

Biomasa en la Región Central.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
GRUPO DE INVESTIGACIÓN XUÉ
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN BARIÓN



2020



Convenio Interadministrativo 080 de 2019.
Región Administrativa y de Planeación
Especial RAP-E – Universidad Distrital
Francisco José de Caldas.

Director RAP-E:

- Doctor Fernando Florez Espinosa

Supervisor Convenio:

- Ingeniero Jorge Eduardo Aya Rodríguez

Responsable del eje de
Infraestructura, transporte, logística y
servicios públicos.



Rector Universidad Distrital Francisco José de Caldas:

- Doctor Ricardo García Álvarez

Director Idexud:

- Ingeniero Carlos Yezid Rozo Álvarez

Equipo Técnico:

- Alejandro Hurtado Beltrán
- Alejandra Patarroyo
- Miguel Ángel Ocaciones
- César Andrés Rincón Triana
- Juan David Salinas
- Luis Antonio Gutiérrez
- Jaime Adrián Matéus Ramírez
- Wendy Katherine Villarraga Clavijo
- Oscar Daniel Guerrero Mora
- José Alexander Ovalle Murcia
- Heguar Stins Goyeneche Mendivelso

Equipo Específico:

- Felipe Cruz Espitia

Coordinadora Grupo/Semillero de Investigación:

- Nubia Marcela Rodríguez Figueroa

Director Grupo/Semillero de Investigación:

- Ingeniero Andrés Escobar Díaz

Contenido.

ABREVIATURAS Y GLOSARIOS.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS.....	13
METODOLOGÍA DE INVESTIACIÓN	13
1. PANORAMA MUNDIAL.....	15
1.1. Energía de la Biomasa en el mundo.....	15
1.2. Producción de la electricidad	15
1.3. Producción de calor, cogeneración y usos en transporte	15
1.4. Biomasa en Latinoamérica	16
2. PANORAMA A NIVEL NACIONAL	18
2.1. Potenciales energéticos	20
2.2. Oportunidades de las FNCER	21
2.3. Comparativo Balance Energético Colombiano	23
2.4. Barreras de la biomasa en la canasta energética nacional	26
2.4.1. Barreras típicas.....	26
2.4.2. Barreras para proyectos de cogeneración con biomasa.....	26
2.4.2.1. Primera barrera prioritaria, requisitos técnicos.....	26
2.4.2.2. Segunda barrera prioritaria, figura cogenerador	27
2.4.2.3. Tercera barrera prioritaria	27
2.4.3. Otras barreras	27
2.5. Potencial asociado.....	27
2.6. Clasificación de los sectores y residuos	29
2.6.1. Sector Agrícola.....	30
2.6.2. Sector pecuario.....	38
2.6.2.1. Sector Avícola.....	40
2.6.2.2. Sector Porcino	46
2.6.2.3. Sector Bovino.....	49
2.6.3. Sector Urbano	50
2.6.4. Sector Industrial.....	56
2.6.4.1. Industria Láctea	57

2.6.4.2.	Industria Cervecera.....	60
2.6.4.3.	Industria Destilería	63
2.6.4.4.	Plantas de Beneficio Animal.....	65
2.6.5.	Oferta de Biomasa residual por sector.....	67
2.7.	Potencial de la Biomasa en Cundinamarca.....	69
2.7.1.	Sector agrícola en Cundinamarca	69
2.7.1.1.	Poder Calorífico de los residuos agrícolas.....	70
2.7.1.2.	Potencial energético de biomasa agrícola	71
2.7.1.3.	Cultivos principales para aplicaciones energéticas.	71
2.7.2.	Sector Pecuario en Cundinamarca.....	71
2.7.3.	Biomasa Forestal.....	77
2.7.3.1.	Primer estudio: Bosques Plantados	77
2.7.3.2.	Segundo estudio: Bosques naturales Weinmannia tomentosa	78
2.7.3.3.	Tercer estudio: bosques naturales total.	79
2.7.3.4.	Potencial energético de la biomasa forestal en el departamento de Cundinamarca.....	80
2.8.	Actualidad	82
2.8.1.	Proyectos de generación.....	82
2.8.2.	Solicitudes de conexión.....	88
3.	CONCLUSIONES.....	92
4.	RECOMENDACIONES	94
5.	BIBLIOGRAFÍA	95
	<i>Sistemas de información.</i>	<i>100</i>
6.	ENTIDADES Y ACTORES	100
7.	CLASIFICACIÓN DE REFERENCIAS	107
8.	LEGISLACIÓN.	113
9.	ANEXOS.....	116

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Participación de las distintas fuentes de energía en la canasta energética mundial. [7]	16
Figura 2. Usos finales de energía en Finlandia, Suecia y Estonia, [12]	16
Figura 3. Explotación y producción nacional de recursos energéticos primarios, año 2012. Total producción 5,290 PJ. Residuos otros: Residuos de poda, centros de acopio y plazas de mercado. [17] PJ: Peta Joule [18]	18
Figura 4. Demanda interna de recursos energéticos primarios año 2012, Total producción: 1.580 PJ. [17]	19
Figura 5. Capacidad de generación eléctrica del SIN a diciembre de 2014. Total capacidad instalada: 15.645 MW. [17]	20
Figura 6. Panorama nacional - Total aves - capacidad ocupada más aves traspatio. [24]20	
Figura 7. Producción de electricidad en el SIN [GWh]. GWh: Gigavatios – hora [17].....	22
Figura 8. Canasta energética nacional - Balance energético al 2012. [17]	22
Figura 9. Consumo final de energía en el sector de transporte carretero en el 2013. Balance energético. [17].....	23
Figura 10. Energético primario, Bagazo 2010 -2018. CF: Consumo Final. [19]	25
Figura 11. Energético primario, Leña 2010 – 2018. [19].....	25
Figura 12. Potencial energético de los residuos agrícolas [TJ/año]. [21] [25]	35
Figura 13. Potencial energético de los residuos de cultivos transitorios [TJ/año]. [21] [25]36	
Figura 14. Potencial energético de los residuos de cultivos permanentes [TJ/año]. [21] [25]	37
Figura 15. Producción de residuo pecuario [t/año]. [24]	38
Figura 16. Potencial energético de la Biomasa animal [TJ/año]. [21] [25]	39
Figura 17. Región RAP-E - Total aves - capacidad ocupada. [24].....	41
Figura 18. Panorama nacional - Total aves - capacidad ocupada. Otros*: Cauca, Risaralda, Bolívar, Caldas, Córdoba, Huila, Nariño, Norte de Santander, Sucre, Cesar, Magdalena, Putumayo, Caquetá, Arauca, Choco, Casanare, La Guajira, Guainia, S. Andrés/Providencia, Vaupés, Amazonas, Guaviare, Vichada. [24]	42
Figura 19. Panorama nacional - Total aves - capacidad ocupada más aves traspatio. Otros*: Cauca, Risaralda, Bolívar, Caldas, Córdoba, Huila, Nariño, Norte de Santander, Sucre, Cesar, Magdalena, Putumayo, Caquetá, Arauca, Choco, Casanare, La Guajira, Guainia, S. Andrés/Providencia, Vaupés, Amazonas, Guaviare, Vichada. [24].....	43
Figura 20. Región RAP-E - Total aves - capacidad ocupada más aves traspatio. [24]	43
Figura 21. Producción de residuo avícola [t/año]. [24]	44
Figura 22. Potencial energético de los residuos Avícolas (TJ/año). [21] [25]	45
Figura 23. Región RAP-E - Producción residuo [t/año] – Porcino. [24]	47
Figura 24. Panorama nacional Vs RAP-E - Producción residuo [t/año] – Porcino. [24].....	47
Figura 25. Potencial energético de los residuos Porcícolas (TJ/año). [21] [25]	48
Figura 26. Panorama nacional - Producción residuo [t/año] – Bovino. Otros*: Santander, Caldas, Cauca y Magdalena. [24].....	50
Figura 27. Potencial energético de los residuos Bovinos (TJ/año) [21] [25].....	51
Figura 28. Potencial energético técnico del biogás de RSU (TJ/año). [24].....	55
Figura 29. Potencial de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (TJ/año) [21] [25].....	58

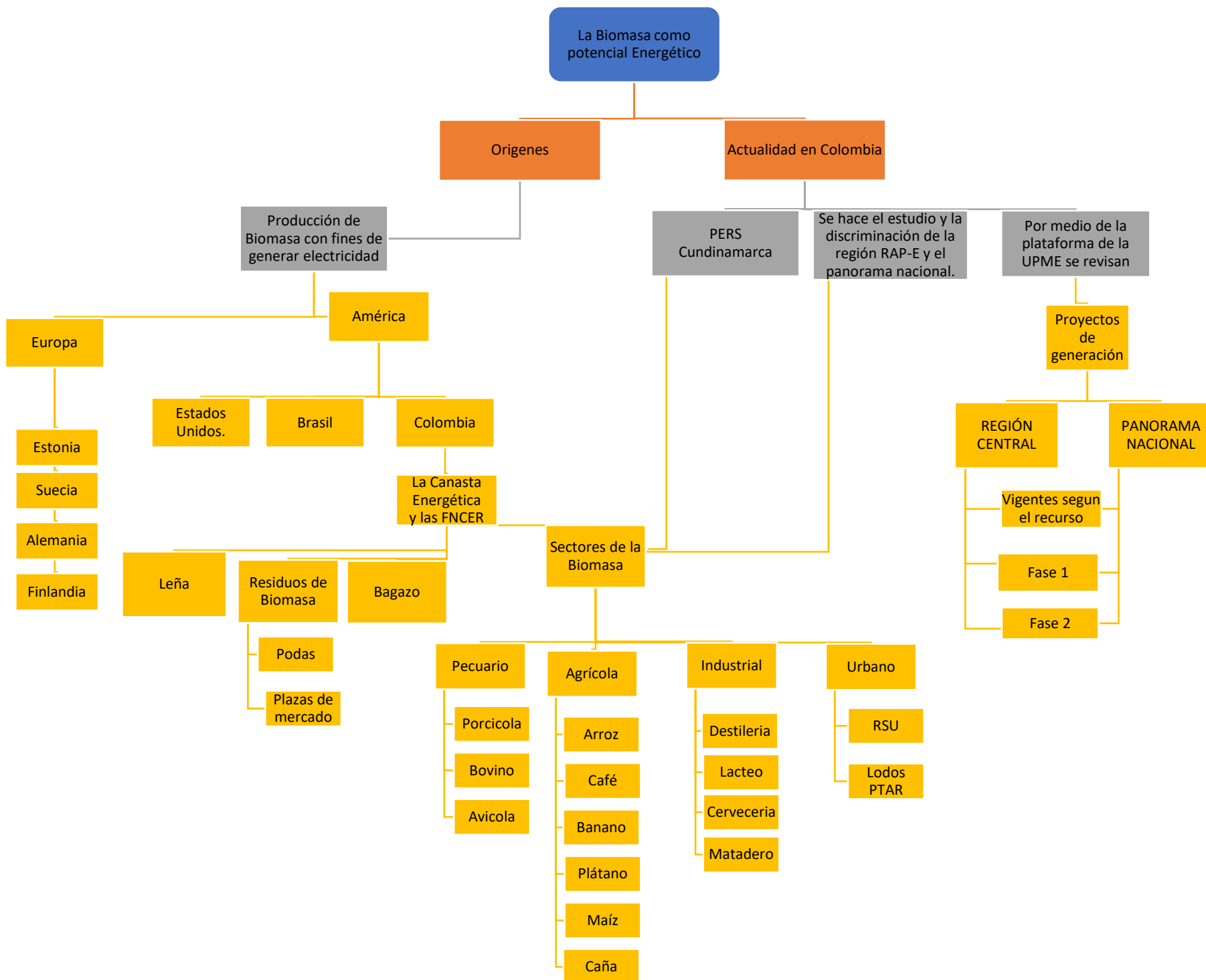
Figura 30. Potencial técnico de biogás de cervecería (TJ/año). [24]	63
Figura 31. Potencial energético total municipal del sector pecuario. [27]	74
Figura 32. Potencial energético total municipal del sector pecuario, procesos termoquímicos. [27].....	75
Figura 33. Potencial energético total municipal del sector pecuario, proceso digestión anaerobia. [27].....	76
Figura 34. Potencial de energía eléctrica en bosques plantados. [27]	78
Figura 35. Potencial de energía de Weinmannia Tomentosa. [27]	79
Figura 36. Potencial de energía bosques naturales. [27].....	80
Figura 37. Proyectos de generación eléctrica en el país a 2019. [60]	82
Figura 38. Proyectos de generación panorama nacional de la Biomasa. [60]	83
Figura 39. Proyectos de generación de biomasa Región RAP-E. [60]	83
Figura 40. Número de proyectos según su vigencia. [60].....	84
Figura 41. Número de proyectos por estado según su vigencia. [60].....	84
Figura 42. Número de proyectos de biomasa vigentes según el recurso usado en la Región RAP-E. OTRO: Clasificación que se le da al recurso por parte de la UPME al momento de registrar el proyecto y que éste no se encuentre en la clasificación de los recursos estimados como son biogás, bagazo, cultivo energético; es importante mencionar que la clasificación del recurso se le da al momento de entrar a solicitudes de conexión. [60].....	86
Figura 43. Capacidad potencia medida en MW, para la Región RAP-E. MW: Mega Vatio OTRO: Clasificación que se le da al recurso por parte de la UPME al momento de registrar el proyecto y que éste no se encuentre en la clasificación de los recursos estimados como son biogás, bagazo, cultivo energético. Es importante mencionar que la clasificación del recurso se le da al momento de entrar a solicitudes de conexión. [60]....	87
Figura 44. Capacidad potencia medida en MW, Panorama Nacional Vs RAP-E. [60]	88
Figura 45. Solicitud de conexión por tecnología implementada. ND: Corresponde a los proyectos de cogeneración y autogeneración. [61]	89
Figura 46. Fecha de puesta en operación de cada proyecto de biomasa según el departamento. [61]	90
Figura 47. Promotor encargado según el remitente en cada departamento Vs Capacidad [MW]. [61].....	91
Figura 48. Punto de conexión según el departamento Vs Nivel de tensión manejado en cada punto. [61].....	91
Figura 49. Potencial Biomasa - Potencial Energético Total [TJ]. [21] [25]	116
Figura 50. Potencial Biomasa - Palma Año. [TJ]. [21] [25]	117
Figura 51. Potencial Biomasa - Arroz Año [TJ]. [21] [25]	118
Figura 52. Potencial Biomasa - Banano Año [TJ]. [21] [25].....	119
Figura 53. Potencial Biomasa - Café Año [TJ]. [21] [25]	120
Figura 54. Potencial Biomasa - Caña Panela Año [TJ] [21] [25].....	121
Figura 55. Potencial Biomasa - Maíz Año. [TJ] [21] [25].....	122
Figura 56. Potencial Biomasa - Plátano Año. [21] [25].....	123
Figura 57. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) Plazas. [21] [25].....	124

Figura 58. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) - Poda. [21] [25]	125
--	-----

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Balance energético colombiano 2010 - 2018 (GWh). [19]	24
Tabla 2. Potenciales energéticos de residuos agrícolas. TJ/año: Tera Joule por año Otros*: Se incluyen cultivos de Palma, Maíz, Arroz, Banano y plátano con los residuos agrícolas Cuesco, Fibra, Raquis, Rastrojo, tusa, capacho, tamo, cascarilla, Raquis, Vástago, Rechazo (tanto para el plátano como para el banano) respectivamente con los cultivos de cada residuo agrícola. [17].....	28
Tabla 3. Potenciales energéticos de residuos pecuarios. [17].....	28
Tabla 4. Potenciales energéticos de otros residuos. [17]	28
Tabla 5 Potenciales energéticos de fuentes de metano. [17]	29
Tabla 6. Sectores y Biomosas residuales estudiadas. t/año: Toneladas por año Otros*: Arroz, Banano, Café pulpa, Café mucilago, Café Borra, Maíz y Caña Panelera en la sección Agrícola. Otros**: Matadero y Lácteo en la sección industrial. [24].....	30
Tabla 7. Sector Agrícola; Otros*: Cauca y Caldas; Otros**: Vichada y Valle del Cauca; Otros***: Casanare, Santander y Cesar. Otros****: Arauca, Valle del Cauca, Córdoba, Quindío y Choco. Otros*****: Antioquia y Nariño. RAP-E: Boyacá y Cundinamarca. [24]..	31
Tabla 8. Sector Urbano lodos de PTAR. m ³ /s: Metros cúbicos por segundo [24].....	52
Tabla 9. Vertimiento de las PTAR en Colombia (l/s x 1000 habitantes). l/s: Litros por Segundo. [24].....	52
Tabla 10. PTAR de San Fernando. m ³ /mes: Metros Cúbicos por mes; m ³ /año: Metros cúbicos por año. GJ/año: Giga Joule por año. [40].....	53
Tabla 11. PTAR CAÑAVERALEJO en Cali y SALITRE en Bogotá D.C. CO ₂ : Dióxido de Carbono, GN: Gas natural, kg/GJ: kilogramos por Giga Joule. [24]	53
Tabla 12.Principales PTAR sus vertimientos, generación de biogás y equivalente energético (GJ/año). [24].....	54
Tabla 13. RSU diarios depositados en los principales rellenos del país (t/d). t/día: Toneladas por día. [24].....	54
Tabla 14. Potencial energético técnico del biogás de los RSU (TJ/año).[24].....	55
Tabla 15. Oferta energética de Biogás de RSU Departamental por habitante y km ² hab: Habitante, km ² : kilómetro Cuadrado, GJ / hab: Giga Joule por habitante, GJ / km ² : Giga Joule por kilómetro cuadrado [24].....	56
Tabla 16. Producción láctea en Colombia. [24].....	59
Tabla 17. Factores de generación de residuos y contenido de CH ₄ en industria láctea. GTZ: Agencia Alemana de Cooperación Técnica - Manual del Biogás, ST: Sólidos Totales, SV: Sólidos Volátiles, CH ₄ : Metano. [24]	59
Tabla 18. Producción de CH ₄ en los residuos lácteos de los departamentos de Colombia; PTE: Plantas de tratamiento de Efluentes.[24].....	60
Tabla 19. Potencial energético del biogás de los diferentes residuos lácteos. [24]	60
Tabla 20. Producción cervecera en Colombia (Mhl/año). [24]	60
Tabla 21. Consumo de cebada por la industria cervecera en el país. [24]	61
Tabla 22. Factores de generación de residuos cerveceros y su equivalente energético. [24].....	61
Tabla 23. Potencial energético bruto del biogás de cervecería (TJ/año). [24]	62

Tabla 24. Oferta energética de Biogás de Cervecería por habitante y km ² . [24]	62
Tabla 25. Potencial de reducción de emisiones de CO ₂ por Biogás de Cervecería. Kg/GJ: kilogramo por Giga joule; T CO ₂ /año: Toneladas de Dióxido de carbono por año [24]	62
Tabla 26. Localización y producción de las destilerías en el país. [24]	63
Tabla 27. Producción departamental de las destilerías nacionales. [24]	63
Tabla 28. Balance de una destilería que procesa 5000 t/d de caña. L/d: Litros por día. MJ/m ³ : Mega Joule por metro cúbico. [24]	64
Tabla 29. Potencial energético bruto del biogás de cerveza (TJ/año). [24]	64
Tabla 30. Potencial de reducción de emisiones de CO ₂ por Biogás de Cervecería. [24]...	64
Tabla 31. Producción de rumen en las plantas de beneficio animal. kg/animal: kilogramo por animal [24]	65
Tabla 32. Plantas de beneficio animal tasa de generación de Biogás y PCI m ³ /T: Metros cúbicos por tonelada. [24]	65
Tabla 33. Animales sacrificados mensualmente en Colombia en las Plantas. [24].....	65
Tabla 34. Potencial energético bruto del biogás de Rumen de plantas de beneficio. [24].	65
Tabla 35. Potencial de reducción d emisiones de CO ₂ por Biogás de Plantas de beneficio. [24]	66
Tabla 36. Plantas de beneficio con producción de rumen superior a 100 t/d. m ³ /d: Metros cúbicos por día. [24].....	66
Tabla 37. Potencial de reducción de emisiones de CO ₂ por Biogás de Plantas de Beneficio. [24]	67
Tabla 38. Departamentos de Mayor oferta de Biomasa residual por sector.....	67
Tabla 39. Potencial energético total del sector pecuario en Cundinamarca. GWh/año: Giga vatio hora por año [27].....	73
Tabla 40. Comportamiento del sector pecuario y su biomasa residual en los años 2010 y 2015. [27].....	73
Tabla 41. Potencial Energético de la biomasa forestal para el departamento de Cundinamarca. [27].....	81
Tabla 42. Cantidad de recursos de empresas de generación de los proyectos pertenecientes a la Región RAP-E. [60]	85
Tabla 43. Recursos de empresas de generación de los proyectos pertenecientes al Panorama nacional. [60]	85
Tabla 44. Entidades y actores relacionados en el documento.....	106
Tabla 45. Clasificación de referencias.	112



ABREVIATURAS Y GLOSARIOS.

Augura: Gremio bananero Colombiano.

CENICAÑA: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar.

COAS: Combustibles de origen Agrícola.

Cogenerador: El cogenerador es aquella persona natural o jurídica que tiene un proceso de producción combinada de energía eléctrica y energía térmica como parte integrante de su actividad productiva y además cumple con requisitos técnicos como el de un mínimo REE, entre otros.

CH₄: Metano.

CO₂: Dióxido De carbono.

CxC: Cargo por confiabilidad.

ENFICC: Energía firme para el cargo por confiabilidad.

FEDEPALMA: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.

FEDEPANELA: Federación de productores de panela.

FNCER: Fuentes no convencionales de energía renovable.

GJ/año: Giga Joule por año.

GJ/hab: Giga joule por habitante.

GJ/Km²: Giga joule por kilómetro cuadrado.

GN: Gas natural.

GTZ: Agencia Alemana de cooperación técnica – Maul del biogás.

GWh: Giga Vatio hora.

ICA: Instituto Colombiano Agropecuario.

Kg/GJ: Kilogramos por giga joule.

Kg/GJ: Kilogramos por gas natural.

L/d: Litros por día.

L/s: Litros sobre segundo.

m³/s: Metros cúbicos por segundo.

m³/m: Metros cúbicos por mes.

m³/año: Metros cúbicos por año.

MJ/m³: Mega Joule por año.

MW: Mega Vattios.

NAMA: Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada.

PCI: Poder calorífico inferior.

PJ: Peta joule.

PTAR: Plantas de tratamiento de Aguas residuales.

RAC: Residuo Agrícola de Cultivo.

REE: Rendimiento Eléctrico Equivalente.

RSU: Residuos Solidos Urbanos.

SERI: Instituto Europeo de investigación Sostenible.

ST: Solidos Totales.

SV: Solidos Volátiles.

t/año: Tonelada por año.

TJ: Tera Joule por año.

t/día: Tonelada por día.

INTRODUCCIÓN

La biomasa es cualquier material proveniente de organismos vivos tales como vegetación, bosques, selvas, cultivos acuáticos, bosques naturales, residuos agrícolas, desechos animales y desechos urbanos e industriales de tipo orgánico que puede utilizarse para producir energía. [1]

En todo el mundo la biomasa ocupa el cuarto lugar como recurso energético, proporcionando aproximadamente el 14% de la energía mundial. [2], cifra que ha ido variando con el pasar del tiempo, en países en desarrollo como Bangladesh, puede ser tan alto como el 35% del suministro de energía primaria [3].

Las amplias necesidades de reducir el continuo calentamiento global que se está presentando en el mundo a causa del uso excesivo de combustibles fósiles, han llevado a que las distintas naciones se centren en buscar nuevas formas de producción de energía con la intención de frenar el calentamiento global. América latina, por su ubicación geográfica y las distintas alturas que se encuentran en las distintas regiones permiten que exista una variedad de recursos con los cuales se puede generar energía por medio de la biomasa, ya sea para satisfacer la demanda en ZNI, aparte de frenar el calentamiento global. Con base a ésta precedente que se tiene y teniendo en cuenta el propósito de la Ley 1715 de 2014 la cual es mantener una baja huella de carbono y desarrollar una industria energética ambiental, social y económicamente sostenible en el largo plazo, conllevando a que el planeamiento energético del país requiera necesariamente Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER) [4].

Con lo cual se estudia la energía de la Biomasa, encontrando que a pesar una tecnología que se podría denominar reciente, cuenta con un amplio potencial en el país, encontrando que puede ser obtenida por medio de distintos sectores [4].

Teniendo en cuenta esta información, se puede destacar la producción de ciertos residuos en las distintas regiones del país y a su vez se puede caracterizar el potencial con el que cuenta cada región de forma clara y precisa, guiado por visores y las distintas fuentes tratadas en el documento, con el fin obtener la información más relevante en la Región Central, dejando claridad que influyen de forma amplia las tecnologías que se implementan como son termoquímica o anaeróbica, junto con el tipo de recurso para obtener un potencial adecuado.

Finalmente se presenta información actual donde se muestra el número de proyectos de generación eléctrica con los que se cuenta en cada región en el país según estudios de la UPME, su aprobación, la fase en la que se encuentran y las solicitudes de conexión según la capacidad de generación en cada departamento según el promotor. [5]

Con este informe se realiza una investigación descriptiva donde se identifican indagaciones y documentos relacionados con la producción y caracterización de la biomasa residual, con el fin de identificar las principales alternativas de uso, disposición y aprovechamiento de los mismos, sirviendo este material como apoyo para la determinación del potencial, la viabilidad técnica y económica de proyectos encaminados al desarrollo de técnicas y tecnologías apropiadas.

METODOLOGÍA DE INVESTIACIÓN

El proceso que se llevó a cabo para realizar la investigación con la cual se da soporte al documento, se basó en recolectar información que permitiera describir el desarrollo del potencial de la Biomasa para producción de energía, teniendo en cuenta información internacional, de nivel global, continental y nacional, resaltando la influencia de los países que tienen relevancia en el sector energético y que poseen una importante estructura en su planeación energética, encontrando información respectiva en fuentes como son: Agencia internacional de Energía (IEA.), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Science direct (Base de datos), Renewable Energy Policy Network (Ren21), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Ministerio de Minas y Energía (MinMinas), Sistema Geológico Colombiano (SGC), entre otros. Con esta información se seleccionaron las regulaciones bajo las cuales se ampara esta tecnología y el estado actual de la biomasa, con la intención de presentar información del país y de forma más específica el estado de la Región Central RAP-E sobre el potencial de la Biomasa.

Recolección de información.

En el proceso de recolección de información se seleccionan las distintas fuentes mencionadas anteriormente, relacionadas con desarrollo de proyectos, investigaciones, resúmenes y regulaciones relacionados con el potencial de la biomasa, con base a estos documentos encontrados, se procedió a seleccionar la información más actualizada de la biomasa, para brindar un panorama sobre el potencial de la biomasa a la región central RAP-E.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Presentar información concreta de lo que se encuentra en el sector energético de la biomasa para la Región Central específicamente, basado en lo que se ha desarrollado a nivel mundial. Tomando la información suministrada acerca del potencial de la biomasa de fuentes como son la UPME con los distintos Sistemas de Información Minero Energético Colombiano, Los Visores con los que cuenta la UPME, el Atlas de la Biomasa y XM,

OBJETIVO ESPECIFICO

Explicar los recursos con los que cuenta la Región Central principalmente y según el recurso presentar la información pertinente con el fin de generar energía y suplir la demanda en zonas no interconectadas.

Mostrar información clara y concreta acerca de los proyectos de energía correspondientes al recurso de la Biomasa, ubicación, proyectos que se están desarrollando, según la vigencia, fase en la que se encuentran, fecha en que entrarán en operación y el nivel de tensión que manejan.

1. PANORAMA MUNDIAL

1.1. Energía de la Biomasa en el mundo

La biomasa es aún hoy en día, como lo ha sido a lo largo de la historia de la humanidad, la fuente tradicional de energía renovable de mayor participación en la canasta energética mundial, siendo protagonista especialmente en países subdesarrollados y en vía de desarrollo a través del caso de la leña como energético comúnmente utilizado por poblaciones rurales y de escasos recursos para labores como la cocción de alimentos y la iluminación. Es así como el uso tradicional de la biomasa participa hoy con un 9% del consumo mundial de energía final, mientras que todas las otras fuentes de energía renovable (incluyendo allí los usos modernos de la bioenergía y los biocombustibles) suman entre todas un 10% [6]

1.2. Producción de la electricidad

En lo que a la producción de electricidad se refiere, de un total de 21.431 TWh de electricidad producidos en el año 2010 a nivel mundial [7], la biomasa participaba con la producción de 331 TWh, es decir con aproximadamente un 1,5% de ese total [8]. Entre tanto, para 2013 se tiene información que indica que tal generación ascendió a los 405 TWh [6], habiendo crecido en un 22% en tan solo tres años.

Mientras que Estados Unidos es el país líder en generación de electricidad a partir de biomasa con una producción de 59,9 TWh [9] en 2013, cifra que representa tan solo el 1,5% de su producción (igual al promedio mundial), el segundo país en producir mayor número de GWh al año a partir de biomasa en el mundo es Alemania, con 47,9 TWh en 2013, cifra que representó un 8,0% de su consumo final de electricidad para tal año.

Entre tanto, Brasil está muy a la par con Alemania en lo que a la participación interna del recurso se refiere, con una porción del 8,1% [6] de su electricidad producida a partir de biomasa, mientras que en Finlandia dicha participación asciende al 12% [6]

1.3. Producción de calor, cogeneración y usos en transporte

Teniendo en cuenta que los usos de la biomasa con fines de generación eléctrica generalmente están asociados con usos para la generación de calor útil a través de esquemas de cogeneración, en muchos casos también es utilizada para fines exclusivamente térmicos, y en otros para producir energéticos para el sector transporte (biocombustibles). Con esto, al considerar tanto los usos tradicionales como los usos modernos de la biomasa como energético, su participación en la canasta energética mundial asciende al orden de poco más del 10% (ver Figura 1), teniendo en cuenta que en países como Finlandia, Suecia y Estonia esta fuente supera el 25% [6] de participación en tales usos finales de la energía (Ver Figura 2). También es de resaltar el caso de Brasil, en donde las cifras disponibles sugieren que la biomasa ocupa un lugar preponderante en la canasta energética del sector industrial [10] con cifras del orden de 40% para la industria metalúrgica, 35% para la industria cementera y 75% para la industria de alimentos, a la vez que este recurso representa el 23% de la canasta energética del transporte carretero a través de la producción de biocombustibles [11].

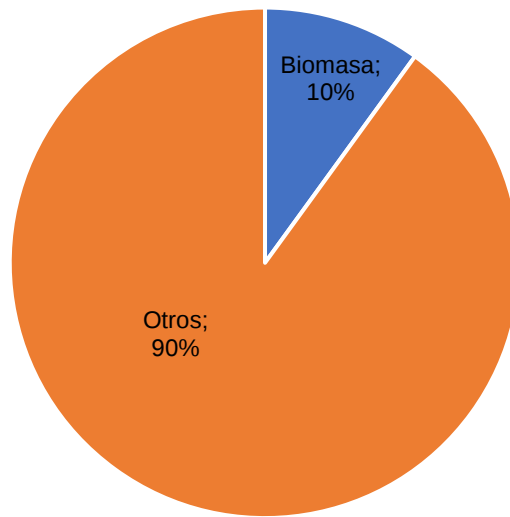


Figura 1. Participación de las distintas fuentes de energía en la canasta energética mundial. [6]

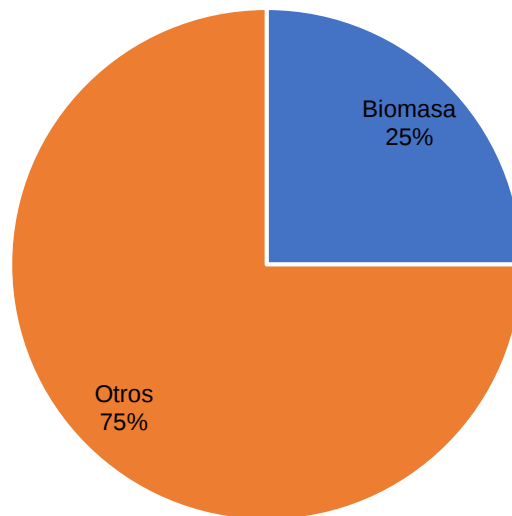


Figura 2. Usos finales de energía en Finlandia, Suecia y Estonia, [11]

1.4. Biomasa en Latinoamérica

En América Latina, se estima que el 7% de la población (31 millones de personas) no tiene acceso a la energía eléctrica, y casi el 19% (85 millones) depende de la biomasa tradicional para calentarse y cocinar. Según estudios preliminares en el documento Bioenergía fuentes, conversión y sustentabilidad.

A diferencia de otras partes en el mundo, América Latina cuenta con mejores condiciones para lograr el acceso a la energía, especialmente a la energía eléctrica.

La única solución viable para satisfacer la demanda de energía eléctrica en zonas no interconectadas por motivo del difícil acceso, es la generación de energía con fuentes renovables, con lo que la Región de América Latina y el Caribe cuenta con suficiente potencial de fuentes de energía renovables sostenible que podrá permitir cumplir con los objetivos establecidos por las Naciones Unidas en la iniciativa Sustainable Energy for All (SE4ALL). Iniciativa la cual busca alcanzar en el 2030 un acceso universal a los servicios de energía moderna, duplicar la participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética global, y duplicar la implementación de proyectos de eficiencia energética. Con lo que se plantea que el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y la máxima reducción de los desechos se ejecuten un modelo de desarrollo sostenible vinculado a políticas ambientales y de equidad económica y social.

