la capacidad de un hogar para afrontar las exigencias mínimas para vivir; en este sentido el indicador que se utiliza es el gasto per cápita del Hogar, En otras palabras, es la insuficiencia de recursos monetarios para adquirir una canasta de consumo mínima aceptable socialmente.
INDICADOR TASA DE DESEMPLEO (TD)	La tasa de desempleo, también conocida como tasa de paro, mide el nivel de desocupación en relación con la población activa. En otras palabras, es la parte de la población que estando en edad, condiciones y disposición de trabajar (población activa), no tiene puesto de trabajo.
INDICADOR TASA DE EMPLEO O OCUPACIÓN (TO)	La tasa de ocupación (también llamada tasa de empleo) es una ratio empleada para calcular qué porcentaje de la población que se encuentra trabajando activamente, con respecto al total de la población en edad de trabajar. Se trata como población ocupada a toda aquella que, con 16 años o más, se encuentra trabajando actualmente, ya sea por cuenta propia o ajena.
DEPARTAMENTOS	La Constitución Política de 1991 establece a Colombia como una república unitaria que se divide administrativa y políticamente en 32 departamentos, los cuales son gobernados desde la ciudad capital. Los departamentos forman regiones geográficas, culturales y económicas.
COMUNIDADES AUTÓNOMAS	Es una entidad territorial que, dentro del actual ordenamiento jurídico constitucional español, está dotada de autonomía, con instituciones y representantes propios y determinadas competencias legislativas, ejecutivas y administrativas, lo que la asimila en muchos aspectos a entidades federadas, por tanto, podría decirse que España es cuasifederal.

Capítulo 1

Fundamentación teórica

1. Introducción

Las mujeres del medio rural resultan determinantes para su vertebración territorial y social, y son, con diferencia, el principal vector para la innovación y el emprendimiento rural. Sin embargo, en el medio rural todavía se mantienen escenarios de desigualdad de género en un grado más acusado que en el medio urbano (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

En Colombia, un país golpeado por un conflicto interno de más de 50 años, las mujeres del medio rural son aún más determinantes porque muchas de ellas encabezan los hogares. En concreto, hay 3,8 millones de hogares en las zonas rurales, de los cuales el 31,6% son encabezados por una mujer (Portafolio, 2021), mientras que la tasa de ocupación de las mujeres fue de tan solo el 29,2% en 2020, manteniéndose en un 68,8% la de los hombres (Portafolio, 2021). Por otro lado, debido al conflicto, las mujeres han sufrido innumerables violaciones a sus derechos humanos que incluyen desplazamientos, masacres, torturas, desapariciones forzadas y delitos sexuales (Defensoría del Pueblo, 2018). En España, el diagnóstico de la igualdad de género en el medio rural señala la masculinización en determinados trabajos más relacionados con la economía, la dependencia de las mujeres en el cuidado de las personas mayores debido también al envejecimiento de estas zonas, y la menor formación y calidad de vida de ellas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2012).

Para un buen análisis del desarrollo y la sostenibilidad de las zonas rurales, es fundamental integrar tanto el concepto de bioeconomía, el cual contempla no solo el desarrollo económico, sino también el social y el ambiental, como la importancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, los cuales se adoptaron por todos los Estados Miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para el año 2030. Los 17 ODS están integrados, ya que reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad ambiental, económica y social (Programa Naciones Unidas para el Desarrollo, 2022). Con el objetivo de mejorar las desigualdades de género en el medio rural debemos tener en cuenta principalmente los ODS relacionados con la equidad social,

eficiencia económica y rendimiento ambiental. Para lograr estas metas es necesario hacer cambios fundamentales en innovación.

Con el objetivo de realizar una gran innovación, la bioeconomía se basa en el aprovechamiento integral de los recursos de biomasa. De esta forma, no sólo realizamos un cambio de una producción basada en el petróleo a una basada en biomasa, sino que el aprovechamiento de estos recursos ayudará a conseguir enormes cambios económicos, ambientales y sociales en las áreas agroforestales (Tierradentro y Montaña, 2020). Hasta ahora, las prácticas agrícolas generalmente consisten en volver a arar en el suelo o quemar los residuos generados, por lo que se dejan descomponer sin más fin que el abono. Estos residuos podrían procesarse como combustibles líquidos o termoquímicamente para producir electricidad y calor. Los procesos de conversión de los residuos de biomasa en energía, combustibles y otros productos útiles, se conocen con el nombre de biorrefinería (Llano et al., 2017).

En este sentido, una economía rural revitalizada basada en biorrefinerías que usen biomasa local de una manera sostenible conlleva numerosos beneficios (Morán, 2016). Entre ellos se encuentran aquellos que puedan favorecer la desigualdad de género en estas áreas como son: (i) la creación de nuevos puestos de trabajo, asegurando los ya existentes, (ii) el impulso de nuevos mercados como pueden ser los mercados artesanales y de productos ecológicos, (iii) la obtención de una mayor variedad de productos y energía para el sustento familiar de estas zonas, así como (iv) la reducción de las desigualdades en cuanto a la violación de los principales derechos humanos en las mujeres en zonas vulnerables y postconflicto.

En Colombia, la agricultura representa el 6,2% del Producto Interno Bruto (MinAgricultura, 2019) y, de acuerdo con la OCDE, se estima que los sectores más beneficiados del acuerdo de paz firmados por el gobierno colombiano y las FARC en 2016 son la agricultura, la construcción y las obras civiles (OCDE, 2017). Sin embargo, muchos de las etapas de dicho acuerdo aún no se han llevado a cabo. En este sentido, el Banco Mundial se ha esforzado por ofrecer alternativas de desarrollo basado en biomasa a las zonas rurales más vulnerables evaluando el potencial de la biomasa local y sus características para proporcionar servicios escasos como la energía.

En el caso de España, la agricultura representa el 3,2% del PIB (Statista, 2020). Por otro lado, la estrategia de bioeconomía desarrollada por el Gobierno y coordinada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria concluye que el sector agroalimentario y el de bioenergía son los principales sectores para mejorar la bioeconomía, seguidos del forestal, el de los bioproductos industriales, y el relacionado con los servicios asociados a los entornos rurales (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

Por lo tanto, en este contexto, tanto España como Colombia podrían encontrar en la biomasa nuevas oportunidades viables y soluciones para sus zonas rurales y para la mejora de la desigualdad de género. Ambos países son bastante ricos en materia agroforestal. En el caso de Colombia, los últimos estudios proporcionados por el Ministerio de Agricultura (Minagricultura, 2017), apuntan que la producción del plátano, café, palma de aceite, el maíz, cacao, cassava, arroz, caña de azúcar, ñame, presentan grandes posibilidades en el desarrollo de la biomasa en las zonas rurales y vulnerables, tal y como se ha realizado en un estudio en la Universidad Colombia y que puede verse en la Figura 1. Todas las regiones señaladas en la figura son las afectadas por el conflicto. En España, el olivo, los cítricos y otros árboles frutales, así como la cebada, el maíz, el arroz, el trigo y el tomate, representan la mayor riqueza en biomasa, de acuerdo con un estudio realizado en el grupo de investigación GER de la Universidad de Cantabria (Carriedo, 2021).

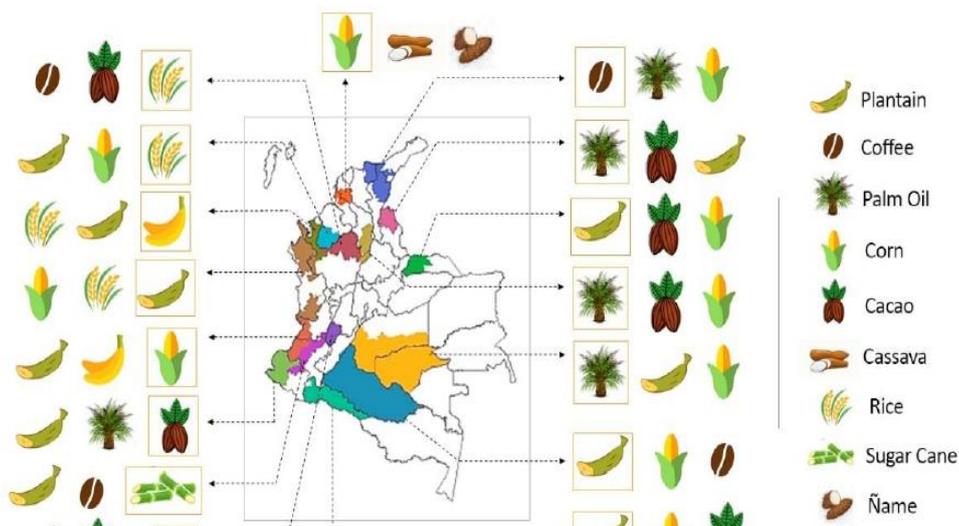


Figura 1. Mapa de distribución de los principales cultivos por subregión priorizada en 2017 (Hoja de ruta de la biomasa agrícola y ganadera en las regiones colombianas en situación de posconflicto, Colmenares-Quintero et al., UCC).

2. Objetivo y marco del trabajo

Este trabajo se enmarca en una beca de colaboración de la Cátedra de Igualdad para estudiantes en departamentos e institutos universitarios de la Universidad de Cantabria para la realización de TFM en estudios de las mujeres y de género, en el marco de cualquier rama de conocimiento (Resolución Rectoral 1152 de 2021). Por tanto, teniendo en cuenta el marco del trabajo y lo expuesto en el apartado anterior, el objetivo de este trabajo fin de máster es establecer prioridades de políticas nacionales sobre cuáles pueden ser las zonas de Colombia prioritarias para introducir alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas desarrollando modelos de biorrefinería sostenible con el medio ambiente y así disminuir las desigualdades de género en zonas rurales y vulnerables de esas zonas.

Para cumplir este objetivo se han enmarcado las siguientes tareas:

1. Estudio de indicadores de desigualdad de género Colombia y España, centrándose el estudio más pormenorizado en las zonas rurales y vulnerables de Colombia.
2. Evaluación de las mejores alternativas para minimizar los indicadores de desigualdad de género de esas zonas rurales. Para llevar a cabo esta tarea se utilizaron herramientas de análisis multicriterio, incluyendo criterios sociales, económicos y ambientales, concluyendo con las zonas prioritarias donde debe apoyarse el establecimiento de políticas para mejorar la desigualdad de las mismas a través del uso de opciones de biorrefinería con los residuos mayoritarios de estas zonas.
3. Estudio de las alternativas de aprovechamiento de esos residuos agrícolas en la obtención de energía y otros productos en dichas zonas.
4. Transferencia de los resultados obtenidos. Una vez establecidas las conclusiones en Colombia, se estudió la posibilidad de extender dichas conclusiones en zonas rurales de España.

Capítulo 2

Desarrollo de la investigación

3. Metodología

3.1 Metodología del estudio de indicadores de desigualdad de género

El estudio de indicadores de desigualdad de género se ha realizado teniendo en cuenta principalmente bases de datos oficiales, aunque también se ha realizado una búsqueda de artículos científicos.

En el caso de Colombia, las referencias en las que se ha basado el estudio son las siguientes: Dane, Diario del Huila, Portafolio, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses y Unidad de Víctimas. Tras el estudio bibliográfico, se consideraron como prioritarios los siguientes indicadores, relacionados sobre todo con la desigualdad de género en zonas rurales:

- Índice de Pobreza Multidimensional
- Índice de Pobreza Monetaria
- Índice de Desempleo y Ocupación
- Índice de Violencia sexual
- Violencia de Pareja
- Violencia Intrafamiliar
- Presunto Delito Sexual
- Violencia de Niños, Niñas y Adolescentes
- Índice de Víctimas de Desplazamiento Forzado.

El estudio de indicadores se realizó no sólo en el país, sino que se ha tenido en cuenta los diferentes departamentos para poder establecer cuáles deben ser prioritarios para establecer las políticas de apoyo y desarrollar opciones de biorrefinería.

Por otro lado, en el caso de España, las referencias han sido las siguientes: Instituto Nacional de Estadística INE, Federación de Asociaciones de Mujeres Rurales de Cantabria Fademur y Gobierno de España.

En este caso, los indicadores prioritarios han sido los siguientes:

- Índice de Pobreza
- Índice de Riesgo de Pobreza
- Índice de Tasas de Paro
- Índice de Empleo

- Índice de Violencia Interpersonal
- Violencia Sexual
- Violencia Física
- Violencia Psicológica
- Violencia Económica
- Violencia Vicaria
- Violencia Social

Además, también en el caso de España el estudio se ha basado por región.

3.2. Metodología de análisis multicriterio

3.2.1 Análisis Multicriterio

El análisis multicriterio también conocido como análisis de decisiones de criterios múltiples (MCDA) es un área de investigación que involucra el análisis de varias opciones disponible en una situación o área de investigación que abarca la vida diaria, las ciencias sociales, la ingeniería, la medicina, etc. Es una herramienta de toma de decisiones que analiza unos criterios para determinar si cada criterio es una opción favorable o desfavorable para una aplicación en particular. También intenta comparar este criterio, basado en los criterios seleccionados, con cualquier otra opción disponible en un intento de ayudar al tomador de decisiones a seleccionar una opción con el mínimo compromiso y las máximas ventajas. Los criterios utilizados en los análisis pueden ser criterios cualitativos o cuantitativos (Uzun et al., 2021).

A continuación, se indican las etapas para llevar a cabo el análisis multicriterio en un proyecto:

1. Objetivos o alternativas: estos traducen y describen las prioridades y objetivos de alto nivel de una manera apropiada para una investigación específica.
2. Criterios: indicadores mediante los cuales se evalúa una opción frente a los objetivos establecidos. Los criterios suelen puntuarse y ponderarse para dar una única puntuación a cada objetivo.
3. Medidas: vinculan la evidencia cuantitativa subyacente o los juicios cualitativos con la puntuación de los criterios. Cuando hay múltiples medidas, estas se califican (y potencialmente se ponderan) de manera similar a los criterios.

4. Ponderación: la importancia relativa de un criterio dado dentro del alcance del contexto de decisión. Los pesos se utilizan para desarrollar una puntuación ponderada para cada uno de los objetivos definidos. Los pesos también pueden aplicarse para definir la importancia relativa de las medidas que informan los criterios y para combinar las puntuaciones de los objetivos en una única puntuación para cada opción.

5. Puntuaciones: una evaluación del rendimiento de la opción frente a los criterios establecidos. Esto debe basarse en una calificación cualitativa respaldada por rangos de puntajes cuantitativos (cuando estén disponibles) o descripciones de atributos para medidas cualitativas, para que el lector pueda comprender cómo se determinaron los puntajes.

6. Examinar resultados: el orden de nivel superior de las opciones viene dado por el promedio ponderado de todos los puntajes de preferencia. Estos puntajes totales también dan una indicación de cuánto mejor es una opción sobre otra. Además de los resultados, es importante realizar análisis de incertidumbre y de sensibilidad de esos resultados.

3.2.2 Software Definite 3.1

Definite (decisiones sobre un conjunto finito de alternativas) es un paquete de software de toma de decisiones que ha sido desarrollado en la Universidad VU Ámsterdam para mejorar la calidad de la toma de decisiones ambientales, es de hecho, un conjunto completo de herramientas de métodos que se pueden utilizar en una amplia variedad de problemas. Si tiene un problema que resolver y puede identificar soluciones alternativas, Definite puede apreciar las alternativas por usted y evaluar la alternativa más razonable.

Este programa contiene una serie de métodos gráficos para apoyar la representación, así como diferentes métodos de decisión de criterios múltiples (MCDM), así como el análisis costo-beneficio y costo-efectividad. Procedimientos relacionados tales como evaluación de peso y estandarización.

Los métodos gráficos suelen ser más fáciles de comunicar porque la clasificación se realiza visualmente en lugar de matemáticamente y otra de sus características es que permite realizar análisis de sensibilidad, el cual permite el análisis de

dependencias entre criterios e incluirá estas dependencias en el análisis de sensibilidad.

3.3. Estudio de opciones de biorrefinería en Colombia

Una vez llevado a cabo el estudio de análisis multicriterio, el siguiente apartado es establecer opciones de biorrefinería para cada uno de los residuos prioritarios. Para ello, se han hecho diversas búsquedas para estudiar cuáles pueden ser las mejores opciones a llevar a cabo en zonas rurales mediante las materias primas estudiadas en el apartado anterior. Para ello, se han utilizado artículos científicos y búsquedas de negocios rurales a través de estos residuos.

3.4. Transferencia de los resultados y conclusiones a España.

Una vez establecida la metodología y las opciones de biorrefinería en Colombia, se concluye con las principales recomendaciones a nivel de España, basándose en los resultados de los indicadores por regiones y la metodología utilizada para Colombia.

4. Resultados

4.1 Estudio de indicadores de desigualdad de género en zonas rurales vulnerables de Colombia

4.1.1 Índice de pobreza multidimensional (IPM) por departamento

En la Figura 2, se muestra el índice de pobreza multidimensional por departamento. En el año 2020, el 39,9% de las mujeres rurales se encuentran en situación de Pobreza Multidimensional frente al 35,9% de los hombres (Dane, 2020).

En jefes de Hogar Mujeres, el departamento con porcentaje más alto de Pobreza Multidimensional corresponde a la Guajira (52,2%) y el porcentaje de pobreza más bajo corresponde al departamento del Valle del Cauca (12,4%).

En jefes de Hogar Hombres, el departamento con porcentaje más alto de Pobreza Multidimensional corresponde a la Guajira (51,2%) y el porcentaje de pobreza más bajo corresponde al departamento del Valle del Cauca (10,3%).

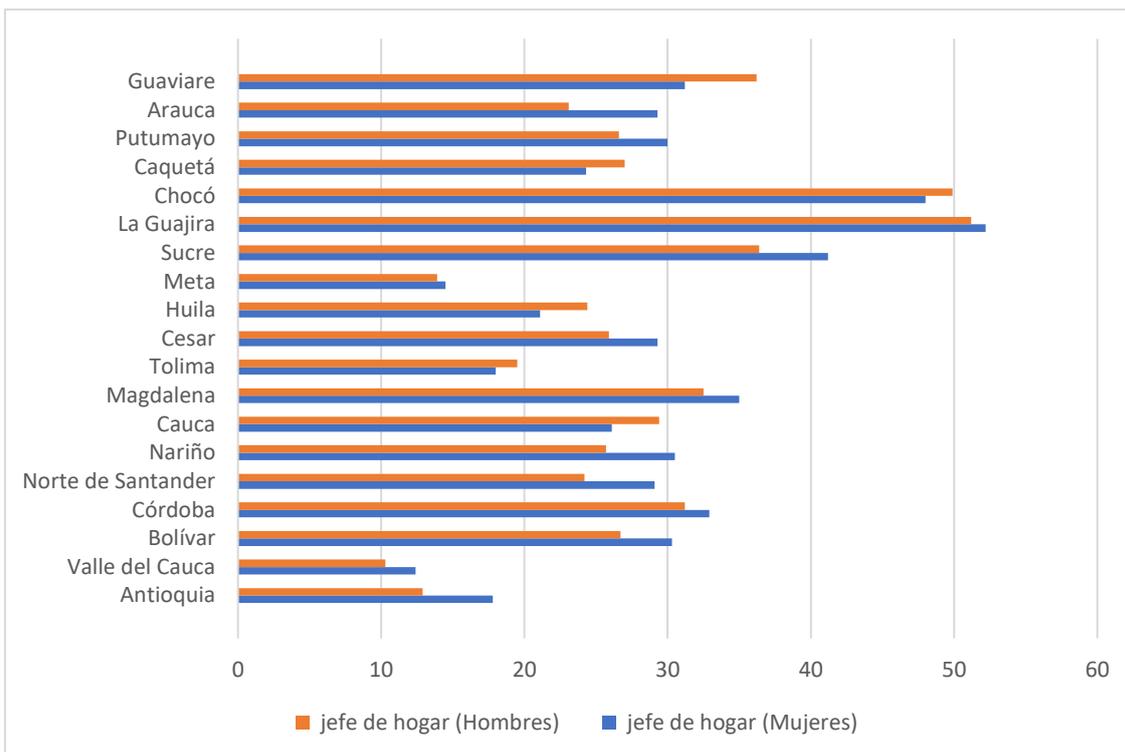


Figura 2. Índice de Pobreza Multidimensional-IPM/Departamentos. Según sexo del jefe de Hogar, 2020 (elaboración propia a partir de los datos del Dane; encuesta de calidad de vida ECV 2019-2020).

4.1.2 Índice de pobreza multidimensional (IPM) por dominio

En la Figura 3, se presenta la incidencia de la pobreza multidimensional por dominio según sexo del jefe de hogar. Este porcentaje se calcula como el porcentaje de personas multidimensionalmente pobres con jefatura de hogar masculina o femenina del total de personas en hogares con jefatura masculina o femenina.

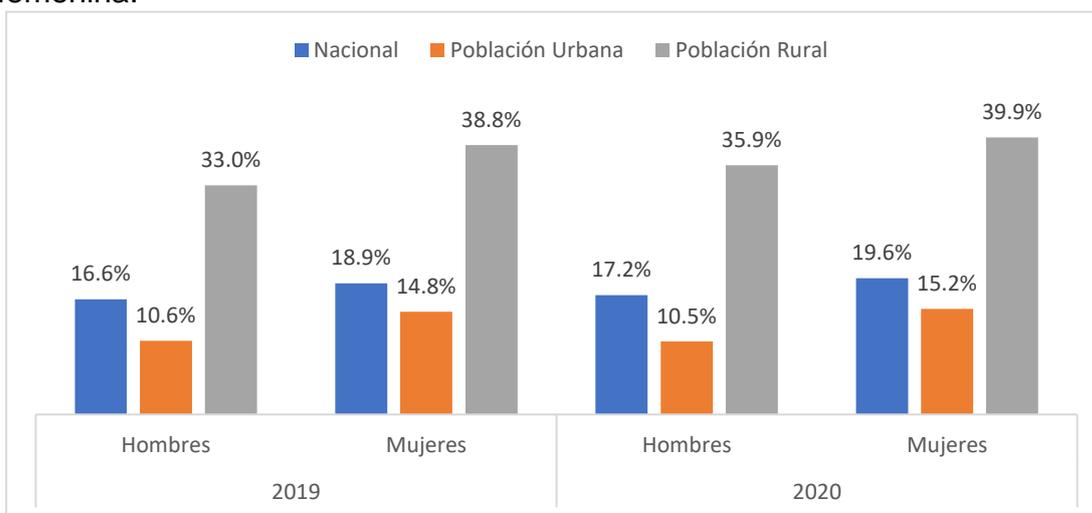


Figura 3. Índice de Pobreza Multidimensional-IPM/Principales Dominios. Según sexo del jefe de Hogar. 2019- 2020 (elaboración propia a partir de los datos del Dane; encuesta de calidad de vida ECV 2019-2020).

En el año 2020, el 39,9% del hogar cuya jefatura femenina eran pobres multidimensionalmente aumentando 1,1 puntos porcentuales con respecto al año 2019; mientras que, el 35,9% de las personas que pertenecían a hogares con jefatura masculina lo eran, aumentando 2,9 puntos porcentuales con respecto al año 2019. Se observa para los tres dominios, que la incidencia de la pobreza multidimensional es mayor en los hogares cuya jefe de hogar es una mujer (Diario del Huila, 2021).

Entre 2019 y 2020 hubo un incremento de 0,6 puntos porcentuales en la tasa de incidencia de la pobreza multidimensional a nivel nacional; 0,2 puntos porcentuales en la zona urbana; y aumentó 2,6 puntos porcentuales en la zona rural.

Además, se evidenció que la pobreza multidimensional es tres veces más pronunciada en las zonas rurales que en las urbanas.

4.1.3 Índice de pobreza monetaria (IPM)

En 2020 los ingresos laborales promedio, los cuales son la base del cálculo para la incidencia de pobreza monetaria, tuvieron un decrecimiento con respecto a lo observado en 2019 (Dane, 2020), tal y como se muestra en la Tabla 2. Las mujeres rurales generaron en 2020 ingresos laborales mensuales promedios por \$93.129 (pesos colombianos), lo que representa una reducción promedio de \$5.489 con respecto a 2019 donde se generaron ingresos laborales promedios por \$98.618, es decir, una reducción del 5,6%. Con respecto a los hombres rurales, la reducción del salario promedio entre 2019 a 2020 alcanzó los \$22.283, pasando de \$362.136 a \$339.853 respectivamente, lo que indica una reducción del 6,2%. Así pues, para 2020 el salario de las mujeres rurales representa un 27,4% menos que el de los hombres rurales.

Tabla 2. Ingresos laborales Promedio Mujeres vs Hombres. (elaboración propia).

Año	Mujeres	Hombres
2020	\$93,129	\$339,853
2019	\$98,618	\$362,136

4.1.4 Indicadores de desempleo por género

De acuerdo al reporte de Portafolio y tal y como se indica en la figura 4, el 16,2% de las mujeres se encuentran desempleadas frente al 5,7% de los hombres (Portafolio, 2021).



Figura 4. Tasa de Desempleo por Género/2020 (elaboración propia, a partir de los datos del Dane).

4.1.5 Indicadores de ocupación por género

Para el año 2020, el 29,2% de las mujeres se encuentran laborando frente al 68,8% de los hombres, tal y como se observa en la Figura 5 (Dane, 2020).



Figura 5 Tasa de Empleo por Género /2020 (elaboración propia, a partir de los datos del Dane).

4.1.6 Indicadores de desempleo y ocupación por departamento y por género

En la Figura 6, se muestran los resultados de desempleo y ocupación por departamento y género. En el año 2020, el departamento con mayor tasa de desempleo para las mujeres fue Tolima (13,8%) y el porcentaje con menor tasa de desempleo fue Nariño (4,1%) (Dane, 2020).

Por otro lado, la Guajira fue el departamento con mayor tasa de ocupación de las mujeres (64,5%) y el departamento con menor tasa de ocupación fue Norte de Santander (40,6%).