En comparación con el valor medio mundial, América Latina y el Caribe cuentan con un índice de utilización de energía renovable del 25%, y el potencial suficiente para incrementarlo de manera significativa. Sin embargo, es un tipo de tecnología que aun presenta altos costos, por tal motivo su evolución ha sido lenta en comparación con los países desarrollados.

Según estudios realizados por la red iberoamericana de aprovechamiento de residuos orgánicos en producción de energía de América Latina y el Caribe (Bioenergíalac), se encuentra que la producción de potencial energético para cada país es la más alta según recurso agrícola, entre ellas, se puede mencionar a Brasil con un 74,62% para el café, en cuanto al maíz y el arroz Estados Unidos cuenta con 52,85% y 92,018% respectivamente, para países como Bolivia el 43,54% que corresponde al producto agrícola del banano y finalmente en Colombia la producción de potencial energético corresponde al plátano con 58,43%. En cuanto a la producción de producto agrícola el potencial más alto con el que se cuenta, se encuentra en Bolivia con la caña de azúcar con el 90,412%, Ecuador con el 55,230% y Colombia con la caña Panelera es el único país de América que realiza producción con este recurso. [12]

2. PANORAMA A NIVEL NACIONAL

Colombia, situado en el norte de Suramérica, con una población estimada de 48.258.494 [13] de habitantes y Colombia tiene una superficie total de $2.070.408 \text{ km}^2$, repartidos en un área continental de $1.141.748 \text{ km}^2$ y un área marítima de 928.660 km^2 [14]. El clima colombiano, por ser un país tropical, va del frío extremo en los nevados, por encima de los tres mil metros de altura sobre el nivel del mar, hasta los más cálidos a alturas inferiores de 300 metros. La temperatura es relativamente uniforme la mayor parte del año, siendo determinada por diferentes factores como precipitaciones, intensidad de radiación solar, sistemas de vientos, altitud, continentalidad y humedad atmosférica, que desarrollan un mosaico de climas y microclimas [15].

Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables. Actualmente, la explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos. (Ver Figura 3).

Sin embargo, a raíz de las ventajas que traería la diversificación de la canasta energética, fundamentada en la disponibilidad de recursos, la progresiva reducción en los costos de inversión asociados a su aprovechamiento, y la evolución en términos de rendimiento y sofisticación de tecnologías como son las relacionadas con la energía eólica y la solar, estas alternativas, junto con la cogeneración moderna de calor y electricidad a partir de biomasa y la generación geotérmica (que aportan en ambos casos firmeza y mayor diversificación en la canasta no solo eléctrica sino energética) comienzan a cobrar sentido para ser incorporadas en la matriz energética nacional, sin mencionar, por otro lado, la posibilidad de incrementar el uso de derivados energéticos de la biomasa en el sector transporte. [1]

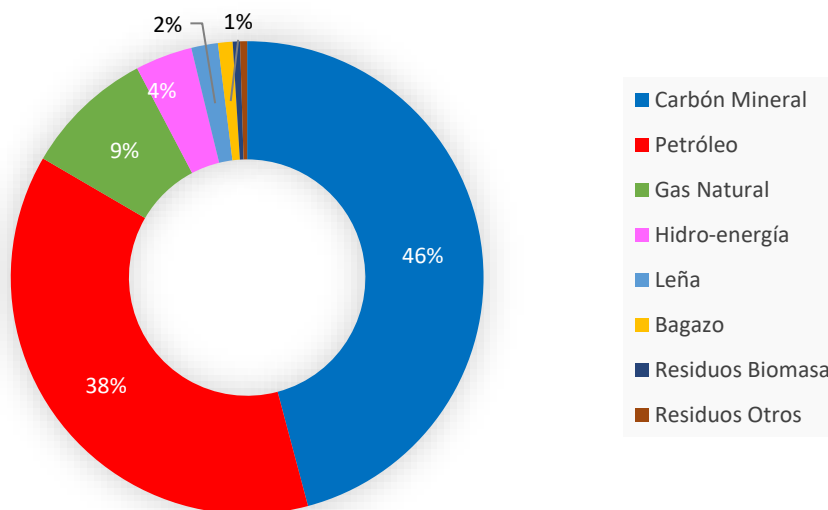


Figura 3. Explotación y producción nacional de recursos energéticos primarios, año 2012. Total producción 5,290 PJ. Residuos otros: Residuos de poda, centros de acopio y plazas de mercado. [4]

De esta explotación primaria, el país exporta aproximadamente un 69%, principalmente en forma de carbón mineral (aprox. el 94% del producido, representando el 62% de las exportaciones energéticas) y petróleo (aprox. el 66% del producido, representando el 36% de las exportaciones energéticas), y utiliza un 31% del cual, cerca del 78% corresponde a recursos fósiles y el 22% a recursos renovables (Ver Figura 4). El país depende entonces en cerca de un 78% de combustibles fósiles que hoy en día está en capacidad de autoabastecer, y cuyos niveles de producción al 2013 indican reservas suficientes para cerca de 170 años en el caso de carbón, del orden de 7 años para el petróleo y 15 años para el gas natural [4]. En el caso de este último, es necesario tener en cuenta que conforme las tasas de producción decrecen y la demanda aumenta, se prevé la necesidad de realizar importaciones a partir del año 2017 o 2018.

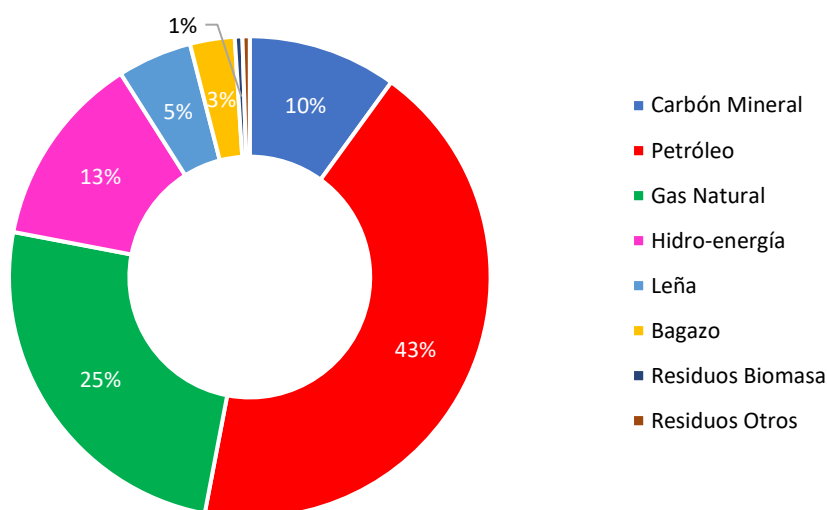
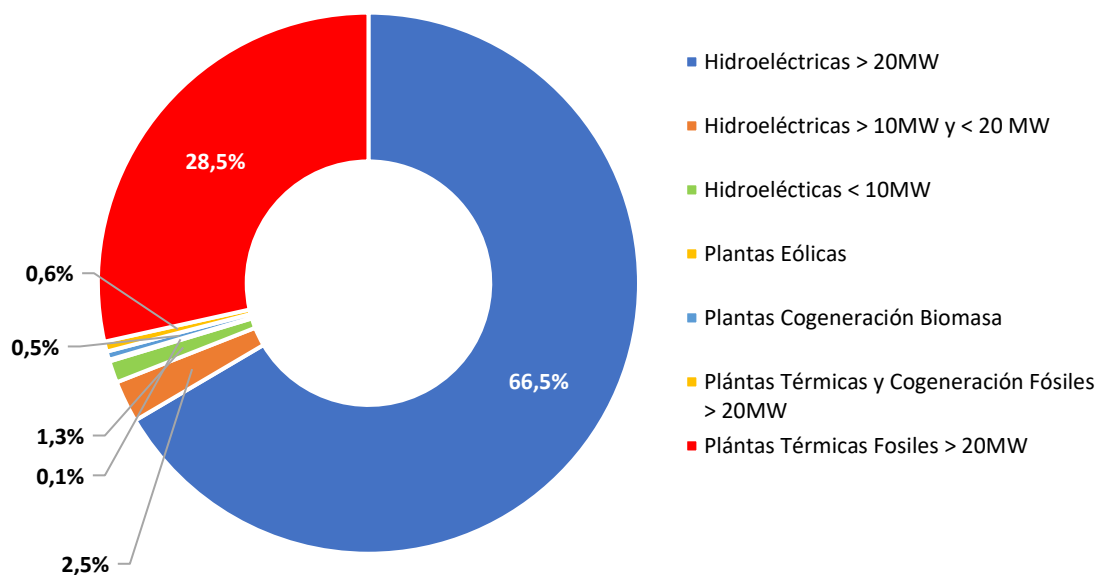


Figura 4. Demanda interna de recursos energéticos primarios año 2012, Total producción: 1.580 PJ. [4]

Gracias a las ventajas que tiene la diversificación de la canasta energética debida a la disponibilidad de recursos junto con la reducción en los costos de inversión, y la evolución gracias al rendimiento y sofisticación de tecnologías relacionadas con la energía eólica y solar, junto con la cogeneración moderna de calor y electricidad a partir de biomasa y la generación geotérmica (que aportan firmeza y mayor diversificación en la canasta energética) dando sentido para ser incorporadas en la matriz energética nacional donde empiezan a tomar peso dichas fuentes de energía, como se puede ver Figura 5, junto con el incremento de derivados energéticos de la biomasa en el sector transporte, como se puede, donde se indica la capacidad instalada según el recurso, claramente se ve que las plantas de cogeneración están en desarrollo, sin embargo cuentan con una participación.



*Figura 5. Capacidad de generación eléctrica del SIN a diciembre de 2014.
Total capacidad instalada: 15.645 MW. [4]*

Las tecnologías asociadas a recursos renovables como la energía geotérmica o la biomasa presentan costos relativamente estables al estar asociados principalmente con tecnologías maduras igualmente utilizadas en el caso de plantas térmicas operadas con combustibles convencionales. Sin embargo, en la medida en que estas tecnologías avanzan, los costos, si bien pueden ser aún altos en el caso de tecnologías relativamente novedosas asociadas a la biomasa como la gasificación o la pirólisis, en el largo plazo tienden hacia su reducción. [4]

2.1. Potenciales energéticos

Las tecnologías que hoy en día permiten obtener energía final en forma de electricidad, calor y combustibles a partir de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER son variadas, pero pocas de esas son las que en los últimos 15 a 40 años han evolucionado y madurado para convertirse en las más difundidas, desarrolladas y conocidas a nivel mundial. [4]

Colombia, en los últimos 30 años ha logrado acopiar cierta experiencia en lo que a las tecnologías solar fotovoltaica y solar térmica se refiere, junto con el aprovechamiento energético de biomasa particulares como el bagazo de caña para efectos de cogeneración, el biogás para la autogeneración al igual que para las fuentes de energía térmicas. [4] - [16]

Ahora bien, los recursos disponibles a nivel nacional, como son una irradiación solar promedio de 194 W/m² para el territorio nacional, vientos localizados de velocidades medias en el orden de 9 m/s (a 80 m de altura para el caso particular del departamento de La Guajira, y potenciales energéticos del orden de 450.000 TJ por año en residuos de biomasa, representan potenciales atractivos comparados con los de países ubicados en otras latitudes del planeta. Esto, combinado con la existencia de tecnologías probadas para el

aprovechamiento de estos recursos, tendencias de costos descendentes, una amplia dependencia del recurso hídrico en términos de generación eléctrica asociada a los riesgos del cambio climático, y tarifas al usuario final en el rango de 11 a 18 US cent/ kWh, hacen que en Colombia cobre sentido el considerar la utilización de estas fuentes no explotadas. Ello, sumado a expectativas de incremento en el costo de combustibles fósiles como el gas natural y el propósito de la Ley 1715 de 2014 por mantener una baja huella de carbono y desarrollar una industria energética ambiental, social y económicamente sostenible en el largo plazo, hacen que el planeamiento energético del país requiera necesariamente considerar la utilización, despliegue y desarrollo de tecnologías con FNCER. [4].

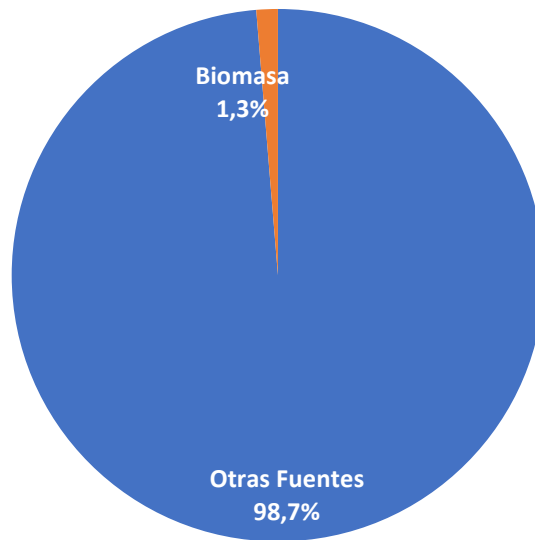
2.2. Oportunidades de las FNCER

Los análisis y el trabajo técnico desarrollado en el marco de las energías renovables se centran en cinco nichos de oportunidad en materia de FNCER para Colombia, los cuales han sido identificados como áreas de potencial que el país puede desarrollar si así se lo propone:

- El desarrollo de proyectos eólicos en zonas de alto potencial, empezando por el departamento de La Guajira.
- El desarrollo masivo de sistemas distribuidos de autogeneración solar Fotovoltaica - FV a pequeña y mediana escala-.
- El desarrollo de proyectos de cogeneración a partir del aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos.
- El desarrollo de proyectos geotérmicos en zonas de alto potencial como el área del macizo volcánico del Ruiz.
- El despliegue de proyectos con FNCER, especialmente a través de esquemas híbridos de generación, como solución energética en Zonas No Interconectadas - ZNI.

En Colombia, de aproximadamente 62.200 GWh de electricidad producidos en el SIN en 2013, corresponden a 804 GWh que equivalen al 1,3% de tal generación, hacen parte del uso de biomasa (bagazo de la caña de azúcar), ver Figura 7.

Entre tanto, el uso de la biomasa para la producción de calor en la industria, especialmente representado por el uso de bagazo, algo de leña, carbón vegetal y otros residuos (como los de la palma de aceite y el arroz, utilizados generalmente para producción exclusiva de calor), representa aproximadamente un 11% del total de energía final utilizada por tal sector de consumo. [4]



*Figura 7. Producción de electricidad en el SIN [GWh].
GWh: Gigavatios – hora [4]*

Por otra parte, la participación de los biocombustibles en la canasta energética nacional contribuye según cifras de 2012 con aproximadamente un 4,8% del consumo final de energía en el sector transporte (Ver Figura 8) y a 2013 con un 7,04% en el caso del transporte carretero, como se puede ver en la Figura 9 (excluyendo el transporte aéreo, fluvial, marítimo y ferroviario). [4]

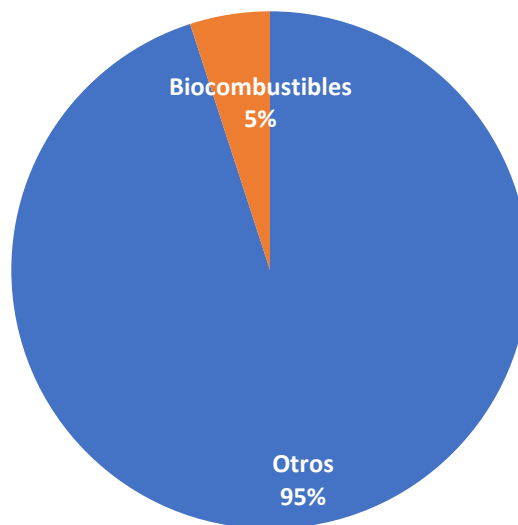


Figura 8. Canasta energética nacional - Balance energético al 2012. [4]

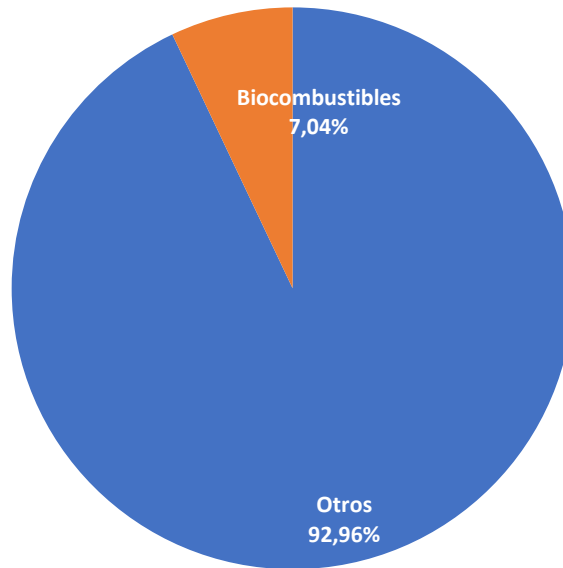


Figura 9. Consumo final de energía en el sector de transporte carretero en el 2013.
Balance energético. [4]

2.3. Comparativo Balance Energético Colombiano

En la Tabla 1 se hará un comparativo del Balance energético colombiano entre el año 2010 y 2018 en las unidades (Gigavatios-hora/año), con los energéticos primarios como son Bagazo (Bz) y Leña (Le), los cuales corresponden a los residuos implementados para la generación de Biomasa.

Balance energético colombiano 2010 Gigavatios-hora/año	Energéticos primarios		Balance energético colombiano 2018 Gigavatios-hora/año	Energéticos primarios	
	Bz	Le		Bz	Le
	GWh	GWh		GWh	GWh
Oferta interna bruta	23091,05	43186,76	Oferta interna bruta	27405,57	29562,64
Extracción primaria o Producto de transformación	23091,05	43186,76	Extracción primaria o Producto de transformación	27405,57	29562,64
CT Auto & Cogeneración	-2661,74	0	CT Auto & Cogeneración	-4085,15	0
CT Carboneras	0	-536,59	CT Carboneras	0	-529,47
Insumos para transformación	-2661,74	-536,59	Insumos para transformación	-4085,15	-529,47
Oferta interna para consumo final	20429,31	42650,17	Oferta interna para consumo final	23320,43	29033,18

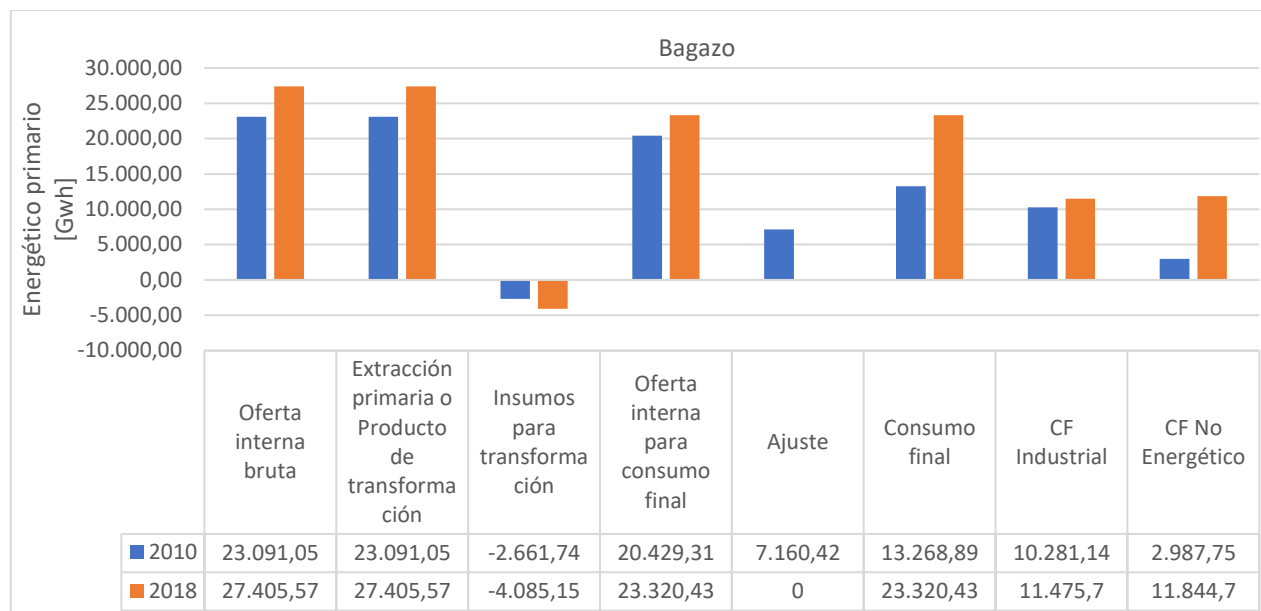
Balance energético colombiano 2010 Gigavatios-hora/año	Energéticos primarios		Balance energético colombiano 2018 Gigavatios-hora/año	Energéticos primarios	
	Bz	Le		Bz	Le
	GWh	GWh		GWh	GWh
Oferta interna bruta	23091,05	43186,76	Oferta interna bruta	27405,57	29562,64
Ajuste (%)	35,0%	0,0%	Ajuste (%)	0,0%	0,0%
Ajuste	7160,42	-0,07	Ajuste	0	0
Consumo final	13268,89	42650,23	Consumo final	23320,43	29033,18
CF Residencial	0	37938,44	CF residencial	0	28901,80 03
Urbano	0	4661,02	Urbano	0	2554,65
Rural	0	33277,43	Rural	0	26347,15
CF Industrial	10281,14	126,71	CF Industrial	11475,74	131,38
10 productos alimenticios	10259,81	4,56	10 productos alimenticios	11475,74	12,62
16 maderas.	0	10,56	16 maderas	0	12,81
19 coquización y Refinerías	0	0	19 coquización y Refinerías	0	2,72
20 sustancias y productos químicos	0	0	20 sustancias y productos químicos	0	43,14
23 productos minerales no metálicos	0	111,29	23 productos minerales no metálicos	0	59,68
CF Agropecuario	0	4585,09	CF Agropecuario	0	0
CF No Energético	2987,75	0	CF No Energético	11844,69	0

Tabla 1. Balance energético colombiano 2010 - 2018 (GWh). [17]

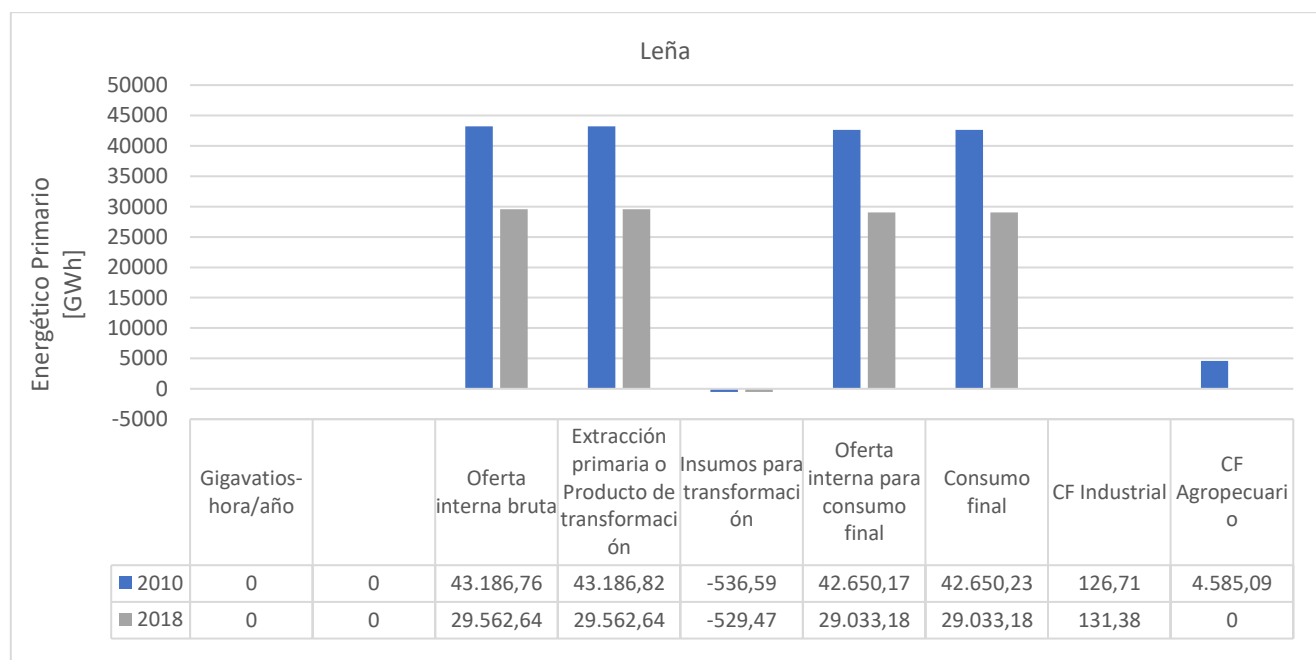
Según la Tabla 1 el Consumo Final para el Bagazo se encuentra que existe un aumento de 10.051,532 GWh, como ocurre con el CF Industrial, donde existe un aumento de 1.194,591 GWh; en cuanto a los Centros de transformación de Autogeneración y cogeneración cuentan con los mismos valores que los insumos para transformación (Figura 10).

En cuanto a la leña, se puede afirmar del consumo final que se ha migrado del uso de la leña al bagazo, puesto que es el valor que ha disminuido un 13617,0573 en comparación

con el Balance Energético del año 2010, el único valor en donde se ha visto un aumento considerable es en el Consumo Final Industrial donde se puede encontrar que para el 2018 aumento 4,671GWh, como se puede ver en la Figura 11.



*Figura 10. Energético primario, Bagazo 2010 -2018.
CF: Consumo Final. [19]*



2.4. Barreras de la biomasa en la canasta energética nacional

La primera está basada en un análisis de las barreras que en Colombia impiden o han impedido hasta el momento un despliegue representativo de las FNCER dentro de la canasta energética nacional. Como punto de partida para dicho análisis se levantó un inventario de las barreras identificadas por estudios locales, literatura internacional en la materia y, especialmente, a partir de insumos recibidos de parte de agentes del sector energético a través de mesas de discusión llevadas a cabo en el mes de noviembre de 2013. Posteriormente, una vez identificadas y caracterizadas, dichas barreras fueron además priorizadas para definir mecanismos e instrumentos que permitirían removerlas, y de esta forma obtener un impacto positivo sobre el desarrollo de estos nichos de oportunidad en materia de FNCER. [4]

2.4.1. Barreras típicas

A finales del siglo XX, distintos países enfrentaron reformas profundas en los sectores eléctricos motivados por razones como son económicas, ambientales, energéticas y de seguridad. Reformas que establecieron un nuevo modelo operativo para el sector, en el cual las energías renovables han tomado mayor peso según los esquemas y normas establecidos en cada país.

El uso de las FNCER en los diferentes mercados se produjo como una serie de políticas que buscan eliminar barreras que desde el punto de partida del sector energético tradicional enfrentan estas fuentes al someterse a las condiciones preestablecidas con base en las características de las fuentes convencionales de generación. Entre estas barreras, que pueden ser principalmente económicas, regulatorias e institucionales suelen considerarse [4]:

- Incentivos erróneos, subsidios a fuentes convencionales.
- Barreras de mercado, reglas ajustadas a fuentes convencionales.
- Externalidades que no son valoradas e internalizadas.
- Falta de información en torno a recursos renovables.

Entre otras.

2.4.2. Barreras para proyectos de cogeneración con biomasa

En el caso de proyectos de cogeneración por parte de la biomasa, especialmente en la industria, al año 2014 se produce el mayor desarrollo presente en el país en términos de madurez, de implementación y participación en aportes a la canasta energética nacional. Sin embargo, tal desarrollo se ha limitado al sector azucarero debido a que se reúnen las mejores condiciones para apalancar el eficiente aprovechamiento energético de los residuos generados de su proceso productivo, siendo posible trabajar en el frente de otros subsectores agroindustriales con potenciales igualmente importantes. Entre tanto, las barreras de este tipo de proyectos son representadas por el desconocimiento entre la industria de las tecnologías, requisitos y procedimientos para la producción y comercialización de energía eléctrica, los costos de inversión asociados con el desarrollo de este tipo de proyectos, aspectos regulatorios como el mínimo REE exigido para acceder a la figura de cogenerador y otras identificadas a través de este proyecto.

2.4.2.1. Primera barrera prioritaria, requisitos técnicos

La existencia de un requisito técnico de mínima eficiencia eléctrica como el REE para acceder a la figura de cogenerador impide que algunos sistemas de cogeneración, como en los que es posible aprovechar procesos de conversión energética para producir tanto electricidad como calor útil, sean desarrollados en los casos de biomasa diferentes a la caña de azúcar. Esta barrera merece un rol prioritario que se traduce en una recomendación clara a la autoridad regulatoria en términos de eliminar el REE como requisito para acceder a la figura de cogenerador.

2.4.2.2. Segunda barrera prioritaria, figura cogenerador

La regulación vigente a 2014 exige que el proceso de cogeneración sea de quien realiza tal actividad productiva, evitando la participación en esta actividad tanto de terceros como lo son posibles compañías o agentes no industriales que no cuentan con procesos productivos, sí pudiesen hacer uso tanto del calor como de la electricidad obtenidos de un proceso de transformación energética.

2.4.2.3. Tercera barrera prioritaria

El acceso a créditos de ENFICC a través de las subastas de CxC, si bien no representa un alto impacto sobre el desarrollo general de la fuente en el caso de proyectos de cogeneración con biomasa, constituye un factor de interés ante todo para el sector azucarero y el caso de grandes proyectos por ser desarrollados, que superan el umbral de los 20 MW. [4]

2.4.3. Otras barreras

Como lo sugieren los resultados obtenidos, otras acciones como son la promoción de la investigación y difusión del conocimiento en torno a diferentes COAs y las tecnologías asociadas con su aprovechamiento, o la incorporación de medidas regulatorias que permitan declarar la inflexibilidad de plantas mayores a 20 MW sin la aplicación de penalizaciones, representan acciones que vale la pena sean consideradas y acometidas en los próximos años a fin de promover el desarrollo de este nicho de oportunidad. En este caso la facilidad de implementación desempeña el rol de mayor relevancia, seguido de la interpretación de altos beneficios y bajos costos asociados, junto con un alto nivel de injerencia del Estado, en tanto que el impacto sobre el desarrollo de la fuente es considerado como menor.

2.5. Potencial asociado

Es importante mencionar claramente el potencial de la biomasa con el que se puede obtener biogás con el fin que se puedan utilizar para la generación de electricidad, calefacción, cocinar, y como combustible vehicular, entre otros. Después de hacer claramente éste desglose de información se presentará la evaluación económica de la producción de Biogás y Biometano finalizando con la consolidación del análisis de los potenciales (Teórico, Técnico, Factible y Viable) para cada una de las Biomasa seleccionadas en la priorización realizada con la UPME.

El uso energético de la biomasa que ya se realiza en Colombia y el potencial para lograr un mayor aprovechamiento de residuos agropecuarios es considerable. La Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 se encuentra el potencial del sector agrícola junto con el potencial del sector pecuario, en cuanto al sector agrícola se muestran los potenciales representados en los residuos de 8 productos agrícolas, residuos porcinos, bovinos y avícolas, y otras fuentes de biomasa. Entre tanto, el potencial para desarrollar cultivos energéticos más allá de la porción de aquellos existentes en el caso de la palma de aceite y la caña de

azúcar que son utilizados para la producción de biocombustibles, es igualmente considerable en tanto que se visualiza la disponibilidad de tierras con vocación agrícola, teniéndose cerca de 15 millones de hectáreas con tal vocación que hoy en día no son destinadas a esa actividad productiva [18], al tiempo que se enfrentan necesidades y oportunidades para el desarrollo rural que cobran especial importancia ante un eventual escenario de postconflicto. Es así como esquemas integrales de manejo de residuos de biomasa (ej. residuos del arroz, café, cacao, banano, y otros cultivos) que integren el aprovechamiento energético, sumado al eventual desarrollo de tierras productivas con objeto de cultivos energéticos (como cultivos dendroenergéticos u otros) han de jugar un papel importante en el crecimiento y modernización del sector agropecuario nacional y en el desarrollo del campo como tal.

La participación del potencial energético de los cultivos descritos en la Tabla 2, corresponde al 36,8% para la caña de azúcar, 20,81% para la Caña panelera y Café con el 17,23%. Los 7 cultivos restantes tienen un potencial energético inferior a los valores presentados anteriormente por tal motivo se realiza una suma de dichos valores de tal forma que se obtiene un 25,16%.

Cultivo	Toneladas producto (2012)	Residuo Agrícola	Toneladas Residuos (2012)	Potencial energético (TJ/año)
Caña de Azúcar	2.681.348	RAC	8.741.194	42.761
		Bagazo	7.186.013	78.814
Caña Panelera	1.284.771	Bagazo	4.817.888	52.841
		RAC	3.250.469	15.901
Café	1.092.361	Pulpa	2.327.929	8.354
		Cisco	224.262	3.870
		Tallos	3.303.299	44.701
Otros*	9.698.774		40.757.492	83.104

Tabla 2. Potenciales energéticos de residuos agrícolas. TJ/año: Tera Joule por año
Otros: Se incluyen cultivos de Palma, Maíz, Arroz, Banano y plátano con los residuos agrícolas Cuesco, Fibra, Raquis, Rastrojo, tusa, capacho, tamo, cascarilla, Raquis, Vástago, Rechazo (tanto para el plátano como para el banano) respectivamente con los cultivos de cada residuo agrícola. [4]*

Residuos Pecuarios	Toneladas residuo (2008)	Potencial energético (TJ/año)
Bovino	99.168.608	84.256
Avícola	3.446.348	29.183
Porcino	2.803.111	4.308
Subtotal		117.748

Tabla 3. Potenciales energéticos de residuos pecuarios. [4]

Otros residuos	Toneladas residuo (2008)	Potencial energético (TJ/año)
Residuos de poda	44.811	318
Centros de acopio y plazas de mercado	120.210	92
Subtotal		410

Tabla 4. Potenciales energéticos de otros residuos. [4]

Fuentes de metano	Metros cúbicos de metano (2008)	Potencial energético (TJ/año)
Destilerías de etanol	11.246.861	139
Plantas de sacrificio bovino y porcino	5.130.017	59
Plantas de sacrificio avícola	780.543	9
Subtotal		198

Tabla 5 Potenciales energéticos de fuentes de metano. [4]

De allí que sea considerado como necesario construir en los próximos años una política integral para el uso y desarrollo de la biomasa, que contemple como uno de sus pilares de promoción el del aprovechamiento energético, en lo que podría llamarse una política de bioenergía. Para lo anterior, se puede tener en cuenta la experiencia de países como Suecia, Brasil y la India, que son pioneros en el aprovechamiento energético de la biomasa. De igual forma, con una visión de largo plazo, Colombia puede considerar la estructuración, en un horizonte de muy largo plazo, de una economía que se transforme de la actual dependencia en el petróleo (no solo en el aspecto energético sino igualmente en el consumo de derivados de este recurso como materias primas) hacia una economía que pueda migrar tal dependencia a otros recursos energéticos de origen renovable entre los que la biomasa sería el sustituto directo del petróleo. Para considerar cómo ir avanzando en esa dirección se pueden mirar los ejemplos de los planes esbozados por la Comunidad Europea para los próximos 10 años en materia de inversiones en bioenergía [9], y los primeros pasos que están tomando países como Estados Unidos y Brasil en el desarrollo de bio-refinerías, partiendo de la base de las plantas de biocombustibles hoy en día existentes en esos países.

2.6. Clasificación de los sectores y residuos

Existen distintos tipos de biomasa residuales disponibles para la producción de biogás, así como en la estimación de las cantidades producidas por cada tipo de biomasa y sector. Para ello se utilizaron datos de distintos documentos, así como información de distintos sectores (pecuario, agricultura, urbano, industria, etc.) [19] - [20], una fuente importante para la identificación de las biomásas a estudiar fue el Atlas de Biomasa editado por la UPME [21], ya que en él están identificadas los principales residuos de diferentes sectores y los factores de generación con respecto al producto principal. Como se señaló en forma previa, para cada tipo de biomasa sólo se consideró la porción que no tiene un uso productivo hoy en día, en la Tabla 6 se presentan los sectores, las biomásas estudiadas y la cantidad de sus residuos con potencial de biogás. [22]

Sector	Residuo	Residuo [t/año]
Agrícola		
Plátano	Fruta Rechazo	23.816.051
Caña de azúcar	Bagazo	6.972.609
Palma de aceite	Laguna Oxidación	6.709.985
Otros*		5.842.514
Pecuario		

Sector	Residuo	Residuo [t/año]
Bovino	Estiércol	83.497.181
Avícola + Porcicola	Estiércol	9.264.187
Urbano		
RSU	RSUO	9.845.875
Lodos PTAR	Lodos	19.422.647
Industrial		
Destilería	Vinazas	9.587.333
Cervecería	Lodos	789.230
Otros*		140.706

Tabla 6. Sectores y Biomosas residuales estudiadas. t/año: Toneladas por año
Otros: Arroz, Banano, Café pulpa, Café mucilago, Café Borra, Maíz y Caña Panelera en la sección Agrícola.*
*Otros**: Matadero y Lácteo en la sección industrial. [22]*

Otros, se usó como la suma de los valores menos representativos, la cual presenta para el sector agrícola un 13,48%, en el sector industrial está representado por un 1,338%. Tomado de Estimación del potencial de conversión a Biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento. [22]

El potencial de la biomasa con el que se cuenta en la región Central se presenta en la Figura 49, relacionada en los anexos del presente documento, allí se encuentran en un mismo mapa todos los sectores incluidos. Dicho potencial se presenta en unidades de TJ y está caracterizado según la convención de colores que presenta la Figura.

2.6.1. Sector Agrícola

El estudio de las biomosas residuales se realiza por medio del potencial del Biogás, donde se recolecta información respectiva a la producción de residuos de diferentes actividades agropecuarias identificadas con algún potencial de generación de biogás.

La información relacionada corresponde a estadísticas pecuarias y agrícolas colombianas de producción para el año 2016, el potencial se establece a partir de factores de producción de metano o biogás. En cuanto al sector agrícola se estimó la disponibilidad de biomasa residual a partir del factor de generación del mismo con respecto a la producción del producto principal, tomado del Atlas de potencial energético de la Biomasa Residual en Colombia [21], así en la Tabla 7 se presentan los principales departamentos productores de cada sector, su producción (t/año) y su participación porcentual en el mercado nacional. [22]

	Departamento	Producción producto principal [t/año]
Arroz	Casanare	695.395,0
	Tolima	341.942,0

	Departamento	Producción producto principal [t/año]
	Meta	314.574,7
Banano	Antioquia	1.246.209,0
	Magdalena	413.790,0
Café	Huila	154.853,0
	Antioquia	119.971,0
	Tolima	105.988,0
	Otros*	150.624,0
Maíz	Córdoba	143.816,0
	Otros**	200.729,0
	Meta	116.622,0
	Tolima	97.839,0
Palma de Aceite	Meta	488.364,0
	Casanare	213.354,0
	Santander	200.180,0
	Cesar	194.184,0
Plátano	Antioquia	525.991,0
	Otros***	310.078,0
	Meta	302.607,0
Caña de Azúcar	Valle de cauca	19.180.062,3
	Cauca	4.210.028,9
Caña Panelera	RAP-E	351.028,0
	Santander	226.294,0
	Otros****	170.634,0

Tabla 7. Sector Agrícola;
Otros*: Cauca y Caldas; Otros**: Vichada y Valle del Cauca;
Otros***: Casanare, Santander y Cesar.
Otros****: Arauca, Valle del Cauca, Córdoba, Quindío y Choco.
Otros*****: Antioquia y Nariño.
RAP-E: Boyacá y Cundinamarca. [22]

El arroz es uno de los principales productores de residuo agrícola, con la cascarilla en el molino y el tamo como residuo agrícola en el campo. A pesar que se han desarrollado estudios para la producción de Biogás, actualmente tiene otros usos como quema directa, uso como sustrato en cultivos de flores y caballerizas, esto sumado a su baja biodegradabilidad no ha motivado proyectos de biogás en este sector. [22]

Para el caso del arroz, se encuentra una mayor representación en Casanare, ya que cuenta con el 51,44% de la producción de arroz [t/año], la región RAP-E, cuenta con un 48,56% ubicado en Meta y Tolima. En la Figura 51, relacionada en los anexos. Se encuentra el potencial agrícola de la biomasa debido al arroz, dicha gráfica presenta el potencial que se encuentra en los municipios de los departamento de Tolima como del Meta, caracterizada por la convención de colores que se encuentra dada en TJ.

El sector bananero ha manifestado su interés en adelantar proyectos de biogás para aprovechar los residuos de la preparación del banano para exportación, sumado a la ubicación en zonas no interconectadas (Urabá Antioqueño) y la Responsabilidad Social. Empresarias que manifiesta el gremio con las poblaciones de influencia, potencializa la oportunidad para este tipo de proyectos. Proyectos

donde Se retiró la cáscara y se desintegró el banano para obtener la pulpa. Para tratarla térmicamente a 70 °C durante 1 hora. Con este tratamiento se busca además de disminuir la flora nativa, provocar una Gelificación e hidrólisis del almidón presente y facilitar la acción de los microorganismos anaerobios. [22] Los departamentos representativos del cultivo de banano son Antioquia y Magdalena, donde predomina Antioquia con un 75.07% y lo sigue Magdalena con un 24,93%. El potencial de la biomasa por parte del sector agrícola bananero, se encuentra representado en la Figura 52, adjunta en los Anexos del documento. Donde se indica que la región central cuenta con un potencial dado en TJ en los municipios del departamento de Cundinamarca y Tolima.

El café (finca) se desarrolla en fincas pequeñas en donde se realiza el cultivo y el beneficio lo que dificulta el aprovechamiento del biogás por tamaño y la gestión ambiental; la estrategia sectorial que se está planteando son proyectos de acopio y beneficio que centralicen la cosecha de varias granjas pequeñas centralizando la gestión ambiental y por ende promoviendo procesos de valorización energética de los residuos del beneficio del café. Sin embargo, actualmente están en proceso de implementación y no se tienen proyectos materializados, aunque ya existen estudios de viabilidad. [22]

La región RAP-E, para el café está representada por el Tolima, con un 19,94%, la cual presenta el menor porcentaje de producción. Los departamentos que presentan un mayor porcentaje para el panorama nacional son Huila con un 29,14%, seguido por Antioquia con un 22,57% y otros* departamentos los cuales al tener una producción inferior al 16%, se tomaron como un solo valor el cual representa el 28,34%.

En cuanto a café soluble, en el país existe la planta de Chinchiná, con una capacidad de 9.266 T de café soluble/año, considerando el 10% de residuo, se ve un buen potencial de aprovechamiento de la Borra; sin embargo, no se conocen proyectos al respecto. [22]

En la región central el café se encuentra presente en los departamentos de Tolima, Cundinamarca, Meta y Boyacá, con un potencial más alto en los municipios de Líbano con 902,07 TJ y Chaparral con 811,08 TJ, pertenecientes al departamento del Tolima. Dicho potencial se puede ver presente teniendo en cuenta la convención de colores presente en la Figura 53, relacionada en los anexos del presente documento.

El maíz, para el sector de cereales posee otras prioridades comerciales y sus residuos se dejan en el campo sin generar problemas con la autoridad ambiental, lo que no promueve el desarrollo de proyectos de valorización energética de su biomasa residual. [22]

La región RAP-E predomina en los cultivos de maíz en los departamentos del Meta y Tolima con un porcentaje de producción para la Región RAP-E de 38,36%, seguido por el departamento de Córdoba cuya producción representa un 25,73%, el departamento del Cauca y Vichada al presentar un porcentaje de producción inferior al 25% del panorama nacional, se sumaron sus respectivos valores, arrojando un porcentaje de producción de 35,91%.Figura 55

Este sector ha sido muy dinámico en la promoción de proyectos para valorización energética de los residuos de las plantas extractoras de aceite. Ya hay proyectos de tamaño importante en funcionamiento y FEDEPALMA promueve estudios relacionados con el tema y motiva a sus asociados para su desarrollo. Participa activamente en las actividades gubernamentales y académicas propuestas para el tema de la Palma de aceite. [23]

Entre ellos predomina la Región RAP-E con el departamento del Meta con un 44,56%, seguido por otros, cuyos departamentos presentan un porcentaje inferior al 20%, como son Casanare, Santander y Cesar. Teniendo en cuenta la Tabla 7 y la Figura 50 relacionada en los anexos al final del documento, se encuentra que en la región central el potencial de la biomasa debido a la Palma de aceite se encuentra distribuido para la región central en el departamento del Meta.

Augura (El gremio bananero), acoge los cultivadores de Plátano de la región de Urabá y apoya a la población que se dedica a este cultivo; incluso en la zona de exportación se cuenta con una planta de poscosecha para la producción de sachet, en donde se genera gran cantidad de residuos orgánicos de aprovechamiento de Biogás [22], donde predomina el departamento de Antioquia con 22,47%, seguido por el Meta con 12,93% en representación de la región RAP-E, para el panorama Nacional se encuentran los departamentos de Arauca, Valle del Cauca, Córdoba, Quindío y Chocó, con un porcentaje de producción inferior al 20%. En la Figura 55 ubicada en los anexos del documento, donde se encuentra el potencial de los departamentos de Meta y Tolima principalmente con la producción del potencial dada en TJ..

La caña de azúcar en el valle del Cauca hace parte de un sector que, dada la grata experiencia de cogeneración con bagazo, está abierto a todas las oportunidades que se presenten para la valorización energética de sus biomásas residuales, explorando diversas alternativas para el aprovechamiento del RAC, con proyectos liderados por CENICAÑA. [22]. Dicho cultivo se encuentra representado por el Valle del Cauca ya que presenta una producción de 82%, seguido por el Cauca con una producción mucho menor como es el 18%.

Para la caña panelera, actualmente se está desarrollando un NAMA, que incluye la posibilidad de aprovechamiento de biogás y el aprovechamiento energético de su biomasa residual. [24] FEDEPANELA lidera proyectos de eficiencia energética y energías alternativas. [22]. Dicho aprovechamiento del biogás, se ve representado por el departamento de Santander con un 26,63%, seguido por la Región RAP-E, la cual está conformada por Boyacá y Cundinamarca, produciendo un total de 41,3%. Seguido por Santander cuya producción representa un 26,63% y otros departamentos del panorama nacional, como son Antioquia y Nariño, los cuales presentan una producción inferior al 21%, la suma de dichas producciones, arroja un porcentaje de producción del 32,07%.

Teniendo en cuenta la Figura 54, presentada en los Anexos del presente documento, se encuentra el potencial de la Biomasa debido a la Caña panelera, se encuentra distribuido en los departamentos de Tolima, Cundinamarca y Boyacá con su más alto potencial. Para el departamento del Meta, su potencial es mucho más bajo. En el departamento del Tolima, el potencial producido por Caña de panela, es mayor en Fresno con 1083,49 TJ, en Mariquita con 674,17 TJ e Ibagué con 744,80 TJ. En Cundinamarca, se encuentra ubicado en el departamento de Caparrapí con 2664,58 TJ y en la Peña, con 1451,07 TJ y en Boyacá en el municipio de San José de Pare con 1733,58 TJ, Togui con 1498,16 TJ y Santana con 1540,96 TJ y Chitaraque con 2658,16 TJ.

En el documento Atlas de la biomasa, por su parte se presenta la biomasa residual en este sector donde es clasificada como residuos agrícolas de cosecha y residuos agroindustriales, según el estudio realizado se representan los cultivos. En el documento que se está estudiando se presentan los datos por tipos de Cultivos, entre ellos se encuentran cultivos transitorios (Cultivos que tienen un ciclo vegetativo corto), conformados por Arroz y maíz; y los cultivos permanentes (son aquellos que una vez plantados, pueden durar varios años en producción, con una o varias cosechas al año) conformados por banano, café, caña de azúcar, caña de panela, palma de aceite y plátano.

Es importante mencionar que, de los potenciales estudiados, el potencial de la Biomasa Agrícola corresponde al potencial que cuenta con más información ya que se realizaron mayor número de consultas, según la información brindada en el Atlas del potencial energético de la Biomasa residual en Colombia.

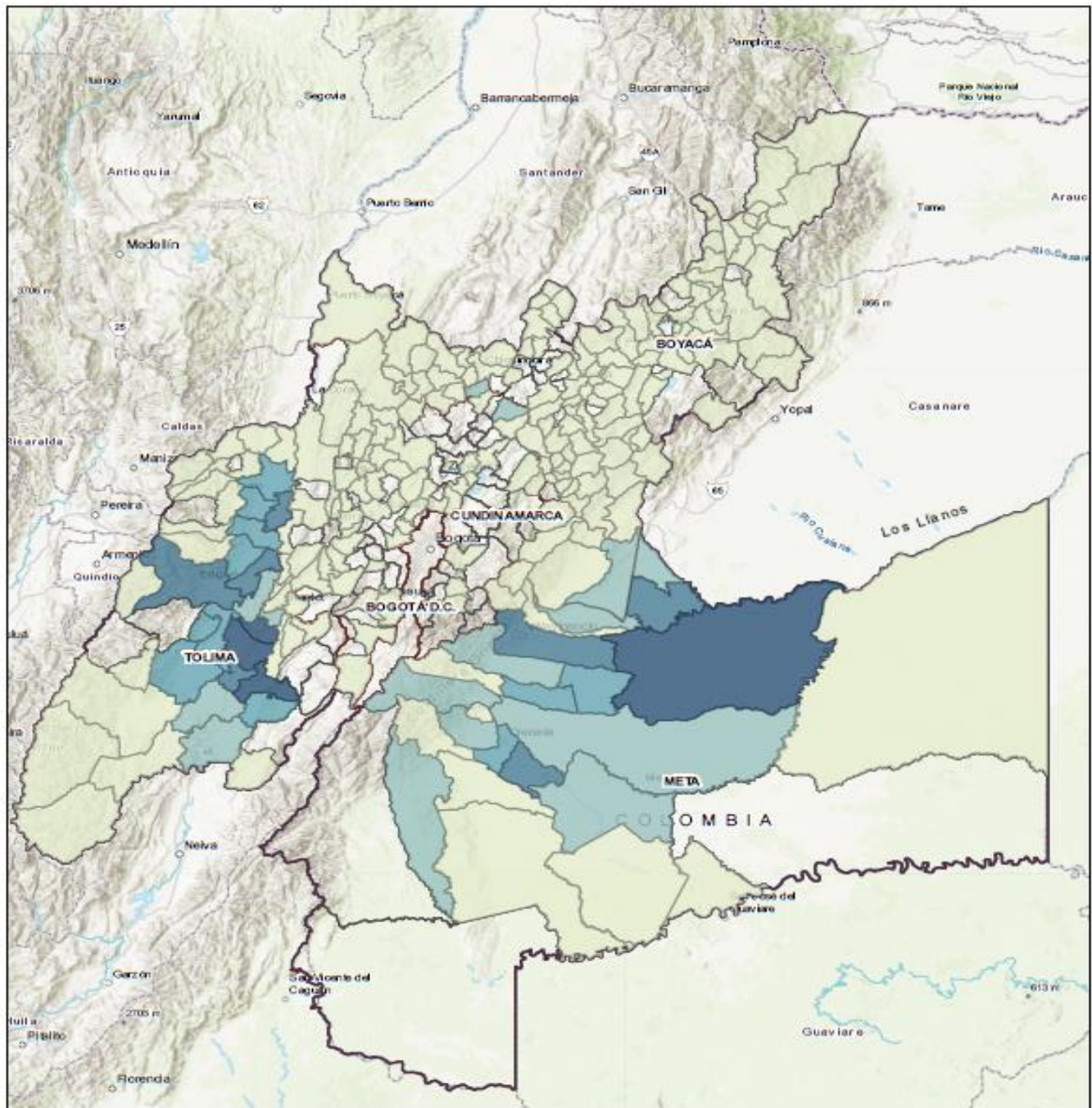
La información sobre áreas sembradas, ubicación de los cultivos, rendimientos y cantidades de residuos generados, se obtuvo del Anuario Estadístico del Sector Agropecuario del año 2006 y de los gremios y/o

centros de investigación del sector, como por ejemplo Cenipalma, Cenicaña, Cimpa, Cenicafé, Augura, Fedearroz. Fenalce. Estos mapas fueron elaborados tomando como base la cartografía de la división político administrativa y de fronteras de Colombia, IGAC 2006.

En la Figura 12. Se puede encontrar el mapa del potencial energético municipal anual de los residuos de los cultivos agrícolas [TJ/año] o también llamada biomasa vegetal, Se centra el estudio del potencial agrícola en la Región RAP-E. Donde se puede evidenciar el potencial energético agrícola con el que se cuenta en el país. Siguiendo la convención de colores esta presenta color blanco para las zonas donde el potencial es bajo o no lo hay, mientras para un potencial alto se reconoce por el color verde oliva. De tal forma se puede precisar que la región RAP-E cuenta con un potencial energético bajo en el departamento de Bogotá, Boyacá y Cundinamarca. Mientras el alto potencial se presenta en el departamento de Tolima y Meta.

En la Figura 13, se encuentra el mapa del Potencial energético municipal anual de los residuos de cultivos transitorios [TJ/año]. Donde se presenta el potencial teniendo en cuenta la convención de colores, de lo cual se puede mencionar que en color blanco se encuentran los municipios los cuales tienen un potencial de 0 a 57 [TJ/año] y un alto potencial está representado por color azul, el cual tiene un rango de 806 a 1.331 [TJ/año]. La región RAP-E cuenta con un potencial energético bajo en el departamento de Bogotá, Boyacá y Cundinamarca. Mientras el alto potencial lo presenta el departamento del Meta y Tolima, se puede resaltar sobre el estudio zonas específicas de los dos departamentos que presentan potencial mucho mayor.

En la Figura 14, se encuentra el mapa Potencial energético municipal anual de los residuos de cultivos permanentes [TJ/año]. Donde se presenta la convención de colores con color blanco la región la cual tiene un potencial bajo, mientras el potencial alto se encuentra en el rango de 1042,089 a 2686,083 [TJ/año] y se representa por el color Rojo. La región RAP-E cuenta con un potencial energético bajo en el departamento de Bogotá, Cundinamarca y Boyacá. Mientras el departamento de Meta y Tolima cuentan con potenciales más altos.



5/15/2020, 1:33:29 PM

6.3. Potencial Biomasa - Cultivos Transitorios Año

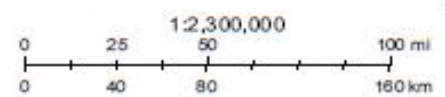
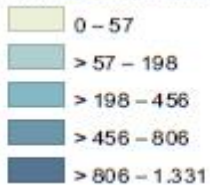
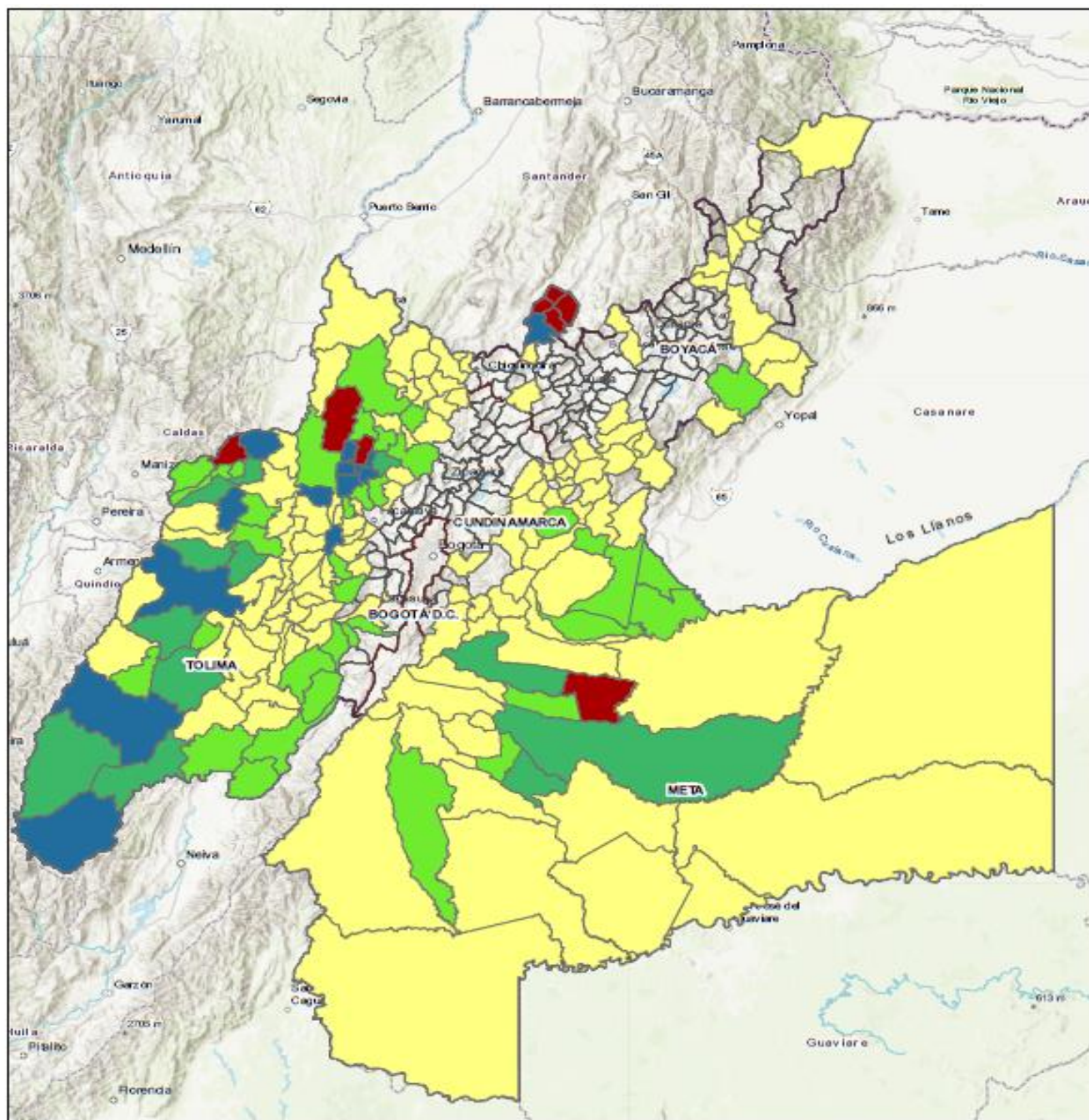


Figura 13. Potencial energético de los residuos de cultivos transitorios [TJ/año]. [21] [25]



5/15/2020, 1:36:57 PM

6.3. Potencial Biomasa - Cultivos Permanentes Año

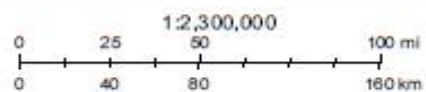


Figura 14. Potencial energético de los residuos de cultivos permanentes [TJ/año]. [21] [25]

2.6.2. Sector pecuario

La determinación del potencial energético de esta biomasa se realizó con base en las tres especies representativas del sector pecuario; avícola, bovina y porcina, aplicando para la transformación de cada una de éstas la tecnología y proceso más adecuado según las características de la misma, pudiendo ser así tanto procesos termoquímicos como biológicos (digestión anaerobia). [26]

En el sector pecuario se estudiaron el avícola, porcícola y bovino a nivel nacional junto con la región RAP-E, encontrando la cantidad de residuos mostrados en la Figura 15. Producción de residuo pecuario [t/año].

Donde se puede encontrar que el sector Avícola cuenta con un potencial de Biomasa Residual de 4.263.929 [t/año], donde por parte de la Región RAP-E se cuenta con un porcentaje de participación del 31,96% con el departamento de Cundinamarca, en cuanto al panorama nacional, se tiene una participación de 36,25% con Santander, Valle del cauca 20,18% y Antioquia 11,62%. Porcicola de 1,409, 497 [t/año] con un porcentaje de participación de departamentos de la Región RAP-E de 27,20% de los departamentos de Cundinamarca y Meta con un 17,57% y 9,62% respectivamente, en cuanto al panorama nacional, se tiene un 72,80% con la participación de Antioquia con el mayor porcentaje de participación (61,66%) y Valle del cauca con 11,14%; Finalmente para el sector Bovino se tienen 83.497.181 [t/año], seccionado en la Región RAP-E con el departamento de Meta y una participación del 7,55%, para el panorama nacional, se encuentran Antioquia Magdalena con una participación respectivamente del 11,75%, Caquetá con 8,68%, Córdoba con 8,58%, Santander con 6,24%, Caldas con 5,98%, Cauca con 5,96% y Magdalena con 5,31%.

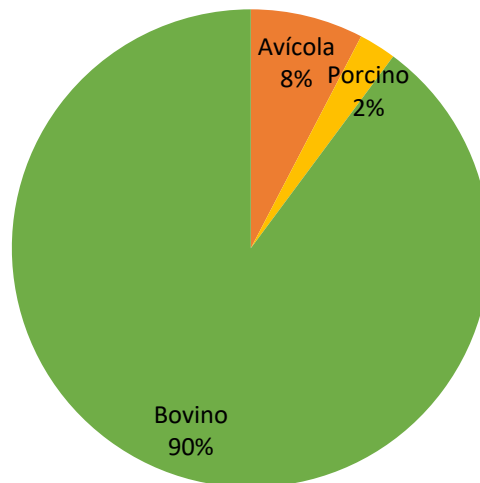
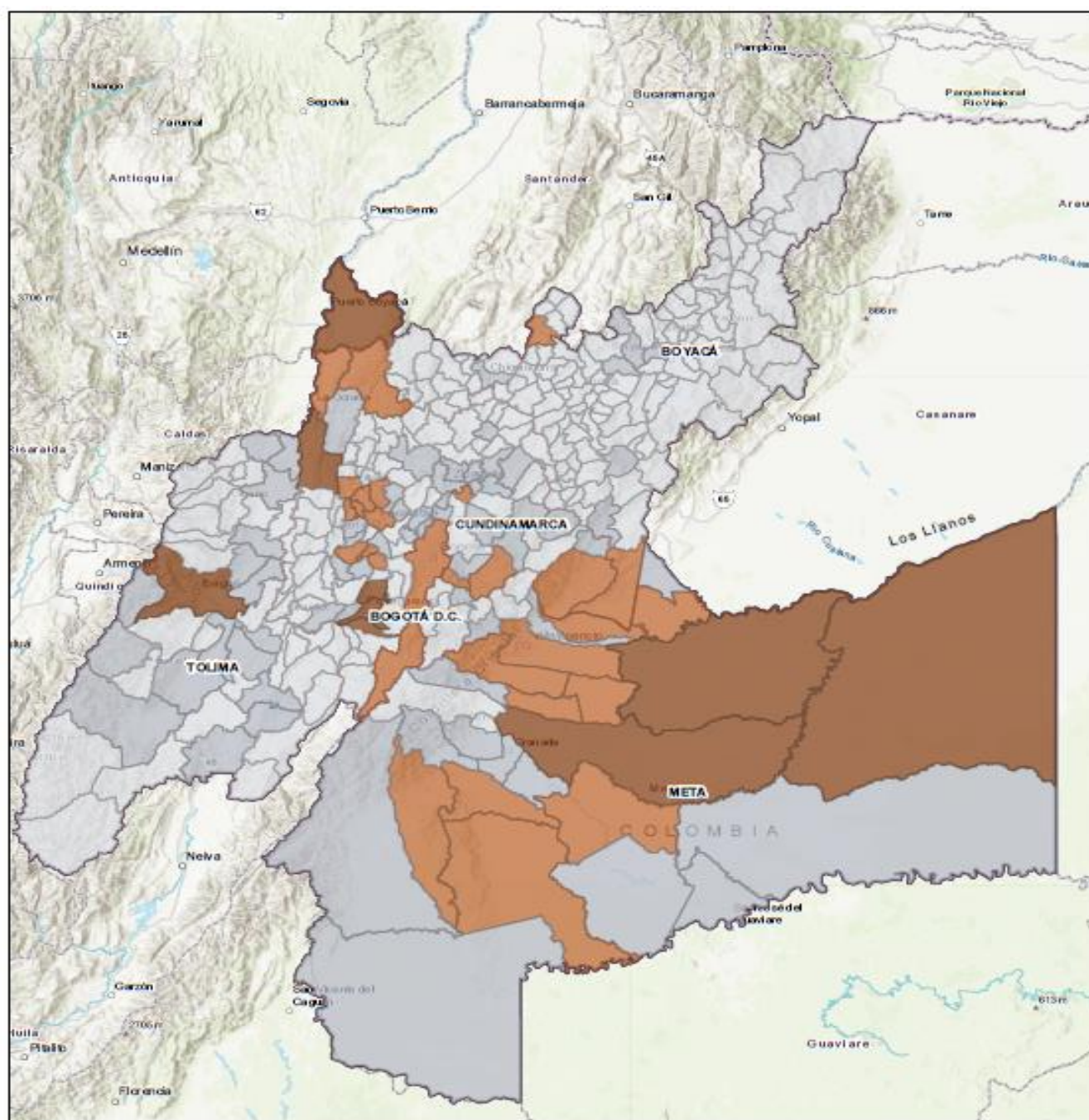


Figura 15. Producción de residuo pecuario [t/año]. [22]

En la Figura 15, se presentan los datos con los que cuenta la Región Central frente al potencial energético de la Biomasa animal sin ser discriminada por sectores, de donde se puede mencionar a simple vista que el departamento que cuenta con un alto potencial es el Meta, dicho potencial se encuentra distribuido a lo largo de todo el departamento, se presenta un potencial más bajo en el departamento de Cundinamarca y Bogotá, Boyacá según la información presentada no cuenta con un potencial representativo.



5/15/2020, 1:39:29 PM

6.3. Potencial Biomasa - Consolidado Año Animal

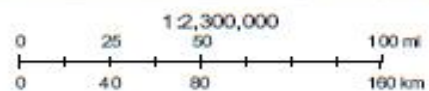
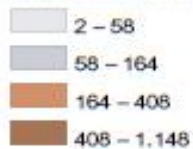


Figura 16. Potencial energético de la Biomasa animal [TJ/año]. [21] [25]

2.6.2.1. Sector Avícola

En Colombia la avicultura presenta dos niveles de desarrollo la Avicultura tradicional y la Industrializada, en nuestro caso es de interés particular la industrializada por ser la que ofrece una biomasa residual con potencial de ser aprovechada.

La avicultura industrializada tiene dos frentes de operación: La producción de carne de pollos y la producción de huevos, lo que genera dos tipos de mercados diferentes e igualmente organizaciones comerciales diferentes. En la Figura 17 y Figura 18 se presenta la avicultura colombiana por Departamentos. En ella para respetar la fuente, cuando se emplea el término de “capacidad ocupada”, se refiere a avicultura industrializada y con el término de traspatio a la tradicional [27]. Se presentan las estadísticas para los diferentes frentes de la actividad: Engorde; Levante; Postura; Material Genético Reproductora y Traspatio.