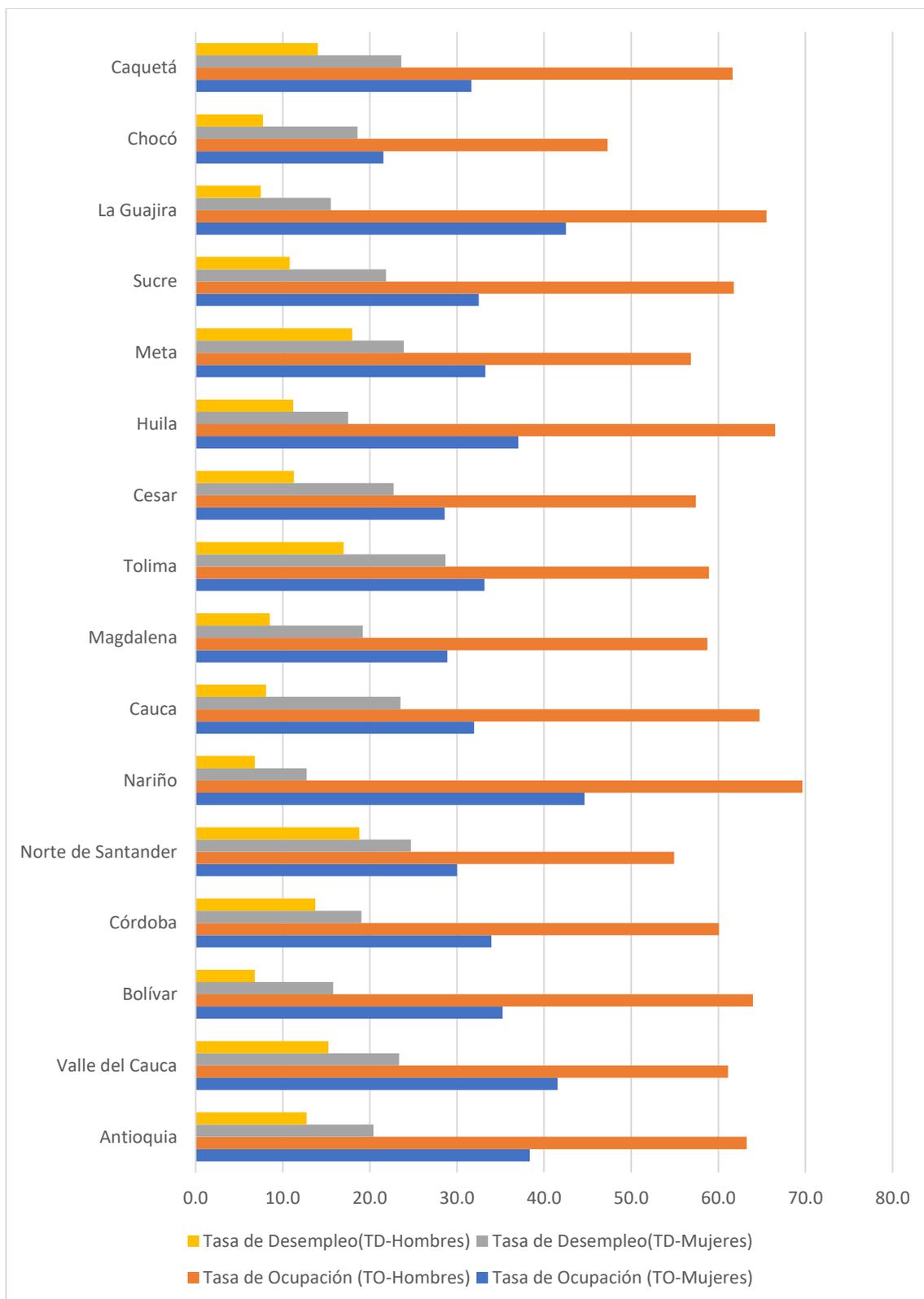


Figura 6. Centros poblados y rural disperso/ tasa global de ocupación y de desempleo (elaboración propia a partir de los datos de la encuesta integral de hogares EIH 2020/Dane).

4.1.7 Indicadores de diferentes tipos de violencia de género por dominio

4.1.7.1 Violencia sexual

Según los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, entre enero a noviembre de 2020 se registraron 16.567 casos de violencia sexual, de los cuales 1.903 es del sector rural: 1.632 para las mujeres y 271 para los hombres; lo que significa que las mujeres son más propensas para este tipo de actos (Medicina Legal y Ciencia Forenses, 2020).

De enero a noviembre de 2021, hubo un aumento de 19.863 casos en total, de los cuales 2.137 es en la zona rural: para este periodo hubo un aumento de casos para las mujeres 1.889 y una disminución para los hombres 248 casos, tal y como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Violencia sexual según zona del hecho, año y sexo de la víctima/ Colombia, comparativo Enero – Noviembre, años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro Referencia Nacional sobre Violencia/Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense – SICLICO.)

Zona del hecho	año 2020		año 2021		Variación absoluta		Variación porcentual	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Zona Municipal	2.015	11.912	2.158	14.745	143	2.833	7,1	23,8
Zona Urbana	91	557	79	611	-12	54	-13,2	9,7
Zona Rural	271	1.632	248	1.889	-23	257	-8,5	15,7
Sin Información	19	70	17	116	-2	46	-10,5	65,7

4.1.7.2 Violencia de pareja

Entre enero y noviembre de 2020, el INML-CF registro 28.053 actos de violencia de pareja de los cuales 1.774 fueron casos presentados en zona rural: 1.596 para las mujeres y 178 para los hombres.

En la Tabla 4 se muestran los resultados. Entre enero a noviembre de 2021, se obtuvieron 30.677 casos en total, de los cuales 1.680 se presentaron en la zona rural entendiendo que hubo una disminución para las mujeres en 1.503 casos y para los hombres 117 casos.

Tabla 4. Violencia de pareja según zona del hecho, año y sexo de la víctima/ Colombia, comparativo Enero -Noviembre, años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro Referencia Nacional sobre Violencia/Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense – SICLICO).

Zona del hecho	año 2020*		año 2021*		Variación absoluta		Variación porcentual	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Zona Municipal	3.468	21.902	3.647	24.060	179	2.158	5,2	9,9
Zona Urbana	116	711	134	1.064	18	353	15,5	49,6
Zona Rural	178	1.596	177	1.503	-1	-93	-0,6	-5,8
Sin Información	17	65	18	74	1	9	5,9	13,8

4.1.7.3 Violencia intrafamiliar

Entre enero a noviembre de 2020, se reportaron en total 15.278 casos de violencia intrafamiliar de los cuales 1.207 pertenece a la zona rural: 701 para las mujeres y 506 para los hombres (Medicina Legal y Ciencia Forenses, 2020).

En la Tabla 5 se muestran los resultados. Entre enero a noviembre de 2021, hubo 15.938 en total de los cuales 1.139 se presentaron en la misma zona de la siguiente manera: 624 para las mujeres y 515 para los hombres.

Tabla 5. Violencia intrafamiliar según zona del hecho, año y sexo de la víctima/ Colombia, comparativo Enero -Noviembre, años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro Referencia Nacional sobre Violencia/Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense – SICLICO).

Zona del hecho	año 2020*		año 2021*		Variación absoluta		Variación porcentual	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Zona Municipal	5.411	8.120	5.681	8.472	270	352	5,0	4,3
Zona Urbana	203	299	250	361	47	62	23,2	20,7
Zona Rural	506	701	515	624	9	-77	1,8	-11,0
Sin Información	19	19	14	21	-5	2	-26,3	10,5

4.1.8 Indicadores de violencia de género por departamento

4.1.8.1 Presunto delito sexual

De acuerdo, a los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, el departamento con mayor número de presunto delito sexual hacia la mujer fue Antioquia (1.831) y de menor número de violencia fue Guaviare (73).

Para los hombres, el departamento con mayor número de presunto delito sexual fue Antioquia (335) y menor número fue Nariño (7).

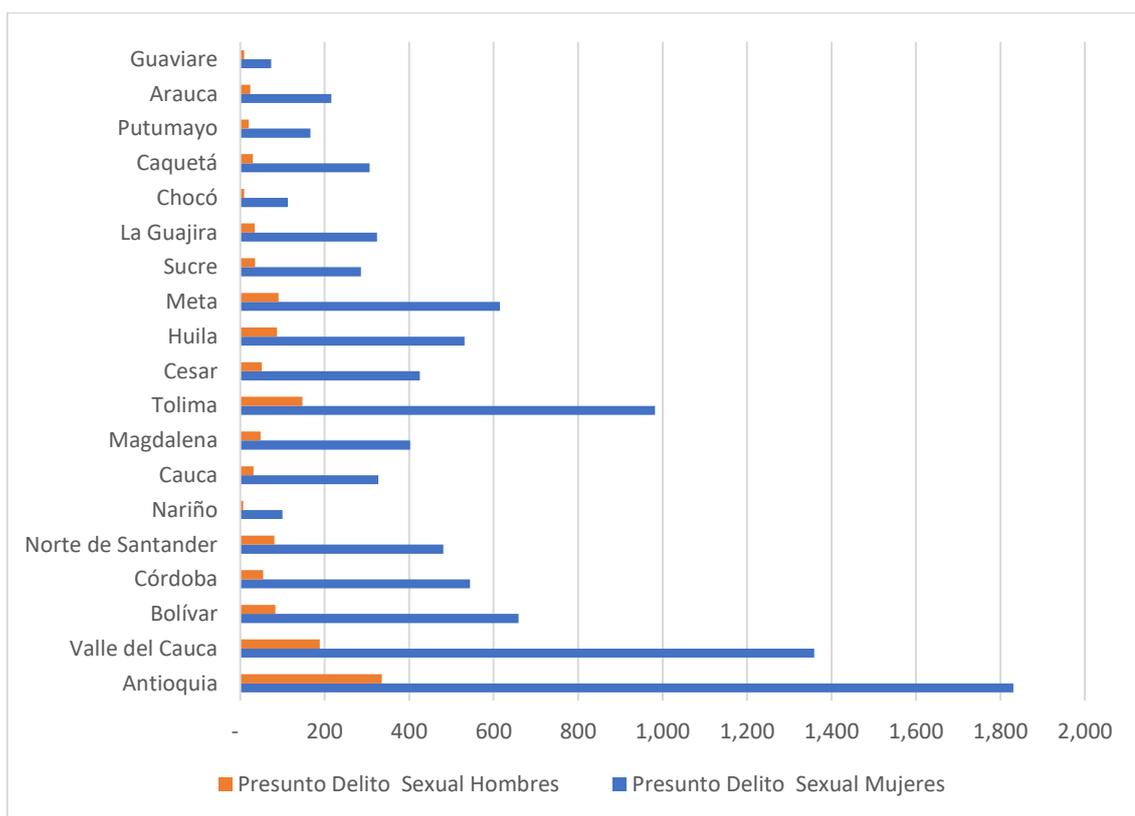


Figura 7. Cifras de Presunto delito sexual por Género/ 2021(elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – INMLCF).

4.1.8.2 Contexto de violencia niños, niñas y adolescentes

En la Figura 8, se muestran los resultados. En el año 2021, (320) niñas y adolescentes del departamento de Antioquia sufrieron por violencia y (4) del departamento del Guaviare (Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2021).

En el año 2021, (282) niños y adolescentes del departamento de Antioquia sufrieron por violencia y (2) del departamento del Guaviare.

De acuerdo con los anteriores datos, las niñas y adolescentes son las que mayor sufren por violencia de Género en edades menor de 18 años.

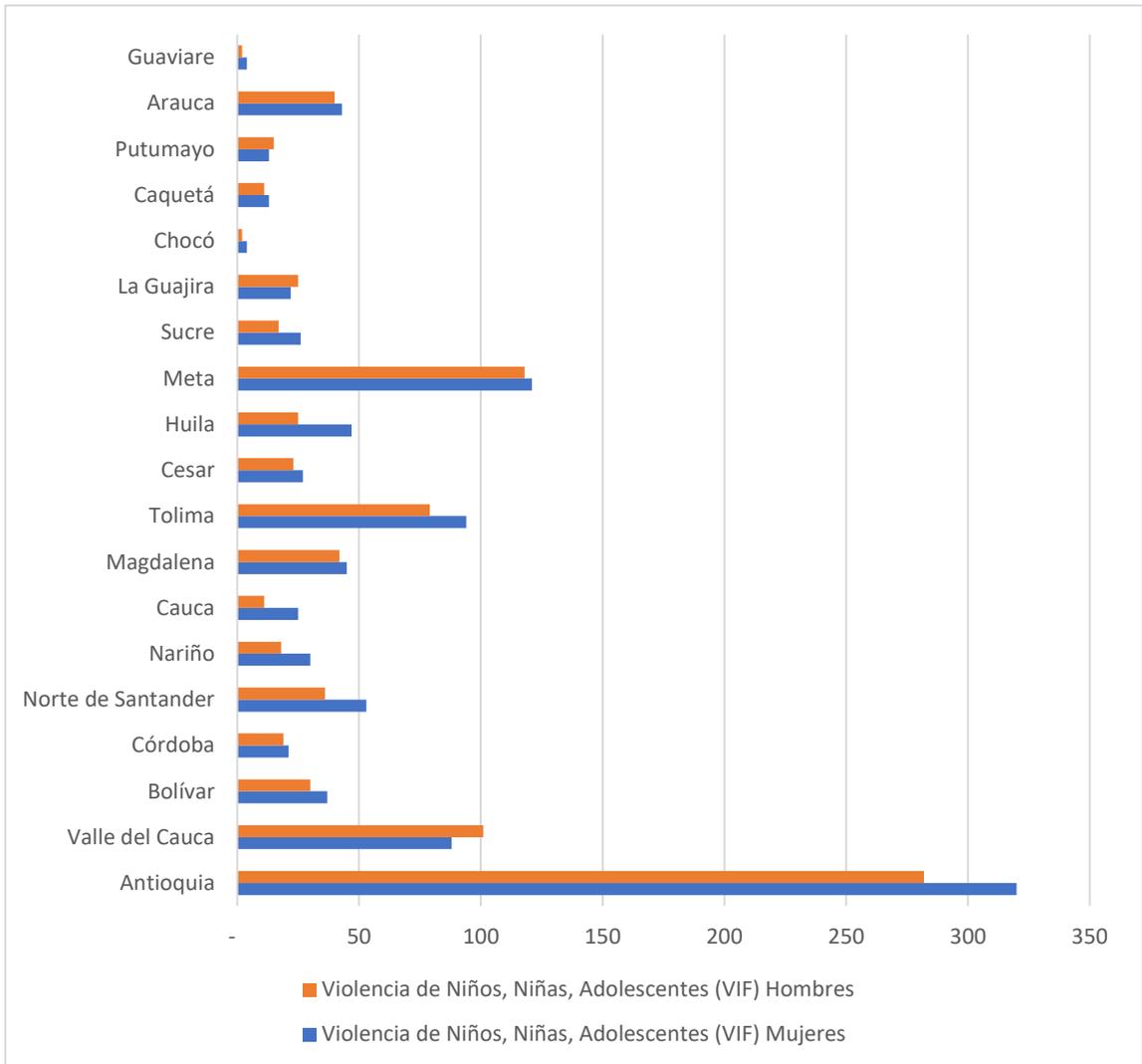


Figura 8. Violencia a niños, niñas, adolescentes/ 2021 (elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – INMLCF).

4.1.8.3 Violencia de pareja

En la Figura 9, se muestran los resultados. Para el año 2021, el departamento con mayor número de violencia de pareja mujeres fue Antioquia (3.109) y el número de violencia más bajo fue el departamento del Guaviare (32).

Para los hombres, el mayor número de violencia de pareja por departamento fue Antioquia (522) y el menor número se presentó en el departamento de Guaviare (5).

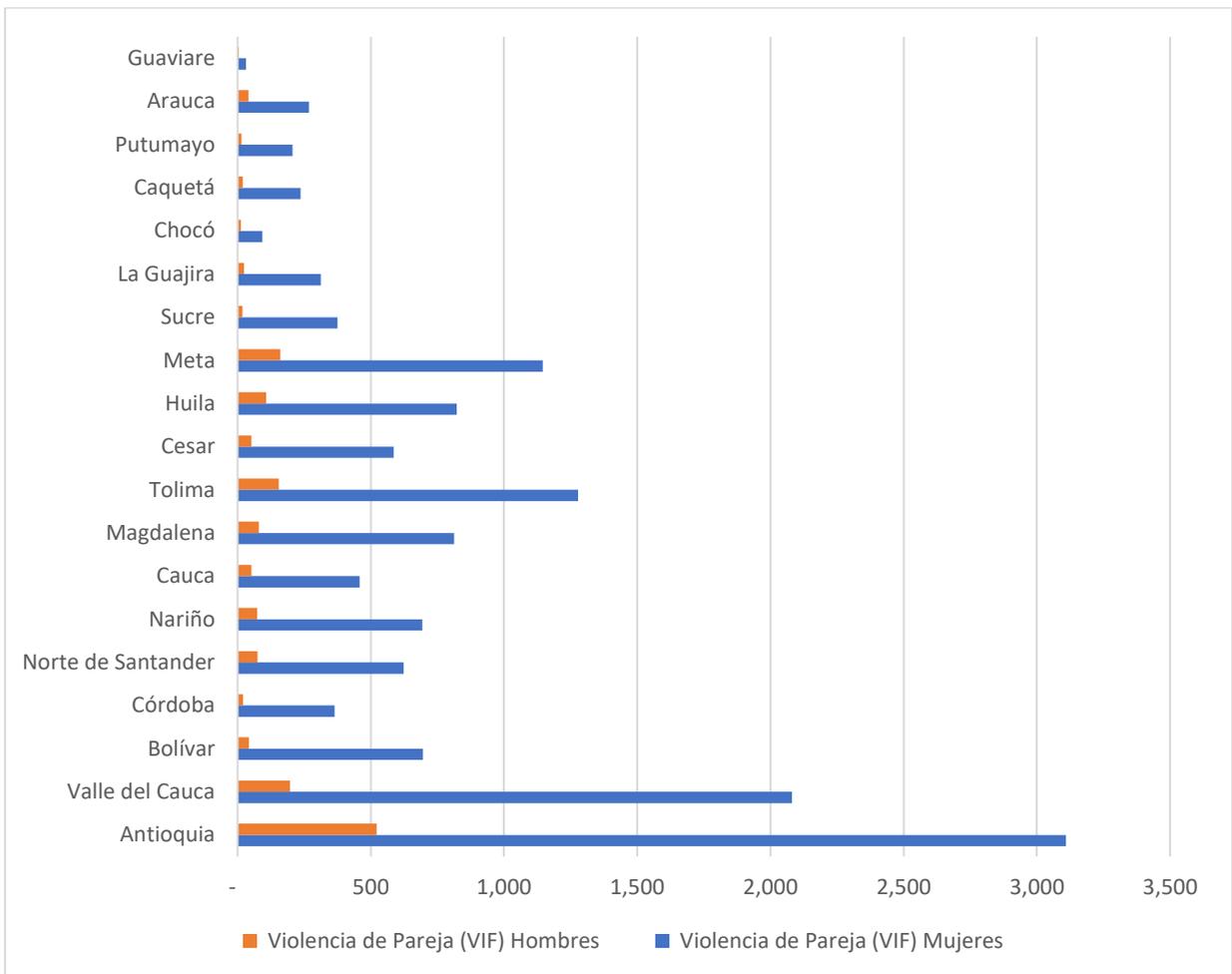


Figura 9. Violencia de pareja mujeres vs hombres/2021 (elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – INMLCF).

4.1.9 Número de víctimas por desplazamiento forzado por género y departamento

Según los datos del Registro Único de Víctimas, en el año 2021, el departamento con número más alto de víctimas mujeres de conflicto armado corresponde a Antioquia (8911) y el número más bajo corresponde al departamento de la Guajira (119) (Unidad de Víctimas, 2021), tal y como puede observarse en la Figura 10.

Para los hombres, también, el departamento de Antioquia corresponde el número más alto de víctimas por desplazamiento (8812) y la Guajira con menor número (103).

El departamento del Valle del cauca para este periodo no tuvo víctimas del conflicto armado por género.

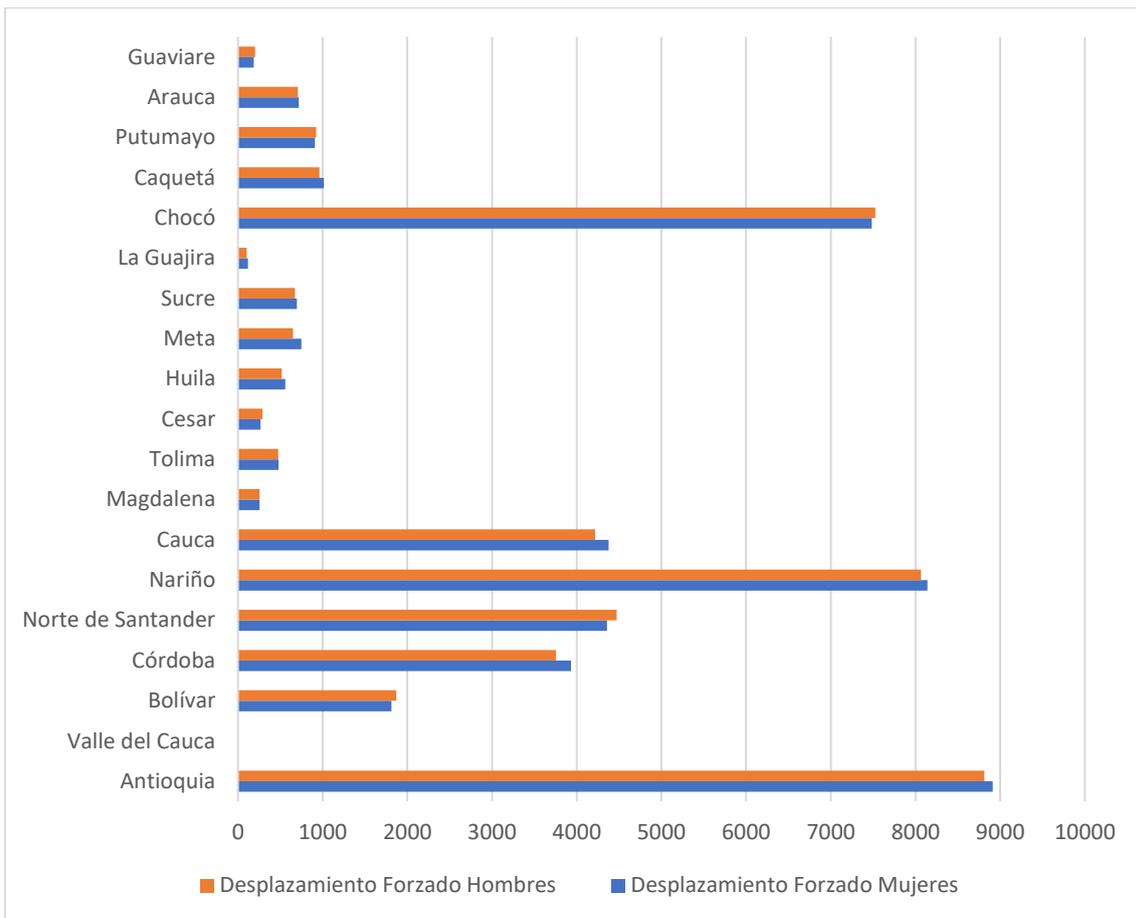


Figura 10. Reporte Único de Víctimas por Desplazamiento Forzado Mujeres vs Hombres (elaboración propia a partir de los datos de la Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas).

4.2 Indicadores de desigualdad de género en zonas rurales y vulnerables de España

4.2.1 Indicadores de riesgo de pobreza por comunidades autónomas España

Según los indicadores de riesgo de pobreza por Comunidades Autónomas el 26,1% de mujeres corresponde a la población rural (Instituto Nacional de Estadística INE, 2020).

En la Figura 11, se muestran los resultados por comunidad autónoma y distinguiendo entre Ceuta y Melilla. En el año 2020, el porcentaje más alto de riesgo de pobreza por Comunidades Autónomas corresponde a la comunidad de Melilla (36,3%). El porcentaje más bajo de riesgo corresponde a la Comunidad Navarra (9,9%).