A diferencia de los demás sectores pecuarios, esta especie presenta diferencias importantes en las características del estiércol producido de acuerdo al enfoque productivo al que pertenezca, es así como las aves dedicadas al área de engorde están relacionadas con unos desechos de bajo contenido de humedad, esto principalmente debido a su combinación con el material implementado para las camas; mientras que las demás aves, específicamente las de postura, reflejan más claramente la composición original del estiércol avícola, es decir unos excrementos con altos contenidos de humedad ya que son una mezcla de desechos sólidos y orina, mezcla que en otras especies no se da directamente desde el animal.

Para el presente análisis, la obtención del potencial energético del sector se realizó dividiendo el grupo en dos subsectores; aves de engorde y aves de postura, dentro de esta última se encuentran también las aves de traspatio, las de levante y las reproductoras. El primer subgrupo fue analizado bajo el modelo matemático asociado a la tecnología termoquímica, mientras que el segundo bajo el enfoque del proceso de digestión anaerobia, siendo importante esta diferenciación porque con base en la información resultante puede definirse la conveniencia del uso de una u otra tecnología para cada provincia o de ser necesario para cada municipio. [26] - [28]

En la Figura 17 y Figura 18, se presentan dos niveles del desarrollo de la avicultura tradicional e industrializada, sin embargo, la investigación se centra en la avicultura industrializada por ser la que ofrece una biomasa residual con potencial de ser aprovechada. La avicultura industrializada tiene dos frentes de operación: La producción de carne de pollos y la producción de huevos, lo que genera dos tipos de mercados diferentes e igualmente organizaciones comerciales diferentes.

En las Figura 17, Figura 18 y Figura 19 se presenta la avicultura colombiana por departamentos. En ella para respetar la fuente, cuando se emplea el término de “capacidad ocupada”, se refiere a avicultura industrializada y con el término de traspatio a la tradicional [27]. Se presentan las estadísticas para los diferentes frentes de la actividad: Engorde; Levante; Postura; material genético y Traspatio. [22] - [29]

Para la Figura 17, Región RAP-E - Total aves - capacidad ocupada, se encuentran los 5 departamentos correspondientes a la región RAP-E, donde se puede destacar Cundinamarca ya que cuenta con un 72,11%, seguido por Tolima con un 16,51% y finaliza con Bogotá D.C con 0,89%, a nivel nacional Cundinamarca cuenta con una participación de 21,37%, seguido por Tolima con un 4,89%, el departamento que posee menor cantidad de Aves de capacidad ocupada es Bogotá D.C. con 0,26%. Meta, Boyacá y Bogotá D.C. corresponden a los departamentos menos representativos, con un porcentaje inferior al 3,39%.

Para el panorama nacional en la Figura 18, los valores más representativos son Santander con 34,82%, de manera consecutiva, se encuentra Valle con 18,58%, Antioquia con 11,24%, Quindío con 8,17 % y

Atlántico con 5,66%. De manera intermedia se encuentran otros*, los cuales representan un 21,53%. Al Hacer la comparación a nivel nacional (Panorama nacional con la región RAP-E) se encuentra que los valores más representativos son Santander con 24,50%, Valle con 13,08% y Antioquia con 7,91%, en cuanto a los valores más bajos de capacidad ocupada para el panorama nacional se encuentra Quindío con 5,75% y Atlántico con una participación del 3,98%. Otros, al reunir 23 departamentos distintos, tiene un acumulado de 15,15% del total de aves – Capacidad ocupada.

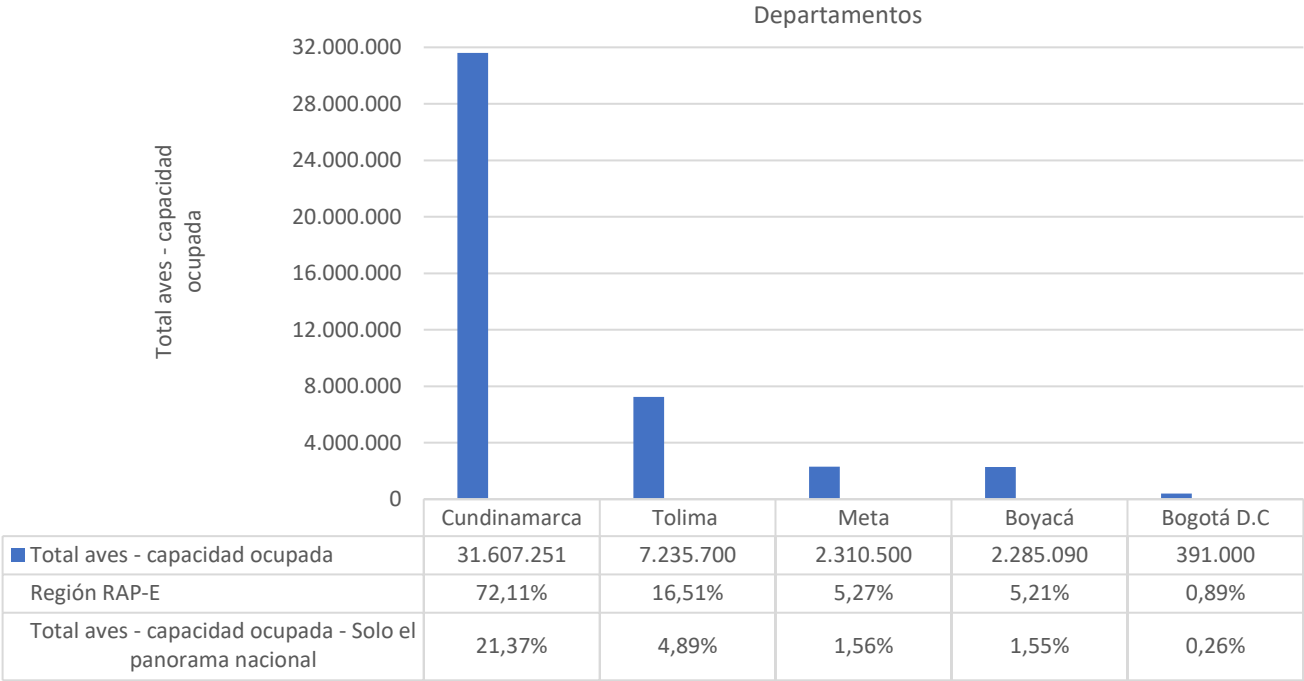


Figura 17. Región RAP-E - Total aves - capacidad ocupada. [22]

En la Figura 19 se presentan la totalidad de aves por capacidad ocupada más aves de traspatio en las regiones del panorama nacional, donde se muestran los departamentos más representativos en comparación con los mismos departamentos como son Santander con la representación de 33,59%, valle con 17.78%, Antioquia con 10,85%, Quindío con 7,76% y Cauca con 5,40% se presenta en la gráfica una columna la cual dice otros, la cual quedaría ubicada de forma intermedia y tendría un 24,63%, en lo que respecta al nivel nacional dichos departamentos cuentan con 23,55% de la capacidad ocupada más aves de traspatio en el departamento de Santander, Valle con 17,27%, Antioquia con 7,61%, Quindío con 5,44% y en cuanto al valor menos representativo lo presenta el departamento de Cauca con 3,78%. A la gráfica se le adiciona otros, dicho termino representa la suma del total de aves - capacidad ocupada más aves traspatio de 23 departamentos el cual representa un 17,27%.

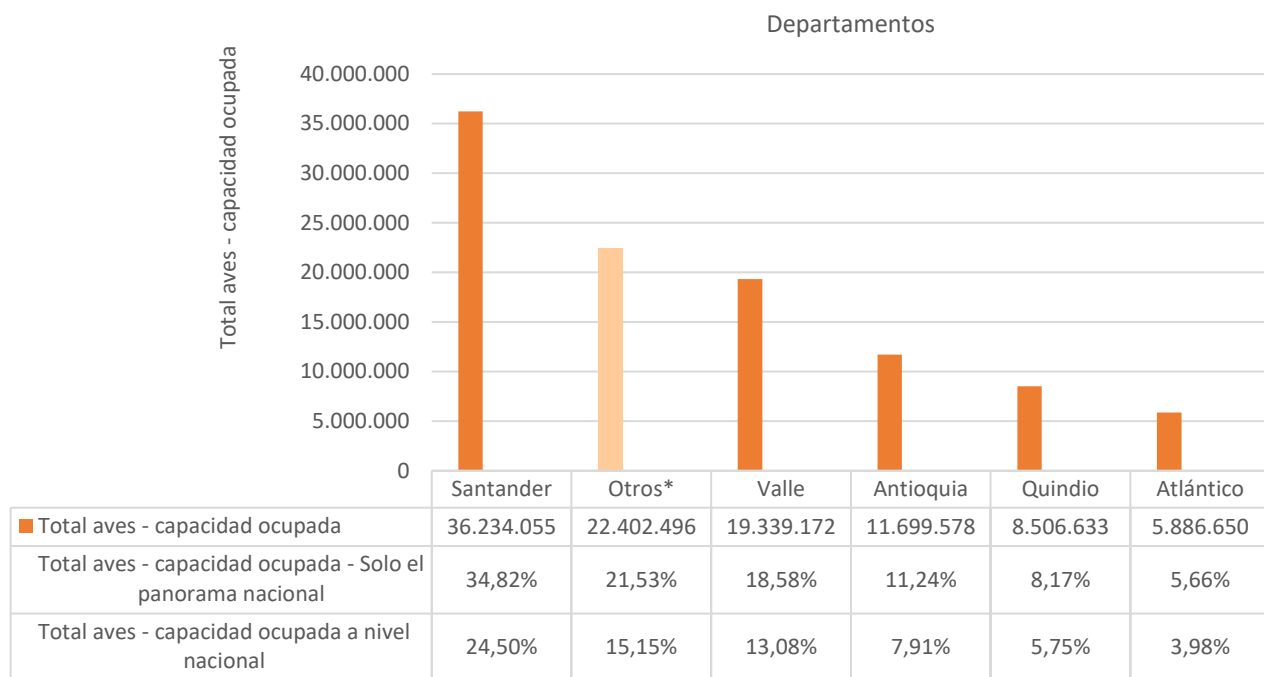


Figura 18. Panorama nacional - Total aves - capacidad ocupada.

Otros: Cauca, Risaralda, Bolívar, Caldas, Córdoba, Huila, Nariño, Norte de Santander, Sucre, Cesar, Magdalena, Putumayo, Caquetá, Arauca, Choco, Casanare, La Guajira, Guainia, S. Andrés/Providencia, Vaupés, Amazonas, Guaviare, Vichada. [22]*

En la Figura 20, se presenta el Total Aves – Capacidad ocupada más aves Traspatio donde se pueden ver los 5 departamentos correspondientes a la región RAP-E, de los cuales se destaca Cundinamarca dentro de la región RAP-E con 67,35%, seguido por Tolima con 21,97% Meta con 4,95%, Boyacá con 4,90% y finalmente Bogotá D.C con la capacidad ocupada más aves de traspatio más bajo (Con 0,83%); A nivel nacional la participación de los departamentos de la región RAP-E son 20,12% para Cundinamarca, 6,56% para el Tolima, 1,48% para el Meta 4,90%, para Boyacá con 1,46% y Bogotá con el porcentaje más bajo de capacidad ocupada más aves de traspatio de 0,249%.

En otros, se encuentra que dichos departamentos corresponden a los departamentos menos representativos, con un porcentaje inferior al 3,77%.

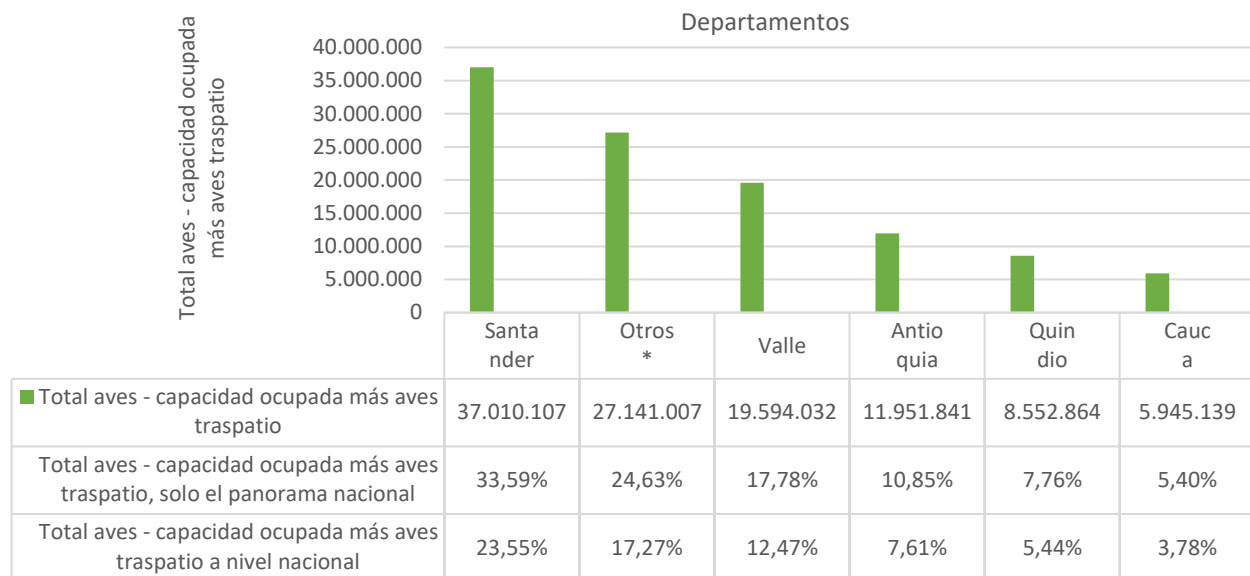


Figura 19. Panorama nacional - Total aves - capacidad ocupada más aves traspatio.
Otros: Cauca, Risaralda, Bolívar, Caldas, Córdoba, Huila, Nariño, Norte de Santander, Sucre, Cesar, Magdalena, Putumayo, Caquetá, Arauca, Choco, Casanare, La Guajira, Guainia, S. Andrés/Providencia, Vaupés, Amazonas, Guaviare, Vichada. [22]*

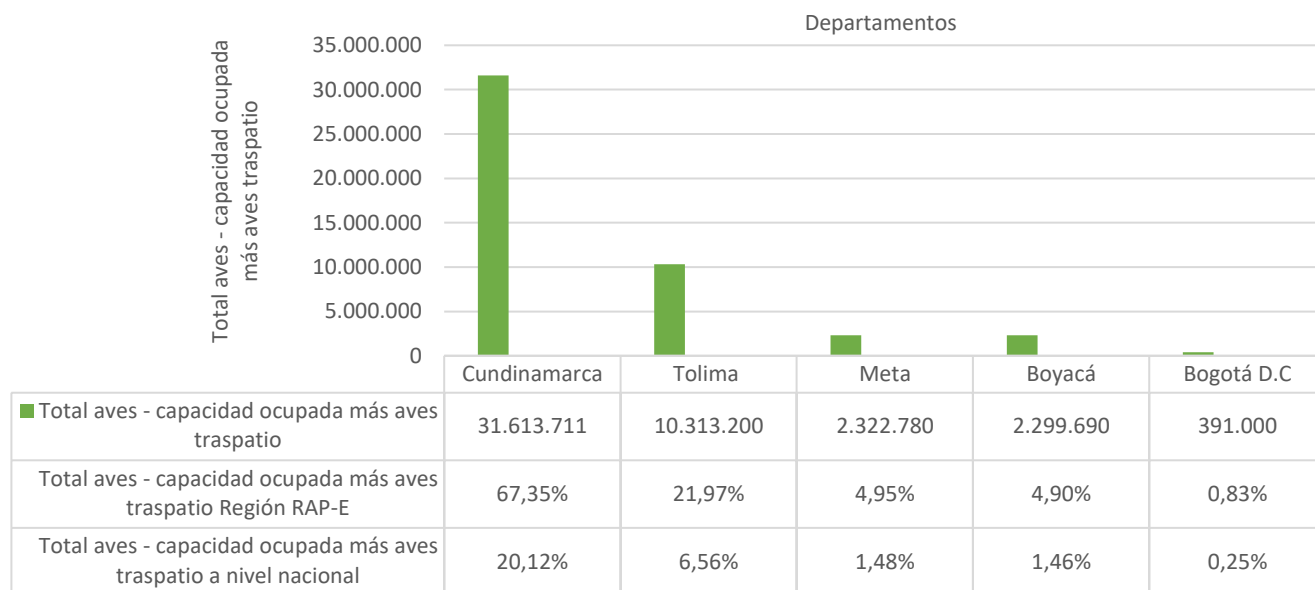


Figura 20. Región RAP-E - Total aves - capacidad ocupada más aves traspatio. [22]

En la Figura 21 se muestran los departamentos en los cuales se presenta una oferta importante de la biomasa residual pecuaria Avícola según Agronet 2017 [30], en términos de producción del residuo (t/año) y porcentaje de participación en el ámbito nacional. [22]. Donde se encuentra que el departamento que cuenta con mayor producción de residuo avícola es Santander con un 36% es decir 1,545,541 (t/año), seguido por Cundinamarca con un 32% (1,362,656 t/año), Valle 20% (860,263 t/año) y Antioquía con 12% (495,459 t/año), lo cual quiere decir que para la región RAP-E, Cundinamarca cuenta con el

100% de la producción, mientras para el panorama nacional se encuentran 3 distintas regiones como son Santander, Valle y Antioquía, las cuales se encargan de presentar la producción más importante de la biomasa con un 53%, 30% y 17% respectivamente.

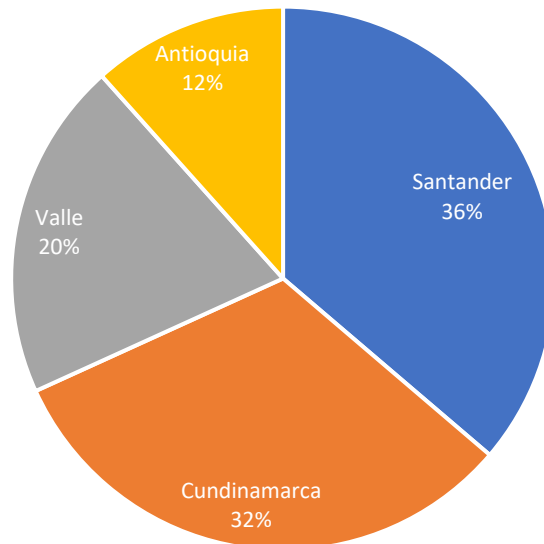
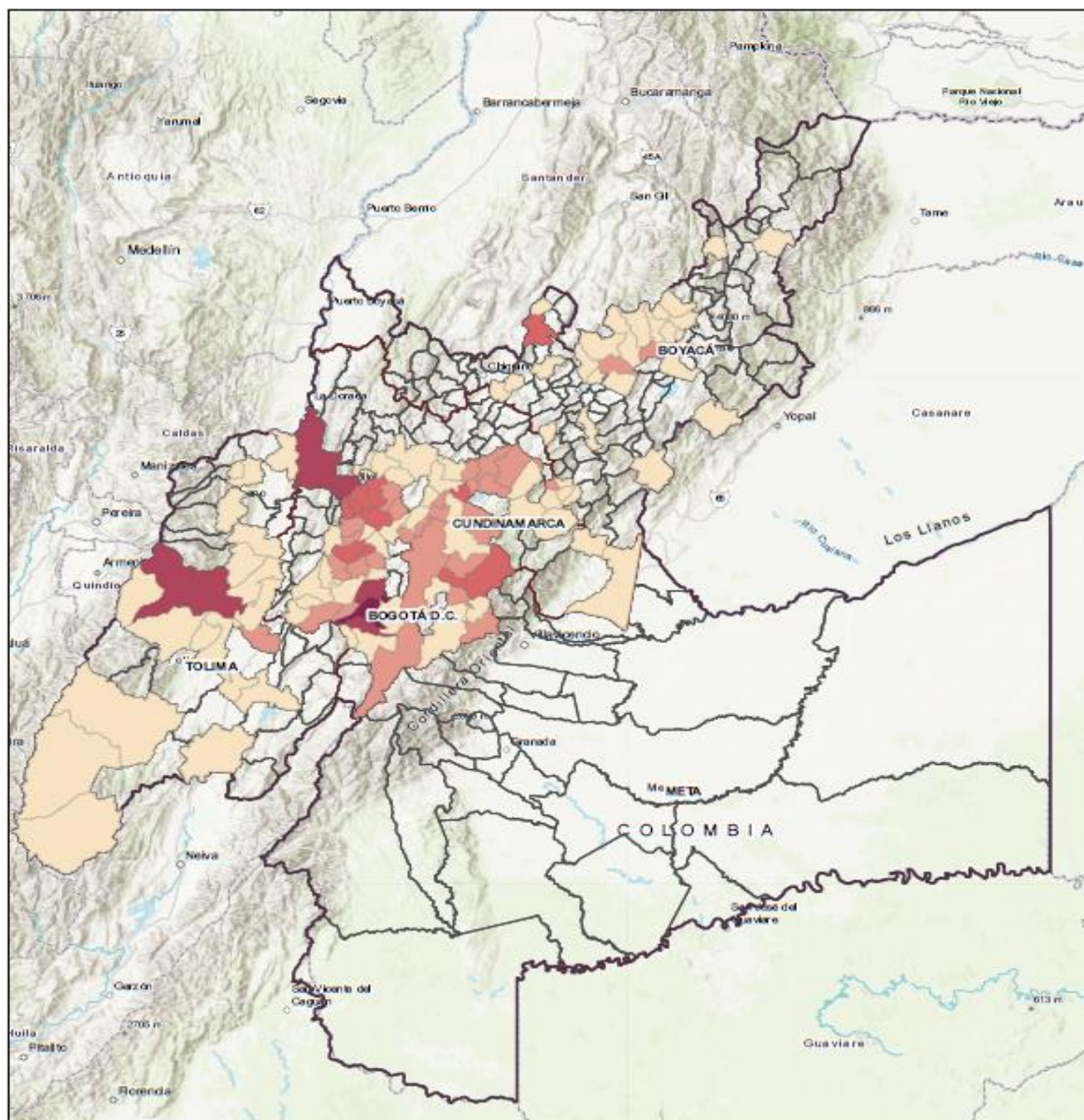


Figura 21. Producción de residuo avícola [t/año]. [22]

Se encuentra el departamento de Cundinamarca con una producción el cual aporta el 100% de residuo Avícola para la Región RAP-E, como se puede ver en la Figura 16.

En cuanto al panorama nacional la producción agrícola cuenta con 53% correspondiente a Santander, Antioquia con 17% y valle con 30%. Destacando los departamentos de Cundinamarca para la región RAP-E y Santander para el panorama nacional, con la mayor producción de residuo avícola.

Teniendo en cuenta la versión más actualizada del Atlas de la Biomasa se seleccionó el mapa que corresponde al Potencial Avícola (TJ/año), teniendo en cuenta la convención de colores presentada, se puede entender que el bajo potencial está presentado por un color blanco, mientras el alto potencial se encuentra caracterizado por el color morado y se encuentra con un potencial de 512 a 1.040 [TJ/año]. Los potenciales más altos se encuentran en los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Bogotá D.C. (Ver Figura 22).



5/15/2020, 1:42:23 PM

6.3. Potencial Biomasa - Avícola Año

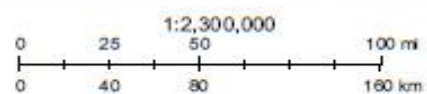
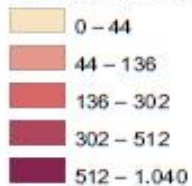


Figura 22. Potencial energético de los residuos Avícolas (TJ/año). [21] [25]

2.6.2.2. Sector Porcino

El cerdo es una de las especies domésticas más susceptibles a factores externos, como la temperatura y la higiene, requiriendo para su óptimo desarrollo y de acuerdo a su ciclo productivo temperaturas de los 14 a los 22 °C, así como una constante limpieza de las instalaciones que habita. Estas necesidades hacen que su crianza muy pocas veces se realice al aire libre o en extensos terrenos, considerándose por tanto como una ganadería de tipo intensiva, donde los animales permanecen confinados en áreas inferiores a los 2,5 m² por cabeza, siendo el pastoreo un sistema que de usarse solo se aplica en los reproductores, demandando para esto un espacio mínimo de 150 m² por cerdo. [26]

El espacio reducido en el que se desarrolla este sector, propicia la recolección de una mayor cantidad de los residuos producidos. Estos residuos se pueden determinar con base en diferentes características del animal, sin embargo, una de las más adecuadas, por englobar la mayoría de variables, es el grupo etario en el que se encuentre. La clasificación de los cerdos según su edad es: lechones lactantes, levante, reproductores y hembras lactantes, otros ciclos como la ceba, las cabezas de reemplazo o los cerdos de traspasio pueden ser tomados como un grupo con una producción de desechos promedio.

En general, el estiércol resultante de este sector posee unos altos grados de humedad, aproximadamente del 70%, siendo esta característica la principal condición para que la biomasa residual obtenida sea óptima para ser transformada por medio del proceso de digestión anaerobia.

Otra de las principales características de este sector está en la clasificación dada a los predios en los cuales se realiza la crianza de esta especie, de acuerdo a las estadísticas ICA 2015, existen diversos predios cuyo enfoque productivo es solo uno, bien sea el de cría de hembras o el de levante y ceba, esta primera forma de producción implica que después de cierta edad o culminado determinado ciclo el animal debe ser llevado a otra granja donde pueda continuar su desarrollo.

Existen también otros predios denominados de ciclo completo, los cuales cuentan con instalaciones para la cría del cerdo en cualquiera de sus etapas. Estos dos tipos de predios son catalogados como granjas tecnificadas por las características de sus instalaciones, otros terrenos dedicados a la cría de esta especie, pero de una forma artesanal son designados como de traspasio, en ellos suele llevarse a cabo todos los ciclos del animal y cuentan con cerdos de todas las edades y enfoques, aunque con una menor cantidad de cabezas. Para determinar el potencial energético que este sector puede aportar a cada departamento existen dos variables fundamentales: la población porcina y la cantidad de estiércol que producen, donde se evidencia la relación directa entre ellas, de forma que a mayor número de cabezas mayor masa de residuo. Generalmente esta relación se mantiene y puede verse alterada en casos particulares de presentarse poca homogeneidad entre los grupos etarios que conforman la población, es decir que pese a que un territorio cuente con gran cantidad de cerdos, si en su mayoría son lechones la masa de residuo puede verse afectada considerablemente por su baja tasa de producción de estiércol, esta situación se mantiene aun cuando la mayor parte de la población sean adultos puesto que en algún momento de la producción el grupo culminara su ciclo y se tendrá nuevamente una población en su mayoría de edad joven. [26]

En la Figura 23, producción del residuo porcino [t/año] para la Región RAP-E, se encuentran los departamentos de Cundinamarca y Meta con una producción de 247.710 t/año (64,61%) y 135.657 t/año (35,39%) respectivamente dichos porcentajes corresponden a la participación en la región RAP-E y comparado con el panorama nacional, aporta un 17,57% para Cundinamarca y un 9,63% para Meta.

En la Figura 24, producción del residuo porcino [t/año] para el panorama nacional, se encuentran los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca, donde Antioquia tiene la mayor producción con 869.050 t/año la cual tiene un porcentaje de 84,69% de participación en el panorama nacional, seguido por Valle del Cauca con 157.080 t/año con un porcentaje de participación de 15,31% en el panorama nacional, a nivel nacional, comparado con la región RAP-E, tienen una participación de 61,66% y 11,14% respectivamente y sumado a ello la región RAP-E cuenta con un porcentaje de participación de 27,20% comparándose con el panorama nacional.

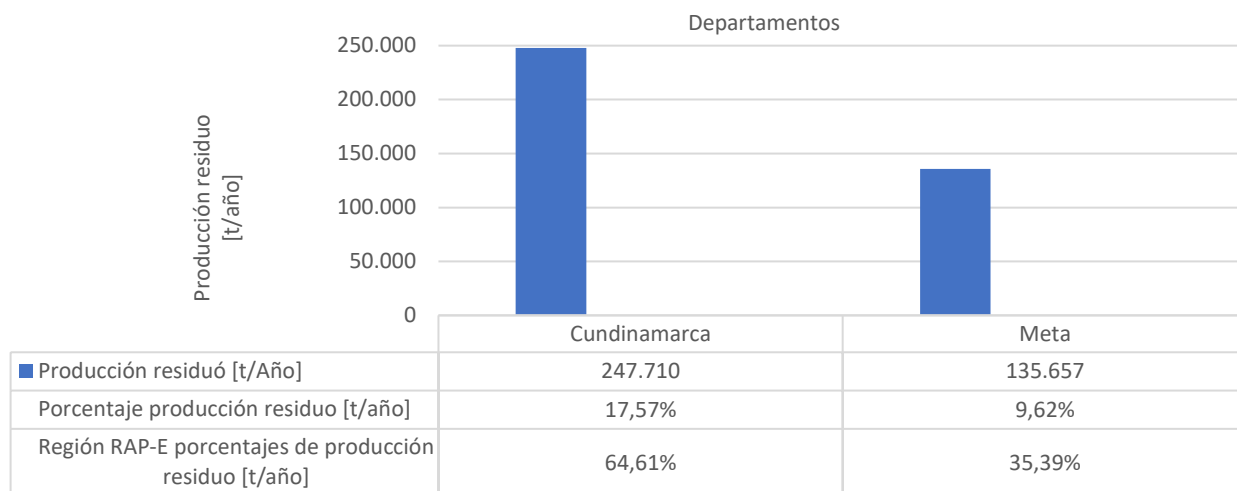


Figura 23. Región RAP-E - Producción residuo [t/año] – Porcino. [22]

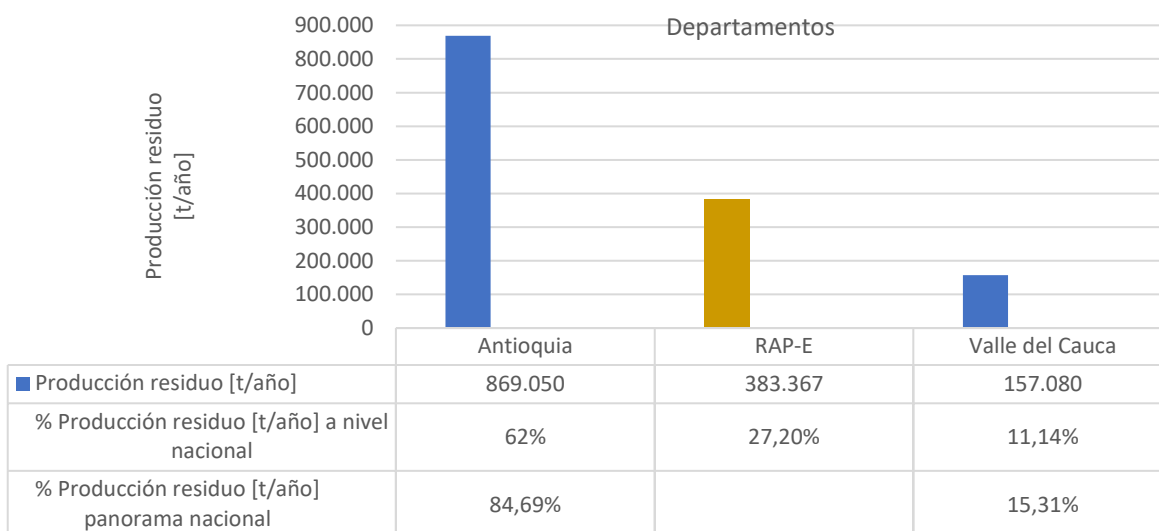
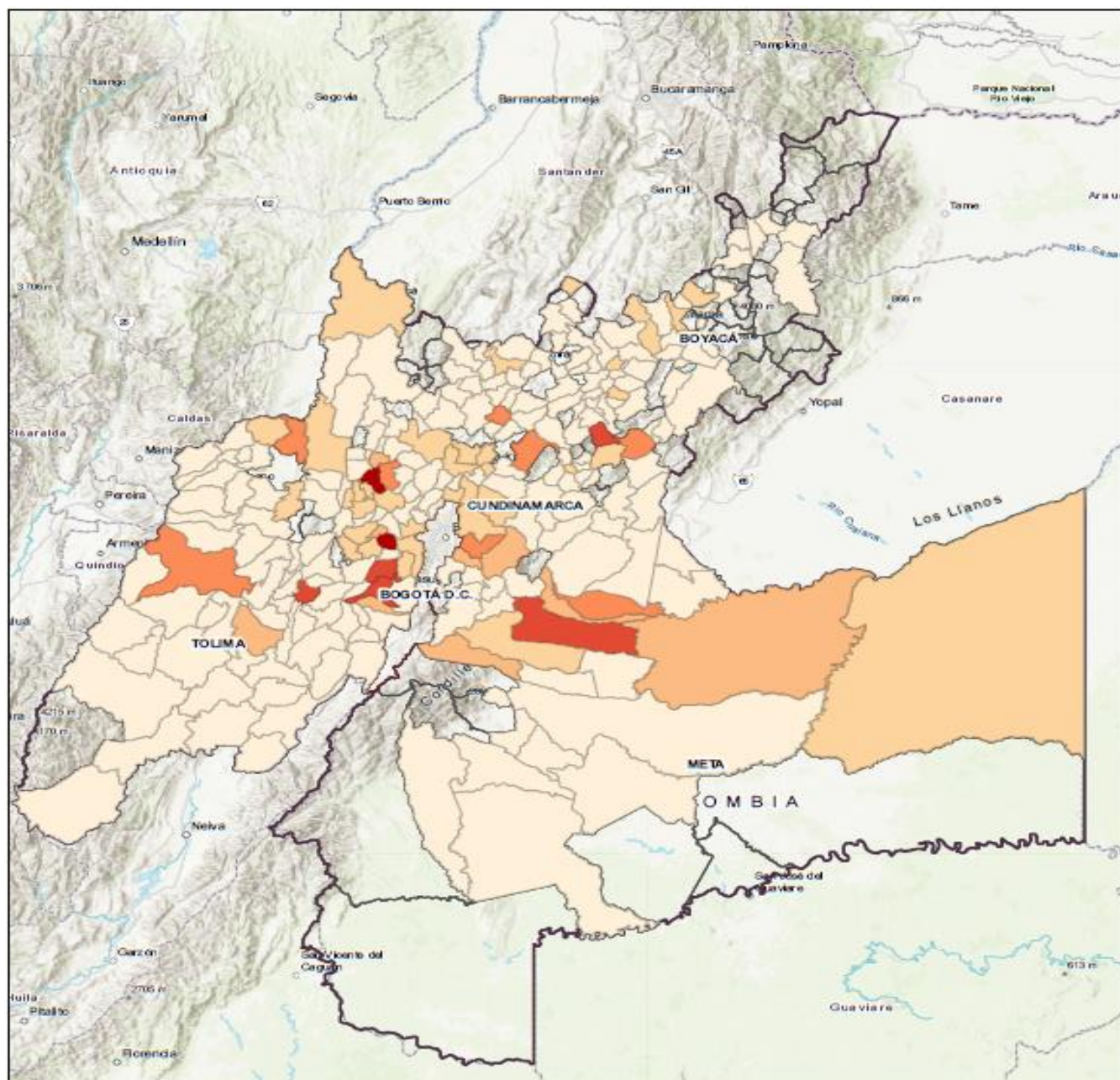


Figura 24. Panorama nacional Vs RAP-E - Producción residuo [t/año] – Porcino. [22]

Tomando como referencia el Atlas de la Biomasa, se seleccionó el mapa del potencial energético de los residuos porcícolas especialmente para la RAP-E, como se puede ver en la Figura 25. Donde siguiendo la convención de colores el potencial bajo está representado por color blanco y se encuentra entre 0 – 3,4 [TJ/año] mientras el alto potencial se representa por el color rojo y se encuentra en un rango de 67 – 126 [TJ/año]. La región RAP-E tiene potencial en distintos municipios de los departamentos de Meta, Tolima, Cundinamarca y Bogotá D.C. En cuanto al departamento que no tiene potencial a destacar es Boyacá. (Ver Figura 25).