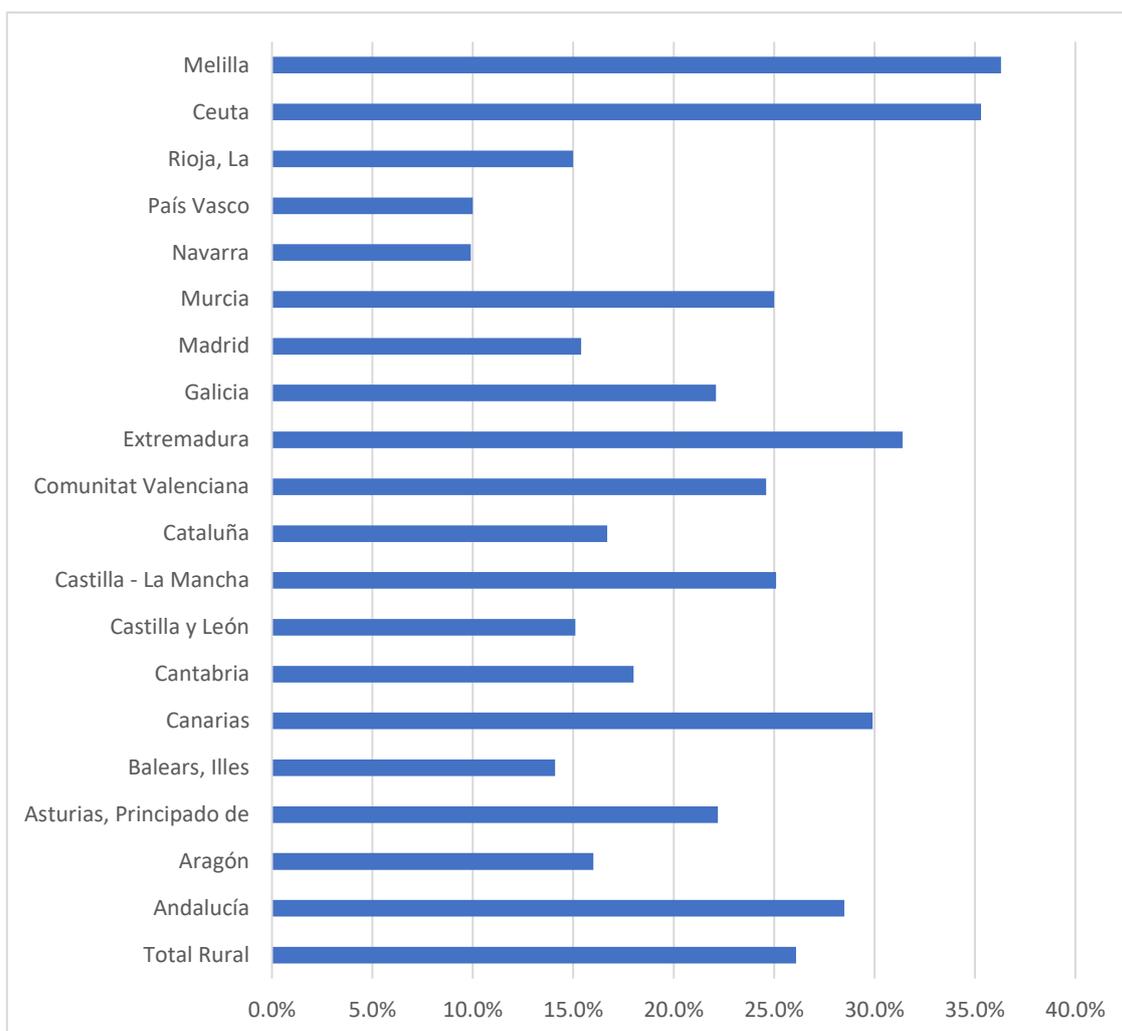


Figura 11. Tasa de Riesgo de Pobreza por Comunidad Autónoma (elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística INE).

4.2.2 Indicador de riesgo de pobreza por edad y género

En el año 2020 el 21,7% de las mujeres se encuentran en situación de riesgo de pobreza o exclusión social frente al 20,2% de los hombres (Instituto Nacional de Estadística INE, 2020).

En mujeres por grupos de edad, en el año 2020 el porcentaje más alto de riesgo de pobreza y/o exclusión social corresponde a las mujeres jóvenes (27,7% en mujeres menores de 16 años), tal y como puede verse en la Figura 12. El porcentaje más bajo de riesgo corresponde a las mujeres de 45 a 64 años (19,3%).

En hombres por grupos de edad, el porcentaje más alto en el año 2020 también corresponde a hombres jóvenes (27,4% en hombres menores de 16 años). El

porcentaje más bajo de riesgo de pobreza y/o exclusión social corresponde a los hombres de 65 y más años (16,4%).

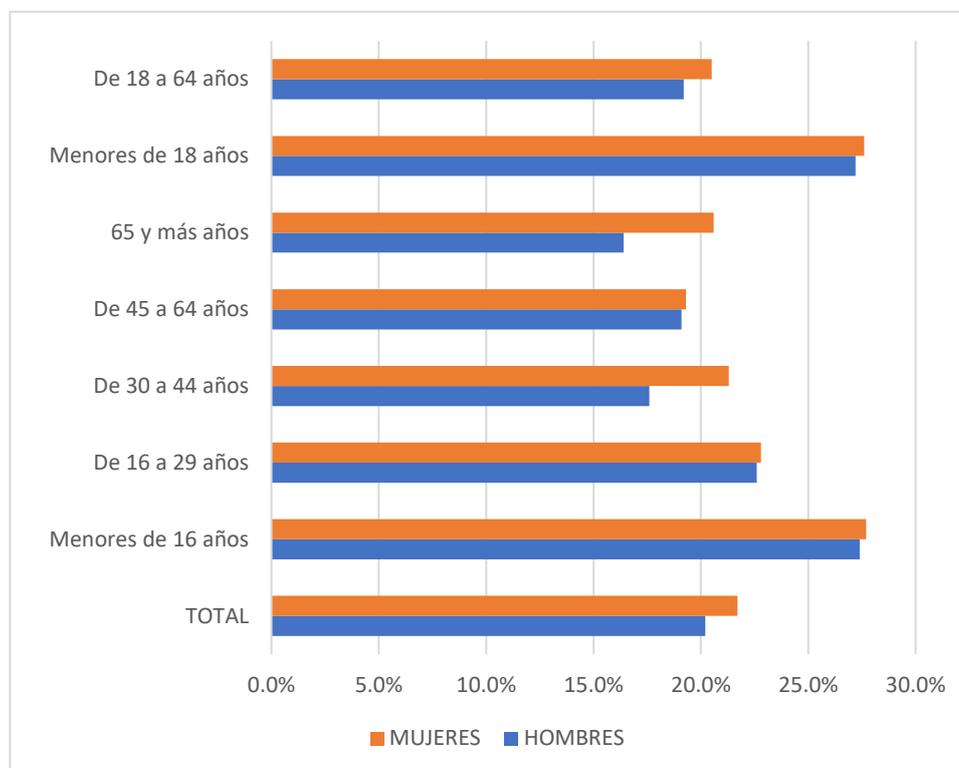


Figura 12 Tasa de riesgo de pobreza por edad y género (elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística INE).

4.2.3 Tasas de paro por distintos grupos de edad, género y comunidad autónoma España

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el año 2020 según comunidad autónoma, las mujeres rurales (17,0%) tienen los porcentajes más altos de tasa de paro con respecto a los hombres (12,8) de la misma zona (Instituto Nacional de Estadística INE, 2020).

En las mujeres, el porcentaje más alto de tasas de paro se presenta en la Ciudad Autónoma de Ceuta (30,4%) como puede observarse en la Figura 13. El porcentaje más bajo de tasa de paro corresponde a la Comunidad Autónoma País Vasco (11,4%).

En hombres el porcentaje más alto de tasas de paro se presenta en la Ciudad Autónoma Ceuta (23,8%). El porcentaje más bajo de tasa de paro corresponde a la Comunidad Autónoma Rioja (7,9%).

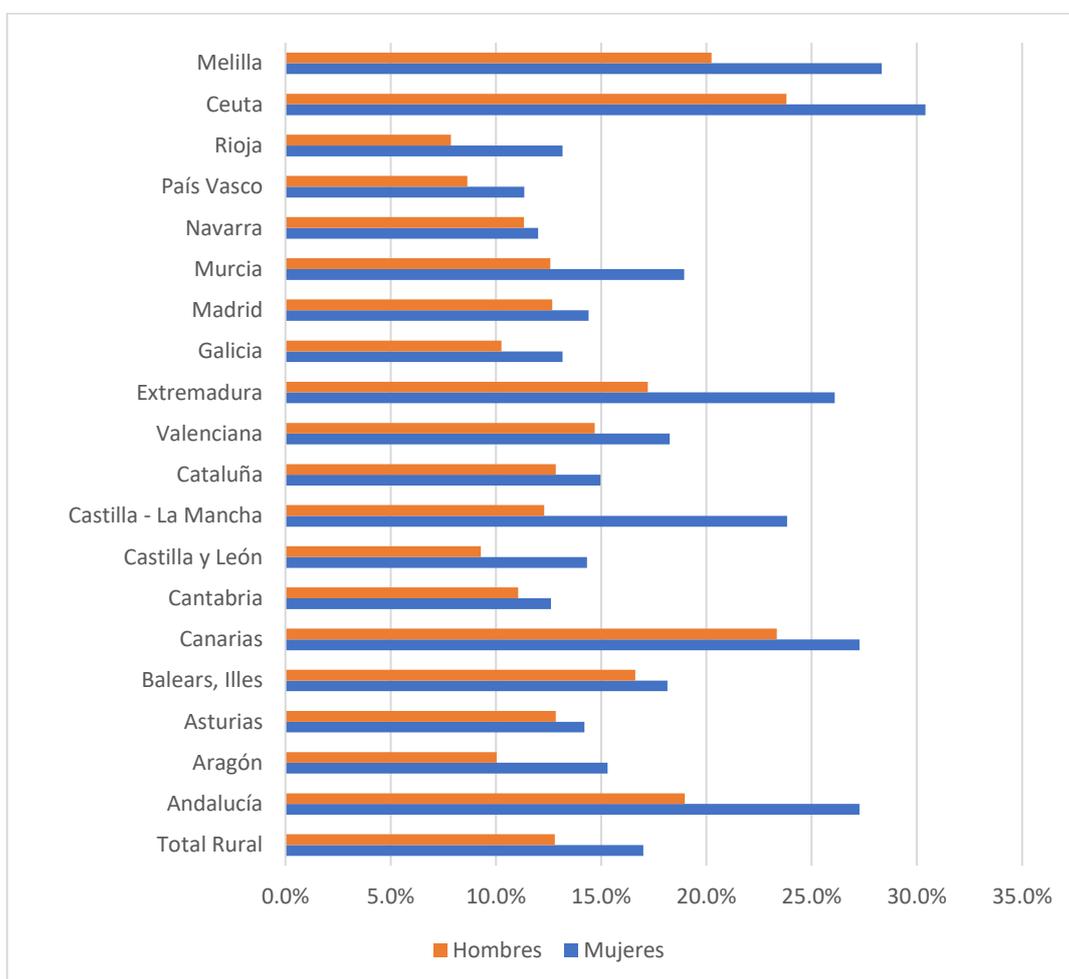


Figura 13 Tasas de paro por género y comunidad autónoma (elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística INE).

4.2.4 Tasa de empleo por comunidades autónomas

En el año 2020 el 38,3% de las mujeres se encuentran en situación de empleo con respecto a los hombres 50,5% (Instituto Nacional de Estadística INE, 2020).

El porcentaje más alto de empleo de las mujeres fue en la Comunidad Autónoma Lleida (52,9%) y el porcentaje más bajo fue de (30,2%) en la Comunidad Huelva, como se puede ver en la Figura 14.

En el caso de los hombres, el porcentaje más alto de empleo se presentó en Comunidad Segovia (62,5%) y el porcentaje más bajo fue en la Comunidad Palmas (45,9%).

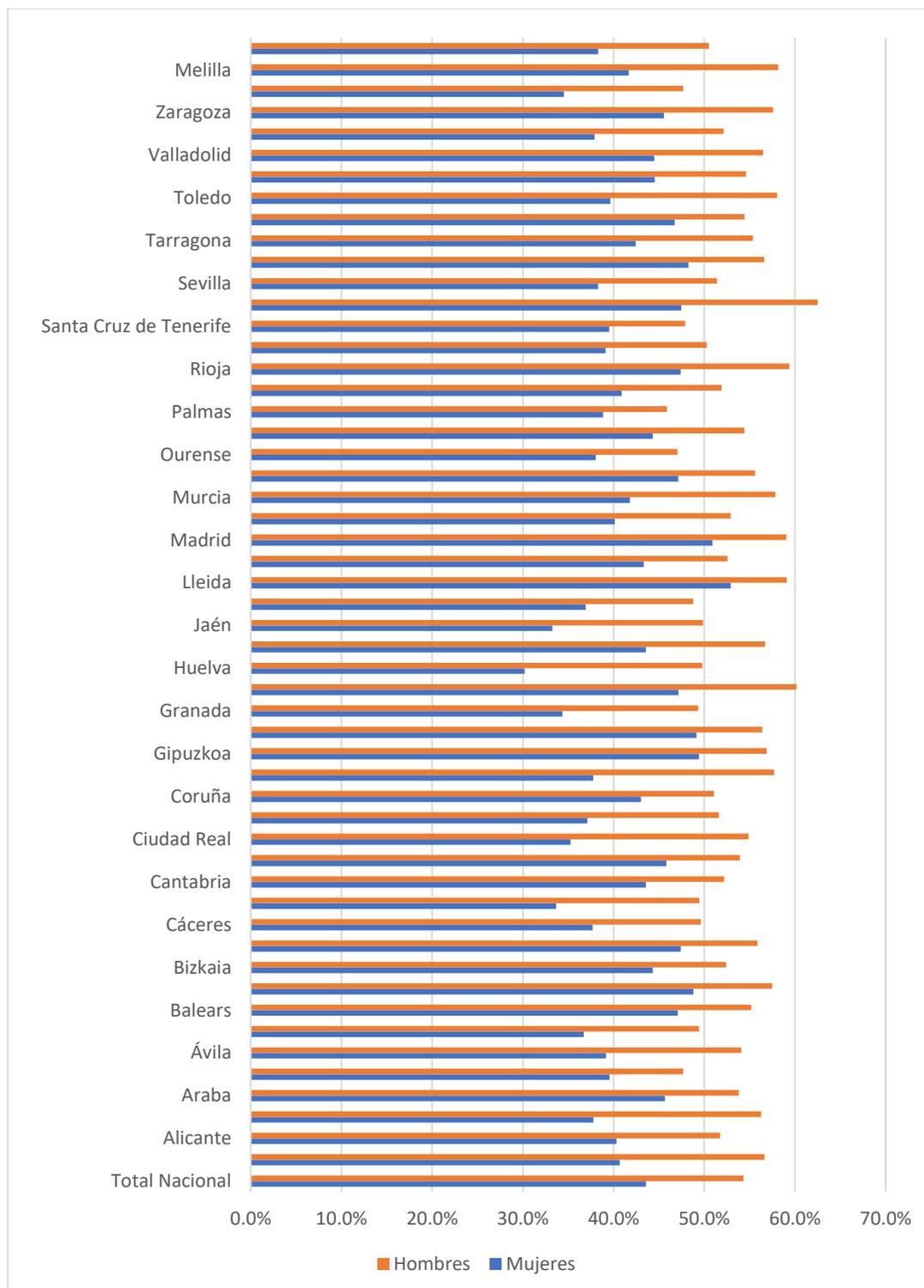


Figura 14. Tasa de Empleo de la Población (elaboración propia).

4.2.5 Indicadores de violencia interpersonal mujeres

De acuerdo con la Federación de Asociaciones de Mujeres Rurales “FADEMUR” para el año 2021 la tasa de Violencia Interpersonal para las mujeres rurales fue de (38,63%) y (50%) para menores de edad (Fademur, 2021).

Hasta el mes de marzo del año 2022, la tasa de Violencia Interpersonal para las mujeres fue de (28,57%), como puede observarse en la Tabla 6.

Tabla 6 Violencia Interpersonal 2021/2022 (elaboración propia)

Violencia Interpersonal	Año 2021	Año 2022
Andalucía	2	1
Aragón	1	
Asturias	1	
Baleares	1	
Canarias		
Cantabria	1	
Castilla León	2	
Violencia Interpersonal	Año 2021	Año 2022
Castilla La Mancha	1	1
Cataluña	6	
Comunidad Valenciana		
Madrid	1	
Navarra	1	
Total, Rural	17	2

4.2.6 Indicadores formas de violencia hacia las mujeres

De acuerdo con la Figura 15, para el año 2018 predominó la violencia física y psicológicamente de manera unánime (97,97 %), seguidamente la violencia sexual (95,25%), la económica (92,2%), la vicaría “daño realizado a los hijos(as) para perjudicar a la madre” (84,75%) y violencia social (82,71%) (Gobierno de España, 2018).

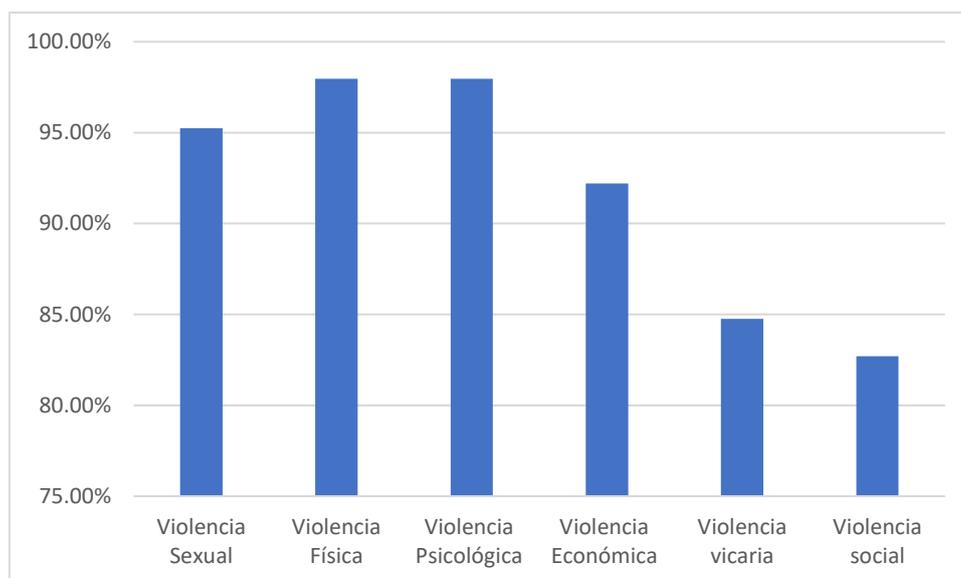


Figura 15. Indicadores Formas de Violencia de Género (elaboración propia).

4.3 Indicadores sector agrícola en Colombia

4.3.1. Cultivos de productos agrícolas por hectárea

En Colombia, el sector agro es uno de los principales ejes que mueve el país, tanto en el tema económico, como en el ámbito de la seguridad alimentaria y es que nuestro país, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), puede convertirse en una de las grandes despensas del mundo, pues es uno de los siete países en Latinoamérica con mayor potencial para el desarrollo de áreas cultivables: Entre 223 países en los que se evaluó el potencial de expansión del área agrícola sin afectar el área del bosque natural esta nación ocupó el puesto número 25.

En la Tabla 7 y 8, se destacan los cultivos que sobresalen en Colombia en cada uno de sus departamentos (cultivo por hectárea).

De acuerdo con la Red de Información y Comunicación del Sector Rural (Agronet) para el año 2020 los departamentos con mayor cultivo de plátano fueron: Antioquia (48,198 ha), Arauca (37,433 ha), Córdoba (27,305 ha), Valle del Cauca (27,262 ha) y Nariño (22,900ha). Así mismo para el año 2020 los departamentos con mayor cultivo de café fueron: Huila (140,952 ha), Antioquia (97,716ha), Tolima (89,604ha), Cauca (81,748ha) y Valle del Cauca (43,168 ha).

Los departamentos con mayor cultivo de aceite de palma fueron: Meta (178,374ha), Cesar (88,021ha), Magdalena (46,628ha), Norte de Santander (41,219ha) y Bolívar (37,464 ha).

Tabla 7. Cultivo por hectáreas (elaboración propia, tomado de Agronet).

Cultivo	Principales Departamentos	Área (ha)
Plátano	Chocó	22,840.50
	Arauca	37,433.00
	Caquetá	15,288.00
	Huila	25,053.25
	Putumayo	8,736.75
	Antioquia	48,198.40
	Meta	21,132.27
	Guaviare	5,182.00
	Norte de Santander	10,306.30
	Córdoba	27,305.20
	Cauca	14,204.00
	Valle del Cauca	27,261.68
	Nariño	22,900.00
	Tolima	21,873.50
Café	Cesar	21,358.00
	Guajira	4,672.00
	Magdalena	19,566.00
	Tolima	89,604.00
	Cauca	81,748.00
	Nariño	31,324.00
	Valle del Cauca	43,168.00
	Antioquia	97,716.00
	Caquetá	3,915.20
	Huila	140,952.15
Aceite de Palma	Norte de Santander	41,219.00
	Antioquia	4,124.00
	Bolívar	37,464.00
	Meta	178,373.93
	Cesar	88,026.00
	Guajira	1,789.00
	Magdalena	46,628.00
	Nariño	26,809.50

Tabla 8 (Continuación). Cultivo por hectáreas (elaboración propia, tomado de Agronet).

Cultivo	Principales Departamentos	Área (ha)
Maíz	Bolívar	67,714.00
	Sucre	20,669.50
	Cauca	9,727.50
	Valle del Cauca	16,088.88
	Córdoba	61,935.63
	Caquetá	8,148.00
	Huila	28,538.15
	Putumayo	7,279.00
	Cesar	40,048.00
	Guajira	10,836.00
	Magdalena	29,058.05
	Antioquia	24,442.40
	Chocó	6,791.50
	Arauca	13,713.00
Cacao	Nariño	21,867.90
	Norte de Santander	10,353.00
	Antioquia	21,694.70
	Bolívar	4,638.00
	Tolima	10,724.00
	Arauca	18,693.50
	Putumayo	5,284.00
Cassava (Yuca)	Bolívar	34,888.70
	Sucre	19,303.00
Arroz	Antioquia	34,922.80
	Córdoba	38,325.05
	Chocó	28,103.50
Caña de Azúcar	Cauca	57,428.40
	Nariño	16,907.50
	Valle del Cauca	204,244.06
Ñame	Bolívar	12,728.00
	Sucre	5,134.00

De acuerdo con el maíz, los departamentos con mayor cultivo fueron: Bolívar (67,714ha), Córdoba (61.936ha), Cesar (40,048ha), Magdalena (29,058ha) y Huila (28,538ha). Del cultivo de cacao predominaron: Nariño (21,868ha), Antioquia (21,695ha), Arauca (18,694ha), Tolima (10,724ha) y Norte de Santander (10,353 ha). De la cassava el departamento con mayor cultivo fue

Bolívar (34,889ha). Del arroz fueron: Córdoba (38,325 ha) y Antioquia (34,923 ha). De la caña de azúcar fueron: Valle del Cauca (204,244 ha) y el Cauca (57,428) y finalmente el cultivo del ñame fue el departamento de Bolívar (12,728 ha).

4.3.2 Residuos de los productos agrícolas

Se estima que en Colombia se desecha hasta una tercera parte de los alimentos para el consumo humano, generándose residuos desde el cultivo de la materia prima hasta su comercialización. En los últimos años, ha aumentado el interés en el aprovechamiento de residuos en diferentes ámbitos debido al bajo costo, a su alta disponibilidad, y a la necesidad de reducir el impacto ambiental causado. En este sentido, se han realizado estudios enfocados al desarrollo de nuevas tecnologías que utilicen los residuos o subproductos generados para la producción de materiales o sustancias con un valor agregado; y considerando la diversidad de residuos generados, hay una gran variedad en cuanto a su composición y a la tecnología o método de aprovechamiento que se pueden emplear.

En la Tabla 9, se destaca el ciclo de vida y la cantidad de residuos que genera por tonelada/año cada uno de los residuos agrícolas de Colombia. También, se puede evidenciar que los cultivos que mayores residuos agrícolas generan son: En primer lugar, está el plátano, la caña de azúcar en segundo lugar, el cacao en tercer lugar, el arroz en cuarto lugar, la palma de aceite en quinto lugar y finalmente el café en sexto lugar.

Tabla 9. Ciclo de vida y residuos generados en la postcosecha de los productos agrícolas, Colombia (elaboración propia).

Cultivo	Ciclo de Vida de los Cultivos	Residuos (Tonelada/año)
Plátano	11-17 meses	23,000,000
Café	6-8 años	200,000
Palma de aceite	25 años	300,000
Maíz	5 - 6 meses	2,388
Cacao	30 años	400,000
Cassava	10-12 meses	1,074
Arroz	4-5 meses	400,000
Caña de azúcar	12-24 meses	7,000,000
Ñame	10-12 meses	1,200
TOTAL		31,304,662

En la Tabla 10, 11 y 12 se presenta los productos que se pueden obtener a partir del aprovechamiento de los residuos agrícolas. Se puede evidenciar por ejemplo que, con el plátano, el café, la cassava, la caña de azúcar y con el ñame se puede elaborar bioetanol. También, se puede ver que, con el plátano, la palma de aceite y el arroz se puede elaborar agregado para cemento. Por otro lado, el maíz y la caña de azúcar se puede elaborar etanol y con el cacao y la palma de aceite se puede elaborar carbón activado. Las referencias de las cuales fueron tomados los datos son las siguientes: Revista de Química Agrícola y Alimentaria, Universidad de Sucre, Revista en Educación en Ingeniería, Universidad del Salvador, Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana, Revista Ciencia y Tecnología, Espamciencia, Iresiduo, Universidad de Costa Rica, Asociación de Maíz y Sorgo Argentino, Ambientum, Universidad Cooperativa de Colombia, Redisa, Universidad pontifica bolivariana, Universidad de Lima, Grepalma, Dialnet, Universidad Tecnológica de Pereira, Researchgate, Procaña, Scielo, Universidad de Sucre y Redalyc.

Tabla 10. Productos obtenidos a partir de los residuos agrícolas de Colombia (elaboración propia).

Cultivo	Principales Residuos	Productos Obtenidos
Plátano	Fruto	Harina o fécula
		Jaleas, mermeladas y golosinas
		Bebidas alcohólicas
		Jugos energéticos tipo néctar
		Vinagre
		Almidón y derivados (Industria alimentaria, textil, papel, adhesivos biodegradables, biopelículas y bioplásticos)
	Hojas y Pseudotallo	Fibras para artesanías (sombreros, abanicos, zapatos, bolsos, carteras, sacos).
		Harina para alimentación animal
		Bioenergía (biogás metano o bioetanol)
		Celulosa y papel
Cáscara	Cemento, construcción y pegamentos	
	Bioetanol, Bioabono	
Café	Tallo	Fabricación de muebles, estanterías, pisos
	Posados	Biodiesel
	Borra	Briquetas y aglomerantes.

Tabla 11. (Continuación). Productos obtenidos a partir de los residuos agrícolas de Colombia (elaboración propia).