5/15/2020, 1:43:18 PM

6.3. Potencial Biomasa - Porcicola Año

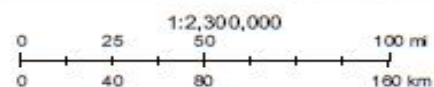
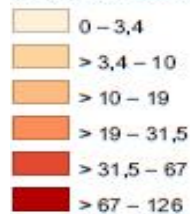


Figura 25. Potencial energético de los residuos Porcícolas (TJ/año). [21] [25]

2.6.2.3. Sector Bovino

El sector ganadero es de suma importancia para el país, como lo prueban las cifras que se presentan a continuación tomadas de portafolio de septiembre 27 de 2016. Según datos del presidente de la unión Nacional de Asociaciones Ganaderas. [31]

Al igual que muchos territorios pertenecientes a países en vía de desarrollo. La fuente de información base para realizar el análisis, estadísticas ICA 2015, presenta la población bovina discriminada por grupo etario y a su vez clasificada por género, sin embargo, la tasa de producción de estiércol, factor que determina la masa de residuo obtenida del sector, está definida principalmente por la edad del animal, razón por la cual se establece presentar la información a través de grupos de la misma edad, en un intervalo de 4 clases; bovinos menores a un año, entre 1-2 años, de 2-3 años y bovinos mayores a 3 años, sin tener en cuenta la segregación de sexo; hembra o macho, o la tipificación respecto a su producto final: carne, leche o doble propósito, de esta manera se obtiene una cantidad de biomasa residual por clase, siendo la sumatoria de estos residuos una variable base para determinar el potencial energético.

Respecto a la cantidad de predios en los que se distribuyen las cabezas de ganado bovino, el ICA los clasifica dependiendo la cantidad de animales que posee cada uno. [26].

En la Figura 26, Se puede ver la producción de residuo Bovino [t/año], donde se discriminan los datos tanto para la Región RAP-E, como para el panorama nacional.

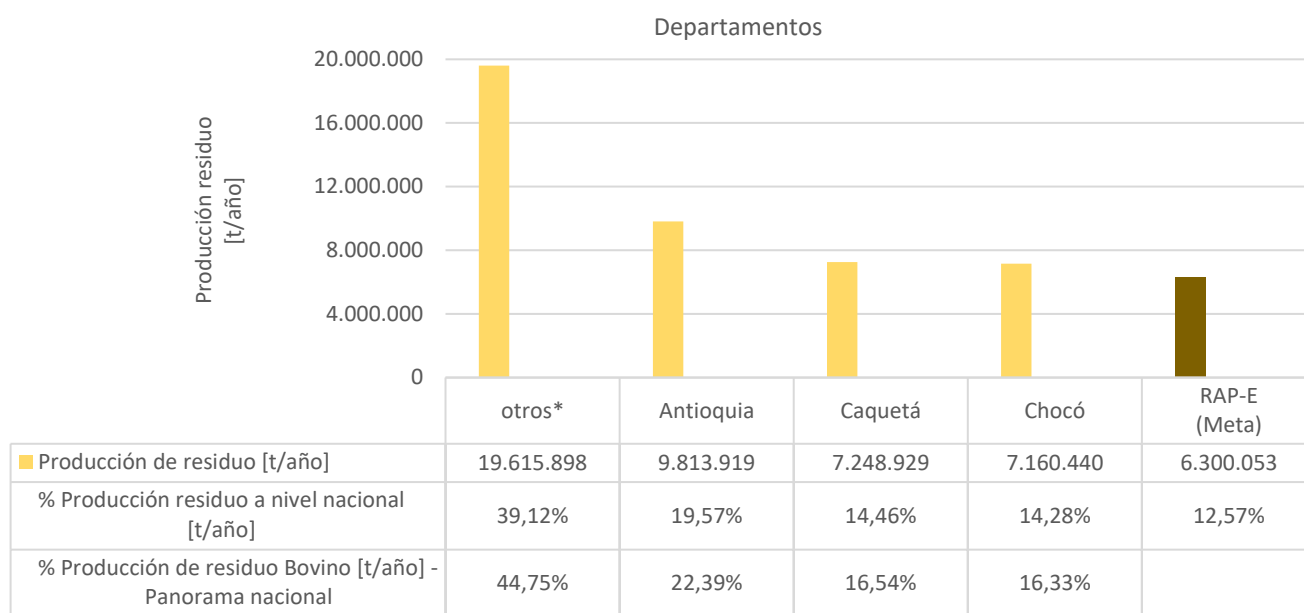
La región RAP-E, se encuentra conformada por una producción de 6.300.053 t/año correspondientes al departamento del Meta, la cual para la región RAP-E representa un 100%, mientras a nivel nacional representa un 12,565% para la producción de residuo bovino.

El panorama nacional por el contrario está conformado por distintos departamentos, donde se encuentra información de otros*, los cuales representa a los departamentos que presentan una participación inferior al 11,89% de la producción de residuo, la suma de dichos departamentos presenta a nivel nacional una participación de 39,123%, mientras en solo el panorama nacional presenta un 44,745%, los departamentos que siguen de forma subsecuente son Antioquia, Caquetá y Córdoba. (Ver Figura 26)

En

la

Figura 27. Se encuentra el mapa de la última versión tratada en el Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia, donde se brinda la información característica del potencial de la Región RAP-E, de donde se puede mencionar teniendo en cuenta la convención de colores está representa por un color Verde oliva y el departamento que cuenta con un potencial más alto corresponde al Meta cuyo departamento cuenta con un potencial importante entre 77 y 976 TJ. Seguido por Cundinamarca, que presenta un potencial un muy pocos municipios. Los demás departamentos no cuentan con un potencial que pueda representar al departamento.



*Figura 26. Panorama nacional - Producción residuo [t/año] – Bovino.
Otros*: Santander, Caldas, Cauca y Magdalena. [22]*

2.6.3. Sector Urbano

Los residuos sólidos urbanos RSU están constituidos por todo el material orgánico e inorgánico que es desechado en hogares, industrias, comercio, entre otros. Los principales motivos de su selección es la problemática actual de uso del suelo y los problemas ambientales que causa la biomasa durante su descomposición. El residuo escogido para su análisis son los residuos sólidos urbanos orgánicos separados en la fuente (RSUO), en estos se incluyen los residuos de alimentos de hogares, restaurantes y hoteles. Es una fuente muy importante para la digestión anaeróbica y la producción de biogás. Su contenido de carbono es alto y es aconsejable para alcanzar una eficiencia adecuada de proceso, mezclarla con fuentes de gran contenido de nitrógeno, como estiércoles de vacunos, de pollo o de cerdos.

Estos residuos de alimentos comprenden la mayor fracción de los residuos sólidos urbanos y son alrededor del 30% del total. De acuerdo a la Organización de Alimentos y Agricultura [32], cerca de un tercio de los alimentos producidos en el mundo, se pierden en la cadena de comercialización. [33] Además, se espera que para 2025 el aumento en residuos de este tipo sea de un 44% debido al crecimiento en la población y al mejor nivel económico, particularmente en países en desarrollo [34].

En cuanto a los residuos urbanos de lodos de PTAR, se estudiaron las plantas más grandes de tratamiento de aguas residuales, para las plantas que no se tuvo información Ver Tabla 8, se calculó a partir del índice nacional de generación de vertimientos, tomado del informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia, 2,1 l/s por cada 1000 habitantes. [35]

Sector	Departamento	Agua Residual m^3/s
PTAR	Bogotá D.C.	16,5
	Medellín	5,1
	Cali	4,9
	Barranquilla	2,5
	Cartagena	2,0
	Cúcuta	1,3
	Soledad	1,3
	Ibagué	1,1
	Bucaramanga	1,1
	Soacha	1,1

*Tabla 8. Sector Urbano lodos de PTAR.
 m^3/s : Metros cúbicos por segundo [22]*

Los ensayos con RSUO fueron realizados con diferentes relaciones de sólidos volátiles, Sabiendo que sólidos volátiles son la porción de la materia orgánica que puede eliminarse o volatilizarse cuando una materia orgánica se quema en un horno mufla a una temperatura de 550°C.

Para estimar el potencial energético del biogás de lodos de PTAR, se toma en primera instancia la información del informe técnico sobre tratamiento de aguas residuales [36] en Colombia que reporta una generación de vertimientos de 2,1 l/s por 1000 habitantes, (ver Tabla 9). A partir de esos datos se calculan los vertimientos en las principales ciudades del país. Para establecer el potencial de generación de biogás y su equivalente energético en el país, se consultan las páginas Web de las 3 principales PTAR del país: San Fernando en Medellín (Ver Tabla 10), Cañaveral en Cali [37] y Salitre en Bogotá D.C [38]. Ver

Tabla

11)

Informe técnico sobre tratamiento de aguas residuales en Colombia, Superservicios	
2,1	l/s x 1000 hab
35.367.293	hab/2012 DANE
74,27	l/s Urbano Col

*Tabla 9. Vertimiento de las PTAR en Colombia (l/s x 1000 habitantes).
l/s: Litros por Segundo. [22]*

Debido al gran interés en el tratamiento de los RSUO, se realizaron diferentes ensayos de codigestión, en los cuales se observó el comportamiento de la producción de biogás al utilizar lodos, estiércol vacuno y gallinaza como inóculo.

Biogás PTAR San Fernando		
Capacidad instalada		1,8
Actual		1,3
Trata 20% aguas residuales generadas en el sur del área metropolitana del Valle de Aburrá Genera Electricidad.		
Año	Biogás (m^3 /mes)	Biogás (m^3 /mes)
2009	355987	494,43
2010	372186	505,68
Potencial Energético Planta de San Fernando		
Biogás (m^3 /año)		GJ/año
4.429.757		103.330

Tabla 10. PTAR de San Fernando. m^3 /mes: Metros Cúbicos por mes; m^3 /año: Metros cúbicos por año. GJ/año: Giga Joule por año. [39]

Nombre del colector afluente	Caudal (m^3 /s)
Colector General	2,2
Estación de Bombeo Cañaveralejo	1,92
Los principales datos de la PTAR se citan a continuación: • Población atendida: 2.200.000 habitantes • Tipo de tratamiento: Primario avanzado químicamente asistido • Caudales de operación: - Medio: 4.0 m^3 /s - Máximo: 9.9 m^3 /s • Eficiencia en remoción SST: DBO5: (Según Licencia Ambiental) 60% 40% Tratamiento • Estabilización de lodos: anaeróbico • Generación de biogás: 13500 m^3 /d • Generación de biosólidos: 165 ton/d. Capacidad 4 m^3 /s Biogás 13500 m^3 /d Potencial Energético Planta de Salitre Factor de emisión del CO ₂ GN 56,06 kg/GJ FECOC • Reducción de CO ₂ /año emisiones de CO ₂ 6444 o Línea de impulsión Aguablanca-Navarro	3,48
TOTAL	7,6

Tabla 11. PTAR CAÑAVERALEJO en Cali y SALITRE en Bogotá D.C. CO₂: Dióxido de Carbono, GN: Gas natural, kg/GJ: kilogramos por Giga Joule. [22]

A partir de la información de las PTAR estudiadas se calcula un promedio nacional para extrapolar los datos de las principales PTAR del país con el fin de establecer un potencial bruto y técnico de generación

de biogás y su equivalente energético (GJ/año). (Ver

Tabla 12).

	m^3/s	Biogás ($m^3/año$)	GJ/año
Salitre	4	4.927.500	114.941
San Fernando	1,8	4.429.757	103.330
Cañaveralajo	7,6	9.490.000	221.367
Promedio	4		

Tabla 12.Principales PTAR sus vertimientos, generación de biogás y equivalente energético (GJ/año). [22]

Para establecer el potencial de los RSU se consultan las estadísticas del Sistema Único de Información (SUI) en el cual se reportan las cantidades diarias de RSU que se depositan en cada relleno nacional y en los principales, (Ver Tabla 13).

Departamento	Relleno	t/día (2016)	Cantidad de residuo t/año
Bogotá D.C.	Doña Juana	6.300	2.299.500
Antioquia	La Pradera	3.260	1.189.900
Valle del Cauca	El Guabal	3.072	1.121.280
Atlántico	Los Pósitos	1.907	696.055
Cundinamarca	Nuevo Mondoñedo	1.157	422.305
Bolívar	Loma de los Cocos	1.049	382.885
Santander	El Carrasco	901	328.865
Risaralda	La Glorita	677	247.105
Nte Santander	Guayabal	783	285.795
Valle del Cauca	Presidente	646	235.790
Total Nacional		26.975	9.845.875

*Tabla 13. RSU diarios depositados en los principales rellenos del país (t/d).
t/día: Toneladas por día. [22]*

Donde se encuentra que el Relleno de Doña Juana cuenta con una cantidad de residuo [t/año] del 23,4%, destacándose como el relleno más representativo [40]- [41]. Es importante mencionar que es uno de los proyectos más importantes de Colombia, el cual usa los Residuos Solido Urbanos para generar energía Eléctrica. [42]

Se trabaja con el factor de generación de FENOSA de $66 m^3$ de biogás por toneladas de RSU, el cual se acepta como factor de seguridad teniendo en cuenta que los RSU en Colombia tienen mayor contenido de materia orgánica que los europeos.

De acuerdo a la caracterización de los RSU de las principales ciudades colombianas, se toma el 60% de la oferta nacional con un contenido medio del 70% de materia orgánica Con el factor de generación de biogás por tonelada de RSU (FENOSA) depositado en los rellenos, se calcula el biogás generado y su equivalente energético. Ver Tabla 14 y Figura 28.

Departamento	Relleno	Cantidad de RSUO t/año	Biogás (m³/año)	TJ/año
Bogotá D.C.	Doña Juana	1.609.650	106.236.900	981
Antioquia	la Pradera	832.930	54.973.380	508
Valle del Cauca	El Guabal	784.896	51.803.136	478
Atlántico	los Pósitos	487.239	32.157.741	297
Cundinamarca	Nuevo Mondoñedo	295.614	19.510.491	180
Bolívar	Loma de los Cocos	268.020	17.689.287	163
Total		4.278.348	282.370.935	2.607

Tabla 14. Potencial energético técnico del biogás de los RSU (TJ/año). [22]

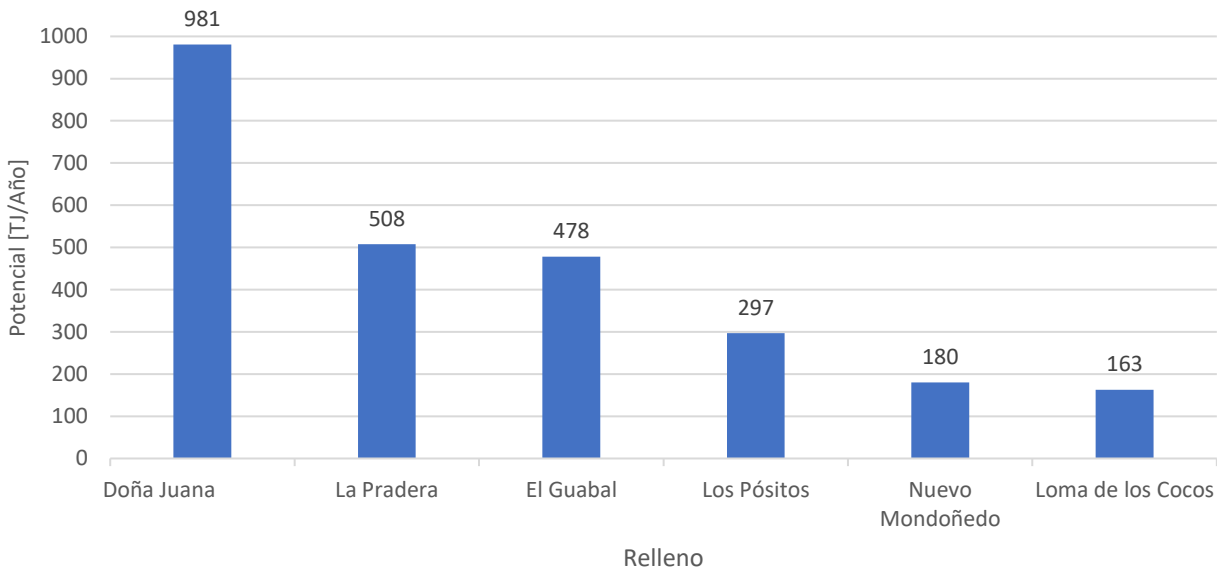


Figura 28. Potencial energético técnico del biogás de RSU (TJ/año). [22]

Posteriormente, se presentan los indicadores de oferta energética del biogás de RSU en los rellenos con mayor oferta en términos de GJ/habitante y GJ/km². Ver Tabla 15.

	hab	km²	GJ/hab	GJ/km²
Bogotá D.C.	7674366	1587	0,13	618,29
Antioquia	6299886	63612	0,08	7,98

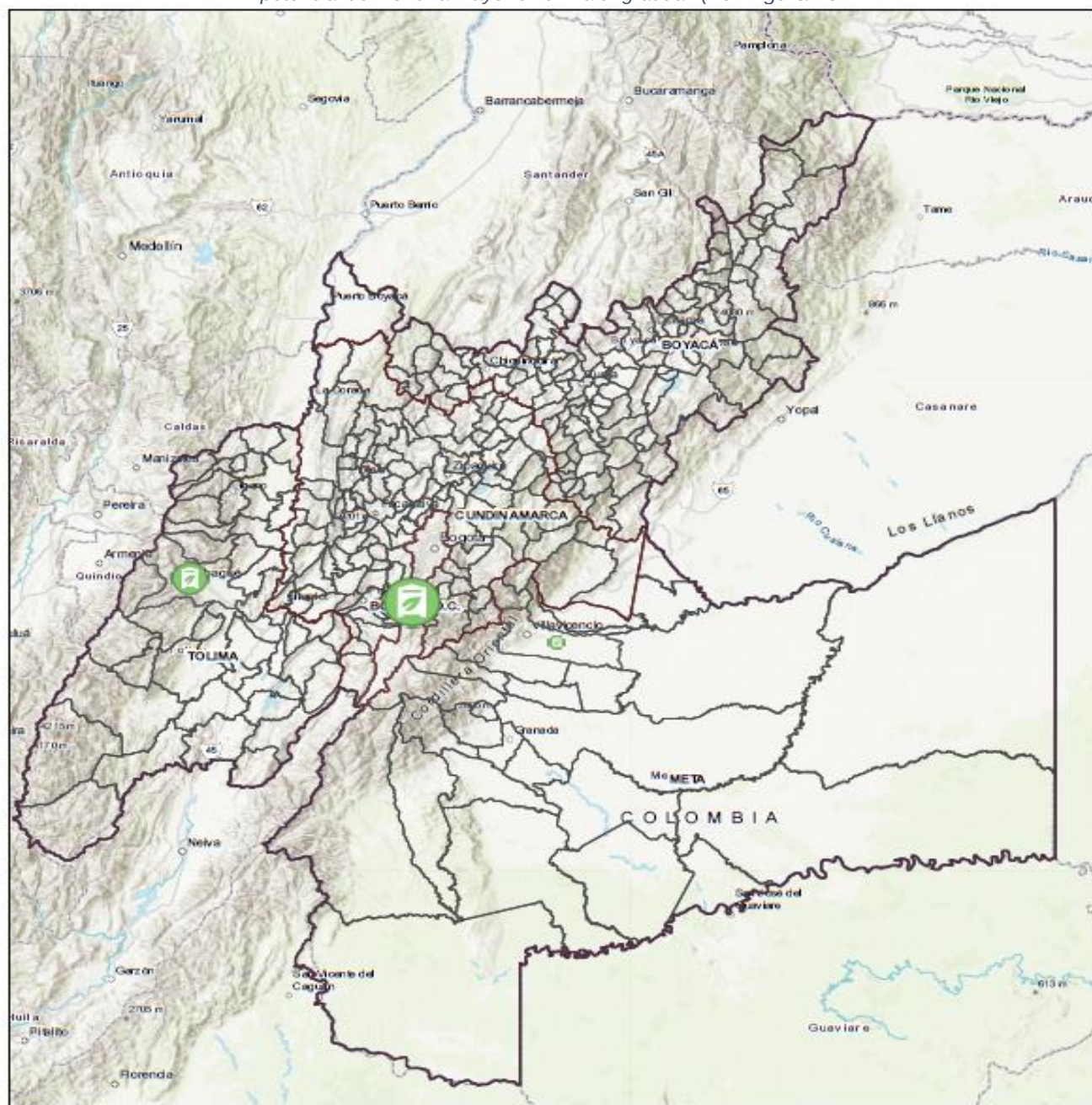
Valle Cauca	4520166	22140	0,11	21,61
Atlántico	2403027	3388	0,12	87,67
Cundinamarca	2598245	22633	0,07	7,96
Bolívar	2049083	25978	0,08	6,29
Promedio			0,10	124,97

*Tabla 15. Oferta energética de Biogás de RSU Departamental por habitante y km^2
hab: Habitante, km^2 : kilómetro Cuadrado, GJ / hab: Giga Joule por habitante,
GJ / km^2 : Giga Joule por kilómetro cuadrado [22]*

De acuerdo a la oferta energética de los RSU se calcula el potencial de reducción de emisiones de CO_2 al emplearse el biogás como sustituto de GN.

La región RAP-E cuenta con un potencial escaso en RSOU para la región RAP-E, potencial que va desde los 0 a 106 [TJ/año] repartido principalmente en el Meta, Tolima y Cundinamarca, donde se presenta el

potencial de menor a mayor en un valor gradual. (Ver Figura 29)



5/15/2020, 1:48:44 PM

6.3. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU)

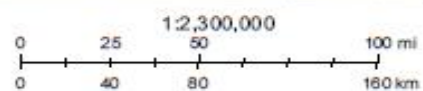
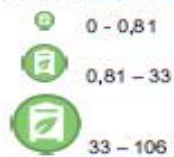


Figura 29).

De manera complementaria, se presenta información de los Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos (RSUO) respectivos a las plazas de mercado y a las Podas en los Anexos del documento, con las Figura 57 y Figura 58.

Para la Figura 57, se presentan los datos respectivos de los Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos en las plazas de mercado, con un potencial entre 0 y 36 TJ. Con potenciales en el departamento de Bogotá, Tolima y Meta. Bogotá, con un potencial de 35,96 TJ; Tolima, en el municipio de Ibagué con 8,30 TJ y Meta con el municipio de Villavicencio con un potencial de 0,81 TJ.

Para la Figura 58, se presentan los datos respectivos de los Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos en podas, donde se presenta un potencial de 25,19 a 71 TJ. Presentándose el más alto potencial en el departamento de Bogotá D.C con un potencial de 70,86 TJ. Y finaliza con el potencial del municipio de Ibagué en el departamento del Tolima, con un potencial de 25,19 TJ. se presentan los datos respectivos de los Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos en las plazas de mercado

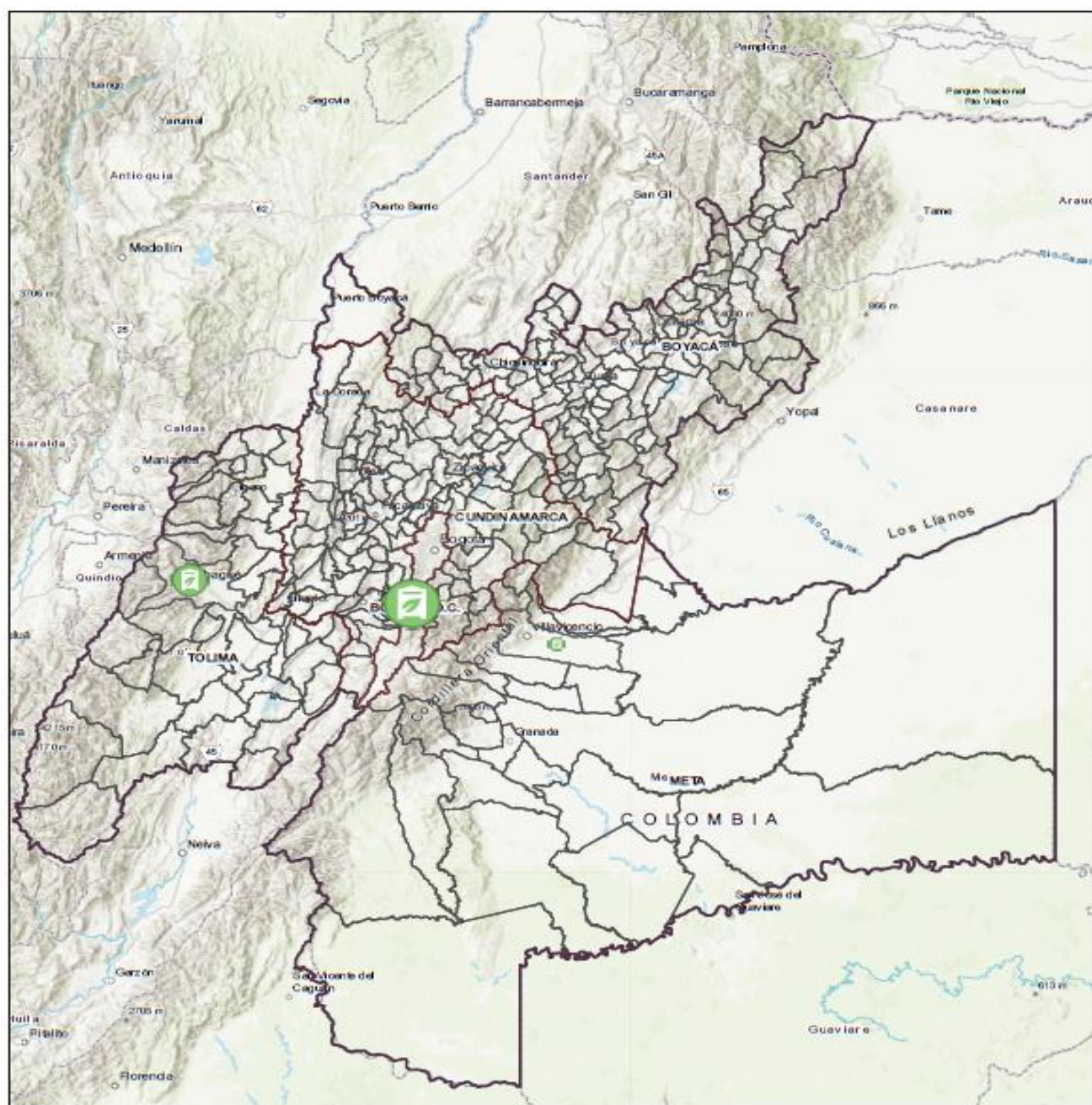
2.6.4. Sector Industrial

La conversión de residuos en energía es el proceso de generación de energía – electricidad, calor o combustible – por medio del tratamiento de los residuos. Es una fuente de energía limpia y confiable que permite que las instalaciones procesadoras de alimentos y bebidas tales como las cerveceras y mataderos conviertan sus residuos en una fuente de ingresos, convirtiendo gastos en oportunidades. [43]

Para el sector industrial se tomaron aquellas industrias que normalmente son citadas por la literatura especializada como con alto potencial de generación de biogás a partir de sus biomásas residuales, para ello se tomó en cuenta el tamaño de la industria y los factores de generación de biogás a partir de sus residuos. [22]

2.6.4.1. Industria Láctea

Para estimar el potencial energético del biogás de la industria láctea en Colombia se revisan las estadísticas de producción de leche en los principales departamentos del país, ya que los factores de generación de biogás están en términos de m^3 de leche procesada. Ver Tabla 16.



5/15/2020, 1:48:44 PM

6.3. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU)

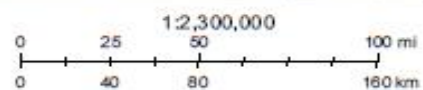
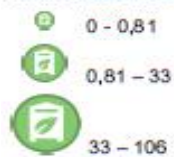


Figura 29. Potencial de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (TJ/año) [21] [25]

Departamentos	Vacas en Ordeño
Antioquia	345.867
Cundinamarca	328.342
Magdalena	284.234
Córdoba	273.320
Cesar	243.435
Bolívar	191.362
Boyacá	185.832
Nariño	105.156

Tabla 16. Producción láctea en Colombia. [22]

Se encuentra que el panorama nacional cuenta con un potencial mucho mayor que la región RAP-E, puesto que, para el panorama nacional, se encuentran más departamentos que para la región RAP-E, donde la cantidad de vacas en ordeño, representa un 26,27% con los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.

Para establecer la generación de biogás se toman los factores de producción del manual de biogás de GTZ [33] que se presentan en la Tabla 17, allí se presentan 3 corrientes de residuos; lodos de PTE, Barros Grasos, Suero.

Sector	Corriente residuos	Tasa generación		ST %	SV (% ST)	Potencial de metanización		
Industria láctea	Lodos PTE	1,3	kg/m ³ leche procesada	0,1	0,8	280	29,1	L CH ₄ /m ³ leche procesada
	Barro Grasos	1,23	kg/m ³ leche procesada	0,13	0,95	600	91,1	L CH ₄ /m ³ leche procesada
	Suero	0,85	m ³ /m ³ leche procesada	0,04	0,9	250	7,7	L CH ₄ /m ³ leche procesada

Tabla 17. Factores de generación de residuos y contenido de CH₄ en industria láctea.

GTZ: Agencia Alemana de Cooperación Técnica - Manual del Biogás, ST: Sólidos Totales, SV: Sólidos Volátiles, CH₄: Metano. [22]

Con los datos de producción de leche y los factores de generación de residuos y el contenido de CH₄ del biogás producido, se calcula para los principales departamentos del país, cuyos resultados se presentan en

la Tabla 18.

Departamentos	Leche (m ³ /año)	producida (CH ₄ PTE)	m ³ (Lodos CH ₄ m ³) (Barros Grasos)	CH ₄ m ³ (Suero)
Cundinamarca	1.877.118	54.662	171.086	14.360
Antioquia	1.432.561	41.716	130.568	10.959
Boyacá	439.321	12.793	40.041	3.361

Magdalena	240.476	7.003	21.918	1.840
Cesar	278.872	8.121	25.417	2.133
Bolívar	188.189	5.480	17.152	1.440
Córdoba	323.477	9.420	29.483	2.475
Nariño	332.040	9.669	30.263	2.540
Otros	1.295.404	37.722	118.067	9.910
Total	6.407.459	186.585	583.995	49.017

Tabla 18. Producción de CH₄ en los residuos lácteos de los departamentos de Colombia; PTE: Plantas de tratamiento de Efluentes. [22]

Establecido el contenido de CH₄ en el biogás producido y a partir del poder calorífico de este, se calcula su equivalente energético, Ver Tabla 19.