Cultivo	Principales Residuos	Productos Obtenidos
Café	Cáscara, Mucílago y pulpa	Biofertilizantes
		Energizantes
		Bebidas alcohólicas fermentadas
		Harina libre de gluten
		Alimento para animales
		Fertilizante orgánico
		Jabones, Shampoo
		Contenedores biodegradables, empaques
		Briquetas compactadas
		Biogás
		Bioetanol
Palma de Aceite	Racimo	Compost
		Madera contrachapada
		Biocompuestos plásticos
		Biometano
	Cuesco	Liviano cemento
	Fruto	panadería
		Confitería, Heladería
		Plastificantes
		Margarinas
	Almendra	Jabones
		Barnices, pinturas y detergentes
	Pulpa	Alimento para animales
		Biocompuestos naturales
Ceniza	Accesorios para automóviles	
	Aditivo cemento, concreto y hormigón	
Maíz	Tallo	Refuerzo de polipropileno
	Olote	Pigmentos naturales nutraceuticos
		Industria cosmética
	Cáscara	Fibras para el sector textil
		Etanol
Mucílago	Jalea	
Cacao	Cascarilla y Cacota	Biocombustibles
		Nanocelulosa
		Carbón Activado
Cassava (Yuca)	Bagazo	Nanofibras
		Bioplásticos
	Cáscara	Biopelículas comestibles
		Bioetanol
		Biogás
	Alimento para animales	

Tabla 12 (Continuación). Productos obtenidos a partir de los residuos agrícolas de Colombia (elaboración propia).

Cultivo	Principales Residuos	Productos Obtenidos	
Arroz	Cascarilla y Tamo	Muebles, Hilos	
		Fabricación de cementos y materiales cerámicos	
		Briquetas	
		Compost	
		Resinas	
		Energía Térmica y eléctrica	
		Metanol	
		Amoniaco	
Caña de Azúcar	Bagazo	Furfural	
		Bioetanol	
		Ácido acético	
		Alimento para animales	
		Energía eléctrica	
		Paneles de fibras	
		Alcohol carburante	
	Mieles y Azúcar	Confites y dulces	
		Etanol	
		Combustible vehicular	
		Jugos y bebidas gaseosas	
		Vinagre	
		Exfoliante	
	Fibra	Papel	
	Melaza	Ácido cítrico	
		Citrato de sodio deshidratado	
		Citrato de calcio	
		Tableros aglomerados	
	Ñame	Cáscara	Bioetanol, Bioplásticos.

4.4. Análisis Multicriterio

4.4.1 Definición de alternativas

Las alternativas se basan en las zonas prioritarias en las que se deberían establecer políticas de mejora de estas zonas basándose en los resultados de desigualdad de género y posibilidades de opciones de biorrefinería. Para ello, se identificaron los diferentes departamentos poder ubicar las alternativas de biorrefinería en cada una de sus zonas rurales y postconflicto, basándose en la existencia de desigualdad de género y residuos de biomasa. Las alternativas finales se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13 Alternativas definidas en cada zona para ubicar las opciones de biorrefinería.

Número	Alternativas
1	Arauca
2	Antioquia
3	Huila
4	Valle del Cauca
5	Meta
6	Tolima
7	Nariño
8	Córdoba
9	Putumayo
10	Guaviare
11	Cauca
12	Cesar
13	Caquetá
14	Bolívar
15	Norte de Santander
16	Magdalena
17	Chocó
18	Guajira
19	Sucre

4.4.2 Definición de Criterios

Para evaluar las alternativas, los criterios se seleccionaron teniendo en cuenta por un lado los indicadores de desigualdad de género que se consideraron prioritarios y, por otro lado, el cultivo de las materias primas prioritarias. Estos criterios se consideran prioritarios debido a que se busca alternativas del aprovechamiento de los cultivos más representativo de Colombia para desarrollar modelos de biorrefinería en sus diferentes departamentos y que a su vez los productos que se puedan obtener puedan ser desarrollados por las mujeres rurales y vulnerables del postconflicto. Por lo tanto, los cuatro criterios de desigualdad de género fueron seleccionados porque es donde mayor impacto se genera y porque los proyectos están encaminados a la equidad de género especialmente a la mujer.

Tabla 14. Criterios de análisis multicriterio de la ubicación óptima para colocar biorrefinerías (escenario 1).

Numero de Criterios	Nombre del criterio	Unidades	Indicador	Costo/ Beneficio
C1	Índ. Pobreza Multidimensional	%	Cuantitativo	Coste
C2	índ. Desempleo	%	Cuantitativo	Coste
C3	Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	%	Cuantitativo	Coste
C4	Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	%	Cuantitativo	Coste

Tabla 15. Criterios de análisis multicriterio de la ubicación óptima para colocar biorrefinerías (escenario 2).

Numero de Criterios	Nombre del criterio	Unidades	Indicador	Costo/ Beneficio
C1	Cultivo Plátano	ha	Cuantitativo	Beneficio
C2	Cultivo Café	ha	Cuantitativo	Beneficio
C3	Cultivo Aceite Palma	ha	Cuantitativo	Beneficio
C4	Cultivo de Maíz	ha	Cuantitativo	Beneficio
C5	Cultivo Cacao	ha	Cuantitativo	Beneficio
C6	Cultivo de Cassava	ha	Cuantitativo	Beneficio
C7	Cultivo Arroz	ha	Cuantitativo	Beneficio
C8	Cultivo Caña Azúcar	ha	Cuantitativo	Beneficio
C9	Cultivo Ñame	ha	Cuantitativo	Beneficio

Tabla 16. Criterios de análisis multicriterio de la ubicación óptima para colocar biorrefinerías (escenario 3).

Numero de Criterios	Nombre del criterio	Unidades	Indicador	Costo/ Beneficio
C1	Índ. Pobreza Multidimensional	%	Cuantitativo	Coste
C2	índ. Desempleo	%	Cuantitativo	Coste
C3	Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	%	Cuantitativo	Coste
C4	Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	%	Cuantitativo	Coste
C5	Cultivo Plátano	ha	Cuantitativo	Beneficio
C6	Cultivo Caña Azúcar	ha	Cuantitativo	Beneficio
C7	Cultivo Cacao	ha	Cuantitativo	Beneficio
C8	Cultivo Arroz	ha	Cuantitativo	Beneficio
C9	Cultivo Palma de Aceite	ha	Cuantitativo	Beneficio
C10	Cultivo Café	ha	Cuantitativo	Beneficio

Todos los criterios que se incluirán a la matriz de decisiones o de impacto para realizar el análisis multicriterio son cuantitativos. El método exige que los criterios sean comparables entre sí. Entre los trece criterios, hay nueve de tipo beneficio, lo que significa que cuanto mayor es la puntualidad este efecto, mejores son los resultados alternativos. El resto de los criterios son de tipo coste, lo que significa que cuanto mayor es la puntuación de este efecto, peores son los resultados alternativos.

Explicado de otra manera, para el escenario uno los cuatro criterios son de tipo coste, para el segundo escenario los nueve criterios son de tipo beneficio y para el tercer escenario hay cuatro criterios tipo coste y seis de tipo beneficio. En este último escenario, se priorizaron las seis materias primas con mayor cantidad de residuos que generan, puede verse en la Tabla 8.

4.4.3 Asignación de pesos

Una vez seleccionados los criterios, el siguiente paso en la metodología de análisis multicriterio es definir la importancia del peso de cada criterio y decidir los escenarios que se consideran para evaluar las opciones de biorrefinería. Dichos escenarios están representados en la Tabla 17.

Tabla 17. Escenarios propuestos evaluados a través del análisis multicriterio.

Escenarios	Criterios Pesos de Distribución	Objetivo
Escenario 1	25% criterios de desigualdad de género	Opciones de Biorrefinería
Escenario 2	73.5% plátano, 0.6% café, 0.9% aceite de palma, 0.007%maíz, 1.3%cacao, 0.003% cassava, 1.3% arroz, 22.4% caña de azúcar y 0.003% ñame	Opciones de Biorrefinería
Escenario 3	10% Criterios de desigualdad de género y cultivos	Opciones de Biorrefinería

La asignación de pesos para este estudio se realizó de la siguiente manera:

- Para el primer escenario fueron analizados cuatro criterios, a los cuales se les asigno pesos iguales del 25%.
- Para el segundo escenario fueron analizados nueve criterios, a los cuales se les asigno un peso diferente, como se puede evidenciar en la Tabla 17. Los pesos aquí asignados, se calcularon tomando los datos de la Tabla 9 sobre los residuos generados por producto y haciendo los siguientes cálculos:

- El peso del plátano se obtuvo dividiendo 23,000,000 ton/año sobre el total de los residuos que son 31,304,662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 73.5 %.
- El peso del café se obtuvo dividiendo 200,000 ton/año sobre el total de los residuos que son 31,304,662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 0.6%
- El peso del aceite de palma se obtuvo dividiendo 300,000 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 0.9%.
- El peso del maíz se obtuvo dividiendo 2.388 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 0,007%
- El peso del cacao se obtuvo dividiendo 400.000 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 1.3%
- El peso de la cassava se obtuvo dividiendo 1.074 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 0.003%
- El peso del arroz se obtuvo dividiendo 400.000 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 1.3%
- El peso de la caña de azúcar se obtuvo dividiendo 7.000.000 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 22.4%
- Y el peso del ñame se obtuvo dividiendo 1,200 ton/año sobre el total de los residuos que son 31.304.662 y luego se multiplico por 100 dando como resultado 0.003%.

Las referencias en las que se basó el anterior estudio fue: Ministerio de Agricultura, Infobae, el espectador, Fedepalma, Dialnet, Sociedad de Agricultura de Colombia SAC.

- Para el tercer escenario fueron analizados diez criterios, a los cuales se les asigno pesos iguales del 10%.

4.4.4 Matriz de decisiones

Una de las características del análisis multicriterio es una matriz de decisiones donde las filas representan los criterios y las columnas representan las alternativas. En este caso, tanto los criterios como las alternativas son de carácter cuantitativo. Los resultados se muestran desde la Tabla 18 a la 26. Una vez elaborada, es posible utilizar el software Definite para la evaluación de cada alternativa con base en diferentes escenarios.

Tabla 18. Matriz de decisión (escenario 1).

Criterios	Alternativas						
	Guaviare	Arauca	Putumayo	Caquetá	Chocó	Guajira	Sucre
Índ. Pobreza Multidimensional	31.2	29.3	30	24.3	48	52.2	41.2
Índ. Desempleo	0	0	0	23.6	18.6	15.5	21.9
Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	1.86	7.18	9.07	10.14	74.83	1.19	6.95
Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	0.32	2.68	2.06	2.36	0.93	3.12	3.75

Tabla 19. (Continuación). Matriz de decisión (escenario 1).

Criterios	Alternativas						
	Meta	Huila	Cesar	Tolima	Magdalena	Cauca	Nariño
Índ. Pobreza Multidimensional	14.5	21.1	29.3	18	35	26.1	30.5
Índ. Desempleo	23.9	17.5	22.7	28.7	19.2	23.5	12.7
Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	7.5	5.58	2.66	4.79	2.53	43.77	81.4
Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	11.45	8.22	5.86	12.78	8.13	4.58	6.93

Tabla 20.(Continuación). Matriz de decisión (escenario 1).

Criterios	Alternativas				
	Norte de Santander	Córdoba	Bolívar	Valle del Cauca	Antioquia
Índ. Pobreza Multidimensional	29.1	32.9	30.3	12.4	17.8
Índ. Desempleo	24.7	19	15.8	23.4	20.4
Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	43.56	39.32	18.14	0	89.11
Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	6.23	3.64	6.96	20.81	31.09

Tabla 21.Matriz de decisión (escenario 2).

Criterios	Alternativas						
	Guaviare	Arauca	Putumayo	Caquetá	Chocó	Guajira	Sucre
Cultivo Plátano	5.182	37.433	8.737	15.288	22.841	0	0
Cultivo Café	0	0	0	3.915	0	4.672	0
Cultivo Palma de Aceite	0	0	0	0	0	1.789	0
Cultivo Maiz	0	13.713	7.279	8.148	6.792	10.836	20.67
Cultivo Cacao	0	18.694	5.284	0	0	0	0
Cultivo Cassava	0	0	0	0	0	0	19.303
Cultivo Arroz	0	0	0	0	28.104	0	0
Cultivo Caña Azúcar	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo Ñame	0	0	0	0	0	0	5.134

Tabla 22.(Continuación). Matriz de decisión (escenario 2).

Criterios	Alternativas						
	Meta	Huila	Cesar	Tolima	Magdalena	Cauca	Nariño
Cultivo Plátano	21.132	25.053	0	21.874	0	14.204	22.9
Cultivo Café	0	140.952	21.358	89.604	19.566	81.748	31.324
Cultivo Palma de Aceite	178.374	0	88.026	0	46.628	0	26.81
Cultivo Maiz	0	28.538	40.048	0	29.058	9.728	0
Cultivo Cacao	0	0	0	10.724	0	0	21.868
Cultivo Cassava	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo Arroz	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo Caña Azúcar	0	0	0	0	0	57.428	16.908
Cultivo Ñame	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 23.(Continuación). Matriz de decisión (escenario 2).

Criterios	Alternativas				
	Norte de Santander	Córdoba	Bolívar	Valle del Cauca	Antioquia
Cultivo Plátano	10.306	27.305	0	27.262	48.198
Cultivo Café	0	0	0	43.168	97.716
Cultivo Palma de Aceite	41.219	0	37.464	0	4.124
Cultivo Maiz	0	61.936	67.714	16.089	24.442
Cultivo Cacao	10.353	0	4.638	0	21.695
Cultivo Cassava	0	0	34.889	0	0
Cultivo Arroz	0	38.325	0	0	34.923
Cultivo Caña Azúcar	0	0	0	204.244	0
Cultivo Ñame	0	0	12.728	0	0

Tabla 24.Matriz de decisión (escenario 3).

Criterios	Alternativas						
	Guaviare	Arauca	Putumayo	Caquetá	Chocó	Guajira	Sucre
Índ. Pobreza Multidimensional	31.2	29.3	30	24.3	48	52.2	41.2
Índ. Desempleo	0	0	0	23.6	18.6	15.5	21.9
Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	1.86	7.18	9.07	10.14	74.83	1.19	6.95
Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	0.32	2.68	2.06	2.36	0.93	3.12	3.75
Cultivo Plátano	5.182	37.433	8.737	15.288	22.841	0	0
Cultivo Caña Azúcar	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo Cacao	0	18.694	5.284	0	0	0	0
Cultivo Arroz	0	0	0	0	28.104	0	0
Cultivo Palma de Aceite	0	0	0	0	0	1.789	0
Cultivo Café	0	0	0	3.915	0	4.672	0

Tabla 25.(Continuación). Matriz de decisión (escenario 3).

Criterios	Alternativas						
	Meta	Huila	Cesar	Tolima	Magdalena	Cauca	Nariño
Índ. Pobreza Multidimensional	14.5	21.1	29.3	18	35	26.1	30.5
Índ. Desempleo	23.9	17.5	22.7	28.7	19.2	23.5	12.7
Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	7.5	5.58	2.66	4.79	2.53	43.77	81.4
Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	11.45	8.22	5.86	12.78	8.13	4.58	6.93
Cultivo Plátano	21.132	25.053	0	21.874	0	14.204	22.9
Cultivo Caña Azúcar	0	0	0	0	0	57.428	16.908
Cultivo Cacao	0	0	0	10.724	0	0	21.868
Cultivo Arroz	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo Palma de Aceite	178.374	0	88.026	0	46.628	0	26.81
Cultivo Café	0	140.952	21.358	89.604	19.566	81.748	31.324

Tabla 26.(Continuación). Matriz de decisión (escenario 3).

Criterios	Alternativas				
	Norte de Santander	Córdoba	Bolívar	Valle del Cauca	Antioquia
Índ. Pobreza Multidimensional	29.1	32.9	30.3	12.4	17.8
Índ. Desempleo	24.7	19	15.8	23.4	20.4
Índ. Víctimas Desplazamiento Forzado	43.56	39.32	18.14	0	89.11
Índ. Mujeres Víctimas Violencia de Género	6.23	3.64	6.96	20.81	31.09
Cultivo Plátano	10.306	27.305	0	27.262	48.198
Cultivo Caña Azúcar	0	0	0	204.244	0
Cultivo Cacao	10.353	0	4.638	0	21.695
Cultivo Arroz	0	38.325	0	0	34.923
Cultivo Palma de Aceite	41.219	0	37.464	0	4.124
Cultivo Café	0	0	0	43.168	97.716

Los datos que se tiene sobre los indicadores de desigualdad de género y los cultivos por hectárea en los departamentos de Colombia son introducidos en el **software Definite 3.1**, asignando un parámetro de coste o beneficio a cada uno de los criterios. La ratio coste/ beneficio será más alto cuanto mayor sea el beneficio o margen obtenido por el inversor y menor sea su coste. Así, supone un análisis fundamental en el devenir de toda actividad económica. en mi caso de estudio, los indicadores de desigualdad de género como pobreza multidimensional, desempleo, víctimas de desplazamiento y víctimas de violencia de pareja hacia la mujer generan costes y los cultivos de productos agrícolas como el plátano, la caña de azúcar, el cacao, el arroz, la palma de aceite y el café generan un beneficio. En la Tabla 18, se muestra la matriz de impacto introducida en el software Definite 3.1 para el escenario 1, la Tabla 21 la matriz de impacto para el escenario 2 y la Tabla 24 la matriz de impacto para el escenario 3.

Los pesos se asignan con puntuación ponderada entre 0 y 1 de acuerdo con la importancia de cada criterio. Es decir, que, una vez analizado los pesos, se introducen en el software y el mismo los normaliza, de forma que la suma de todos es uno. Además, se elige el método de estandarización de los valores que pueden ser cóncavos, convexos, máximos, objetivo, dependiendo de los valores dados. Por lo tanto, para este estudio es máximo tanto para el coste como el

beneficio. En la Tabla 27 hasta la 41 se muestra cómo se debe introducir este tipo de estandarización en el software Definite.

Tabla 27. Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).

	C/B	Unit	Guaviare	Arauca	Putumayo	Caquetá	Chocó
Índ. Pobreza Multidim	⊖	%	31.20	29.30	30.00	24.30	48.00
Índ. Desempleo	⊖	%	0.00	0.00	0.00	23.60	18.60
Índ. Víctimas Desplaza	⊖	%	1.86	7.18	9.07	10.14	74.83
Índ. Mujeres Víctimas	⊖	%	0.32	2.68	2.06	2.36	0.93

Tabla 28. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).

	C/B	Unit	Guajira	Sucre	Meta	Huila	Cesar
Índ. Pobreza Multidim	⊖	%	52.20	41.20	14.50	21.10	29.30
Índ. Desempleo	⊖	%	15.50	21.90	23.90	17.50	22.70
Índ. Víctimas Desplaza	⊖	%	1.19	6.95	7.50	5.58	2.66
Índ. Mujeres Víctimas	⊖	%	3.12	3.75	11.45	8.22	5.86

Tabla 29. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).

	C/B	Unit	Tolima	Magdalena	Cauca	Nariño	Norte de Santander
Índ. Pobreza Multidim	⊖	%	18.00	35.00	26.10	30.50	29.10
Índ. Desempleo	⊖	%	28.70	19.20	23.50	12.70	24.70
Índ. Víctimas Desplaza	⊖	%	4.79	2.53	43.77	81.40	43.56
Índ. Mujeres Víctimas	⊖	%	12.78	8.13	4.58	6.93	6.23

Tabla 30. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 1).

	C/B	Unit	Córdoba	Bolívar	Valle del Cauca	Antioquia
Índ. Pobreza Multidim	⊖	%	32.90	30.30	12.40	17.80
Índ. Desempleo	⊖	%	19.00	15.80	23.40	20.40
Índ. Víctimas Desplaza	⊖	%	39.32	18.14	0.00	89.11
Índ. Mujeres Víctimas	⊖	%	3.64	6.96	20.81	31.09

Tabla 31. Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).

	C/B	Unit	Chocó	Arauca	Caquetá	Huila	Putumayo
Cultivo Plátano	+	Ha	22.841	37.433	15.288	25.053	8.737
Cultivo Café	+	Ha	0.000	0.000	3.915	140.952	0.000
Cultivo Aceite Palma	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Maíz	+	Ha	6.792	13.713	8.148	28.538	7.279
Cultivo Cacao	+	Ha	0.000	18.694	0.000	0.000	5.284
Cultivo Cassava	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Arroz	+	Ha	28.104	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Caña Azúcar	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Ñame	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 32. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).

	C/B	Unit	Antioquia	Meta	Guaviare	Norte de Santander	Córdoba
Cultivo Plátano	+	Ha	48.198	21.132	5.182	10.306	27.305
Cultivo Café	+	Ha	97.716	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Aceite Palma	+	Ha	4.124	178.374	0.000	41.219	0.000
Cultivo Maíz	+	Ha	24.442	0.000	0.000	0.000	61.936
Cultivo Cacao	+	Ha	21.695	0.000	0.000	10.353	0.000
Cultivo Cassava	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Arroz	+	Ha	34.923	0.000	0.000	0.000	38.325
Cultivo Caña Azúcar	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Ñame	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 33. (Continuación) Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).

	C/B	Unit	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Tolima	Cesar
Cultivo Plátano	+	Ha	14.204	27.262	22.900	21.874	0.000
Cultivo Café	+	Ha	81.748	43.168	31.324	89.604	21.358
Cultivo Aceite Palma	+	Ha	0.000	0.000	26.810	0.000	88.026
Cultivo Maíz	+	Ha	9.728	16.089	0.000	0.000	40.048
Cultivo Cacao	+	Ha	0.000	0.000	21.868	10.724	0.000
Cultivo Cassava	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Arroz	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Caña Azúcar	+	Ha	57.428	204.244	16.908	0.000	0.000
Cultivo Ñame	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 34.(Continuación)Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 2).

	C/B	Unit	Cesar	Guajira	Magdalena	Bolívar	Sucre
Cultivo Plátano	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Café	+	Ha	21.358	4.672	19.566	0.000	0.000
Cultivo Aceite Palma	+	Ha	88.026	1.789	46.628	37.464	0.000
Cultivo Maíz	+	Ha	40.048	10.836	29.058	67.714	20.670
Cultivo Cacao	+	Ha	0.000	0.000	0.000	4.638	0.000
Cultivo Cassava	+	Ha	0.000	0.000	0.000	34.889	19.303
Cultivo Arroz	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Caña Azúcar	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cultivo Ñame	+	Ha	0.000	0.000	0.000	12.728	5.134

Tabla 35.Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).

	C/B	Unit	Guaviare	Arauca	Putumayo	Caquetá	Chocó
Í. Pobreza Multidimension	-	%	31.200	29.300	30.000	24.300	48.000
Í. Desempleo	-	%	0.000	0.000	0.000	23.600	18.600
Í. Víctimas Desplazamiento	-	%	1.860	7.180	9.070	10.140	74.830
Í. (F) Víctimas Violencia Pa	-	%	0.320	2.680	2.060	2.360	0.930
C. Plátano	+	Ha	5.182	37.433	8.737	15.288	22.841
C. Caña Azúcar	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C. Cacao	+	Ha	0.000	18.694	5.284	0.000	0.000
C. Arroz	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	28.104
C. Palma Aceite	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C. Café	+	Ha	0.000	0.000	0.000	3.915	0.000

Tabla 36.(Continuación)Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).

	C/B	Unit	Guajira	Sucre	Meta	Huila	Cesar
Í. Pobreza Multidimension	-	%	52.200	41.200	14.500	21.100	29.300
Í. Desempleo	-	%	15.500	21.900	23.900	17.500	22.700
Í. Víctimas Desplazamiento	-	%	1.190	6.950	7.500	5.580	2.660
Í. (F) Víctimas Violencia Pa	-	%	3.120	3.750	11.450	8.220	5.860
C. Plátano	+	Ha	0.000	0.000	21.132	25.053	0.000
C. Caña Azúcar	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C. Cacao	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C. Arroz	+	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C. Palma Aceite	+	Ha	1.789	0.000	178.374	0.000	88.026
C. Café	+	Ha	4.672	0.000	0.000	140.952	21.358

Tabla 37.(Continuación)Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).

	C/B	Unit	Tolima	Magdalena	Cauca	Nariño	Norte de Santander
Í. Pobreza Multidimension	➔	%	18.000	35.000	26.100	30.500	29.100
Í. Desempleo	➔	%	28.700	19.200	23.500	12.700	24.700
Í. Víctimas Desplazamiento	➔	%	4.790	2.530	43.770	81.400	43.560
Í. (F) Víctimas Violencia Pa	➔	%	12.780	8.130	4.580	6.930	6.230
C. Plátano	➕	Ha	21.874	0.000	14.204	22.900	10.306
C. Caña Azúcar	➕	Ha	0.000	0.000	57.428	16.908	0.000
C. Cacao	➕	Ha	10.724	0.000	0.000	21.868	10.353
C. Arroz	➕	Ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C. Palma Aceite	➕	Ha	0.000	46.628	0.000	26.810	41.219
C. Café	➕	Ha	89.604	19.566	81.748	31.324	0.000

Tabla 38.(Continuación)Matriz de impacto introducida en Definite 3.1 (escenario 3).

	C/B	Unit	Córdoba	Bolívar	Valle del Cauca	Antioquia
Í. Pobreza Multidimension	➔	%	32.900	30.300	12.400	17.800
Í. Desempleo	➔	%	19.000	15.800	23.400	20.400
Í. Víctimas Desplazamiento	➔	%	39.320	18.140	0.000	89.110
Í. (F) Víctimas Violencia Pa	➔	%	3.640	6.960	20.810	31.090
C. Plátano	➕	Ha	27.305	0.000	27.262	48.198
C. Caña Azúcar	➕	Ha	0.000	0.000	204.244	0.000
C. Cacao	➕	Ha	0.000	4.638	0.000	21.695
C. Arroz	➕	Ha	38.325	0.000	0.000	34.923
C. Palma Aceite	➕	Ha	0.000	37.464	0.000	4.124
C. Café	➕	Ha	0.000	0.000	43.168	97.716

Tabla 39.Estandarización y pesos ponderados (escenario 1).

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range	Weight
Índ.Pobreza Multidime	➔	%	maximum	0.00	52.20	0.250
Índ.Desempleo	➔	%	maximum	0.00	28.70	0.250
Índ.Víctimas Desplaza	➔	%	maximum	0.00	89.11	0.250
Índ.Mujeres Víctimas	➔	%	maximum	0.00	31.09	0.250

Tabla 40. Estandarización y pesos ponderados (escenario 2).

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range	Weight
Cultivo Plátano	+	Ha	↗ maximum	0.000	48.198	0.735
Cultivo Café	+	Ha	↗ maximum	0.000	140.952	0.006
Cultivo Aceite Palma	+	Ha	↗ maximum	0.000	178.374	0.010
Cultivo Maíz	+	Ha	↗ maximum	0.000	67.714	0.000
Cultivo Cacao	+	Ha	↗ maximum	0.000	21.868	0.013
Cultivo Cassava	+	Ha	↗ maximum	0.000	34.889	0.000
Cultivo Arroz	+	Ha	↗ maximum	0.000	38.325	0.013
Cultivo Caña Azúcar	+	Ha	↗ maximum	0.000	204.244	0.224
Cultivo Ñame	+	Ha	↗ maximum	0.000	12.728	0.000

Tabla 41. Estandarización y pesos ponderados (escenario 3).

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range	Weight
Í. Pobreza Multidimension.	-	%	↘ maximum	0.000	52.200	0.100
Í. Desempleo	-	%	↘ maximum	0.000	28.700	0.100
Í. Víctimas Desplazamiento	-	%	↘ maximum	0.000	89.110	0.100
Í. (F) Víctimas Violencia Pa	-	%	↘ maximum	0.000	31.090	0.100
C. Plátano	+	Ha	↗ maximum	0.000	48.198	0.100
C. Caña Azúcar	+	Ha	↗ maximum	0.000	204.244	0.100
C. Cacao	+	Ha	↗ maximum	0.000	21.868	0.100
C. Arroz	+	Ha	↗ maximum	0.000	38.325	0.100
C. Palma Aceite	+	Ha	↗ maximum	0.000	178.374	0.100
C. Café	+	Ha	↗ maximum	0.000	140.952	0.100

4.4.5 Selección de alternativas y análisis

En este apartado se estudia el análisis multicriterio, análisis de incertidumbre y análisis de sensibilidad con base en los diferentes escenarios.

4.4.5.1 Selección de alternativas

Una vez definidos los datos de la matriz en el software Definite 3.1, se elige el método de estandarización y se plantean diferentes escenarios, para los cuales se asignan diferentes pesos a los criterios de acuerdo con el nivel de importancia que se quiera dar a cada uno de estos. Se han planteado un total de 3 escenarios posibles. Los resultados obtenidos para cada escenario se muestran en las Figuras 16, 17 y 18.

Escenario 1: se valora únicamente los criterios de pobreza, desempleo, desplazamiento forzado y violencia de género. Se asigna una puntuación del 25% a cada uno de estos criterios.

Escenario 2: se valora únicamente los criterios de los cultivos agrícolas. por lo cual, se les asigna una puntuación del 73.5% al plátano, 0.6% al café, 0.9% al aceite de palma, 0.007% al maíz, 1.3% al cacao, 0.003% a la cassava, 1.3% al arroz, 22.4% a la caña de azúcar y 0.003% al ñame.

Los porcentajes se obtuvieron a través de la realización de una ponderación a los residuos de la Tabla 9.

Escenario 3: se valoran todos los criterios del escenario 1 y del escenario 2 se valoran únicamente los 6 criterios de mayor generación de residuos: plátano, caña de azúcar, cacao, arroz, palma de aceite y café. se asigna una puntuación del 10% a cada uno de estos criterios.

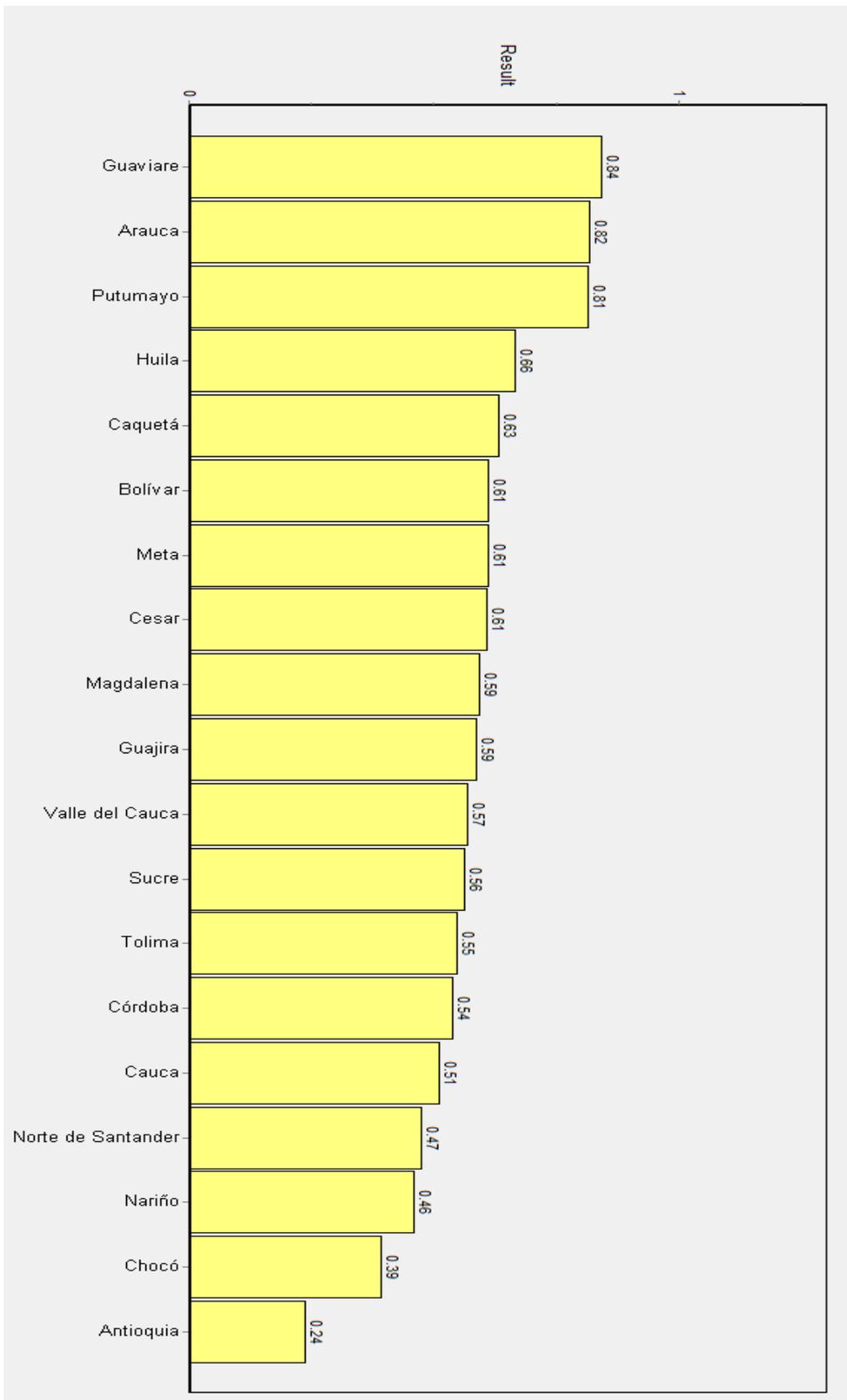


Figura 16. Resultados obtenidos (escenario 1).

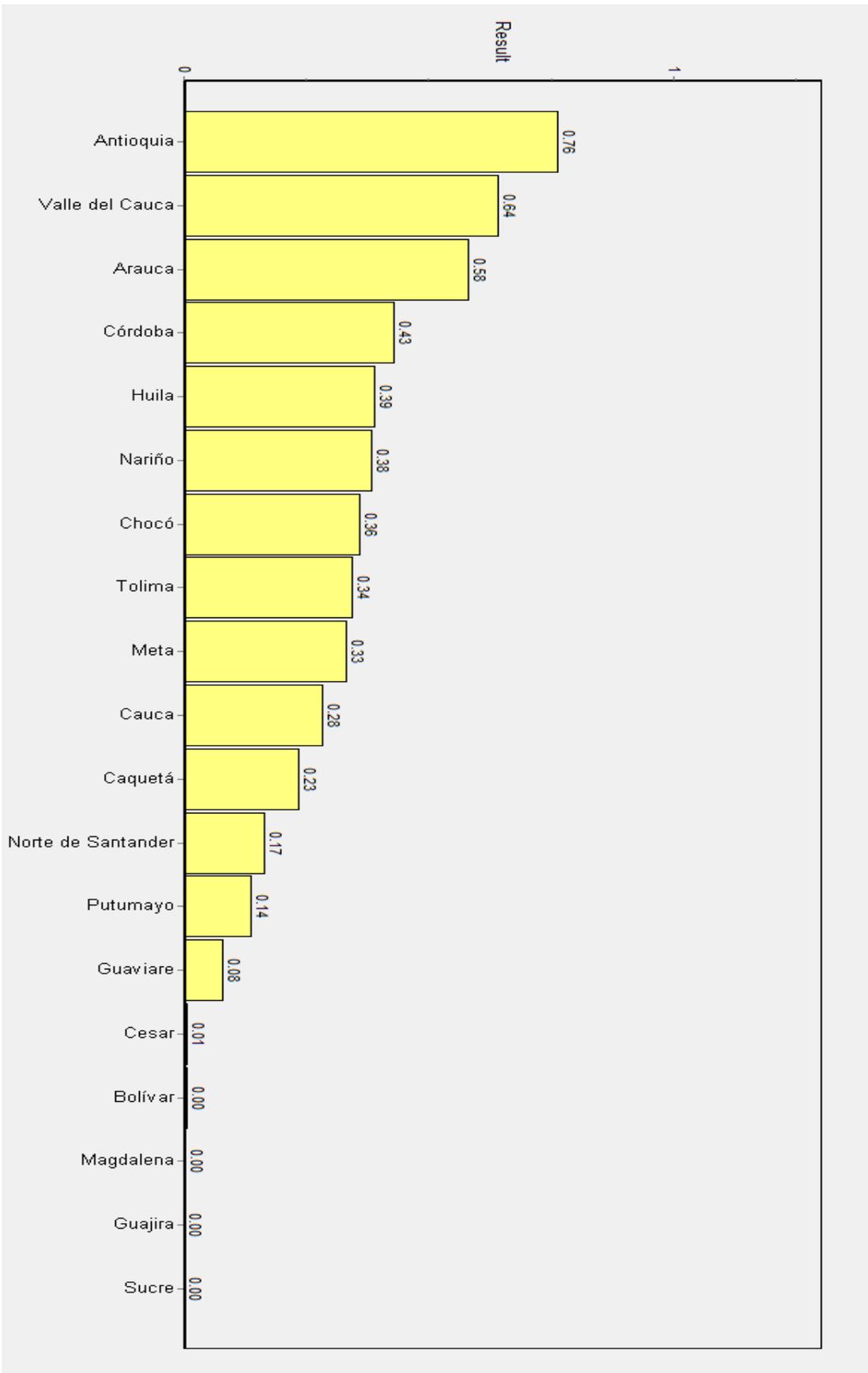


Figura 17. Resultados obtenidos (escenario 2).

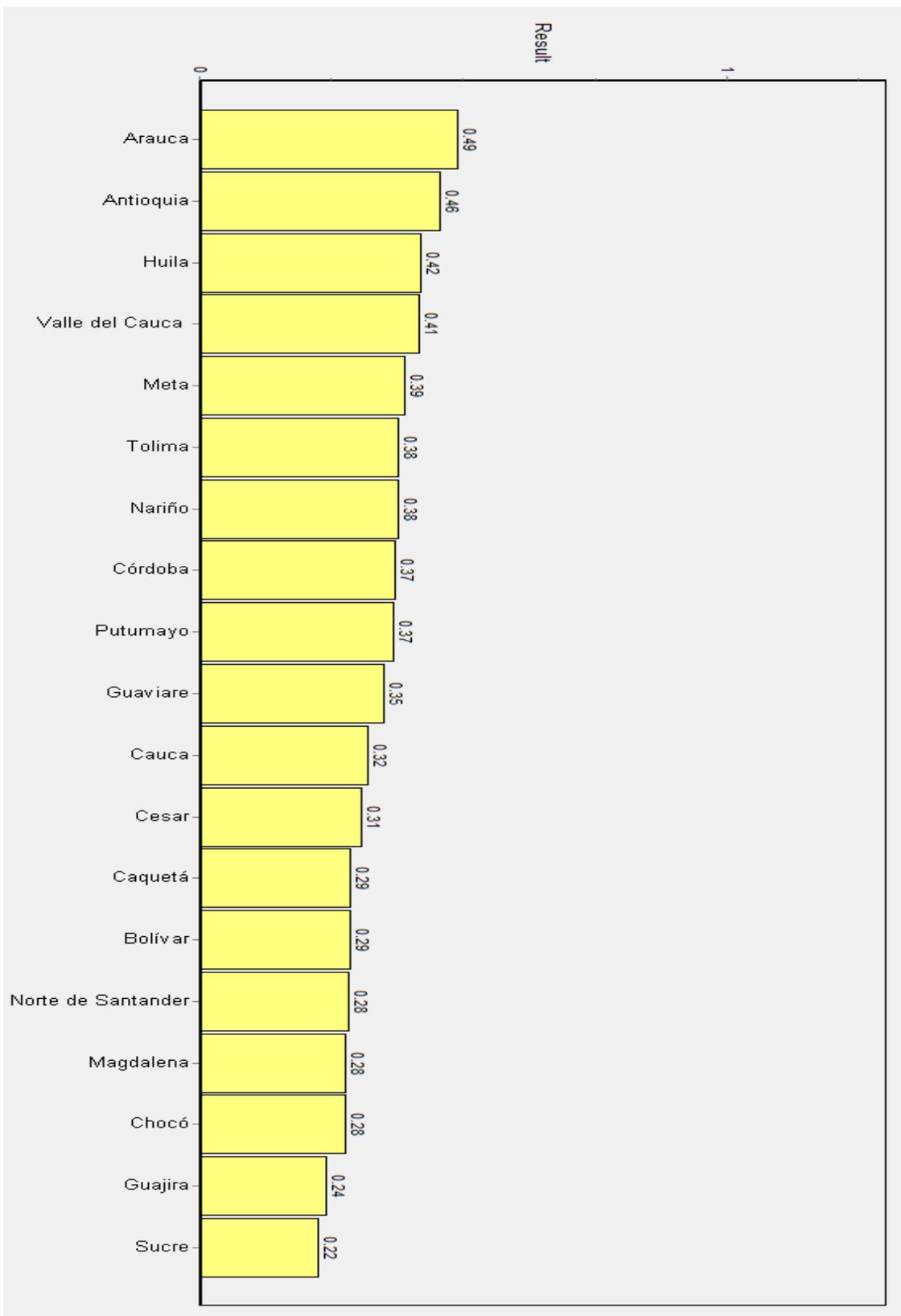


Figura 18. Resultados obtenidos (escenario 3).

En las siguientes Figuras, se muestran más detalladamente la importancia de cada criterio según las alternativas escogidas.

Escenario 1: mirando la matriz de decisión del escenario 1 se confirma que Guaviare es el que mejor puntuación obtiene en el ranking de análisis multicriterio 0.84. Debido a que el índice de mujeres víctimas de violencia de género es de 0.32, el índice de víctimas de desplazamiento es de 1.86, el índice de desempleo es 0 y el índice de pobreza multidimensional es de 31.20 siendo el más alto. Por lo tanto, si es un escenario donde se pesa más la pobreza multidimensional y los demás indicadores son de menor peso, seguramente este departamento no sería el mejor, el cual confirma que los peores departamentos como Antioquia (0.24), Chocó (0.39), Nariño (0.46) y Norte de Santander (0.47) son las puntuaciones más bajas en el ranking lo cual significa que son los departamentos más adecuados para llevar a cabo alternativas de biorrefinería.

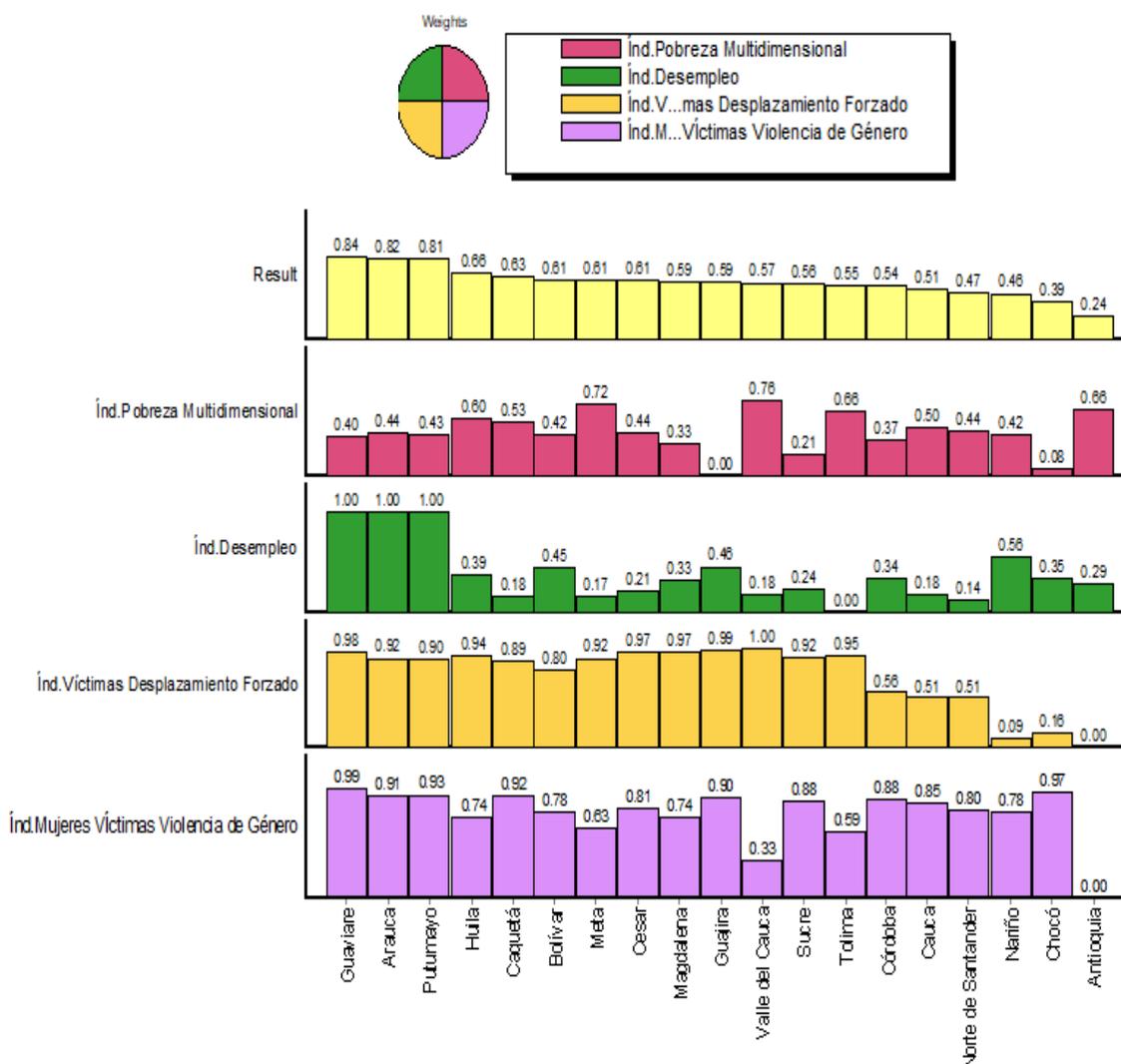


Figura 19. Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 1 con la misma asignación de pesos.

Escenario 2: Mirando la matriz de decisión del escenario 2 se confirma que Antioquia es el que mejor puntuación obtiene en el ranking de análisis multicriterio 0.76 debido a que el cultivo de cassava es de 0 al igual que el cultivo de caña de azúcar y ñame; es decir que son de valores muy bajos y el cultivo de café es el más alto. Por lo tanto, si es un escenario donde se pesa más el cultivo del café y los demás cultivos son de menor peso, seguramente este departamento no sería el mejor. el cual confirma que los peores departamentos como Sucre (0), Guajira (0), Magdalena (0), Bolívar (0) y Cesar (0.01) son las puntuaciones más bajas en el ranking por ende son los departamentos más adecuados para llevar a cabo alternativas de biorrefinería.

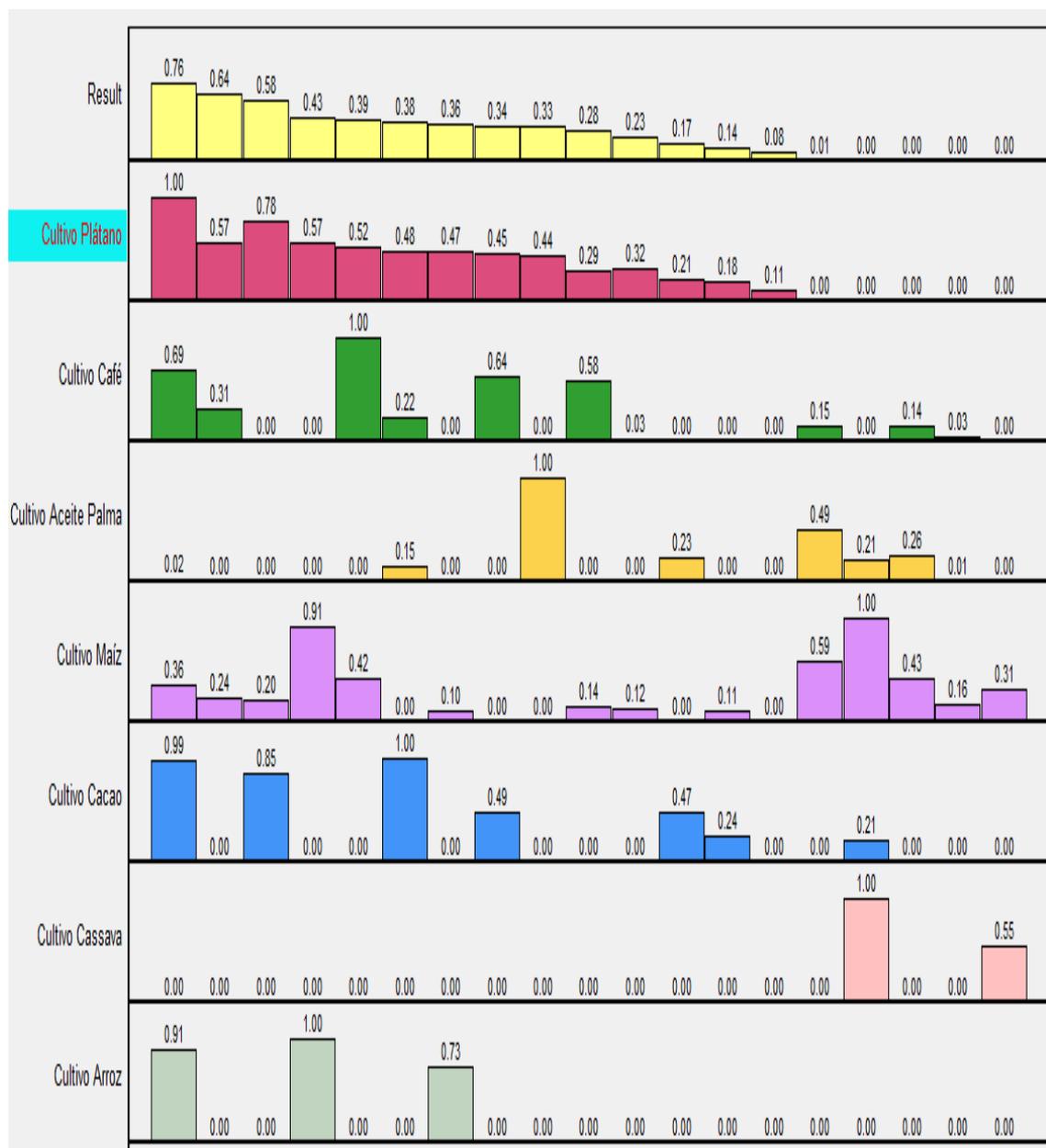


Figura 20. Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 2 con asignación de pesos diferente.

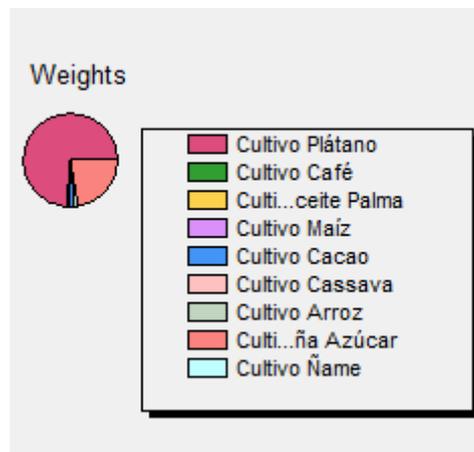
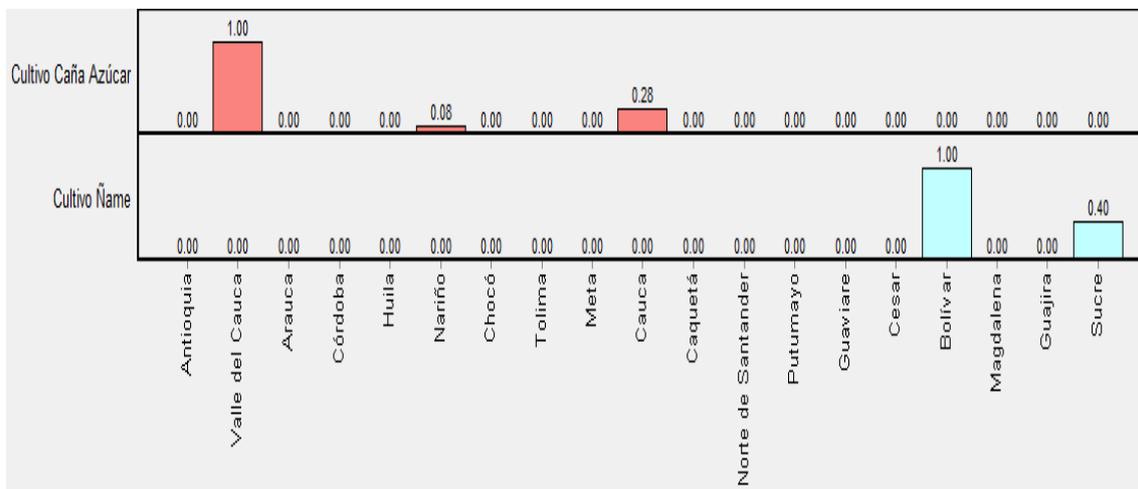


Figura 22. (Continuación) Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 2 con asignación de pesos diferente.