Departamentos	GJ/año (Lodos PTE)	GJ/año (Barros Grasos)	GJ/año (Suero)
Cundinamarca	1.958	6.127	514
Antioquia	1.494	4.676	393
Boyacá	458	1.434	120
Magdalena	251	785	66
Cesar	291	910	76
Bolívar	196	614	52
Córdoba	337	1.056	89
Nariño	346	1.084	91
Otros	1.351	4.229	355
Total	6.683	20.916	1.756

Tabla 19. Potencial energético del biogás de los diferentes residuos lácteos. [22]

2.6.4.2. Industria Cervecera

Para establecer el potencial energético del biogás generado a partir de las biomásas residuales de la industria cervecera en el país [44], se analiza el sector industrial, dejando de lado el sector de cervecería artesanal, que si bien tiene un auge comercial no hay estadísticas firmes al respecto. [22]
La producción de cerveza se puede ver en la Tabla 20, Según las estadísticas de dos años diferentes.

Millones de hectolitros/año (MHL/año)		
	2009	2016
Barranquilla	3,1	4,4
Tibasosa	1,3	1,9
Bucaramanga	2,1	3,0
Tocancipá	5,3	7,6
Yumbo	2,7	3,9
Itagüí	2,4	3,5
Total	16,88	24,284

Tabla 20. Producción cervecera en Colombia (MHL/año). [22]

Para efecto de cálculos, se toma el consumo de cebada por litro de cerveza producido esta de 0,325 kg de cebada/ l de cerveza, con el cual se calcula el consumo de cebada en esta industria. Ver Tabla 21.

	MHI/año	Cebada t/año
	2016	
Barranquilla	4,4	144.006
Tibasosa	1,9	60.782
Bucaramanga	3,0	98.186
Tocancipá	7,6	247.803
Yumbo	3,9	126.239
Itagüí	3,5	112.213
Total		789.230

Tabla 21. Consumo de cebada por la industria cervecera en el país. [22]

Para estimar el potencial energético del biogás generado por los residuos de la industria cervecera, se toman los factores reportados por GTZ en el manual de biogás que se presentan en la Tabla 22.

Sector	Corriente residuos	Tasa generación		ST%	SV (% ST)	Potencial de metanización		
Cervecería y Maltería	Polvillo y casullo	19	kg/t cebada procesada	0,85	0,85		0	L CH ₄ / t cebada procesada
	Lodos PTE	2	kg/t cebada procesada	0,15	0,8	280	67,2	L CH ₄ / t cebada procesada

Tabla 22. Factores de generación de residuos cerveceros y su equivalente energético. [22]

De acuerdo con lo reportado en la Tabla 23 el residuo con potencial de generación de biogás son los lodos de PTE que según la tasa de generación son del orden de 1.578,5 toneladas al año. Con los factores de generación de CH₄ por litro de cebada procesada y su potencial energético se calcula el potencial energético bruto del biogás de los lodos de PTE de la industria cervecera de las plantas en Colombia, ver Figura 30.

	Cerveza MHI/año	Cebada t/año	CH ₄ m ³ (lodos PTE)	TJ/año
Barranquilla	4,4	144.006	9.677	0,350
Tibasosa	1,9	60.782	4.085	0,148
Bucaramanga	3,0	98.186	6.598	0,239
Tocancipá	7,6	247.803	16.652	0,602
Yumbo	3,9	126.239	8.483	0,307
Itagüí	3,5	112.213	7.541	0,273
Total	24,3	789.230	53.036	1,92

Tabla 23. Potencial energético bruto del biogás de cervecería (TJ/año). [22]

Como indicador de la concentración de la oferta energética del biogás de residuos de cervecería, se presenta la oferta en las diferentes plantas en términos de GJ por habitante y por km², de acuerdo a la localización de la misma. Ver Tabla 24.

Departamento	Localización	Hab	Km ²	GJ/hab	GJ/km ²
Atlántico	Barranquilla	2.403.027	3.388	0,00015	0,10326
Boyacá	Tunja	1.272.844	23.189	0,00012	0,00637
Santander	Bucaramanga	2.414.427	30.537	0,00010	0,00781
Cundinamarca	Bogotá D.C.	2.598.245	22.633	0,00023	0,02660
Valle	Cali	4.520.166	22.140	0,00007	0,01385
Antioquia	Medellín	6.299.886	63.612	0,00004	0,00429
Promedio				0,00012	0,02703

Tabla 24. Oferta energética de Biogás de Cervecería por habitante y km². [22]

Para estimar el potencial de reducción de emisiones de CO₂, se toma como referencia directa el gas natural que se puede sustituir en términos de equivalencia energética y con el factor de emisiones para el Gas Natural tomado del Factor de Emisiones de los Combustibles Colombianos (FECOC) estudio realizado por la UPME [45], se establece la misma, como se presenta en la Tabla 25.

Factor de emisión del GN	56,06	CO ₂ Kg/GJ
FECOC		
Reducción de emisiones de CO ₂	107,5	T CO ₂ /año

Tabla 25. Potencial de reducción de emisiones de CO₂ por Biogás de Cervecería.

Kg/GJ: kilogramo por Giga joule;

T CO₂/año: Toneladas de Dióxido de carbono por año [22]

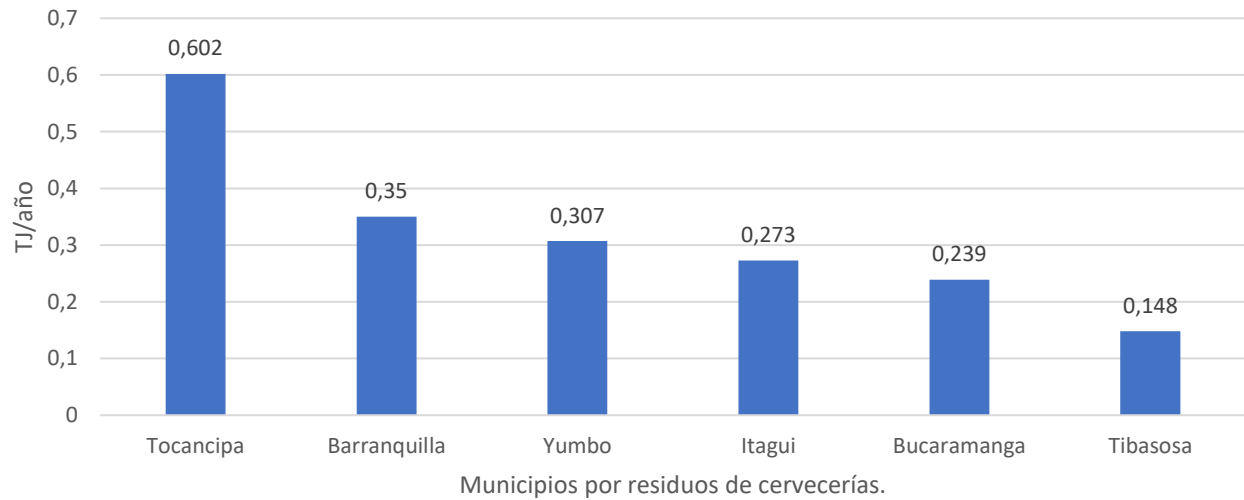


Figura 30. Potencial técnico de biogás de cervecería (TJ/año). [22]

2.6.4.3. Industria Destilería

La industria de las destilerías de alcohol ha tenido un crecimiento importante en el país, a raíz de la incorporación de etanol a las gasolinas. La producción de etanol se presenta en la Tabla 26 y Tabla 27. [22]

	Destilerías	Alcohol
Valle	MAYAGÜEZ	250000
Valle	MANUELITA	250000
Cauca	INCAUCA	350000
Valle	PROVIDENCIA	300000
Risaralda	RISARALDA	100000
Valle	RIPOPAILA - CASTILLA	400000
Meta	BIOENERGY	320000

Tabla 26. Localización y producción de las destilerías en el país. [22]

Valle	1200000
Cauca	350000
Risaralda	100000
Meta	320000
TOTAL	1.970.000

Tabla 27. Producción departamental de las destilerías nacionales. [22]

Como base para los cálculos de estimación de la generación de biogás y su equivalente energético en la industria de las destilerías, se toma la información de BIOTEC – CENICAÑA [30], que presentan el balance para una planta que procese 5.000 toneladas al día de caña, (Ver Tabla 28) teniendo como biomasa con potencial de generación de biogás a las vinazas, las cuales se producen en un rango de 12 a 15 m^3 de vinazas/ m^3 de alcohol producido.

Balance BIOTEC		
Caña	5.000	t/d
Alcohol	150.000	L/d
Vinazas	2.000	m^3 /d
Biogás	12.000.000	m^3 /año
CH ₄	6.600.000	m^3 /año
CH ₄ en biogás	57,5 %	
PCI biogás	20.594	MJ/ m^3

Tabla 28. Balance de una destilería que procesa 5000 t/d de caña. L/d: Litros por día. MJ/ m^3 : Mega Joule por metro cúbico. [22]

Para el cálculo del potencial bruto energético del biogás producido por las vinazas de las destilerías, se toma la producción nacional global de etanol como base.

Se toma igual al bruto por su generación concentrada en las destilerías, ver Tabla 29. Potencial energético técnico de biogás de destilerías (TJ/año).

Departamento	Vinaza [m^3 /año]	Biogás [m^3 /año]	TJ/año
Valle	5.840.000	96.000.000	1.977
Cauca	1.703.333	28.000.000	577
Risaralda	486.667	8.000.000	165
Meta	1.557.333	25.600.000	527
Total	9.587.333	157.600.000	3.246

Tabla 29. Potencial energético bruto del biogás de cervecería (TJ/año). [22]

Para estimar el potencial de reducción de emisiones de CO₂, se toma como referencia directa el gas natural que se puede sustituir en términos de equivalencia energética y con el factor de emisiones para el Gas Natural tomado del Factor de Emisiones de los Combustibles Colombianos (FECOC) estudio realizado por la UPME [46] se establece la misma. Como se presenta en la Tabla 30.

FECOC		
Reducción de emisiones de CO ₂	181.946	t CO ₂ /año

Tabla 30. Potencial de reducción de emisiones de CO₂ por Biogás de Cervecería. [22]

2.6.4.4. Plantas de Beneficio Animal

Para estimar el potencial energético del biogás de las plantas de beneficio animal en Colombia, se toma la información de las cabezas sacrificadas en el país de manera global e individual. Una revisión de los diferentes residuos generados en esta actividad lleva a identificar que el residuo disponible y no disputable para la producción de biogás es el rumen, cuyas tasas de generación de acuerdo al tipo de animal sacrificado se presentan en la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34. [22].

El principal factor biótico a nivel del rumen en la producción de metano son las bacterias anaerobias metanógenas. Estas bacterias utilizan diferentes sustratos para la producción de metano, pero los principales son el H₂ y el CO₂. La eliminación de estos gases, principalmente del H₂ implican la remoción de un factor implicado en la estabilidad del pH ruminal siendo este esencial para una óptima fermentación. Éste a la par se considera en la producción de metano como una pérdida de energía potencialmente utilizable. [20]

	Peso [Kg]	Rumen	Rumen [kg/animal]
Adulto macho	430	5,8	24,94
Hembra	320	6,3	20,16
Promedio	375	6,05	22,6875

*Tabla 31. Producción de rumen en las plantas de beneficio animal.
kg/animal: kilogramo por animal [22]*

Biogás Rumen Factor		
Factor generación residuo	16,6	Biogás m ³ /T rumen
PCI Biogás	22,4	MJ/m ³

*Tabla 32. Plantas de beneficio animal tasa de generación de Biogás y PCI
m³/T: Metros cúbicos por tonelada. [22]*

El potencial bruto energético del biogás producido a partir del rumen de las plantas de beneficio animal se calcula a partir de la información global de sacrificio mensual de animales en el país, con los factores de generación y su potencial energético correspondientes.

	Sacrificio/mes
Nacional	380.461

Tabla 33. Animales sacrificados mensualmente en Colombia en las Plantas. [22]

POTENCIAL BRUTO			
Sacrificio año	Rumen t/año	Biogás [m ³ /año]	TJ/año
4.565.532	103.581	1.718.891	462

Tabla 34. Potencial energético bruto del biogás de Rumen de plantas de beneficio. [22]

Para estimar el potencial de reducción de emisiones de CO₂, se toma como referencia directa el gas natural que se puede sustituir en términos de equivalencia energética y con el factor de emisiones para el Gas Natural tomado del Factor de Emisiones de los Combustibles Colombianos (FECOC) estudio realizado por la UPME [46], se establece la misma. Como se presenta en la Tabla 35.

FECOC		
Reducción de emisiones de CO ₂	25.925	t CO ₂ /año

Tabla 35. Potencial de reducción d emisiones de CO₂ por Biogás de Plantas de beneficio. [22]

Se toman las plantas de beneficio que generan más de 100 t/d de rumen (del orden de 40 m³de biogás/d), la lista se presenta en la Tabla 36.

Departamento	mes sacrificio	Rumen t/mes)	Biogás (m ³ /mes)	TJ/año	Rumen t/d	Biogás (m ³ /d)
Cundinamarca	31.104	706	11.710	3,2	1.036,8	390
Bogotá D.C	50.000	1.135	18.825	5	1.666,7	627
Antioquia	19.680	446	7.409	2,0	656,0	247
Atlántico	14.400	327	5.422	1,5	480,0	181
Meta	13.680	310	5.150	1,4	456,0	172
Córdoba	11.258	255	4.239	1,1	375,3	141
Valle del cauca	10.504	238	3.955	1,1	350,1	132
Antioquia	9.750	221	3.671	1,0	325,0	122
Córdoba	9.360	212	3.524	0,9	312,0	117
Santander	17.400	395	6.551	1,8	580,0	208
Caldas	7.680	174	2.891	0,8	256,0	96
Valle del cauca	4.800	109	1.807	0,5	160,0	60
Antioquia	8.895	202	3.348	0,9	296,5	111
Atlántico	4.320	98	1.626	0,4	144,0	54
Huila	4.320	98	1.626	0,4	144,0	54
Risaralda	4.320	98	1.626	0,4	144,0	54
Antioquia	3.840	87	1.446	0,4	128,0	48
Valle del cauca	3.840	87	1.446	0,4	128,0	48
Total	2.749.812	62.386	1.035.285	23,2		

*Tabla 36. Plantas de beneficio con producción de rumen superior a 100 t/d.
m³/d: Metros cúbicos por día. [22]*

El potencial de reducción de emisiones de CO₂, se toma como las correspondientes al gas natural que se puede sustituir en términos de equivalencia energética y con el factor de emisiones para el Gas Natural tomado del Factor de Emisiones de los Combustibles Colombianos (FECOC) estudio realizado por la UPME [46]. Como se presenta en la Tabla 37.

FECOC		
Reducción de emisiones de CO ₂	1.301	t CO ₂ /año

Tabla 37. Potencial de reducción de emisiones de CO₂ por Biogás de Plantas de Beneficio. [22]

2.6.5. Oferta de Biomasa residual por sector

En la Tabla 38, se resumen los departamentos en los cuales hay mayor oferta de biomasa residual para cada uno de los sectores en estudio.

Sector	Departamento	Producción
Pecuario		
Avícola	Santander	1.545.541
Porcino	Antioquia	869.050
Bovino	Antioquia	9.813.919
Agrícola		
Arroz	Casanare	695.395,0
Banano	Antioquia	1.246.209
Maíz	Córdoba	143.816
Palma de Aceite	Meta	488.364
Caña de Azúcar	Valle de cauca	19180062,3
Urbano		
RSU	Bogotá D.C. Doña Juana	2.299.135
PTAR	Bogotá D.C. (AR m ³ /s)	16,5
Industrial		
Cerveceros	Barranquilla	144.006
Lácteo	Cundinamarca	5.142.788
Vinazas	Valle	5.840.000
Matadero	Cundinamarca	706

Tabla 38. Departamentos de Mayor oferta de Biomasa residual por sector.

Una vez identificadas las biomásas residuales a estudiar, y conociendo la oferta de esta, se procede a expresarla en términos de energía, esto se realiza en dos pasos el primero a partir de los factores de generación de biogás por unidad de biomasa residual se calculan los m³/año de oferta y con el contenido de metano en el biogás generado, se calcula el contenido energético del biogás. [47]

Partiendo del hecho que materias primas de biomasa diferentes (residuos orgánicos y residuos) tienen potencial de metanización diferentes, dependiendo de la degradabilidad inherente, así como del estado de oxidación de carbono.

Predecir el potencial del biogás es un tema clave para la viabilidad técnica y económica de plantas. El interés principal del biogás es metano, porque el metano es el componente energético del gas. La cantidad de biogás producido y el contenido de metano en la fase gaseosa dependen del residuo que se degrada, su degradabilidad y su estado de oxidación. A mejor degradabilidad y más bajo estado de oxidación, se producirán más metano.

Al considerar el proceso de biogás para una aplicación específica, las características de los residuos usados como sustrato son de gran interés. Residuos y aguas residuales tienen una composición compleja que es difícil de describir en detalle, pero puede ser fácilmente analizada por procesos químicos como se describe a continuación. La medida más común utilizada para describir la concentración de materia orgánica degradable en desechos o en aguas residuales es la demanda química de oxígeno (DQO) expresado como g-O₂/litro, o contenido de sólidos volátiles (SV) expresado como g-SV/litro o % W/V SV (APHA, 2001).

El contenido de DQO corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar completamente la materia orgánica en los residuos y se determina experimentalmente mediante la medición de la cantidad de un agente químico oxidante necesario para oxidar completamente una muestra de los residuos. El contenido SV describe el contenido de materia orgánica en los residuos y se define como la cantidad de materia de una muestra seca, perdida después de 1 h a una temperatura de aprox. 550°C. Ambos métodos son relativamente fáciles de realizar y dan una buena primera impresión de la degradabilidad de un residuo.

Sin embargo, la determinación de DQO para muestras muy concentradas es inexacta, pues son necesarias grandes diluciones de la muestra.

Si se conoce la composición atómica de la materia orgánica, la relación entre el contenido de DQO y SV se puede calcular de la ecuación estequiométrica para la oxidación completa de la materia orgánica. Para muchos tipos de residuos orgánicos, el estado de oxidación del carbono es cercano a cero (como glucosa) y en estos casos, la relación DQO/SV estará cerca de la unidad.

Sin embargo, para compuestos más reducidos como ácidos grasos de cadena larga y los lípidos, el estado de oxidación del carbono es negativo y la relación DQO/SV es significativamente mayor que 1. Esto significa que 1 g de lípidos producen aguas residuales con mayor DQO que 1 g de azúcares. El DQO puede ser equilibrado a través de un proceso, para una determinada eficiencia de remoción, dando la aireación necesaria (en el caso de proceso aerobio), o incrementar el metano producido (en el caso de procesos anaerobios). [22]

2.7. Potencial de la Biomasa en Cundinamarca

Las fuentes de biomasa más importantes para determinar el potencial de la biomasa en Cundinamarca se estima que son los residuos de los cultivos agrícolas, los de los procesos forestales, los residuos del procesamiento de la madera, desechos de animales y los cultivos realizados exclusivamente para su aprovechamiento energético y los bosques de corta rotación. Adicionalmente se encuentran los residuos sólidos urbanos (RSU) y desechos de procesamiento de alimentos; es importante aclarar que estos últimos residuos o desechos no fueron contemplados en el estudio del potencial de la biomasa en Cundinamarca.

De ello se puede destacar que al utilizar la biomasa como combustible en cualquiera de sus formas (sólida, líquida o gaseosa), se emite bióxido de carbono, agua y se desprende para su aprovechamiento, la energía química almacenada como energía térmica y eléctrica. [12]

2.7.1. Sector agrícola en Cundinamarca

En la siguiente sección se presentará de forma breve y concisa el potencial energético agrícola de la biomasa en Cundinamarca, del documento PERS Cundinamarca (Plan de Energización Rural de Cundinamarca) para ello se tuvo en cuenta la producción total de cultivos donde se presenta un análisis detallado de cada producción de los distintos cultivos (transitorio, permanente y anual) en cada una de las 15 provincias que conforman Cundinamarca, año 2013. [26]

Para estimar el potencial que se tiene en el departamento se tuvo en cuenta todos los productos agrícolas cosechados, cultivos que poseen alto y bajo nivel calorífico en sus residuos. Ya que a pesar que tenga un bajo nivel calorífico tiene un aprovechamiento energético.

Para la obtención de la biomasa primaria agrícola se tuvo en cuenta el factor de residuo (RPR) que tiene cada producto, el cual es la relación existente entre la cantidad de residuos producidos a la cantidad del producto principal obtenido de la cosecha. [48]. Los índices de residuo provenientes de vegetales, tubérculos, hortalizas, frutas y legumbres fueron obtenidos del SERI [49] y los índices de residuos provenientes de cultivos con alto valor energético como la caña panelera con residuos como las hojas y el cogollo, al igual que la caña de azúcar, la palma de aceite con el Raquis, el café con las hojas y el tallo, banano con el raquis y el vástago, el plátano con el raquis y cereales (maíz, cebada y arroz) con rastrojo, tusa, capacho y tamo, fueron tomadas del atlas de biomasa residual en Colombia. [21]

Para determinar el total de residuos que genera el departamento de Cundinamarca se partió de la ecuación propuesta por el instituto europeo de investigación sostenible [49], basada en la producción de cosecha (en toneladas) y el factor de residuo.

Para el caso de estudio se consideró el total de residuos que genera cada cosecha y así mismo se determinó el potencial energético total que se podría obtener. Cabe resaltar que el alto porcentaje de humedad que cuentan algunos desechos orgánicos (residuos vegetales en su mayoría) influye en la determinación energética de estos mismos, de este modo el índice de residuo viene expresado en función del porcentaje de humedad que presenta la biomasa residual cuando se retira del campo. [50]

En lo que respecta a los distintos tipos de cultivos la clasificación está dada en cultivos transitorios son aquellos que tienen un ciclo vegetativo corto, de 4 a 7 meses. Cultivos permanentes son aquellos que una vez plantados, pueden durar varios años en producción (la misma planta), con una o varias cosechas al año y Cultivos anuales como aquellos que tienen un ciclo vegetativo de un año.

Para los cultivos transitorios se tiene una producción de 1.785.276 Ton donde se pudo destacar la mayor producción con la papa ya que cuenta con un 72,89% de la producción total.

Para los cultivos permanentes la producción total de la región es de 734.141 Ton para el año de estudio, teniendo mayor participación la caña panelera con 24,96% Ton, seguido del banano con 16,59% de toneladas y la palma de aceite con 10,81% de toneladas, representado más de la mitad de la producción con un 52,36 %.

Finalmente, para los cultivos anuales, se encuentra la yuca como el mayor producto cosechado en la región con 32.190 Ton, representando el 73,70% de producción total. [51]

La producción agrícola en el departamento de Cundinamarca en cultivos transitorios, permanentes y anuales cuenta con un total de área cosechada de 246.106 hectáreas. Los cultivos más relevantes son: los cultivos permanentes con una participación de 49,2% y un total de 121.188 hectáreas, cultivos transitorios con una participación de 48,3% y un total de 118.979 hectáreas, y por último los cultivos anuales con una participación de 2,4% y un total de 5.939 hectáreas

2.7.1.1. Poder Calorífico de los residuos agrícolas

Para determinar el potencial energético que tienen los desechos orgánicos es necesario conocer el poder calorífico que tienen. Del atlas de biomasa residual en Colombia se extrajeron algunos residuos con su respectivo PCI. [52]

Una fuente de energía de la biomasa es basada en carbono de origen renovable. En general, las transformaciones de la biomasa suponen un balance energético neutro en CO₂ y a la vez favorecen la diversificación energética. La composición de la biomasa varía de acuerdo a su procedencia, en forma general la biomasa está constituida por carbono de 45- 52%, hidrogeno de 4-7% y oxigeno de 42-50% en base seca y de porcentaje en masa, con cantidades menores de nitrógeno y azufre, en cuanto a su composición contiene una gran cantidad de materia volátil 70-80%, cenizas de 0.5-5%, siendo el resto carbono fijo. [53]

En cuanto a los residuos orgánicos que tienen mayor valor energético se encuentra la palma de aceite, la caña de azúcar, la caña panelera, el café, maíz, arroz, banano y plátano; que cuentan respectivamente con un tipo de residuo primario como es raquis, hojas de cogollo, hojas y tallo, rastrojo, tusa, capacho, tamo y vástago según el cultivo.

2.7.1.2. Potencial energético de biomasa agrícola

Por medio de los cálculos realizados se logró estimar un potencial energético base en cada una de las provincias de Cundinamarca, con lo cual se puede contribuir a la producción energética renovable partiendo de residuos orgánicos agrícolas primarios. Para el cálculo del potencial energético no se tomó en cuenta la tecnología aplicada ya que según las aplicaciones energéticas se debe tomar en cuenta el factor de corrección o factor de eficiencia que presenta cada tecnología.

La cantidad total de biomasa residual agrícola en el departamento de Cundinamarca se estimó en 3'163.564,835 toneladas, divididas en 904.265,51 toneladas para desechos orgánicos provenientes de cultivos transitorios, 2'242.736,07 toneladas provenientes de cultivos permanentes y 16.563,255 toneladas de cultivos anuales. [26]

2.7.1.3. Cultivos principales para aplicaciones energéticas.

Para el departamento de Cundinamarca los cultivos que se pueden destacar del sector agrícola en función de la capacidad energética fueron la caña (caña de azúcar y caña panelera), palma de aceite (junto con los residuos de la caña, ya a que la provincia de Medina es la única que lo produce), el café y los cereales (el maíz, la cebada, y el arroz).

De este modo los desechos orgánicos provenientes de estos cultivos poseen gran capacidad energética, el valor estimado fue de 4.561,97 GWh. Ahora bien, si se aplica algún tipo de conversión energética como la gasificación, se tendría una potencial estimado de 3.877,67 GWh, potencial con el que se podría cubrir la demanda total de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca.

Para el cultivo de caña su potencial energético se estimó en 3.303,16 GWh siendo el cultivo de mayor capacidad del departamento, le sigue el cultivo de café con 652,91 GWh y por último los cereales con una capacidad energética de 605,91 GWh.

2.7.2. Sector Pecuario en Cundinamarca

Para determinar el potencial energético de esta biomasa se analizaron las tres especies representativas del sector pecuario; avícola, bovina y porcina, aplicando para la transformación de cada una de éstas la tecnología y proceso más adecuado según las características de la misma, pudiendo ser así tanto procesos termoquímicos como biológicos (digestión anaerobia). Los respectivos análisis se aplicaron para las diferentes especies representativas en cada una de las provincias de los diferentes municipios que conforman el territorio de Cundinamarca. [26]

Teniendo en cuenta las tres especies representativas del sector pecuario, se tuvieron en cuenta principalmente las siguientes variables: Número de cabezas, masa de residuo y potencial energético por cada especie, para cada municipio y provincia del departamento de Cundinamarca, es importante mencionar que el sector a avícola y porcino se desarrolla de forma intensiva, mientras por el contrario el sector bovino se realiza de forma extensiva. En el sector avícola existen dos tipos: de producción masiva y de traspatio, por el contrario, en el sector bovino la diferenciación de predios se da por el número de cabezas. Los terrenos dedicados a la producción porcina se presentan como una combinación entre las clasificaciones anteriores, contando con predios tecnificados y de traspatio, estando a su vez los tecnificados subdivididos de acuerdo tanto al número de hembras que posee la granja como a los ciclos de producción.

Con el estudio detallado de cada variable en las distintas provincias conformadas por cada uno de los municipios que conforman el departamento, se encontró que el sector avícola cuenta con un 95% de la población pecuaria total en el departamento, el sector Bovino, cuenta con un 3,09% y el sector porcino cuenta con un 1,41%. En cuanto a las especies Equina, ovina, caprina y bufalina, representan un 0,5%, con lo cual se indica que se tiene un 34.553.618 de cabezas de ganado.

A pesar que la cantidad de aves es mayor en el departamento, aproximadamente 30 veces, la cantidad de predios bovinos es mucho mayor que los predios avícolas. De forma paralela, la biomasa generada en estos sectores está determinada por la tasa de producción de estiércol de cada animal al año, de este modo la población bovina produce la mayor cantidad de excretas, comprendiendo un rango de 1.460 a 6.570 kg, seguida por el grupo porcino con unos residuos que oscilan entre 102 y 2.694 kg, y finalmente por los desechos avícolas con una producción de 25 a 38 kg. De la cantidad de estiércol producido por estas especies, la humedad determina la tecnología a implementar, de tal forma que los procesos termoquímicos son óptimos para las aves de engorde y la digestión anaerobia para los bovinos, porcinos y demás enfoques. Cabe resaltar que la masa de residuo termoquímica es 10 veces menor que la disponible para el proceso de digestión anaerobia, pese a esto se obtiene un mayor potencial energético del proceso termoquímico, siendo el 60% del potencial total del departamento.

En la Tabla 39 se observa que las provincias de Sumapaz y Soacha son las que presentan un 20,78% y un 0,68% del potencial energético respectivamente. Sumado a ello se puede ver que a pesar que la cantidad residuo sea mayor [Kg/año], predomina el proceso termoquímico sobre el proceso anaeróbico en municipios como Sumapaz, Gualivá y Tequendama, caso contrario ocurre en las provincias de Ubaté, Medina, Soacha, Rionegro y Guavio, donde es mejor la implementación de la digestión anaerobia debido a la notoria contribución. El municipio de Fusagasugá de la provincia de Sumapaz es el mayor contribuyente de la zona aportando más del 40% del potencial anaeróbico, termoquímico y total del territorio, siendo el único municipio que cuenta con esta característica dentro del departamento.

Provincia	Masa de Residuo (kg/año)		Potencial Energético (GWh/año)		Potencial Energético Total (GWh/Año)
	Termoquímico	Anaerobio	Termoquímico	Anaerobio	
Sumapaz	160.200.518	404.045.192	542,93	105,95	648,88
Gualivá	120.585.754	275.586.920	408,67	77,56	486,23
Tequendama	68.240.422	288.902.335	231,27	79,25	310,52
Bajo Magdalena	36.536.500	592.430.068	123,82	116,27	240,09
Sabana Occidente	36.241.398	462.399.191	122,82	98,59	221,41
Sabana Centro	25.652.200	594.938.581	86,94	134,03	220,97
Oriente	30.800.525	370.852.659	104,38	112,77	217,16
Almeidas	32.683.560	322.119.300	110,77	70,81	181,58
Magdalena Centro	20.031.200	248.120.171	67,89	53,18	121,06
Medina	227.395	496.871.566	0,77	94,28	95,06
Guavio	2.555.000	427.066.910	8,66	85,04	93,70
Ubaté	18.524	477.596.871	0,06	91,27	91,34

Provincia	Masa de Residuo (kg/año)		Potencial Energético (GWh/año)		Potencial Energético Total (GWh/Año)
	Termoquímico	Anaerobio	Termoquímico	Anaerobio	
Alto Magdalena	10.821.192	248.062.715	36,67	52,35	89,02
Rionegro	1.354.150	411.063.515	4,59	79,76	84,34
Soacha	843.150	92.528.552	2,86	18,37	21,22
TOTAL	546.791.488	5.712.584.546	1.853	1.269	3.123

*Tabla 39. Potencial energético total del sector pecuario en Cundinamarca.
GWh/año: Giga vatio hora por año [26]*

Con los datos obtenidos en la Tabla 39, se puede afirmar que Cundinamarca cuenta con un potencial energético asociado a los desechos primarios del sector pecuario de 3.123 GWh/año, con lo que se puede aportar diariamente al consumo energético del departamento 8.56 GWh, cubriendo aproximadamente el 95% del consumo del territorio, esto sin tener en cuenta ningún tipo de pérdidas.

Parámetro	Unidad	Sector			
		Avícola	Bovino	Porcino	Sector Pecuario
Población 2010	Cabezas	32.312.272	1.109.119	553.566	33.974.957
Población 2015		32.821.368	1.068.386	488.900	34.378.654
Variación	%	1,6	3,7	11,7	1,2
Masa Residuo 2010	Toneladas/año	945.412	4.824.628	424.769	6.194.809
Masa Residuo 2015		972.198	4.951.993	335.183	6.259.374
Variación	%	2,8	2,6	21,1	1,0
Potencial 2010	TJ/año	7.245,16	3.580,56	760,83	11.586,55
Potencial 2015		7.343,20	3.354,36	543,71	11.241,26
Variación	%	1,3	6,3	28,5	3,0

Tabla 40. Comportamiento del sector pecuario y su biomasa residual en los años 2010 y 2015. [26]

“Comparando la información del Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia del año 2010 con la desarrollada por PERS Cundinamarca, se puede evidenciar que el comportamiento del sector desde el año 2010 al 2015 no ha variado considerablemente”, como se puede ver en la Tabla 40.

En la Figura 31, Figura 32 y Figura 33 se encuentra el potencial energético para el sector pecuario, para los procesos termoquímicos y para la digestión anaerobia respectivamente donde se verán los mapas del departamento de Cundinamarca, la provincia donde se encuentra el potencial según las convenciones.