Escenario 3

Mirando la matriz de decisión del escenario 3 se confirma que Arauca es el que mejor puntuación obtiene en el ranking de análisis multicriterio 0.49. En cuanto a los indicadores, el índice de mujeres víctimas de violencia de género es de 2.68, el índice de víctimas de desplazamiento es de 7.18, el índice de desempleo es 0 y el índice de pobreza multidimensional es de 29.3 siendo mayor en comparación de los otros indicadores. Por lo tanto, si es un escenario donde se pesa más la pobreza multidimensional y los demás indicadores son de menor peso, seguramente este departamento no sería el mejor, el cual confirma que los peores departamentos como Sucre tiene 0.22, Guajira tiene 0.24, Chocó, Magdalena y Norte de Santander 0.28 son puntuaciones más bajas en el ranking lo cual significa que son los departamentos más adecuados para llevar a cabo alternativas de biorrefinería.

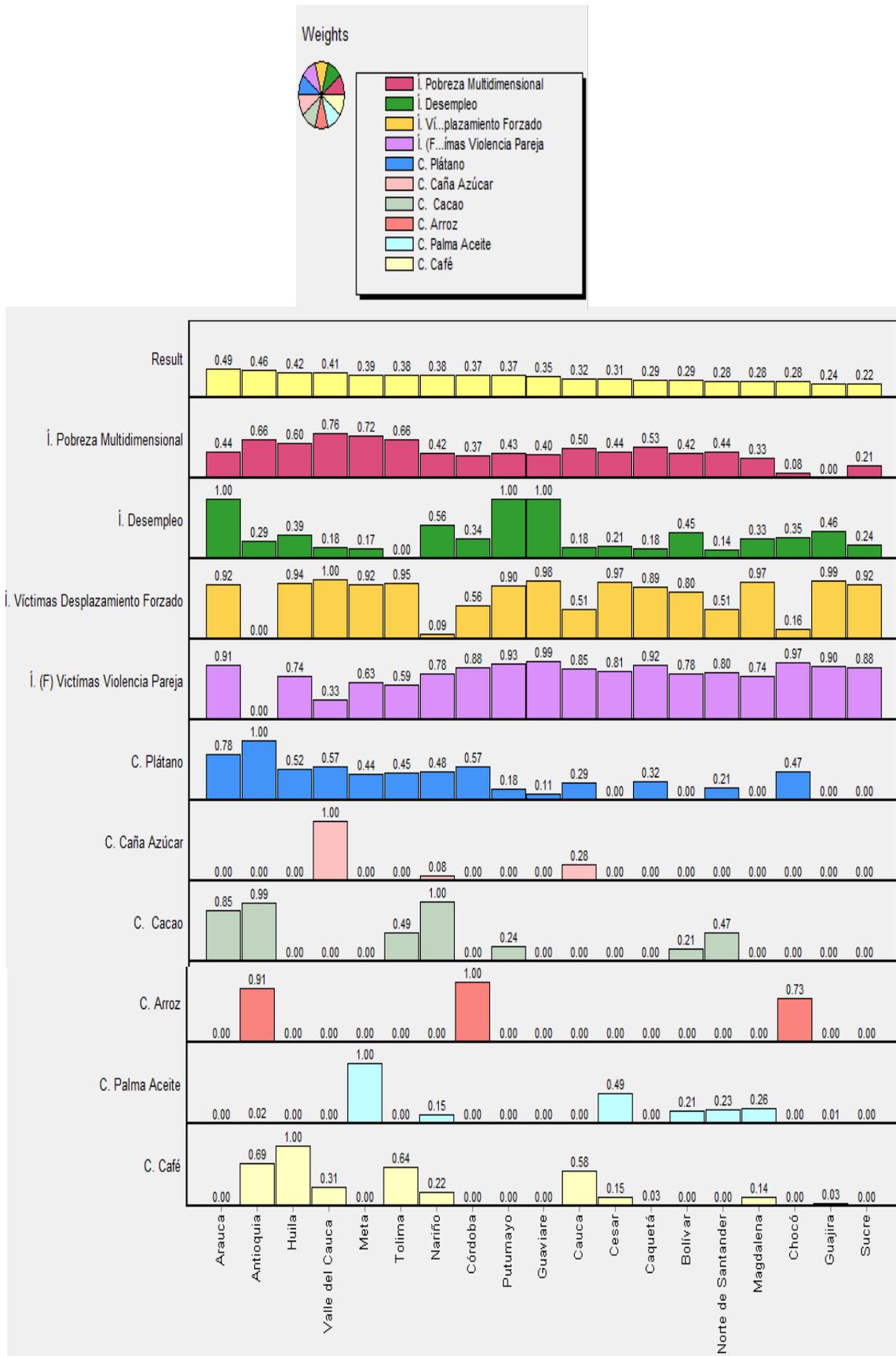


Figura 23. Resultados de la evaluación de MCA para todos los criterios del escenario 3 con asignación de pesos diferente.

En la Tabla 42, se recoge un resumen de los resultados obtenidos para cada escenario planteado, así como las alternativas adecuadas en cada caso, que serían las de peor nota.

Tabla 42. Resumen de los escenarios y las mejores alternativas en cada uno (elaboración propia).

Escenario	Pesos	Propósito	Mejor Alternativa
1	25% Criterios de desigualdad de género.	Perspectiva social	Antioquia Chocó Nariño Norte de Santander
2	73.5%plátano,0.6%café, 0.9%palma,0.007%maíz, 1.3% cacao, 0.003% cassava, 1.3% arroz, 22.4%caña de azúcar, 0.003%ñame.	Perspectiva Ambiental	Sucre Guajira Magdalena Bolívar Cesar
3	10% para los criterios de desigualdad y para los criterios de cultivos.	Perspectiva Social y Ambiental	Sucre Guajira Chocó Magdalena Norte de Santander

4.4.6 Análisis de incertidumbre

Los resultados del análisis de incertidumbre se representan en la Figura 24. La solidez de los resultados obtenidos en el escenario 3 se demostró cambiando los valores de la matriz de impacto al 25%.

Las opciones de biorrefinería(alternativas) se representan en el eje y, mientras que la posición en el ranking se representa en el eje x. El tamaño de los círculos es proporcional a la probabilidad que cada alternativa de biorrefinería ocupe una

determinada posición en el orden del ranking. Los círculos de gran tamaño en la diagonal principal indican que, a pesar de que las puntuaciones se desvían de los valores asignados de hasta un 25%, el ranking apenas varió.

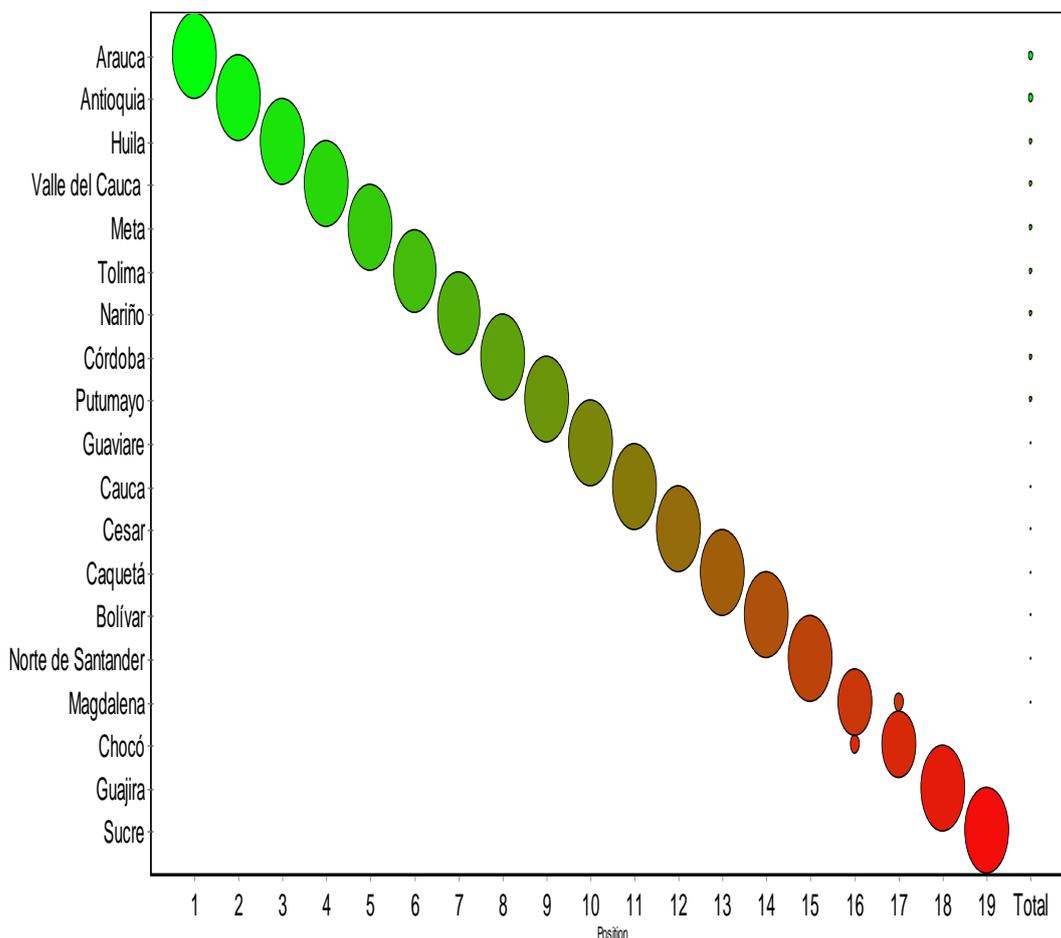


Figura 24. Análisis resultados usando una incertidumbre del 25% (escenario 3).

4.4.7 Análisis de sensibilidad

En este punto se puede apreciar la influencia del peso asignado (100%) a cada uno de los criterios, debido a que, es importante conocer el resultado final de la mejor alternativa o la peor a través de un análisis de sensibilidad. Entre las Figuras 25 y la 35 se muestra el análisis de sensibilidad para los criterios de desigualdad de género y de los productos agrícolas respectivamente. En la última figura se muestran la leyenda que es la misma para todas ellas.

Según los criterios de desigualdad, el Valle del Cauca parece ser el de mejor puntaje en pobreza multidimensional y el de menor puntuación es la Guajira.

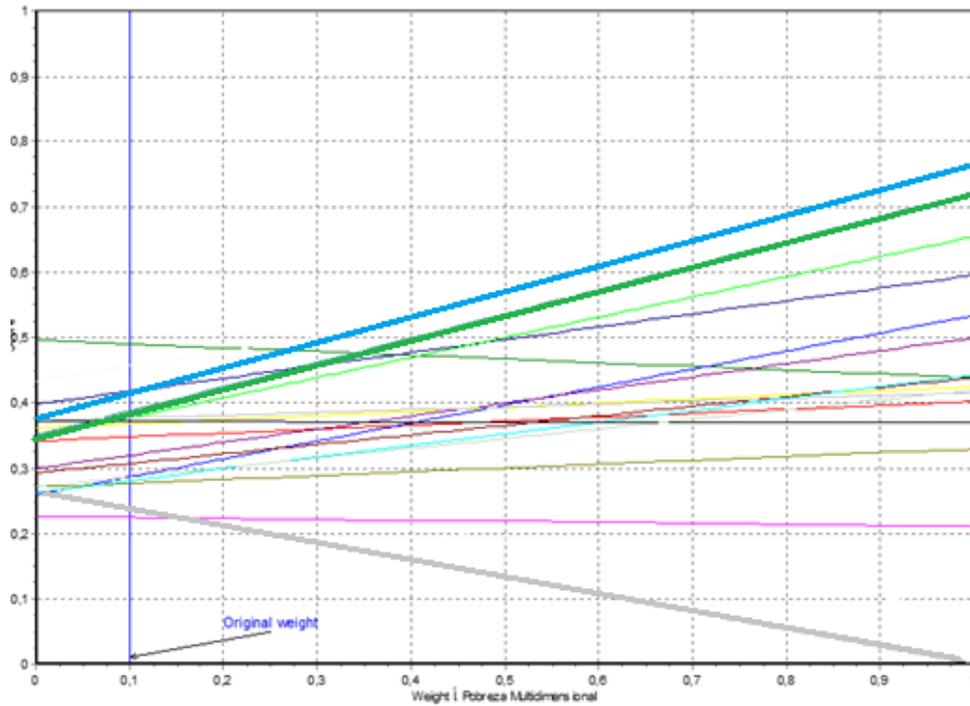


Figura 25. Análisis de sensibilidad criterio pobreza multidimensional (escenario 3).

Según los criterios de desigualdad, Arauca parece ser el de mejor puntaje en desempleo y el de menor puntuación es Tolima.

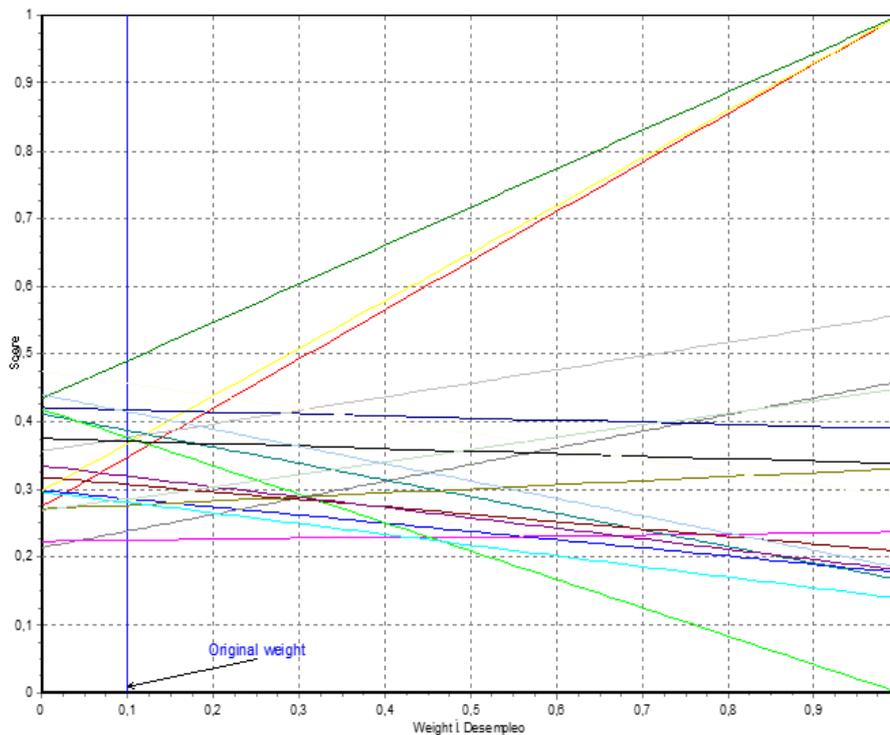


Figura 26. Análisis de sensibilidad criterio desempleo (escenario 3).

Según los criterios de desigualdad, Arauca parece ser el de mejor puntaje en víctimas de desplazamiento forzado, pero es superado por el Valle del Cauca y el de menor puntuación es Nariño.

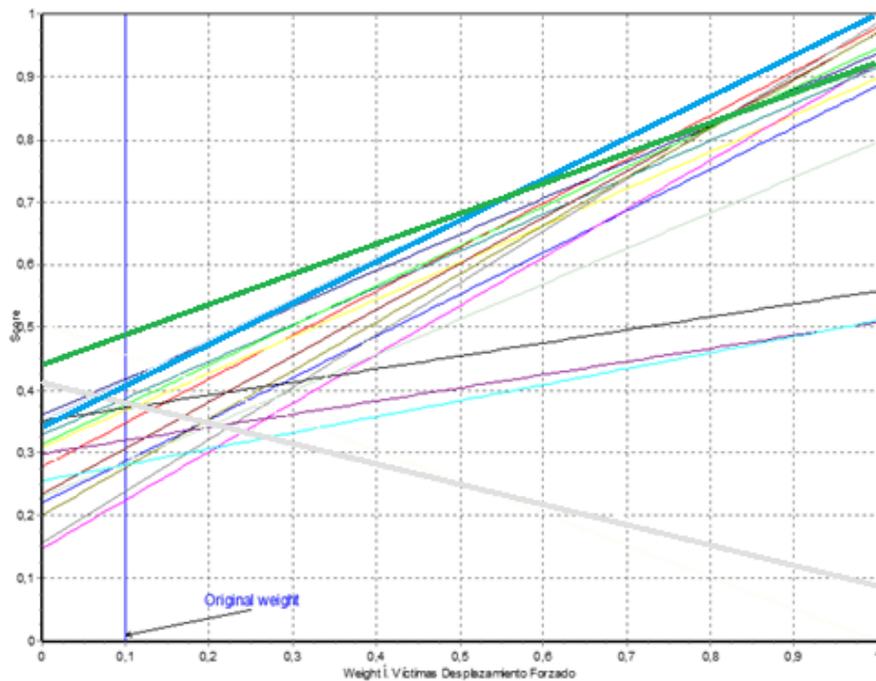


Figura 27. Análisis de sensibilidad criterio desplazamiento forzado (escenario 3).

Según los criterios de desigualdad, Arauca parece ser el de mejor puntaje en víctimas de violencia de pareja, pero es superado por Guaviare y el de menor puntuación es Valle del Cauca.

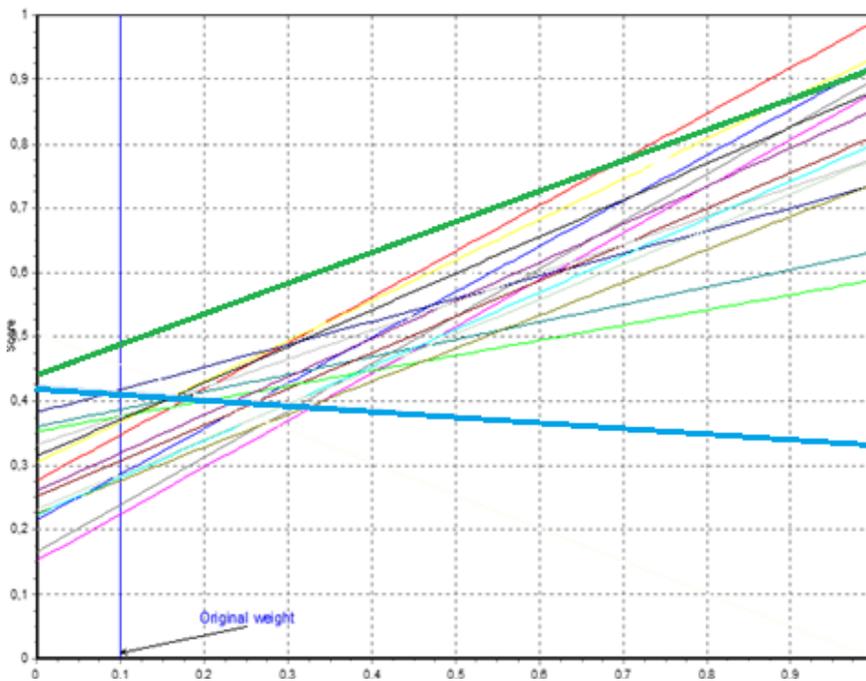


Figura 28. Análisis de sensibilidad criterio violencia de pareja (escenario 3).

Según los criterios de la materia prima, Arauca parece ser el de mejor puntaje en el cultivo de plátano y el de menor puntuación es Sucre.

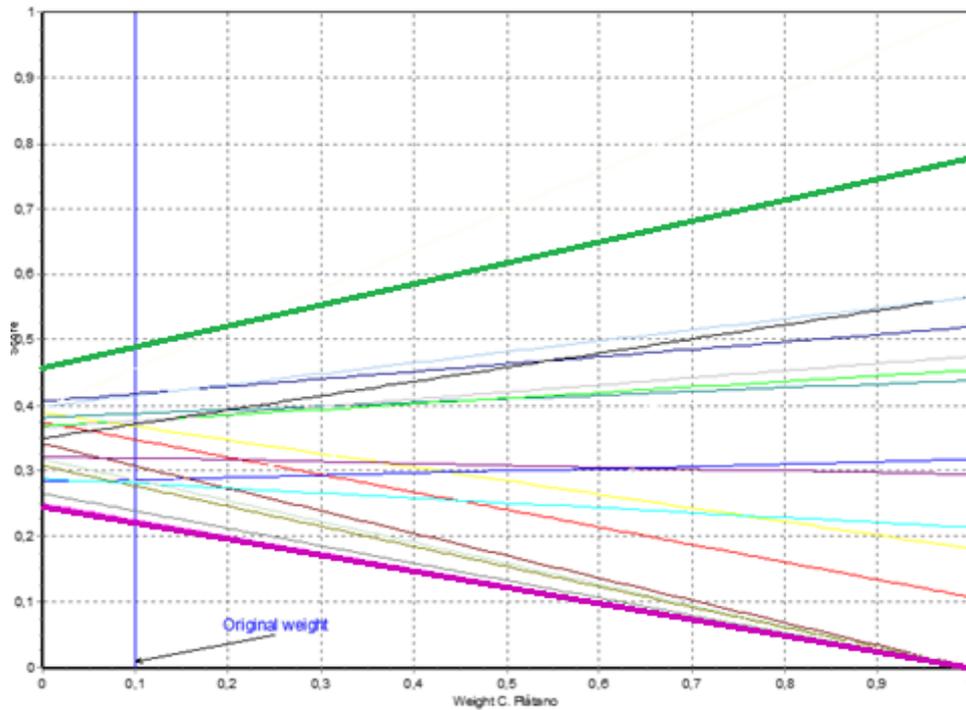


Figura 29. Análisis de sensibilidad criterio plátano (escenario 3).

Según los criterios de la materia prima, Valle del Cauca parece ser el de mejor puntaje en el cultivo de caña de azúcar y el de menor puntuación es Sucre.

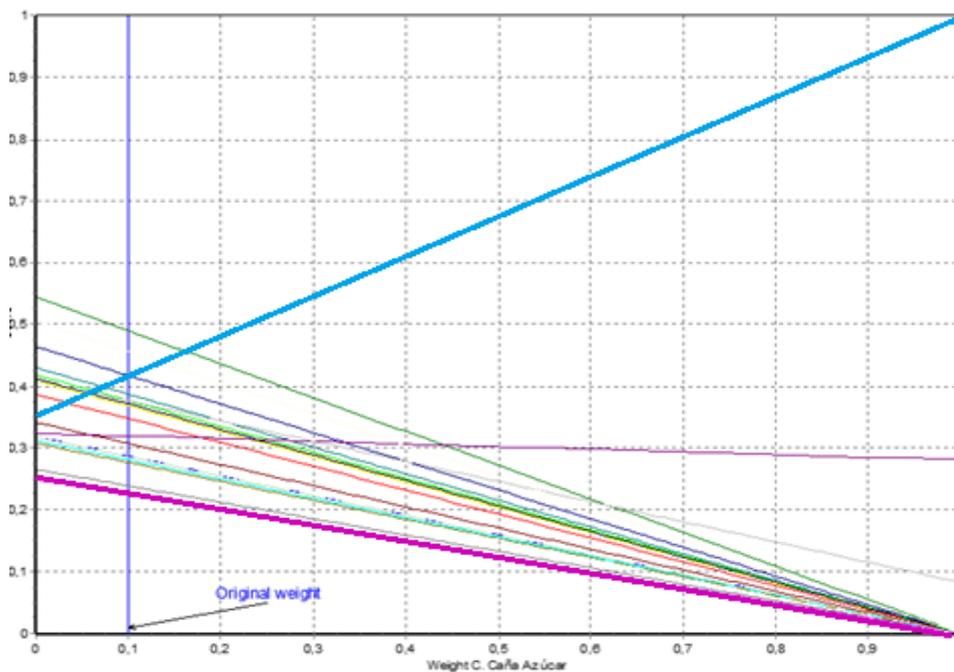


Figura 30. Análisis de sensibilidad criterio caña de azúcar (escenario 3).

Según los criterios de la materia prima, Arauca parece ser el de mejor puntaje en el cultivo de cacao, pero es superado por Nariño y el de menor puntuación es Sucre.

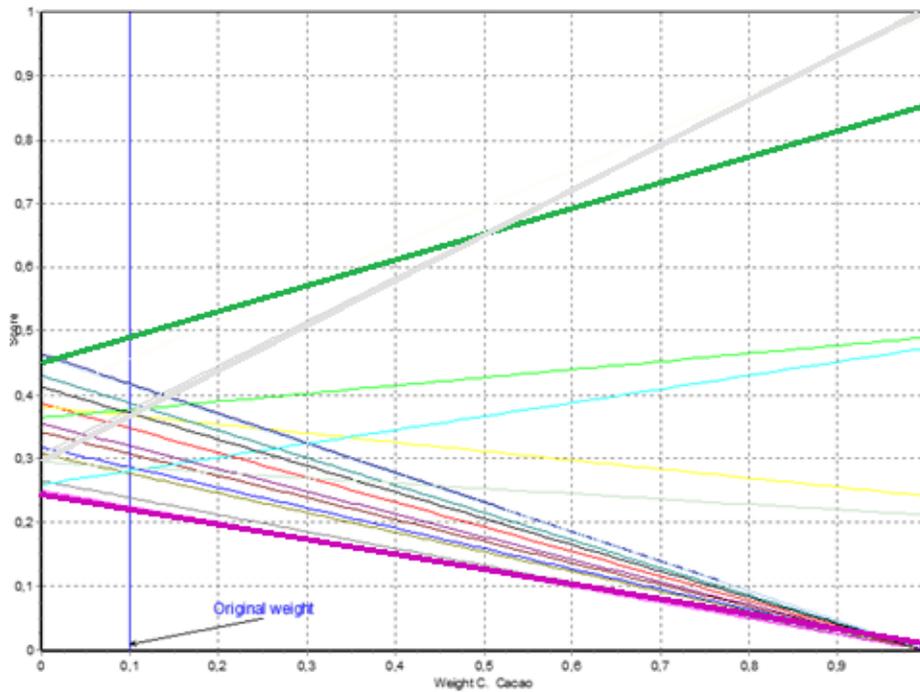


Figura 31. Análisis de sensibilidad criterio cacao (escenario 3).

Según los criterios de la materia prima, Córdoba parece ser el mejor puntaje en el cultivo del arroz y el de menor puntuación es Sucre.

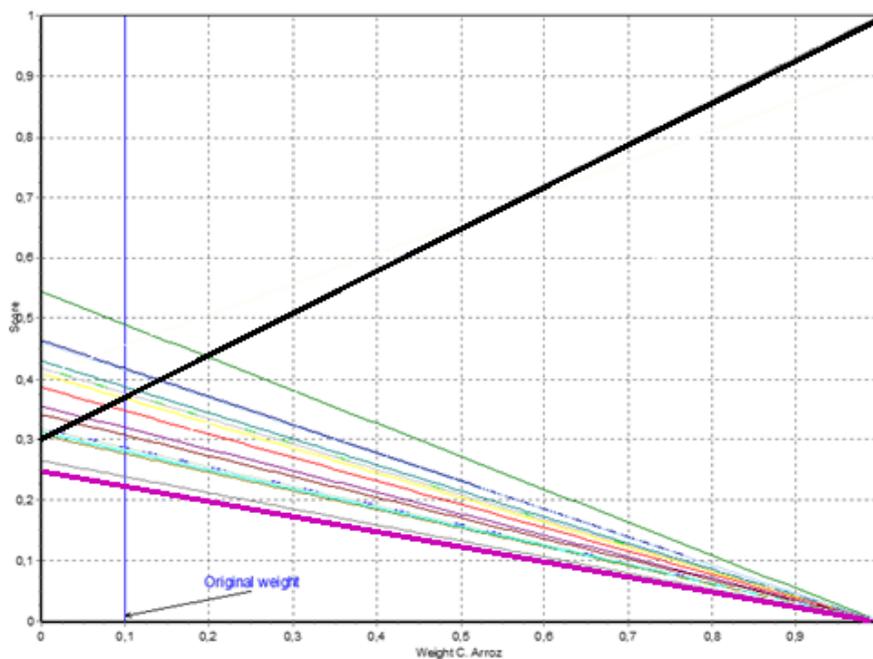


Figura 32. Análisis de sensibilidad criterio arroz (escenario 3).

Según los criterios de la materia prima, Meta parece ser el de mejor puntaje en el cultivo de la palma de aceite y el de menor puntuación es Sucre.

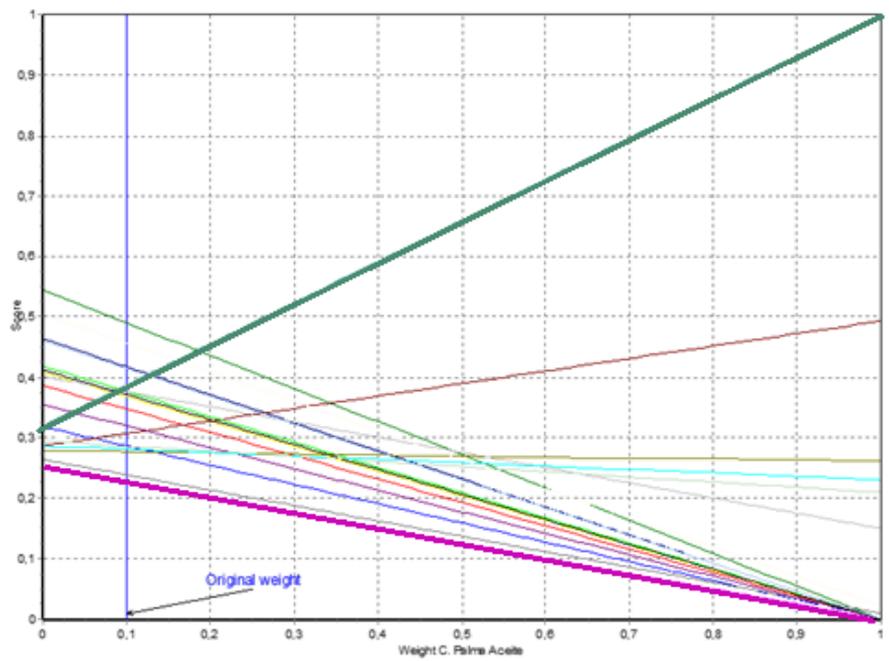


Figura 33. Análisis de sensibilidad criterio palma de aceite (escenario 3).

Según los criterios de la materia prima, Huila parece ser el de mejor puntaje en el cultivo de café y el de menor puntuación es Sucre.

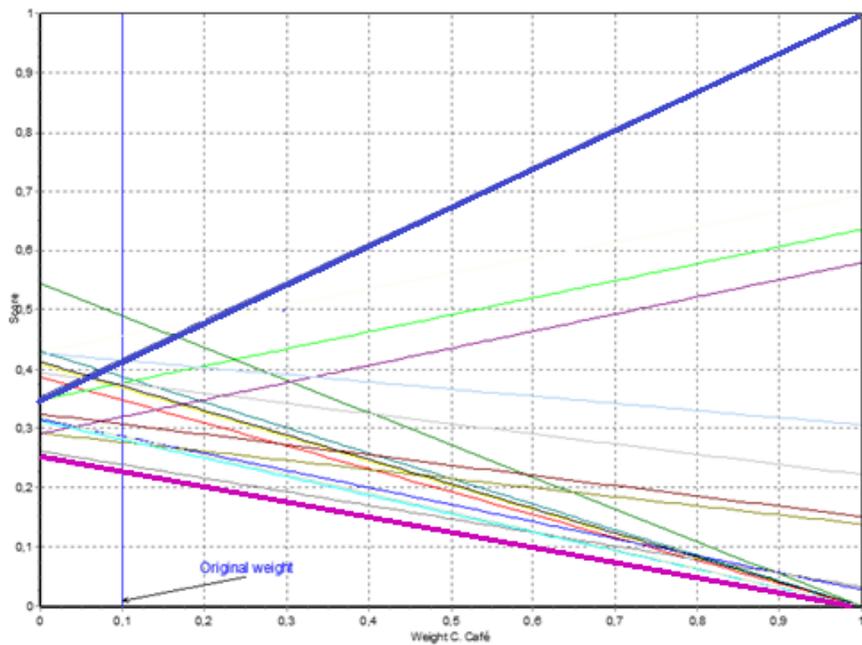


Figura 34. Análisis de sensibilidad criterio café (escenario 3).



Figura 35.(Continuación) Análisis de sensibilidad.

4.5 Alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas en la obtención de energía y otros productos

Este apartado se ha basado en los resultados anteriores, teniendo en cuenta cuáles son las materias primas de Colombia en las que se pueden realizar opciones de biorrefinería. Con el objetivo de poder establecer políticas de mejoras en estas zonas, es necesario estudiar si existen opciones de biorrefinería para las materias primas prioritarias. Por lo tanto, se han estudiado las mejores alternativas para poder poner en marcha una vez se realicen los mecanismos adecuados para la prosperidad de estas zonas, fundamentalmente para mejorar la desigualdad de género de las mismas.

A continuación, se muestran los principales procedimientos y productos de biorrefinería para cada uno de los cultivos prioritarios.

4.5.1 Café

4.5.1.1 Biogás generado a partir de la biodigestión anaeróbica de la pulpa y el mucilago del café en una microturbina a gas

Para la generación de energía a partir del aprovechamiento de biogás; donde son procesados los residuos del café, se puede utilizar una microturbina a gas acoplada a un biodigestor anaeróbico, llevado a cabo mediante tres fases.

En la primera fase, se realiza la selección de los residuos del café; pulpa (47,2%) y el mucílago (18,5%), esto con base en el potencial productivo del triángulo del café y la caracterización fisicoquímica de los residuos. En la segunda fase, ocurre la conversión energética de la biomasa que se hace mediante un biodigestor anaeróbico, un filtro de NH_3 y un compresor de biogás. En la tercera fase, ocurre el aprovechamiento energético del biogás que se hace mediante un compresor de aire, un intercambiador de calor, una cámara de combustión y una turbina (Marín&Villa, 2020).

Para iniciar con el proceso, la biomasa entra a un reactor anaeróbico donde se produce la fermentación metanogénica (Corrales et al., 2015) dando como resultado dos flujos, el efluente y el biogás. El biogás se filtra con amoníaco para ser comprimido y poder transformarlo termoquímicamente mediante la cámara de combustión. Los gases de combustión se expanden en la microturbina generando la potencia mecánica que acciona el generador y el calor residual de los gases es disipado en un intercambiador de calor con el fin de precalentar los gases provenientes del compresor.

Para la microturbina a gas con recuperación de calor operando con biogás obtenido a partir de pulpa y el mucílago se puede estimar un potencial de generación de 1.704 kW y 160 kW y eficiencias de 21,92 y 23,34% respectivamente.

4.5.1.2 Bioetanol a partir del mucílago de café

La materia prima para producir bioetanol, se puede utilizar el mucílago del café, cuando está fresco que es recolectado en el momento de mayor volumen de cosecha y madurez del fruto; mientras mayor sea la altitud en la que se encuentre sembrado el café, mayor es el contenido de azúcares en el fruto del café y por ende mayor es la cantidad de mucílago presente en el fruto.

Para iniciar con el proceso, la materia prima es pesada para luego poderla pasteurizar a 72 y a 80 °C por un periodo de 1 minuto y así eliminar microorganismos antagónicos, a esto se le conoce como el método de fermentación anaeróbica controlada (Funes et al., 2012). Posteriormente, el producto se deja enfriar a temperatura ambiente para luego inocular con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* previamente activadas para la preparación

del inóculo; en este proceso, la levadura es pesada en 2, 4 y 6% por separado, después, se disuelve en agua tibia y se le adiciona inmediatamente al mucílago pasteurizado. Finalmente, se deja el mucílago en proceso de fermentación anaeróbica entre 48 y 50 horas.

En el proceso de destilación fraccionada, se toman 800 mililitros de muestra previamente colada, el proceso de colado del producto fermentado reduce el tiempo de volatilización del etanol al momento de la destilación debido a que en ella no hay presencia de sólidos pesados, los cuales dificultan el proceso de evaporación. Es importante monitorear frecuentemente el tiempo de fermentación, ya que ésta puede ser lenta o rápida, dependiendo de la agilización de los agentes descomponedores y del medio ácido en que se encuentren.

Si se llega a producir bioetanol, el método más factible para la obtención es utilizando el método de fermentación controlado inoculado con *Saccharomyces cerevisiae* (Vázquez&Dacosta, 2007) al 2%, 4% y 6%, mostrado en el proceso anterior.

4.5.1.3 Biodiesel a partir de los posos de café usado

Para la producción de biodiesel, se puede utilizar, los posos de café usados en todo el proceso, ésteres metílicos de ácidos grasos (99%), metanol anhidro (grado de cromatografía líquida de alto rendimiento), ácido tánico, hidróxido de potasio (86%), n-hexano, éter etílico y diclorometano.

Para la extracción del aceite, los posos de café usados se secan durante la noche en un horno a 50 °C para eliminar la humedad (en su mayor parte, 50-60 % en peso), luego se someten a reflujo durante 1 hora con disolventes orgánicos de bajo punto de ebullición, como n-hexano, éter y diclorometano para extraer el aceite de las partículas de café. Se utilizan 300 mL de disolvente para 100 g de posos de café secos (ajustado al 95% de materia seca básica) para la extracción del aceite. Todos los experimentos se llevan a cabo utilizando un matraz de vidrio de fondo redondo de 1L. La solución resultante que contenía 15 g de aceite se separan de los posos de café por filtración utilizando un embudo Buckner al vacío (Kondamudi et al., 2008).

El aceite se separa de los disolventes utilizando un evaporador rotatorio. Los disolventes se reutilizan en el siguiente lote de extracción. El aceite crudo recogido se caracteriza y cuantifica mediante una cromatografía líquida. Los ácidos grasos libres presentes en el aceite crudo con el aceite extraído. El jabón se elimina del aceite puro centrifugando la mezcla durante 30 minutos.

Después, se realiza el proceso de transesterificación; en este proceso se calienta el aceite de café a 100 °C para eliminar las trazas de agua presente y el aceite se mezcla con 40% de metanol y 1,5% con hidróxido de potasio. La mezcla de reacción se somete a reflujo a 70 °C para la producción de biodiésel. La optimización de la reacción se lleva a cabo variando las cantidades de metanol, hidróxido de potasio y el tiempo de reacción mediante la cromatografía líquida para obtener el máximo rendimiento. El tiempo de reacción para un proceso completo de transesterificación se controla mediante la cromatografía utilizando metanol, hexano e isopropanol como disolventes (Ueki et al., 2014). La reacción se detiene cuando el aceite (principalmente, triglicéridos) en el análisis por cromatografía y los picos correspondientes al biodiésel están saturados. La mezcla después de la reacción, se enfría a temperaturas ambiente y se deja reposar durante la noche. La capa inferior de glicerina se separa del biodiésel (capa superior). El biodiésel crudo producido se lava dos veces con agua caliente (40-50°C) y agua acidificada (0,5 % en peso de ácido tánico) para eliminar el exceso de metanol y los restos de catalizador (Karaosmanoglu et al., 1996).

Finalmente, para saber el rendimiento y la composición del biodiésel, se lleva a cabo una disolución 5 µL del biodiésel diluido añadiendo 995 µL de hexano y 10 µL de esta solución que se inyectan a través de la columna. Las composiciones porcentuales de cada ácido graso se analizaron inyectando soluciones estándar en condiciones similares y hay que tener en cuenta, que la composición de biodiésel se lleva a cabo mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, Se utiliza un analizador Perkin-Elmer Series II, CHNS/O modelo 2400, el cual es utilizado para estimar la relación de los posos de café utilizados antes y después del proceso de extracción del aceite (Kondamudi et al., 2008).

Los posos de café usados puede utilizarse como fuente potencial para producir biodiésel y pellets de combustible de calidad. Alrededor del 15% del aceite

obtenido de los posos de café se convierte en biodiésel con un rendimiento del 100%.

4.5.1.4 Bebida alcohólica a partir de la cáscara y mucílago del café

Para la elaboración de la bebida alcohólica se pueden utilizar 10 kg de pulpa y cáscara de café recolectada en el proceso de despulpado de café con madurez organoléptica para su recolección.

En el proceso, se realiza la recepción de la pulpa y cáscara del café sin diluir, se pesa y se estandariza el pH, se realiza el tratamiento de hidrólisis enzimática con celulasas, se controla la fermentación (anaerobiosis, actividad de agua (0.95-0.97), temperatura 20°C); se adiciona la levadura *S. cerevisae* en un digestor (Rodríguez , 2013). Después, se realiza el filtrado, la clarificación con bentonita; pasteurización por 2 minutos a 70°C y finalmente se envasa en botellas de vidrio transparente con capacidad de 750 ml (Olivares, 2020).

La eficiencia en la producción de alcohol con levadura *S. cerevisae* se obtiene un rendimiento del 97,2 %.

4.5.1.5 Briquetas elaboradas con cascarilla de café

Primeramente, se obtiene la materia prima, luego, se tritura la cascarilla de café con el fin de obtener partículas finas y lograr una mayor compactación. Después, se adiciona aglutinante, se mezcla almidón y agua y se somete a cocción hasta lograr una mezcla homogénea. El aglutinante obtenido se mezcla con la cascarilla hasta lograr que este se adhiera a la cascarilla (Dicovski et al., 2014). Finalmente, La briqueta húmeda queda con la siguiente composición porcentual de peso: 65% cascarilla, 30% agua, 5 % almidón y pierden aproximadamente un 33 % de humedad cuando son secadas.

El siguiente paso, consiste en depositar la mezcla en un molde y prensar ejerciendo presión hasta lograr la compactación de la misma dejándola por 10 minutos aproximadamente, después, la briqueta formada es extraída y se introduce en un secador eléctrico la cual presenta un peso de 450 g húmeda dejándola por 24 horas a una temperatura de 75 °C, esto con el fin de eliminar el agua presente en el interior de la briqueta, luego del lapso del tiempo son ubicadas en sitios donde les da directamente el sol para completar el secado que este producto necesita quedando en un peso promedio de 320 g.

Siguiendo el anterior proceso, se pueden elaborar 200 briquetas con orificio en el centro para mayor efectividad energética que al mismo tiempo genera aproximadamente el 25% más de energía que la leña de pino.

4.5.2. Palma de aceite

4.5.2.1. Producción de carbón activado a partir de la fibra y la cáscara de la palma de aceite

Para la obtención de carbón activado se pueden utilizar dos tipos de residuos: la fibra y la cáscara procedentes de la producción de palma de aceite (Gómez et al., 2004) y para la activación química se puede utilizar cloruro de cinc de 1:2 (g: mL) y se deja en agitación durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se calcinan las dos biomásas en una mufla a 550°C durante 30 minutos con una velocidad de calentamiento de 20°C/minuto; se lavan con 50 mL de ácido clorhídrico 37% (p/p) manteniéndolas en agitación a 30°C durante 3 horas.

Después, las muestras se pasan por un filtro y se lavan con agua destilada, repitiendo el proceso hasta obtener un pH entre 6 y 7. Finalmente, se secan en una estufa a 105°C durante 1 hora. Se obtienen dos carbones activados: fibra activada (FA) y cáscara activada (CA). Para efectos de comparación se someten las dos biomásas solo al proceso de calcinación a 550°C durante 30 minutos y se denominan fibra calcinada (FC) y cáscara calcinada (CC) (SciELO, 2022).

4.5.2.2. Elaboración de compost a partir de los subproductos de la palma de aceite

La elaboración de compost consiste en el compostaje de los racimos vacíos de palma generados en el proceso de extracción del aceite, y en el uso de los efluentes de la planta como fuente de humedad. Como primer paso, se toman muestras de las materias primas a utilizar (raquis vacíos y efluentes) una vez al mes para su análisis químico (Galindo&Romero, 2012). Como segundo paso, se pesa el raquis vacío que sale de la planta y se dispone en camas, las cuales tienen un ancho de 4 metros, una altura de 2 metros y una longitud que varía desde 70 hasta 350 metros (Corzo&Juracán, 2020). Una vez que están dispuestas las camas se riegan con el efluente procedente de las lagunas de sedimentación, seis veces a la semana, la duración de este riego tiene un rango desde seis a diez semanas de proceso. Estos efluentes se extraen del sistema

de tratamiento de aguas de la planta, antes del inicio de su proceso de sedimentación y la cantidad de lodo utilizado se mide por medio de los medidores de flujo que se encuentran en el sistema de riego.

Durante las semanas de proceso, el compostaje pasa por las tres fases típicas de este procedimiento: fase mesófila, termófila y de maduración. La fase mesófila empieza desde el inicio del riego de los efluentes en las camas de raquis vacíos y concluye con el inicio del incremento de la temperatura del sustrato, lo cual puede durar una semana. Esta fase se caracteriza por el crecimiento de bacterias a una temperatura entre 30 y 45 grados centígrados. La fase termófila se caracteriza en el incremento de la temperatura del sustrato que se encuentra en el proceso de compostaje, la cual puede llegar hasta los 70 grados centígrados, cuando las bacterias aeróbicas rompen la celulosa, la lignina y otros materiales resistentes; esta fase suele durar unas 6 semanas, durante las cuales se produce una disminución del volumen de la materia prima, como consecuencia de la descomposición del material. Por último, la fase de maduración, la cual dura aproximadamente 3 semanas y en la cual se estabiliza la temperatura de compost; se caracteriza por el proceso nitrificador de las bacterias, creando así humus.

Durante el proceso de compostaje, una maquina realiza el volteo al sustrato de las camas para garantizar condiciones aeróbicas durante todo el ciclo antes y después de aplicar los lodos. Este movimiento permite mayor ruptura de la fibra y homogeneidad en el volteo completo de la cama. Los lodos de escorrentía (lixiviados de las camas) que se presenten, se devuelven a las lagunas de tratamiento para aplicarlos nuevamente al compost. Una vez iniciado el proceso de compostaje, se mide diariamente temperatura y humedad. Luego de las seis a diez semanas del ciclo, cuando la temperatura es constante y ya no ocurren procesos de descomposición, las camas de compost permanecen de una o dos semanas más en el área de compostera sin aplicaciones de lodo, pero continúan con los volteos diarios, con el objetivo de que cumplan la fase de secado. Al finalizar el proceso se toma una muestra de compost para el análisis químico del contenido de nutrientes, relación de Carbono/Nitrógeno y humedad (Corzo&Juracán, 2020). Con la finalidad de evitar la lixiviación de nutrientes y

evitar que se pierdan por escorrentía se protegen las camas con nylon o ya sea una compostera techada.

4.5.2.3 Agregado de concreto a partir del cuesco de la palma de aceite

Al tener el material no convencional cuesco de palma africana se realiza en el laboratorio el proceso de granulometría, densidad y absorción, desgaste y diseño de mezcla, con el fin de establecer el material adecuado para la elaboración del concreto (Guzmán&Pérez, 2011).

Se coloca la materia prima a secar a fuego bajo en una estufa industrial, seguidamente, al finalizar el secado, se usan tamices de acuerdo a las especificaciones de la normativa NTC 77, los cuales se encajan en orden descendiente dependiendo el tamaño de su abertura, se coloca la muestra de material sobre el tamiz superior y se agita de forma manual. Después se realiza el análisis de granulometría para caracterizar el material. El análisis granulométrico se realiza con el fin de conocer la masa mínima de la muestra de ensayo según el tamaño máximo nominal que para este caso la masa mínima es de 5 kg de material (Giraldo&Ruiz, 2018).

En el análisis de densidad y de absorción se toma una muestra representativa de agregado del cuesco, el cual se redujo desechando el material que pasa por el tamiz # 4, luego se procede a lavar y se sumerge en un balde durante 24 horas y así obtener la densidad aparente que se define como la relación que existe entre el peso del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos todos los poros saturados. Entonces, para este material su densidad aparente es de $1,25\text{gr}/\text{cm}^3$ y su absorción es de 17%.

En el análisis de desgaste, se pesan 5000 gramos de muestra seca con una aproximación de 1 gramo y se coloca junto a una carga abrasiva dentro del cilindro; se hace girar con una velocidad entre 30 y 33 revoluciones por minuto, girando hasta completar 500 revoluciones teniendo en cuenta que la velocidad angular es constante.

Es importante realizar nuevamente el análisis de granulometría para saber el tipo de carga abrasiva que se va aplicar al material y de acuerdo a la normativa INV 13; para este material se utiliza la carga abrasiva tipo D, que es la que se colocara en la máquina de los ángeles con los 5000 gramos de la muestra.

Luego, se descarga el material del tambor y se separa la muestra empleando el tamiz con abertura mayor al # 12 y finalmente como se resultado, se obtiene la diferencia entre la masa original y la masa fina de la muestra analizada.

Con la prueba se puede evidenciar que el cuesco no se fractura a lo largo de la superficie, sino que presenta un desprendimiento de las fibras que lo componen. Los resultados que se obtienen en el ensayo de desgaste es 4,16% lo que significa que es un material con alta dureza lo que lo hace resistente.

Luego de haber realizado los análisis anteriores, se procede a realizar el diseño de mezcla para la fabricación de los cilindros y vigas con adición de 25% y 50% de cuesco de palma africana (Giraldo&Ruiz, 2018). En esta última prueba, se proporcionan los materiales concretos 25 % y 50% del cuesco por separado (la arena, el cuesco, la grava, el cemento y el agua). Después, se realizan las pruebas de slump para conocer la medida de consistencia del concreto por medio del cono de Abrams. Es un ensayo sencillo que consiste en colocar un molde metálico troncocónico de 30 cm de alto, 10 y 20 cm de diámetro, superior e inferior respectivamente.

Se coloca el cono con la base mayor sobre una superficie plana, horizontal, no absorbente y ligeramente humedecida; se pisan las aletas inferiores para dar firmeza. Se llena el cono en 3 etapas: la primera hasta aproximadamente 1/3 de su volumen y se compacta con una barra de acero de 16mm de diámetro con punta cónica, la compactación se hace con 25 golpes de la varilla en forma de espiral. La segunda hasta aproximadamente 2/3 de su volumen y se compacta con otros 25 golpes y en la tercera etapa se debe llenar la totalidad de su volumen dejando una cantidad de mezcla sobresaliendo del molde y se compacta con otros 25 golpes de la varilla; luego se retira el exceso de mezcla con la varilla de modo que el cono quede completamente lleno y enrasado (Giraldo&Ruiz, 2018).

Se limpia el exceso de material en la base del cono y se saca el molde con cuidado verticalmente evitando golpes bruscos que generara vibraciones o movimientos laterales.