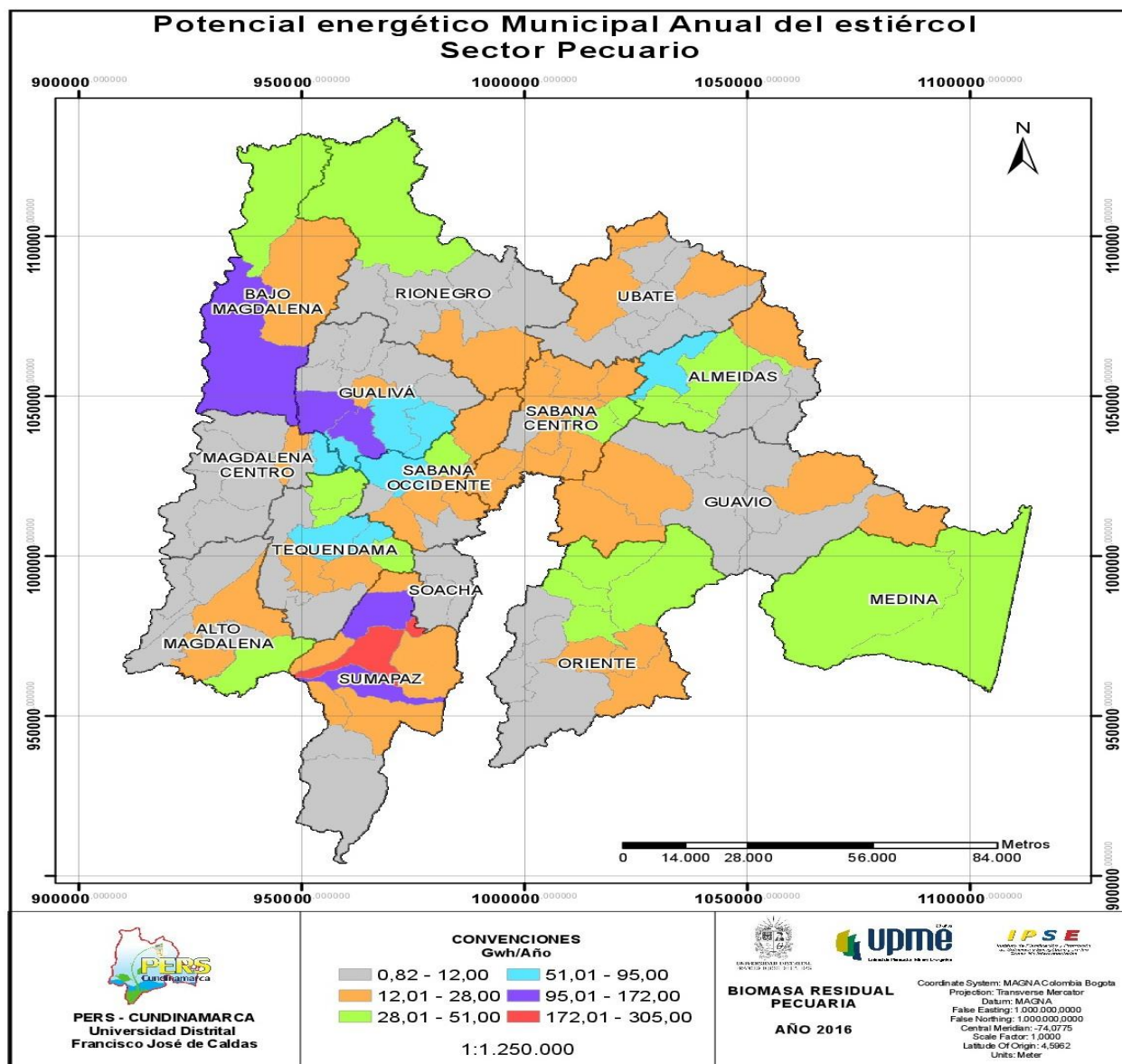


Figura 31. Potencial energético total municipal del sector pecuario. [26]

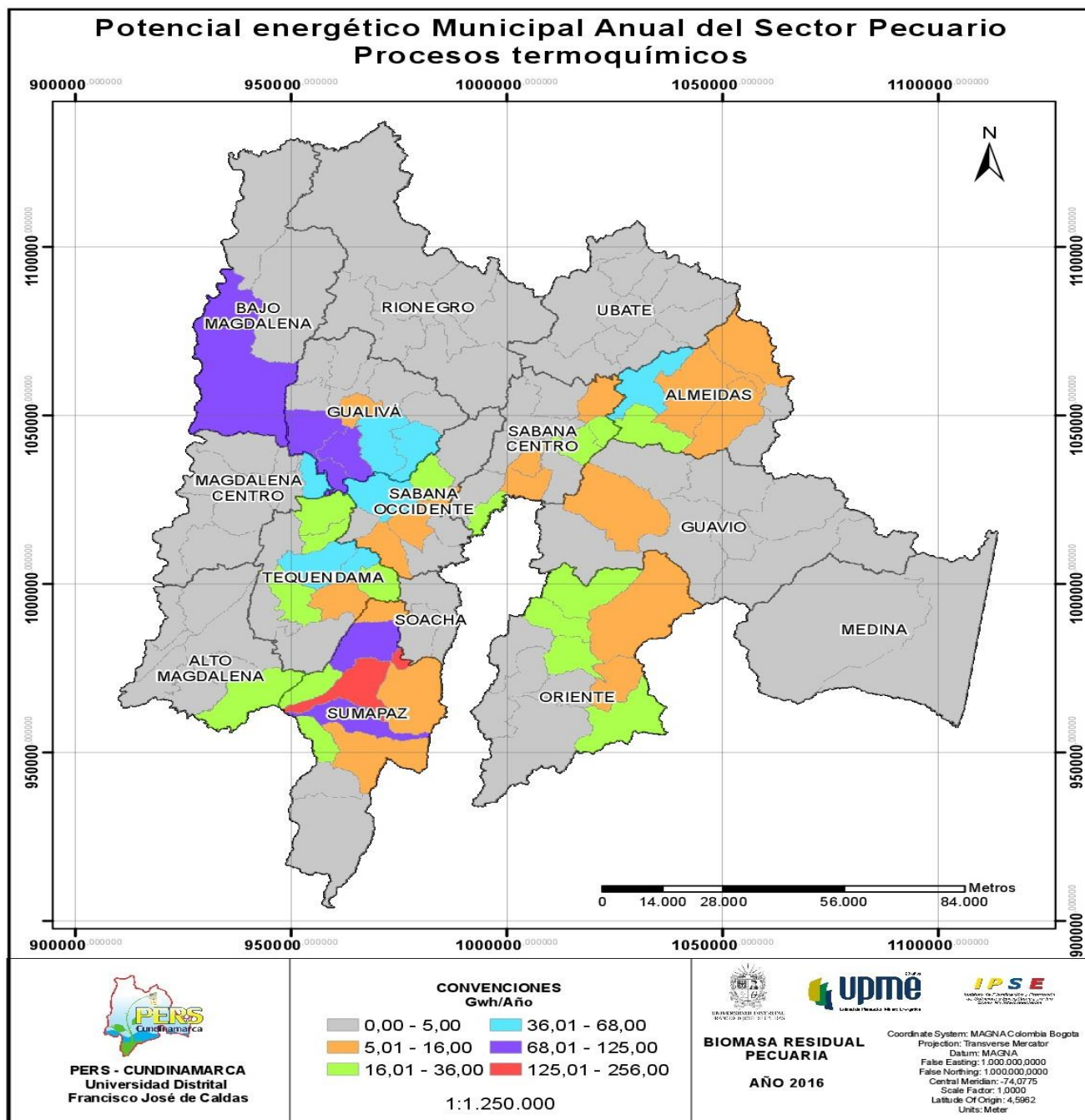


Figura 32. Potencial energético total municipal del sector pecuario, procesos termoquímicos. [26]

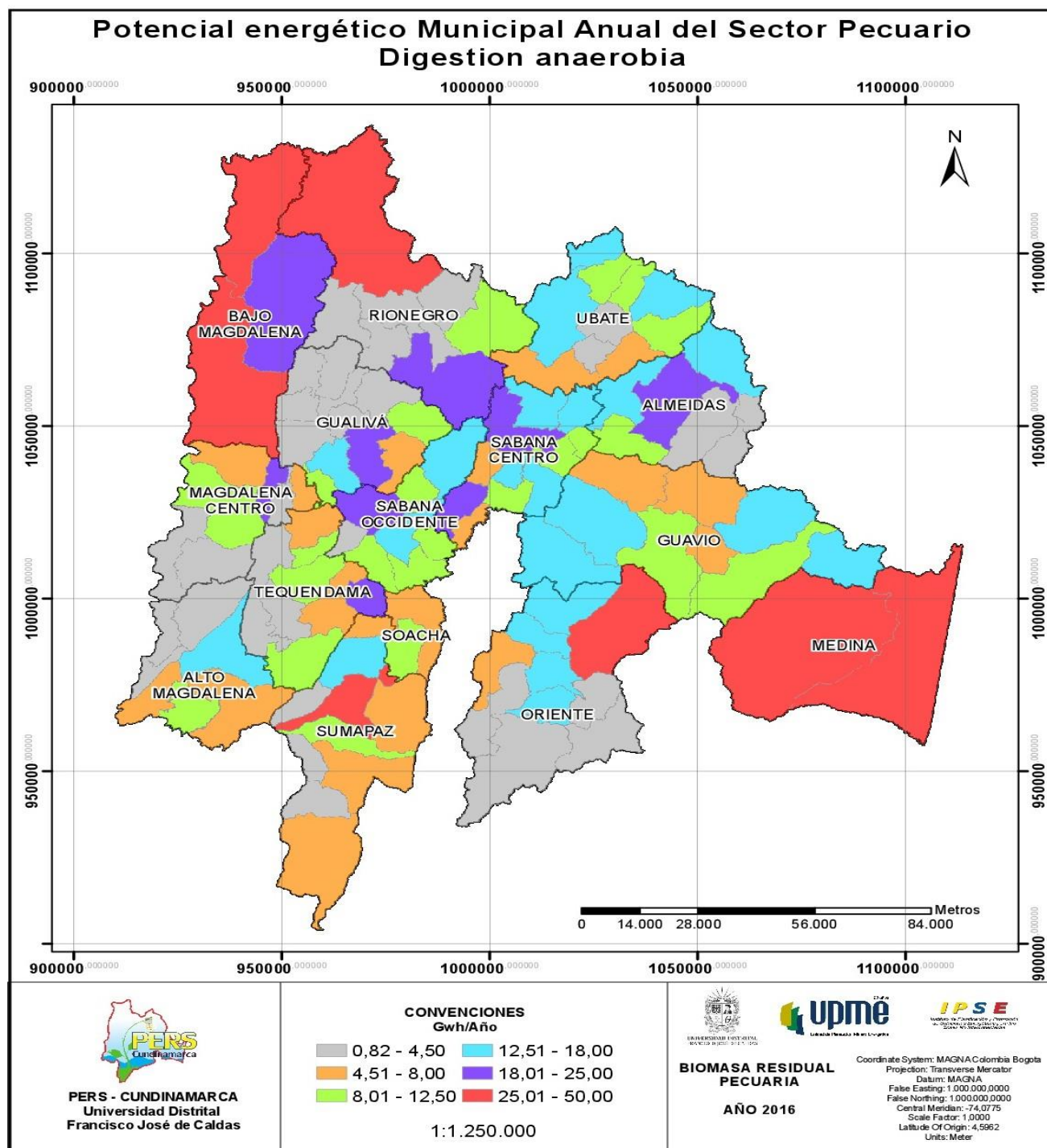


Figura 33. Potencial energético total municipal del sector pecuario, proceso digestión anaerobia.
[26]

2.7.3. Biomasa Forestal

Para realizar el cálculo del poder energético del departamento de Cundinamarca para la biomasa forestal la UPME, el IPSE y la UDFJC hizo uso de la cartografía en formato SHP de la cobertura vegetal del departamento para la identificación de las especies vegetativas que se encuentran, esta información fue suministrada por el Instituto Agustín Codazzi, como por medio del uso de la leyenda nacional de cobertura de la tierra. [54], con el cual se establecen procedimientos en coberturas de tierras y las metodologías de estudio a aplicar.

En cuanto a lo que se puede destacar de la aplicación del manual fundamenta básicamente es el uso de coberturas de tipo boscoso o arbustivo, con el que se clasifican los distintos tipos de suelos presentes en el país, así mismo se puede catalogar la arborización presente en el sitio de estudio, junto con las variables naturales implícitas que se pueden encontrar en las diferentes especies forestales en Cundinamarca.

2.7.3.1. Primer estudio: Bosques Plantados

Para el desarrollo de este estudio se considera la vegetación plantada aprovechable principalmente la filtración de áreas protegidas, que solamente se vinculan en el caso de estudio de bosques plantados. Para realizar el estudio del poder calorífico es importante conocer la biomasa promedio de esta vegetación. Existen diferentes tipos de biomasa promedio dependiendo de la región de ubicación. [55]

Es importante calcular además el poder calorífico el cual se encuentra en función del contenido de la humedad y finalmente se tendrán las hectáreas plantadas por medio de la herramienta ArcGis.

En la Figura 34. Se encuentra que el departamento de Cundinamarca cuenta con un potencial de energía escaso para los bosques plantados. Por las convenciones se puede mencionar que Rionegro es el que cuenta con mayor potencial.

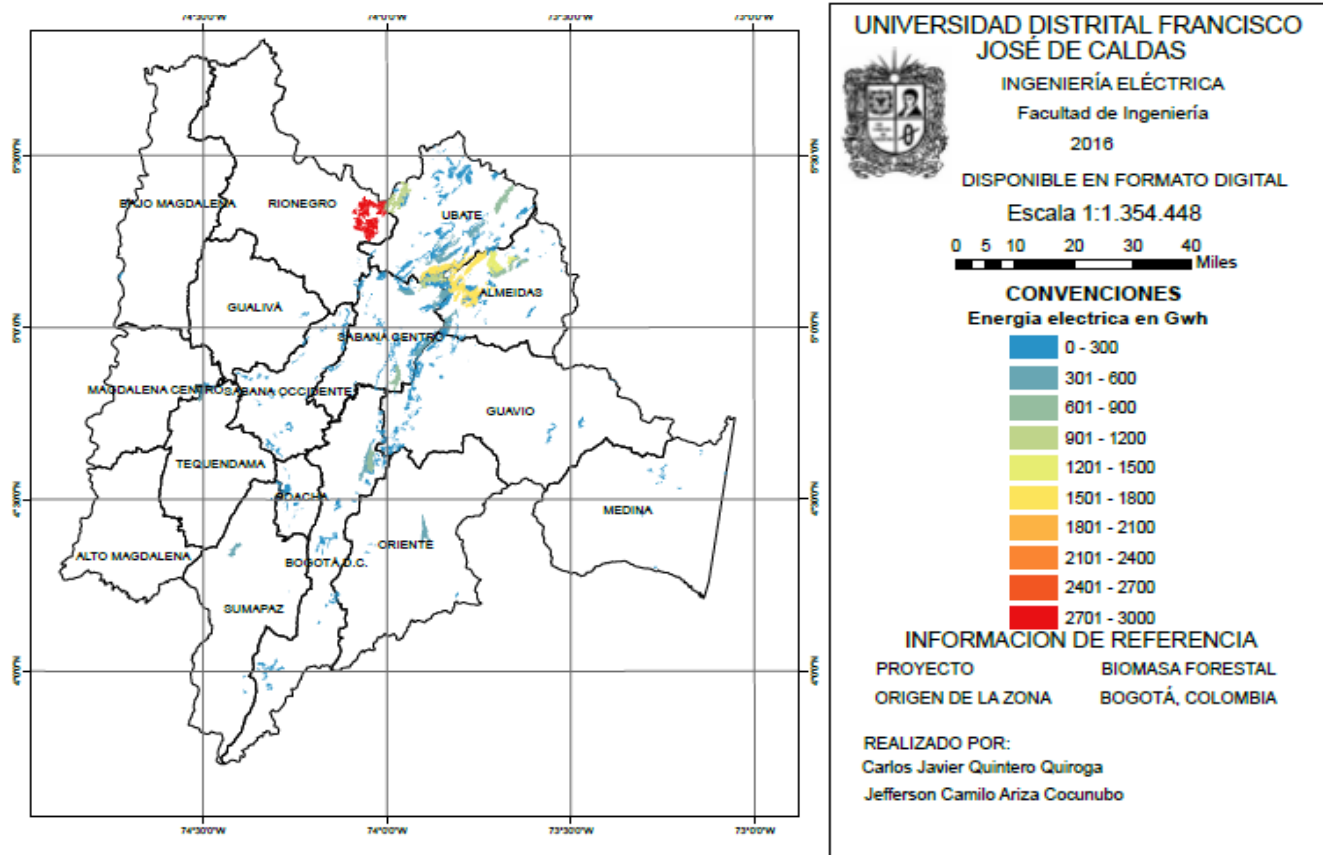


Figura 34. Potencial de energía eléctrica en bosques plantados. [26]

2.7.3.2. Segundo estudio: Bosques naturales *Weinmannia tomentosa*

En el segundo caso el cálculo de energía aprovechable en el departamento de Cundinamarca se realiza la medición con una sola especie natural florística, al tener en cuenta su gran cobertura en el departamento, principalmente en la provincia del Sumapaz. Sin embargo, es importante mencionar que existe una gran variedad de especies.

La especie seleccionada para el estudio y los cálculos de energía tiene el nombre científico de “*Weinmannia tomentosa*” o “Encenillo”. Cuenta con propiedades físicas que dan como resultado buenos niveles en la quema de la madera para evaluar poder calorífico y su aprovechamiento energético.

Para el cálculo de la biomasa se referenció la información presente en el texto “Biomasa y crecimiento de especies forestales nativas” [56], donde se expresa el valor de la biomasa estimada según la zona de vida de “Holdrige”, por medio de la metodología de cálculo basada los parámetros de la “Leyenda nacional de cobertura de la tierra CORIN Land Cover”. [57]

Fue necesario tener en cuenta los valores de altitud, temperatura promedio, precipitación y humedad relativa por municipios, con estos datos se eligieron los valores promedio para la provincia. Con esta información se referencio al “triángulo de Holdrige” para así conocer a cuál zona de vida pertenece la

El proceso de cálculo y procedimiento fue el mismo al del segundo estudio, variando los datos de áreas. Para completar el presente estudio se realizará el mismo procedimiento al del segundo caso modificando la provincia a estudiar, para evidenciar el comportamiento de los bosques naturales en las diferentes zonas del departamento.

En la Figura 36. Se encuentra que el departamento de Cundinamarca cuenta con un potencial de energía escaso para los bosques naturales. Por las convenciones se puede mencionar que el potencial es alto en las provincias de Sumapaz, medina y alto magdalena.

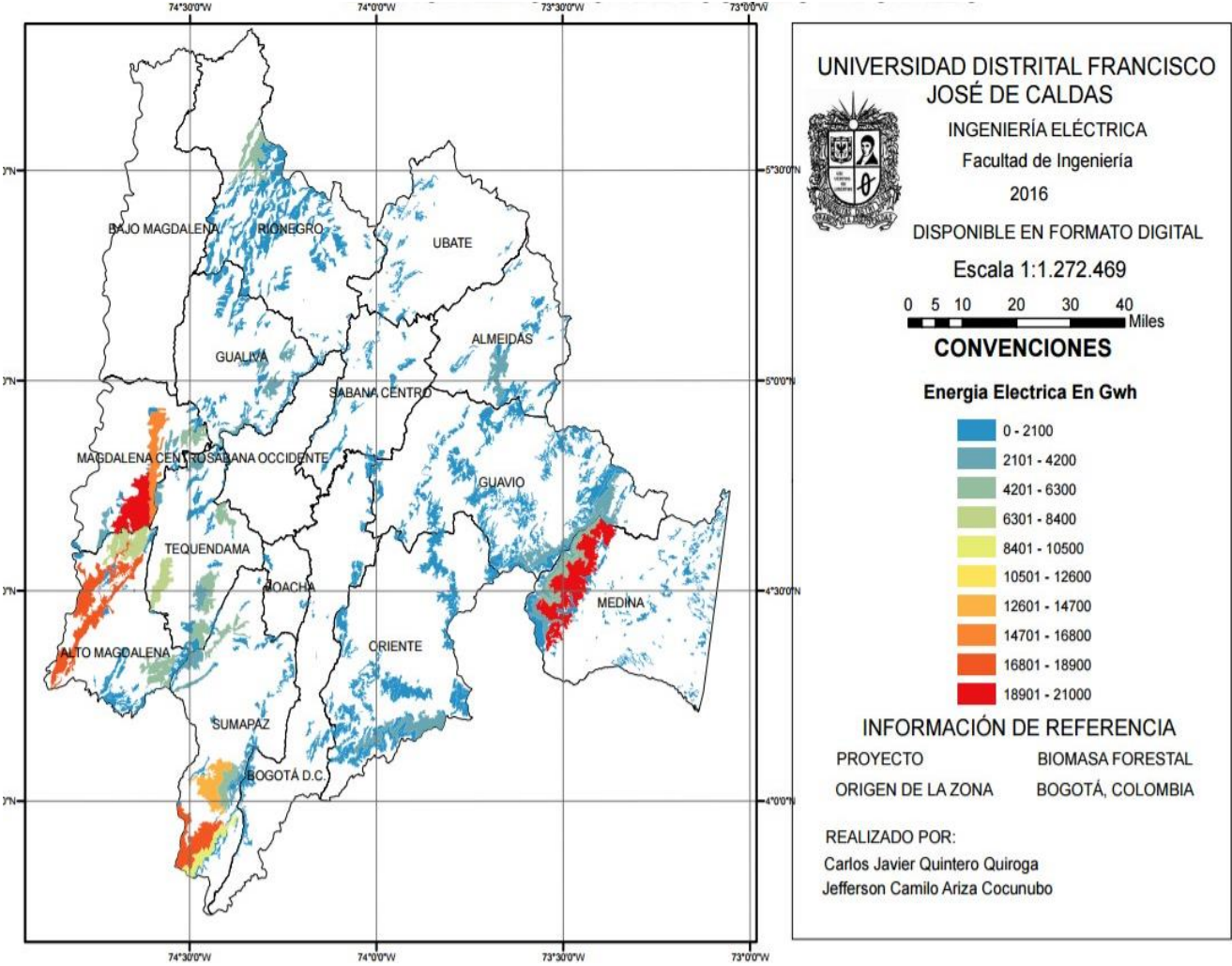


Figura 36. Potencial de energía bosques naturales. [26]

2.7.3.4. Potencial energético de la biomasa forestal en el departamento de Cundinamarca.

En la Tabla 41, se observa que la provincia con mayor potencial energético debido a la biomasa forestal es la provincia de Sumapaz, ya que cuenta con 19,485% del potencial de la biomasa forestal, mientras que la provincia con menor potencial es la provincia de Soacha con un 0,224%. Para el caso de las plantaciones de Weinmannia tomentosa, la mejor condición se observa en la provincia de Sumapaz, mientras que para los bosques plantados se presenta la provincias de Ubaté con 25,832% del potencial y en los bosques naturales las mejores condiciones Sumapaz con 18,484%.

PROVINCIA	WEINMANNIA TOMENTOSA (GWh)	BOSQUES PLANTADOS (GWh)	BOSQUES NATURALES (GWh)	TOTAL (GWh)
ALMEIDAS	2525,3382	8058,9773	7394,0467	17978,3622
ALTO MAGDALENA	1760,6318	3283,3147	39659,9725	44703,9191
BAJO MAGDALENA	-	53,8217	11873,2670	11927,0887
GUALIVÁ	1476,4185	79,3704	37494,6776	39050,4665
GUAVIO	11516,7984	2432,9943	31012,1280	44961,9207
MAGDALENA CENTRO	-	136,7621	52456,6576	52593,4197
MEDINA	2935,8578	224,2411	46602,6350	49762,7339
ORIENTE	10416,8700	667,6822	24821,0840	35905,6362
RIONEGRO	121,9881	2876,2563	33315,3850	36313,6294
SABANA CENTRO	789,6695	5790,5105	3861,8167	10441,9967
SABANA OCCIDENTE	693,5837	1158,9662	3686,4223	5538,97217
SOACHA	94,7656	475,5046	583,3264	1153,5966
SUMAPAZ	19345,2820	596,1545	80215,5386	100156,975
TEQUENDAMA	-	509,7302	48876,3460	49386,0762
UBATÉ	1241,9172	9175,3294	3737,2224	14154,469
TOTAL (GWh)	52919,1200	35519,6160	425590,5257	514029,262

*Tabla 41. Potencial Energético de la biomasa forestal
para el departamento de Cundinamarca. [26]*

2.8. Actualidad

2.8.1. Proyectos de generación

En la siguiente sección se presentan de manera gráfica los informes del registro de proyectos de generación presentes en el país a la semana 26 del 2019, que corresponde a la semana del 23 al 29 de junio, dicho informe presenta información como cantidad de proyectos según el tipo de generación, departamentos, municipios, recursos y capacidad de generación.

El país cuenta con distintas fuentes de generación de energía para la producción de electricidad, el caso de estudio en el cual se centrará este documento es la energía de la biomasa a nivel nacional, la cual aporta un 0,25% del total de la generación de energía eléctrica, ver Figura 37. En el país existen cuatro grandes regiones de producción de palma de aceite: Zona Norte, Centro, Oriente y Sur-occidente. Las cuatro zonas tienen características agroecológicas diferentes que inciden en el rendimiento del cultivo de palma y en los costos del mismo. Las condiciones agroecológicas ideales para el cultivo de palma de aceite son suelos planos y fértiles, y una alta precipitación y luminosidad. [12]. De las cuatro grandes regiones mencionadas anteriormente se tienen condiciones agroecológicas para el cultivo de la palma de aceite para la producción del biogás [58] sumado con productos como son la materia orgánica, seccionando las regiones por medio de un panorama nacional, donde se encuentran departamentos como Casanare, Santander y Norte de Santander como se puede ver en la Figura 38; y un panorama a nivel de la Región RAP-E, donde se pueden mencionar departamentos como Cundinamarca, Meta, Bogotá D.C. y Tolima como lo muestra la Figura 39.

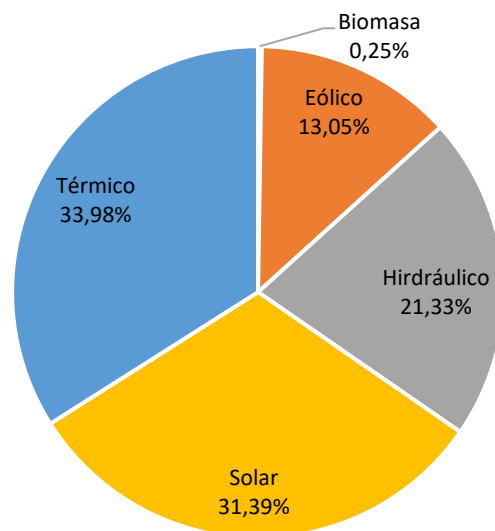


Figura 37. Proyectos de generación eléctrica en el país a 2019. [5]

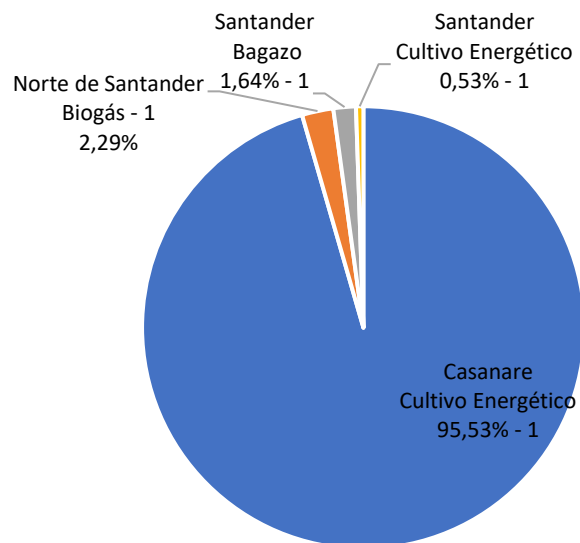


Figura 38. Proyectos de generación panorama nacional de la Biomasa. [5]

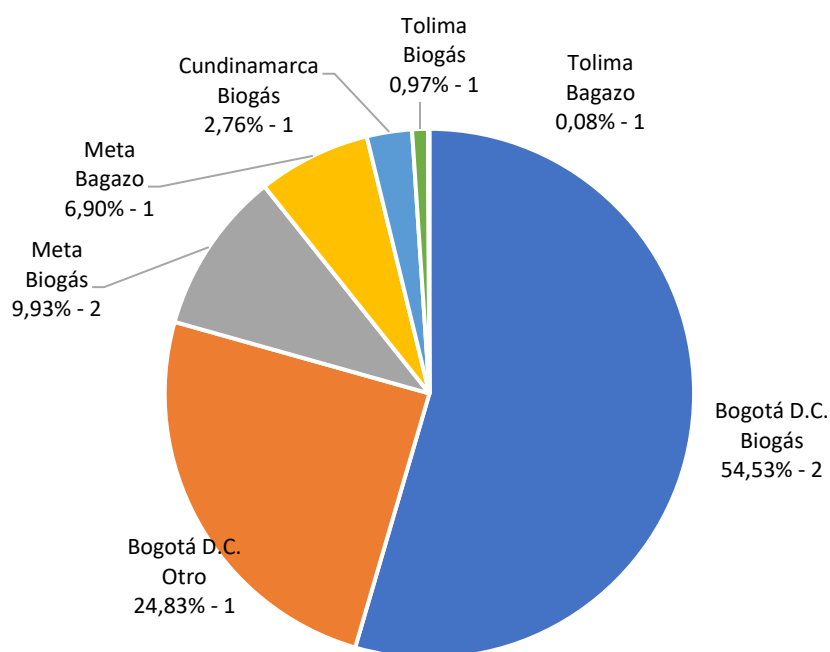


Figura 39. Proyectos de generación de biomasa Región RAP-E. [5]

Se presenta una serie de proyectos de generación en el Sistema Eléctrico Colombiano conformados por generación hidráulica, eólica, geotérmica, biomasa, solar y térmica. Para el estudio a realizar se tendrán en cuenta los proyectos conformados por la biomasa a la semana 26 del 2019. En la Figura 40, se puede encontrar la cantidad de proyectos, según su vigencia.

En las Figuras posteriores pertenecientes a la sección 6.8 se encontrarán datos de los proyectos de Biomasa Vigentes.

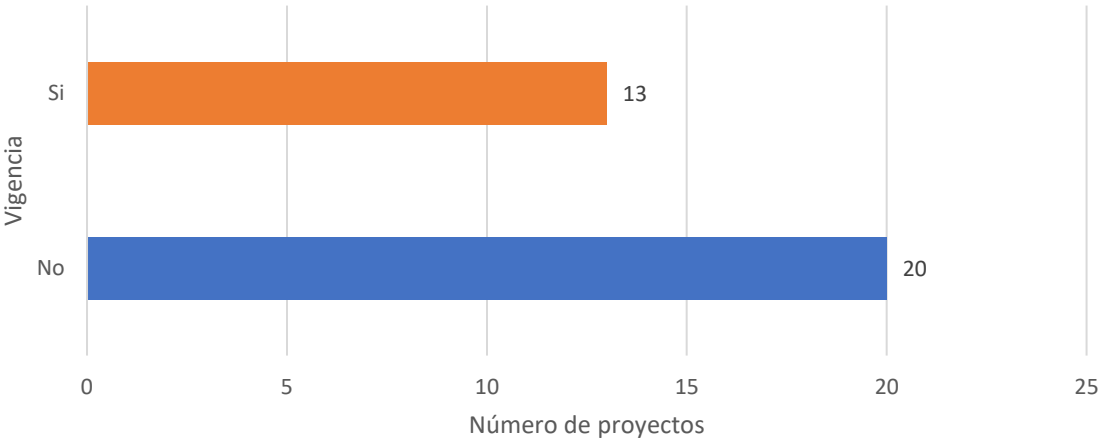


Figura 40. Número de proyectos según su vigencia. [5]

Con relación a los proyectos de generación de la Biomasa, se subdividen dichos proyectos en estados como son Fase 1 y Fase 2. Lo cual indica que para la Fase 1, son proyecto que están en etapa de Prefactibilidad: Análisis técnico – económico de las alternativas de inversión para el desarrollo de un proyecto; La Fase 2 corresponde a la Factibilidad [59], lo cual quiere decir que se perfecciona y precisa la mejor alternativa identificada en la etapa de prefactibilidad, es decir, los estudios son más profundos y completos que la fase anterior; Ya en la Fase 3 denominada Ingeniería de detalle, se mira el Nivel de definición el cual permite la ejecución del proyecto [5]. Dichos estados se pueden ver en la Figura 36. La diferencia es que, para los proyectos vigentes, no se encuentran proyectos en la Fase 3.

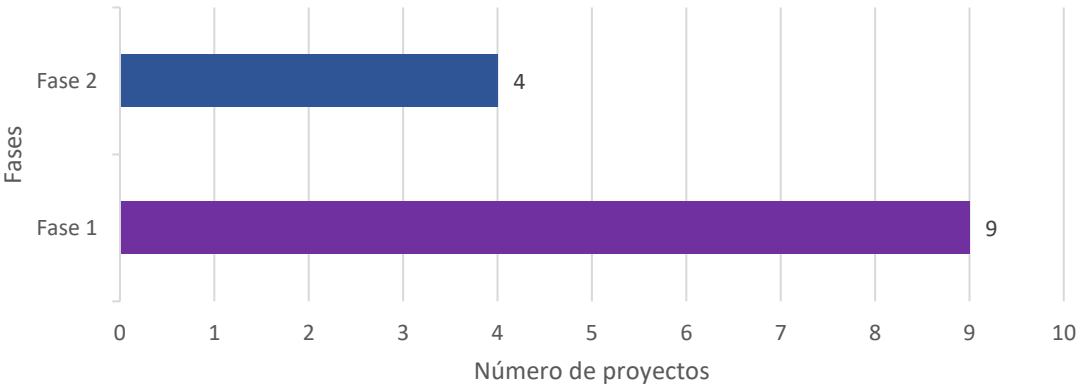


Figura 41. Número de proyectos por estado según su vigencia. [5]

Para la los proyectos pertenecientes a la Región RAP-E, se encuentra que la cantidad de proyectos por recurso corresponden a la Fase 1, es decir proyectos en etapa de Prefactibilidad. De lo cual se puede mencionar que se encuentra un número alto de proyectos en análisis técnico Económico. Como se puede ver en la Tabla 42.