Se debe tomar la medida del asentamiento colocando el cono de Abrams al lado del que haya quedado formado con la mezcla de concreto y se mide la diferencia

de la altura entre ambos. Como la superficie del cono no queda horizontal, se debe medir en el punto medio de la altura. Se procede a la fabricación de los cilindros y vigas con las diferentes dosificaciones de mezcla siguiendo las especificaciones de la NTC y Los moldes se dejan sobre una superficie rígida durante 24 horas, libre de vibraciones u otras perturbaciones y finalmente pasadas las 24 se almacena en tanques con el fin de que siempre mantuvieran agua en todas sus superficies hasta el momento del ensayo.

Se concluye que las mezclas que contienen 50% de escoria dieron el mejor rendimiento global.

4.5.3 Maíz

4.5.3.1 Furfural a partir de las hojas y zuros del maíz

En un matraz fondo redonde (1L) se colocan 50 gramos de desperdicio agrícola (zuros y hojas de maíz) secos y molidos. Seguidamente, se añade 250 ml de solución de ácido sulfúrico de una concentración de 6% a 10% y 30 gramos de cloruro de sodio, el cual se deja en maceración entre 2 a 5 horas (Amaya&Flores, 2011). El matraz se coloca en un equipo de destilación por arrastre continuo con adaptador tipo Dean Stark. Después, el balón se calienta mediante un baño de aceite, regulando la placa caliente para elevar las temperaturas del sistema entre 100°C y 175°C y finalmente se purifica el furfural obtenido por destilación al vacío (Punto de destilación 65°C a 70°C a una presión de 17mmHg).

La producción de furfural a partir del maíz se obtiene un rendimiento de 48.45%.

4.5.3.2 Etanol a partir de los residuos del maíz

Inicialmente, se limpia el grano del maíz (cebada o el trigo) y se pasa a un molino que lo muele hasta obtener un polvo fino llamado harina de maíz. Seguidamente, la harina se sopla en grandes tanques donde se realiza un mezclado con agua y enzimas amilasa alfa y pasa a través de las cocinas donde se licua el almidón. A la mezcla se le agregan componentes químicos para mantenerla con un pH de 7. En esta etapa se aplica calor para permitir la licuefacción, en una primera etapa a alta temperatura (120-150°C) y luego a temperatura más baja (95°C). Estas altas temperaturas reducen los niveles de bacterias presentes en el puré o mosto (Maizar, 2017).

Seguidamente, el puré es refrescado a una temperatura levemente debajo del punto de ebullición del agua y se le agrega una enzima secundaria glucoamilasa para convertir las moléculas del almidón licuado en azúcares fermentables mediante el proceso de sacarificación. Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios químicos.

Al puré se le agrega levadura para fermentar los azúcares cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono y con ello obtener el etanol y el anhídrido carbónico. Usando un proceso continuo, el puré fluiría a través de varios fermentadores hasta que fermente completamente. En este proceso el puré permanece cerca de 48 horas antes que comience el proceso de destilación. En la fermentación, el etanol conserva mucha de la energía que estaba originalmente en el azúcar, lo cual explica que el etanol sea un excelente combustible (Vega, 2022). El puré fermentado, ahora llamado cerveza, contendrá alcohol cerca del 15% y agua al 85%, así como todos los sólidos no fermentables del maíz y de la levadura. El puré entonces será bombeado a un flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde la cerveza se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol dejará la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado vinaza, será transferido de la base de la columna para su procesamiento como subproducto.

El alcohol pasa a través de un sistema que le quita el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. El alcohol puro, sin el agua, se lo denomina alcohol anhidro y finalmente, el etanol será usado como combustible por lo tanto se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña (2-5%) de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano.

4.5.4 Arroz

4.5.4.1 Hilo a partir de tallo del bálago del arroz

El proceso de producción inicia con el cardado de los tallos del bálago del arroz con la finalidad de separarlos y facilitar los posteriores tratamientos químicos para la obtención de una fibra de calidad (Alagirusamy&Das, 2015). El primer

tratamiento se realiza con solución alcalina, para este se utilizará un reactor con agitador y chaqueta en el cual se añade la solución de hidróxido de sodio con una concentración de 1 N ($\rho = 2,13 \text{ Kg/L}$) con tiempo de 40 minutos a 100°C . después, la fibra tratada pasa por un proceso de prensado con el fin de retirar la mayor cantidad de excedente de solución alcalina para su posterior reutilización (99,9%) (Cordova&Taira, 2021).

Luego de este proceso, sigue el lavado de la fibra tratada con la solución acuosa, en donde con agua se retira el exceso de hidróxido de sodio y partículas que se hayan desprendido por la acción del mismo. Este proceso se llevará a cabo en una centrífuga durante 5 minutos.

A continuación, se realiza un tratamiento con solución neutralizante ($\rho = 1,05 \text{ Kg/L}$) con el fin de inhabilitar el exceso de la solución alcalina que pueda haber quedado de la primera etapa. Para este paso se utiliza ácido acético al 10% en una proporción con respecto a la fibra de 10 a 1 (en peso) y se llevará a cabo en un tanque de mezcla durante 20 minutos.

Posteriormente, la fibra ya neutralizada pasa por un proceso de lavado durante 5 minutos y secado en un horno de secado por un lapso de 30 a 45 segundos a una temperatura entre 55 y 100°C ; ya que, exponerlo a temperaturas más altas de los 150°C podría ocasionar cambios físicos permanentes en las fibras. Esta etapa es fundamental debido a que, si algo de líquido quedará impregnado a las fibras, podría fomentar el crecimiento de bacterias y hongos. Luego, se retiran las fibras muy cortas (menor a 10 mm) mediante el uso de una criba vibratoria durante 4 minutos, lo cual representa un aproximado de 5%.

Seguidamente, las fibras se someten a un tratamiento con una solución enzimática compuesta de celulasa y xilanasas en proporción con respecto a la fibra a procesar de 5 a 1 con una concentración de 1% (masa/volumen). Esta etapa se lleva a cabo en un reactor cerrado con control de temperatura la cual debe encontrarse a 55°C por un espacio de 40 minutos aproximadamente. Se sugiere utilizar la sustancia Pulpzyme ($\rho = 1,13 \text{ Kg/L}$). Adicionalmente, se debe tomar en cuenta 6 de pH. Como sucedió anteriormente, se realiza un lavado y secado para retirar el exceso de las sustancias utilizadas previamente. Este proceso se realiza en una centrífuga con agua y luego pasa a un ambiente

acondicionado a temperaturas de entre 23 y 25°C y una humedad deseada controlada constantemente (Cordova&Taira, 2021). Como se puede ver, en esta ocasión el proceso de secado se dio a temperatura a condiciones ambientales para evitar modificar la estructura de la fibra que, luego de esta etapa, ya sería de uso comercial.

4.6 Selección de las mejores alternativas

A partir de la evaluación de las diferentes alternativas de análisis multicriterio, se determina que Antioquia, Chocó, Nariño, Norte de Santander, Sucre, Guajira, Magdalena, Bolívar y Cesar, son los departamentos en los que se debe incentivar a través de políticas internas o nacionales para que puedan aprovechar los residuos agrícolas en biorrefinerías de esas zonas y al mismo tiempo disminuir la desigualdad de género.

Se plantean los residuos del arroz, café, aceite de palma y maíz para desarrollar esos modelos de biorrefinerías y se recomienda la obtención de biogás, bioetanol, biodiesel, bebidas alcohólicas, briquetas, carbón activado, compost, agregado de concreto, furfural, fibras para la industria textil como principales productos para los modelos de biorrefinería.

4.7 Recomendaciones en Colombia

Para poder implementar opciones de biorrefinería en Colombia, se deben realizar las siguientes acciones:

- Crear espacios de capacitación gratuita para las mujeres de las zonas rurales del posconflicto con el fin de incentivar la formación empresarial basado en la biorrefinería. Como, por ejemplo, el aprovechamiento de los residuos agrícolas del café, el arroz, el maíz, el aceite de palma, para convertirlos en productos energéticos (combustibles, electricidad, calor) como no energéticos (alimentos, biomateriales, químicos), y de interés en la industria textil, cosmética, alimentaria y farmacéutica; con el objetivo de promover la Igualdad de género hacia las mujeres desde el empoderamiento.
- Establecer líneas de comunicación con entes gubernamentales y no gubernamentales nacionales e internacionales con la finalidad de

adquirir mediante la elaboración de estos proyectos los recursos necesarios para poner en marcha su implementación.

- Solicitar apoyo al gobierno para asegurar las vías de acceso para todas las familias rurales vulnerables de postconflicto para movilizar los productos.
- Crear asociaciones y cooperativas de mujeres que puedan articular su trabajo. Es decir, que estas empresas puedan ser complementarias entre sí, que se puedan ayudar en las labores.

Por ejemplo, si se transforma el café en biomasa, una asociación se encarga de hacer alcohol con el mucílago y la cereza del café y esta a su vez suministra el alcohol a otra asociación para hacer productos de uso para los cultivos y de uso veterinario, es decir encadenando el proceso para generar riqueza y conocimiento tecnológico.

4.8 Recomendaciones en el caso de España

Los principales cultivos herbáceos que se cultivan en España son cereales (trigo, cebada y maíz), arroz, leguminosas (lentejas, judías o guisantes), oleaginosas (girasol, colza y soja), forrajes, remolacha azucarera, algodón, tabaco y lúpulo (Carriedo, 2021).

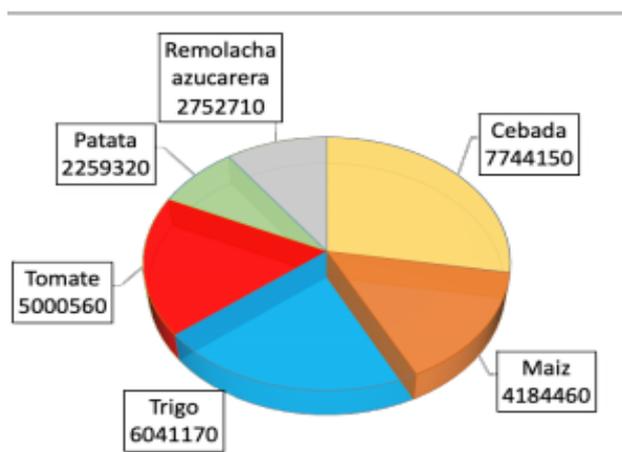


Figura 36. Producción en toneladas por especie mayoritaria en España.

Por la cantidad de desechos que se originan al momento de la recolección del fruto. Es necesario iniciar con procesos de valorización de los mismos mediante procesos de biorrefinería. Por ejemplo, con los tallos del maíz se obtiene material para la construcción, las hojas secas se pueden usar para fabricar papel, las hojas de la mazorca sirven como envoltura de cigarrillos y tamales, en la

elaboración de figuras artesanales, o en tiras angostas para rellenar colchones, y las raíces y bases de los tallos sirven como abono orgánico dejándolos en el terreno. Actualmente, el maíz se utiliza en cientos de productos industriales, es fuente de materia prima para producir almidón y derivados, como edulcorantes, aceite y alcohol. Algunos de estos productos industriales son utilizados en la industria química y en algunos casos como reemplazo de los derivados del petróleo (Ranum et al, 2014) otro uso medicinal reciente es considerar el maíz como alimento funcional con capacidad de disminuir niveles de colesterol y antioxidante del maíz morado, que disminuye los niveles de colesterol total y aumenta la capacidad antioxidante en ratas. Según (Zapata, 2014) señala que la fuente importante de antocianinas, además de las frutas rojas (bayas y uvas) es el maíz morado, del cual se han hecho extractos de antocianinas como suplemento dietético antioxidante.

Basándonos en los resultados realizados en Colombia, se destacan las siguientes recomendaciones para el caso de España:

- Una vez realizado el estudio de indicadores de desigualdad de género del apartad 4.1 de este trabajo y teniendo en cuenta los resultados en Colombia, se señala que debería escogerse los siguientes indicadores: riesgo de pobreza y tasa de empleo como criterios para realizar un análisis multicriterio y así buscar las mejores alternativas para implementar opciones de biorrefinería en las zonas rurales de las comunidades rurales de España.
- Tras el estudio de las materias primas y los residuos obtenidos, se señala que en España deberían tenerse en cuenta principalmente las materias primas como el algodón, el tabaco y el lúpulo para realizar el análisis multicriterio.
- Las materias primas como el maíz y el arroz coinciden con materias primas de Colombia, por lo tanto, España podría aprovechar los resultados que se obtuvo para aplicarlo a zonas donde se genere en grandes cantidades de estas materias primas para desarrollar productos como furfural, etanol, hilo para la industria textil, jaleas, pigmentos naturales nutraceúticos, briquetas, compost, resinas, metano y amoniaco.

Capítulo 3

Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas para las diferentes tareas planteadas son las siguientes:

1. Al estudiar los indicadores de desigualdad de género a través del análisis multicriterio, se observa que, en Colombia, los indicadores que más desigualdad genera en las mujeres respecto a los hombres es el indicador de pobreza multidimensional y desplazamiento forzado.
2. De acuerdo con los resultados del análisis multicriterio, se concluye que los departamentos que deberían generar opciones de biorrefinería son Antioquia, Chocó, Nariño, Norte de Santander, Sucre, Guajira, Magdalena, Bolívar y Cesar.
3. Llevando a cabo el estudio de análisis multicriterio de cada uno de los departamentos, se concluye que el arroz, el café, el aceite de palma y el maíz, son las mejores alternativas para desarrollar modelos de biorrefinería sostenible con el medio ambiente y disminuir las desigualdades de género.
4. De acuerdo al estudio realizado en este trabajo, se concluye que al implementar opciones de biorrefinería en las zonas rurales generarán un gran impacto positivo a las mujeres por que lograrían tener independencia económica por lo tanto mayores ingresos para el hogar. Adicionalmente, se lograría en las mujeres mayor capacidad de empoderamiento y capacidad intelectual, tendrían un trabajo digno y remunerado.
5. También, se concluye que España podría aprovechar los resultados obtenidos del análisis multicriterio en Colombia para implementar opciones de biorrefinería a partir del arroz y el maíz en las zonas rurales de España.
6. Y, por último, como protagonista de este trabajo de investigación, podría crear empresa incluyendo a las mujeres rurales de Colombia.

Capítulo 4

Referencias

1. Agronet. (2020). *MinAgricultura*. Obtenido de Reporte:Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=1>
2. Alagirusamy&Das. (2015). *Conversión de fibra en hilo : una descripción general*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845699314000088>
3. Amaya&Flores. (2011). *Estudio de ingeniería sostenible para la obtención de furfural como subproducto de la agroindustria del maíz*. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/32/1/10136494.pdf>
4. Ambientum. (2018). *La fibra de plátano mejora las propiedades del cemento*. Obtenido de <https://www.ambientum.com/ambientum/tecnologia/la-fibra-de-platano-mejora-las-propiedades-del-cemento.asp>
5. Becerra. (2021). *Portafolio*. Obtenido de El 92,9% de las mujeres rurales hacen trabajos que no son remunerado: <https://www.portafolio.co/economia/el-92-9-de-las-mujeres-rurales-hacen-trabajos-que-no-son-remunerado-557671>
6. Canto&Castillo. (2011). *Usos que se le dan al plátano*. Obtenido de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num1/articulos/platano/>
7. Carriedo. (2021). *11. Evolución de la biomasa agrícola en España, su relación con el uso de pesticidas y los principales impactos ambientales*. Obtenido de Trabajo fin de grado, Universidad de Cantabria.
8. Conacyt. (2016). Obtenido de Los desechos de maíz, materia prima de pigmentos nutracéuticos: <https://iresiduo.com/noticias/mexico/conacyt/16/10/26/desechos-maiz-materia-prima-pigmentos-nutraceuticos>
9. Cordova&Taira. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de hilo a partir del tallo del bálago de arroz*. Obtenido de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/15372/Cordova-Taira_Estudio-Prefactibilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Corrales et al. (2015). *Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007
11. Corzo&Juracán. (2020). *Elaboración de compost y su utilización en la fertilización del cultivo de palma de aceite*. Obtenido de Grepalma: https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2020/03/BOLETIN14_ANIOS5_-MARZO-2020-1.pdf
12. Cruz&Oviedo. (2020). *Aprovechamiento de la biomasa residual pecuaria en Colombia*. Obtenido de <https://elibro-net.unican.idm.oclc.org/es/ereader/unican/172431>

13. Dane. (2020). *Mercado Laboral*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
14. Dane. (2020). *Pobreza Multidimensional por departamentos*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad>
15. Defensoria del Pueblo. (2018). *Economía ilegales, actores armados y nuevos escenarios de riesgo en el posacuerdo*. Obtenido de <https://www.defensoria.gov.co/public/pdf/economiasilegales.pdf>
16. *Diario del Huila*. (2021). Obtenido de <https://diariodelhuila.com/a-pobreza-multidimensional-en-2020-ingresaron-489-000-personas/>
17. Dicovski et al. (2014). *Validación de briquetas elaboradas con cascarilla de café para el remplazo de leña en la producción de rosquillas de maíz*. Obtenido de Revista Ciencia y Tecnología el Higo: <https://www.camjol.info/index.php/elhigo/article/view/8631>
18. Fademur. (2021). Obtenido de <https://fademur.es/fademur/>
19. Fedepalma. (2016). *Cantidad de residuos de la palma de aceite*. Obtenido de <http://sispaweb.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=Pages/produccion>
20. Feres&Mancero. (2001). *Pobreza Monetaria*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100412&lang=es-ES&view=article&id=370
21. Funes et al. (2012). *Producción de bioetanol a partir del mucilago de café*. Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/RCT/article/view/1068>
22. Galindo&Romero. (2012). *Compostaje de subproductos de la agroindustria de palma de aceite en Colombia: estado del arte y perspectivas de investigación*. Obtenido de
23. Giraldo&Ruiz. (2018). *Incorporación del cuesco de palma de aceite africana como agregado grueso en mezclas de concreto*. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/5808/1/2018_incorporacion_cuesco_palma.pdf
24. Gobierno de España. (2022). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Innovación Medio Rural: <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/bioeconomia/>
25. Gobierno de España. (2018). *Delegación del Gobierno contra la violencia de género*. Obtenido de <https://violenciagenero.igualdad.gob.es/>
26. Gobierno de España. (2022). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/igualdad_genero_y_des_sostenible/mujer-medio-rural/

27. Gómez et al. (2004). *Proceso de producción de carbón activado a partir de cáscaras de palma de aceite en un horno rotatorio*. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1113>
28. Grande&Osorio. (2021). *Valorización de residuos industriales en la producción de almidón de yuca*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7997610>
29. Guzmán&Pérez. (2011). *Concreto preparado con residuos industriales: Resultados de alianza empresa universidad*. Obtenido de <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/116/103>
30. Instituto Nacional de Estadística INE. (2020). Obtenido de (Instituto Nacional de Estadística INE, 2020).
31. Karaosmanoglu et al. (1996). *Investigation of the refining Sstep of biodiesel production*. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ef9502214>
32. Kondamudi et al. (2008). *Producción de bioetanol a partir del mucilago de café* . Obtenido de Revista Ciencia y Tecnología: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf802487s>
33. La Moncloa. (2020). *Las mujeres del mundo rural víctimas de violencia de género permanecen en las relaciones de maltrato una media de 20 años*. Obtenido de https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/igualdad/Paginas/2020/16102020_violencia.aspx#:~:text=La%20violencia%20psicol%C3%B3gica%20la%20sufren,en%20un%2034%2C78%25.
34. Llano et al. (2017). *4. Detoxification of a Lignocellulosic Waste from a Pulp Mill to Enhance Its Fermentation Prospects*.
35. Llano et al. (2021). *13. Multi-criteria analysis of detoxification alternatives: Techno-economic and socio-environmental assessment*.
36. Maizar. (2017). *SISTEMAS DE PRODUCCIÓN UTILIZADOS PARA OBTENER ETANOL*. Obtenido de <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=246>
37. Marín. (2020). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/f09e39a2-e987-475a-9a9c-581806966cc8/content>
38. Marín&Villa. (2020). *Análisis del potencial energético del aprovechamiento de biogás generado a partir de la biodigestión anaeróbica de residuos de café en una microturbina a gas*. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/f09e39a2-e987-475a-9a9c-581806966cc8/content>
39. Meneses et al. (2010). *APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE RESIDUOS DE COSECHA Y POSCOSECHA DEL PLÁTANO EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS*. Obtenido de https://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010_I_02.pdf
40. Minagricultura. (2017). *El campo es de todos*. Obtenido de Producción Nacional por Departamento: <https://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalDpto.aspx>

41. Minagricultura. (2019). *El campo es de todos*. Obtenido de MinAgricultura Aumento del PIB agropecuario del 2.6% en el tercer trimestre: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/MinAgricultura-resalta-aumento-del-PIB-agropecuario-del-2-6-en-el-tercer-trimestre.aspx>
42. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural Marino. (2011). *Diagnóstico de la igualdad de género en el medio rural*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/igualdad_genero_y_des_sostenible/DIAGN%C3%93STICO%20COMPLETO%20BAJA_tcm30-101391.pdf
43. Monje. (2021). *Diario del Huila*. Obtenido de Solo 38,1% del tiempo diario trabajado por mujeres rurales es remunerado: <https://diariodelhuila.com/solo-381-del-tiempo-diario-trabajado-por-mujeres-rurales-es-remunerado/>
44. Montoya. (2019). *Residuos del cacao como fuente para obtener nanocelulosa*. Obtenido de <https://www.upb.edu.co/es/noticias/residuos-cacao-como-fuente-para-obtener-nanocelulosa-upb>
45. Morán. (2016). *Desarrollo rural y biorrefinerías*. Obtenido de <https://biorrefineria.blogspot.com/2016/01/desarrollo-rural-biorrefinerias-Barcial.html>
46. MPPN. (2022). *Red de pobreza multidimensional*. Obtenido de <https://mppn.org/es/pobreza-multidimensional/por-que-el-ipm/>
47. OCDE. (2017). *Estudios Económicos de la OCDE Colombia*. Obtenido de <https://www.oecd.org/economy/surveys/Colombia-2017-OECD-economic-survey-overview-spanish.pdf>
48. Olivares. (2020). *Bebida alcohólica por fermentación de cáscara y mucilago del café*. Obtenido de Revista Científica UNTRM Ciencias Naturales e Ingeniería: https://www.researchgate.net/publication/350519388_Bebida_alcoholica_por_fermentacion_de_cascara_y_mucilago_del_cafe_Coffea_arabica_L_a_diferente_pH_y_concentracion_de_levadura
49. Porras. (2021). *Revista Iter Ad18 Veritatem*. Obtenido de Violencia sexual contra la mujer durante el conflicto armado en Colombia: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/iaveritatem/article/view/2281>
50. Portafolio. (2021).
51. *Portafolio*. (2022). Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/el-92-9-de-las-mujeres-rurales-hacen-trabajos-que-no-son-remunerado-557671>
52. *Procaña*. (2022). Obtenido de Subproductos y Derivados de la Caña: <https://procana.org/site/subproductos-y-derivados-de-la-cana/>
53. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2022). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
54. Ranum et al. (2014). *Producción, utilización y consumo mundial de maíz*. Obtenido de <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nyas.12396>

55. Redisa. (2018). Obtenido de RESIDUOS DE TALLO DE MAÍZ COMO REFUERZO DE POLIPROPILENO:
<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A18.pdf>
56. Rodríguez . (2013). *Producción de alcohol a partir de la pulpa del café*. Obtenido de
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/541/1/arc064%2802%2978-93.pdf>
57. Scielo. (2022). Obtenido de PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA FIBRA Y LA CÁSCARA DE LA PALMA DE ACEITE:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=
58. Sierra. (2009). *ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN COLOMBIA*. Obtenido de
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/211/333.794S571.pdf?>
59. Sierra et al. (2016). *Potencial económico de la palma aceitera*. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/journal/437/43750618016/>
60. Software Delsol. (2022). Obtenido de Definición tasa de ocupación:
<https://www.sdelsol.com/glosario/tasa-de-ocupacion/>
61. Statista. (2020). *Porcentaje de participación en el producto interior bruto (PIB) de los sectores económicos de España de 2008 a 2020*. Obtenido de
<https://es.statista.com/estadisticas/501643/distribucion-del-producto-interior-bruto-pib-de-espana-por-sectores-economicos/>
62. Ueki et al. (2014). *Optimization of grafted fibrous polymer as a solid basic catalyst for biodiesel fuel production*. Obtenido de
https://www.scrip.org/pdf/IJOC_2014052211561943.pdf
63. *Unidad para la atención y reparación integral a las víctimas*. (2019). Obtenido de Víctimas conflicto armado: <https://www.unidadvictimas.gov.co/es/registro-unico-de-victimas-ruv/37394>
64. *Universidad Nacional de Colombia*. (2021). Obtenido de Los residuos orgánicos de las cáscaras de yuca y plátano pueden generar bioetanol:
<https://iresiduo.com/noticias/colombia/universidad-nacional-colombia/21/01/19/residuos-organicos-cascaras-yuca-y-platano>
65. Uzun et al. (2021). *Aplicaciones de las teorías de toma de decisiones de criterios múltiples en la salud y la ingeniería biomédica*. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128240861000049#s0015>
66. Vallejo et al. (2015). *UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE CACAO, TIPO NACIONAL Y TRINITARIO, EN LA OBTENCIÓN DE JALEA*. Obtenido de
<https://docplayer.es/41409903-Utilizacion-del-mucilago-de-cacao-tipo-nacional-y-trinitario-en-la-obtencion-de-jalea.html>
67. Vásquez. (2022). *Indicador tasa de desempleo, concepto*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-de-desempleo-paro.html#:~:text=La%20tasa%20de%20desempleo%2C%20tambi%C3%A9n,n o%20tiene%20puesto%20de%20trabajo.>

68. Vázquez&Dacosta. (2007). *Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000400004
69. Vega. (2022). *Producción de etanol celulósico y de maíz*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/produccion-de-etanol-celulosico-y-de-maiz/>
70. Zapata. (2014). *OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE ANTOCIANINAS*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%20%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20%281%29.PDF?sequence=21>