Estado	Departamento	Recurso	Proyectos
Fase 1	Cundinamarca	Biogás	1
	Meta	Bagazo	1
		Biogás	2
	Tolima	Bagazo	1
		Biogás	1
Fase 2	Bogotá D.C.	Biogás	2
		Otro	1
Total			9

Tabla 42. Cantidad de recursos de empresas de generación de los proyectos pertenecientes a la Región RAP-E. [5]

A diferencia de los proyectos existentes en el Panorama nacional, donde dichos proyectos se encuentran en la fase de Factibilidad. Lo cual indica que son proyectos que llevan más tiempo los estudios. Sin embargo es baja la cantidad de proyectos que se tienen en el panorama nacional, como se puede ver en la Tabla 43.

Estado	Departamento	Recurso	Proyectos
Fase 1	Norte de Santander	Biogás	1
	Santander	Bagazo	1
		Cultivo Energético	1
Fase 2	Casanare	Cultivo Energético	1
Total			4

Tabla 43. Recursos de empresas de generación de los proyectos pertenecientes al Panorama nacional. [5]

Posteriormente se realiza un análisis del número de proyectos pertenecientes a la región RAP-E proyectos que son vigentes, donde se desglosará el recurso mediante el cual se obtiene la energía de la Biomasa, según su ubicación. De donde se puede precisar que la mayoría de proyectos pertenecientes al Biogás son correspondientes al Meta y Bogotá D.C. El resto de proyectos están subdivididos en el Tolima y Cundinamarca, con Biogás y Bagazo de Caña, como se puede ver en la Figura 42.

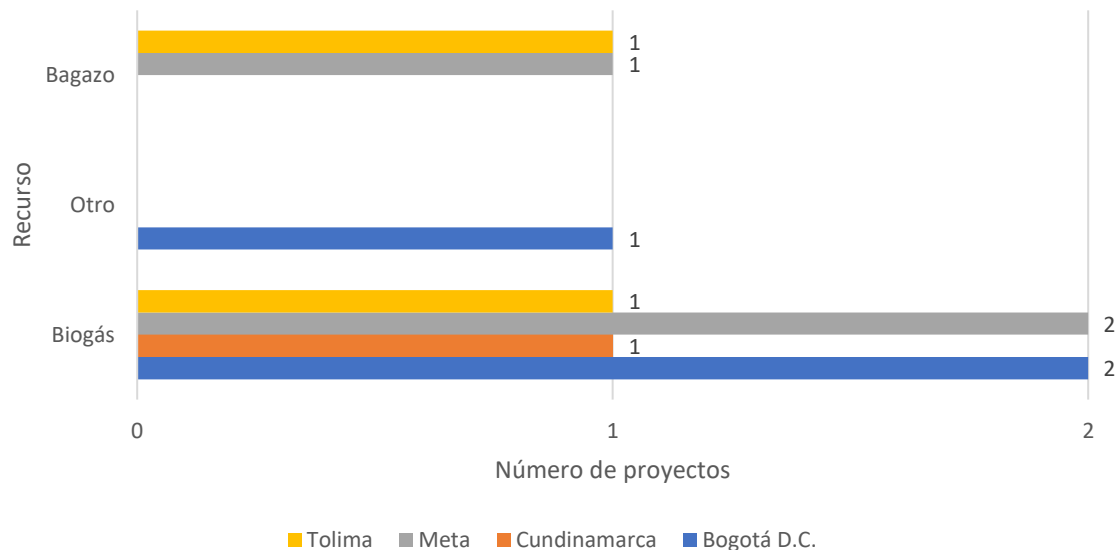
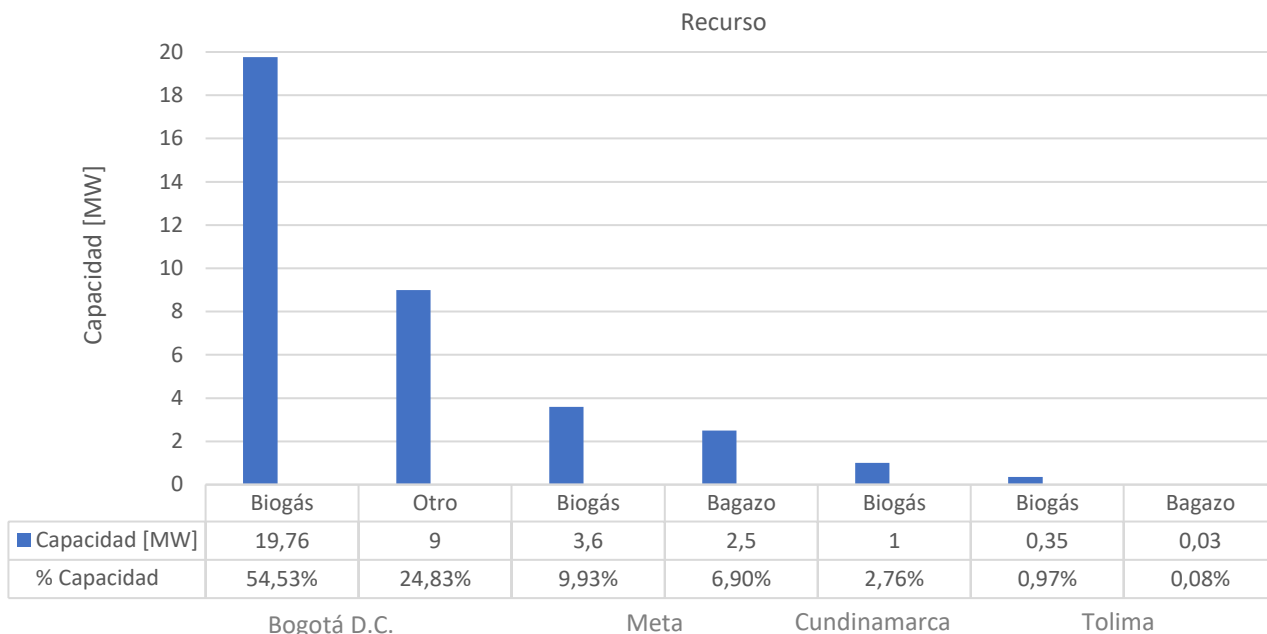


Figura 42. Número de proyectos de biomasa vigentes según el recurso usado en la Región RAP-E.

OTRO: Clasificación que se le da al recurso por parte de la UPME al momento de registrar el proyecto y que éste no se encuentre en la clasificación de los recursos estimados como son biogás, bagazo, cultivo energético; es importante mencionar que la clasificación del recurso se le da al momento de entrar a solicitudes de conexión. [5]

Al revisar el panorama nacional de proyectos generadores de energía se encuentra que dichos proyectos se encuentran en Santander, Norte de Santander y Casanare. Con potenciales como son el cultivo energético, bagazo y biogás. No obstante, en Santander se presentan dos proyectos como son Bagazo y Cultivo Energético. A diferencia de las otras zonas mencionadas donde solo se hace presencia de un potencial, ya sea biogás para norte de Santander o Cultivo energético para Casanare

Después de realizar un breve análisis de la cantidad de proyectos de Biomasa en el país, se va a mirar la capacidad de cada recurso, analizando la región RAP-E, donde se encuentra que el biogás tiene una capacidad de 19,76MW, junto con otra fuente de energía en Bogotá D.C, seguido a la mayor capacidad se presenta en el Meta con 3,6 MW para el biogás y 2,5 MW para el Bagazo de caña, según la Figura 43.



*Figura 43. Capacidad potencia medida en MW, para la Región RAP-E. MW: Mega Vatio
OTRO: Clasificación que se le da al recurso por parte de la UPME al momento de registrar el proyecto y que éste no se encuentre en la clasificación de los recursos estimados como son biogás, bagazo, cultivo energético. Es importante mencionar que la clasificación del recurso se le da al momento de entrar a solicitudes de conexión. [5]*

Posteriormente se realiza un análisis relativo al mencionado anteriormente observando el panorama nacional, donde se encuentra que la mayor capacidad la presentan los cultivos energéticos en la región de Casanare, con 25MW. Seguida con el Biogás en el norte de Santander con 0,6 MW y en Santander con Bagazo de caña con 0,43MW y cultivo energético con 0,14MW. Como se puede ver en la Figura 44.

Encontrándose la diferencia que se presenta con respecto a la capacidad de potencia de la región RAP-E y el panorama nacional; donde en la región RAP-E predomina el potencial para la producción de Biomasa a pesar que no presenta la máxima capacidad de potencia.

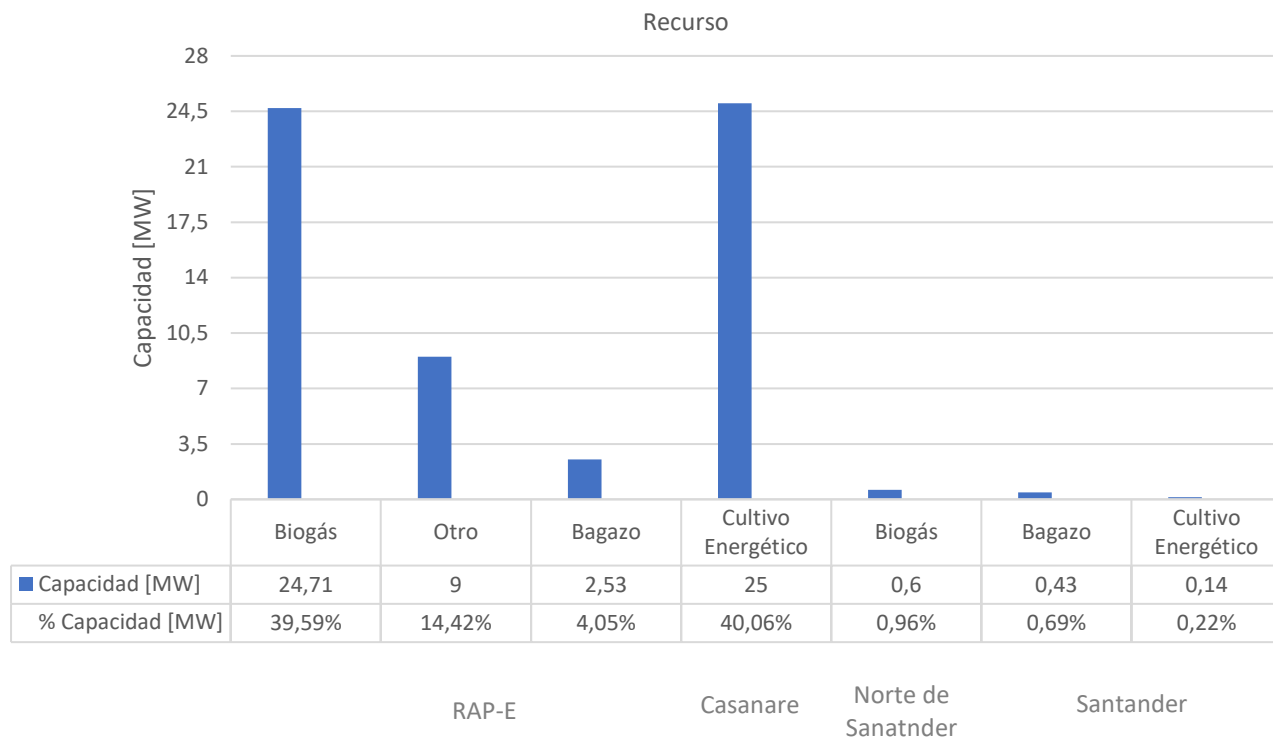


Figura 44. Capacidad potencia medida en MW, Panorama Nacional Vs RAP-E. [5]

2.8.2. Solicitudes de conexión

De manera subsecuente se presenta información que corresponde a las solicitudes de conexión de proyectos de generación allegadas a la UPME que se encuentran en análisis por parte de la Unidad o que ya obtuvieron un concepto de aprobación.

Dichas solicitudes de conexión fueron descargadas de la página SIEL de la UPME el 30 de septiembre de 2019, de tal forma es importante mencionar que las gráficas que se encuentran en el documento fueron realizadas con información de la fecha en que se realizó la descarga de la información, sumado a ello, es importante mencionar que dicha información se actualiza a diario, lo cual indican que día tras día van aumentando la cantidad de proyectos de generación con el concepto Aprobado.

La información que se presenta a continuación está clasificada según departamentos, recurso, empresas, cantidad de proyectos, fecha de puesta en operación (FPO), la capacidad de generación [MW] y el nivel de tensión generado.

El país se tienen solicitudes de conexión por tecnología implementada, como se puede ver en la Figura 45, dichas solicitudes de conexión están clasificadas en 6 tecnologías distintas. El tema de estudio se centra en la tecnología de la Biomasa, la cual como se puede ver en el informe de la UPME-SIEL cuenta con 7 proyectos en distintos departamentos en el país, los cuales de la totalidad de fuentes el proyecto de Biomasa cuenta con una participación del 1,78%. Las principales fuentes pertenecen a solar fotovoltaica con 43,45% e hidroeléctrica con 20,83%.

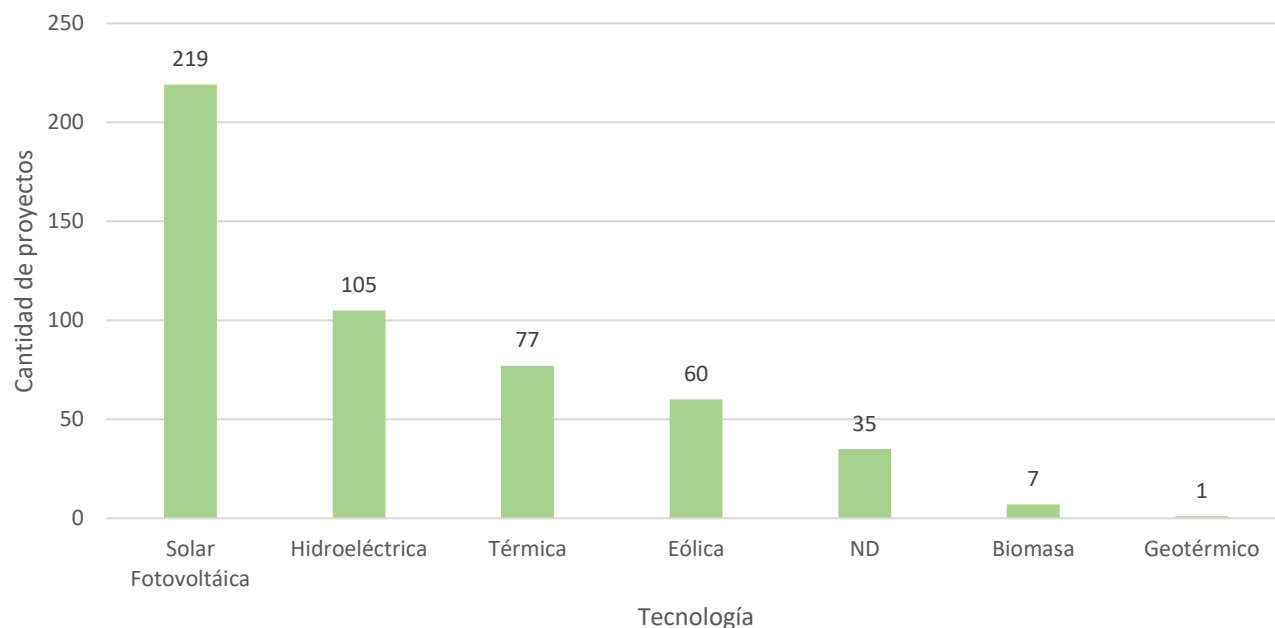


Figura 45. Solicitud de conexión por tecnología implementada.
ND: Corresponde a los proyectos de cogeneración y autogeneración. [60]

Los proyectos que se mencionan en la Figura 45, son proyectos que ya se encuentran en la fase de aprobados que entraron o entrarán en servicio en las respectivas fechas mencionadas, dichos proyectos hacen parte de 4 departamentos distintos pertenecientes a regiones del panorama nacional como son Casanare, Cauca y Magdalena, junto con la Región RAP-E como es Santafé de Bogotá D.C, de los 4 distintos departamentos, se tienen en total 7 proyecto, los cuales presentan un aporte en MW considerable para la producción de energía por parte de la Biomasa, destacándose Casanare con 25MW sobre los demás departamentos, sin embargo entrará en operación en el 2021, Para el presente año, santa fe de Bogotá D.C. entró en operación con 3,3MW, ya el próximo año entrará en operación con 19,76 MW. Es importante mencionar que dichos datos fueron descargados el 30 de septiembre de 2019, de la página de la UPME SIEL y corresponden a Solicitudes de Conexión de Proyectos de Generación. [60]

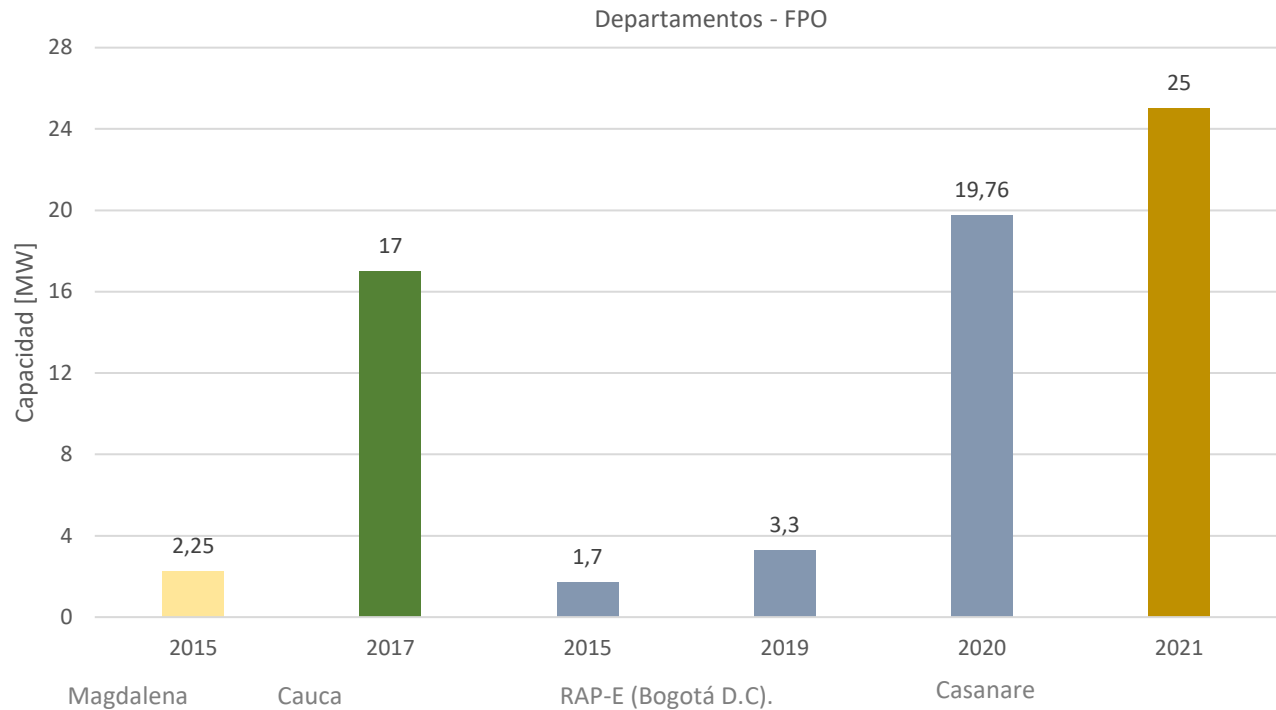


Figura 46. Fecha de puesta en operación de cada proyecto de biomasa según el departamento. [60]

La empresa que cuenta con mayor capacidad [MW] según la Figura 46, se encuentra ubicada en Casanare, cuyo promotor es Refocosta y cuenta con 25 MW, dicho promotor entrará en vigencia a partir del 2021 y pertenece a las empresas que conforman el panorama nacional, seguido por CEO de la empresa promotora PROENCA ubicado en el departamento del cauca con 17 MW. Para la Región RAP-E, se encuentra el departamento de Bogotá D.C. con el Botadero de Doña Juana en las empresas Codensa y Enel con 9,88 MW cada una.

En la Figura 47, se presentan de igual forma el departamento, los promotores y remitentes pero ya con respecto al nivel de tensión que se maneja, donde de igual forma que en la Figura 46, Casanare tiene el mayor nivel de tensión el cual corresponde a 115 kV.

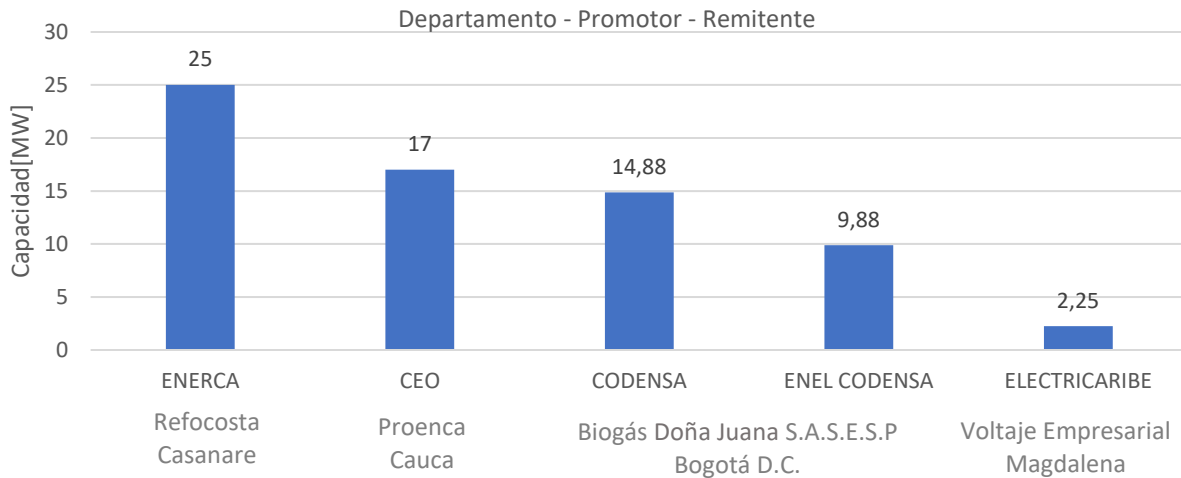


Figura 47. Promotor encargado según el remitente en cada departamento Vs Capacidad [MW]. [60]

El máximo nivel de tensión es obtenido por parte del promotor REFOCOSTA del Casanare, con 115kV, los niveles de tensión más bajos que se manejan son de 34,5 kV y se manejan en Bogotá D.C, magdalena y Cauca, como se puede ver la Figura 48. Es importante mencionar que el Nivel de tensión manejado en Bogotá D.C. está conformado por 4 puntos de conexión como son COLMOTORES, FEMSA y el Circuito S/E de Usme, donde éste último cuenta con un nivel de tensión de 11,4 kV.}

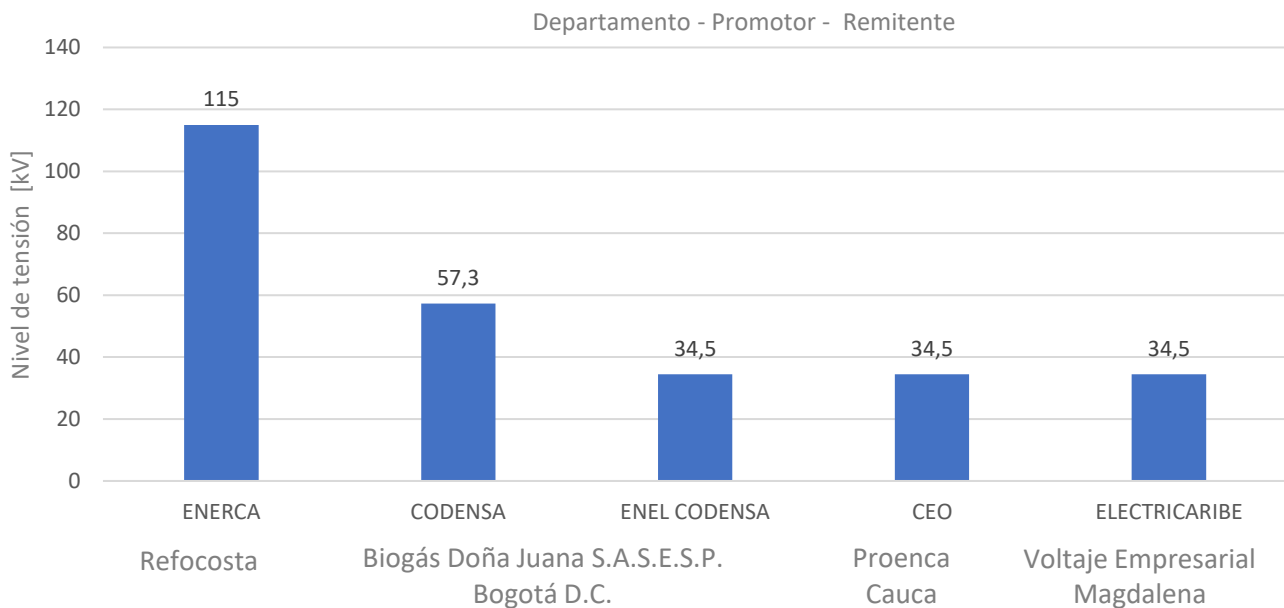


Figura 48. Punto de conexión según el departamento Vs Nivel de tensión manejado en cada punto. [60]

3. CONCLUSIONES

Se han encontrado una gran cantidad de fuentes de generación. Sin embargo, no se puede destacar la Biomasa, ya que a pesar que cuenta con un alto potencial en cuanto al número de proyectos que se están realizando, estos son escasos puesto que presenta una participación del 0,25% a nivel nacional en comparación con los demás proyectos de generación eléctrica.

Se encuentra que las toneladas del producto no son un factor suficiente para determinar el potencial energético mayor de los residuos agrícolas, ejemplo de ello se puede ver con el Plátano el cual tiene 3.201.476, pero el potencial energético total con el que se cuenta es de 3,40%. Por otra parte, o de forma contraria la caña panelera la cual cuenta con 1.284.771 Toneladas del producto y cuenta con un potencial energético de 20,81%

El potencial de la biomasa no se encuentra representado para la producción de residuo porcino [t/año] en la región RAP-E, ya que, al compararlo con el panorama nacional, predomina el departamento de Antioquia con un 61,66%, seguido por la región RAP-E con el 27,20%, el cual dicho porcentaje es conformado por los departamentos de Cundinamarca y Meta.

El sector agrícola no presenta cultivos de Banano para la región RAP-E, los cultivos que presenta pertenecen netamente a los departamentos del panorama nacional como son Antioquia y Magdalena. Con los cuales se han adelantado proyectos de biogás, con el fin de aprovechar los residuos de la preparación del banano para exportación. En cuanto a los cultivos de palma de aceite han sido muy dinámicos en la promoción de proyectos para valorización energética, entre ellos se destaca por la región RAP-E el departamento del Tolima, mientras a nivel nacional se encuentra Casanare, Santander y Cesar con producciones inferiores al 20%. En cuanto a los cultivos de caña de azúcar no se encuentran representados por la Región RAP-E, únicamente por los departamentos del Valle del Cauca, cuyo departamento presenta su mayor producción y por el Cauca. Adicionalmente a la producción de biomasa agrícola en la Región Central RAP-E se puede destacar a Tolima y Meta como los mayores productores de energía con el Arroz, ya que si se aplica algún tipo de conversión energética como la gasificación, se tendrá un alto potencial, cubriendo la demanda total de energía eléctrica en la Región Central. Con lo cual la región puede convertirse en una generadora de electricidad.

En cuanto a la Caña panelera, es representada por la Región RAP-E con los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, seguido por el norte de Santander y una participación minoritaria junto con los departamentos de Antioquia, Nariño y Santander para el panorama nacional.

Los Residuos Sólidos Urbanos que presentan un mayor porcentaje están representados por el Panorama Nacional (constituido específicamente por Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Bolívar, Santander, Risaralda, Norte de Santander y Valle del Cauca con un 45,6%). Y por debajo de este valor se encuentra la Región RAP-E, representada por Bogotá D.C y Cundinamarca con un 27,6% según el estudio realizado en el 2016.

Es importante tener en cuenta la tecnología con la cual se va a calcular el potencial energético debido a que según éste y el recurso a usar el potencial variará, ejemplo de ello se pudo evidenciar en el sector avícola provocado por las excreciones de las principales especies del departamento, donde el proceso termoquímico cuenta con un potencial de 543GWh/año es decir que 4 veces mayor que el anaeróbico que presenta un potencial de 134 GWh/año.

Se puede ver que los proyectos de generación que más se encuentran registrados, pertenecen a la Región RAP-E, lo cual indica que la Región Central está tomando mayor peso con el potencial de la biomasa.

Los proyectos de las solicitudes de conexión para las distintas tecnologías que se muestran, dejan ver que la biomasa es una de las tecnologías que aún está empezando a nacer, puesto que hasta el momento se tienen 7 proyectos en el concepto de aprobado, si se compara con las otras tecnologías, la biomasa es una de las que tiene menos proyectos aprobados. Sumado a ello, es importante mencionar que, en el documento, solo se menciona los proyectos que se encuentran en el estado de aprobados, puesto que en el estado – En Análisis UPME, pendiente OR o promotor, se emitió respuesta – necesita expansión, no se encuentran proyectos.

Con la serie de estudios que se han realizado no solo a nivel nacional, sino mundial. Se encuentra que, por medio de la biomasa se puede generar energía sin afectar el medio ambiente, minimizando la generación de CO₂ como contaminante.

4. RECOMENDACIONES

En las distintas fuentes de información que se indagaron para la elaboración del documento no se encontró potencial en el departamento de Boyacá, de tal forma es indispensable que en los distintos estudios y software desarrollados se incluya información de dicho departamento, debido a que se encontró que el departamento tiene potencial en el sector avícola y en cuanto al sector agrícola en el documento “Estimación del potencial de conversión a Biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento” se encontró que el departamento cuenta con una participación en el potencial de la Caña de Panelera.

Se sugiere a los demás departamentos pertenecientes a la Región Central RAP-E elaborar estudios detallados de cada uno de los municipios (similar al elaborado por el departamento de Cundinamarca), con el fin que se pueda caracterizar el potencial con el que cuenta cada departamento, ya que así se puede identificar el tipo de biomasa con el cual puede suplir la demanda de energía eléctrica principalmente en el departamento o en la región.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] UPME, «Energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales.,» Sistema de información y eficiencia energética y energías alternativas., Bogotá D.C, 2003.
 - [2] A. Kama, M. M. Rahman, M. M. Haque, S. Sadiq y A. Hoque, «Biomass quality analysis for power generation,» IEEE, Dhaka, Bangladesh , 2014.
 - [3] A. Demirbas, «Algae Energy - Biorefinery.,» Springer, London, 2010.
 - [4] UPME, Minminas, «Integración de las energías renovables,» Bogotá, 2015.
 - [5] UPME, «Sistema de información eléctrico Colombiano,» 03 07 2019. [En línea]. Available: <http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeProyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx>. [Último acceso: 01 08 2019].
 - [6] A. Zervos, «Renewable Energy policy network for the 21st century.,» REN21 , Germany , 2014.
 - [7] IEA, «World Energy Outlook 2012.,» Paris, 2012.
 - [8] IEA, «Key World Energy Statistics 2012,» Paris, 2012.
 - [9] IEA Bioenergy., «EU and Industry Partners Launch €3.7 Billion Investments in the Renewable Bio-based Economy,» 09 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery/News/Show/EU-and-Industry-Partners-Launch-3.7-Billion-Investments-in-the-Renewable-Bio-based-Economy.htm>. [Último acceso: 12 Julio 2019].
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, «Renewable Energy in Industrial Applications an assessment of the 2050 potential,» Vienna, Austria, 2006.
- [11] IEA, «Renewable Energies, FAQs,» Paris, 2014.
 - [12] J. M. Rincón Martínez y E. Silva Lora, «Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad.,» CYTED, Bogotá, 2014.
 - [13] DANE, «DANE Información para todos.,» [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>. [Último acceso: 31 07 2019].
 - [14] IGAC, «Instituto geográfico Agustín Codazzi,» [En línea]. Available: http://www2.igac.gov.co/ninos/faqs_user/faqs.jsp?id_categoria=2. [Último acceso: 31 07 2019].

- [15] IDEAM, «Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/entidad>. [Último acceso: 31 07 2019].
- [16] PARATEC XM, «Capacidad efectiva por tipo de generación,» 31 01 2020. [En línea]. Available: <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>. [Último acceso: 31 01 2020].
- [17] UPME, «BECO,» 2018. [En línea]. Available: <https://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/BECOCONSULTA.aspx>. [Último acceso: 30 11 2019].
- [18] J. J. Perfetti, Á. Balcázar, A. Hernández y J. Leibovich, «Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia,» SAC, Bogotá D.C., 2013.
- [19] DNP, MADS, MEN, MINMINAS, UPME, SSPD, , «Documento Conpes 3874,» Bogotá D.C., 2016.
- [20] J. Carmona, D. Bolívar y L. A. Giraldo, «El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo,» *Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 18, nº 1, pp. 49 -63, 2005.
- [21] Universidad Industrial de Santander, Colciencias, UPME, IDEAM., «Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia,» UIS, Bucaramanga, 2011.
- [22] Grupo de investigación en procesos químicos y bioquímicos de la facultad de ingeniería de la Universidad nacional de Colombia y centro de desarrollo industrial TECSOL, «Estimacion del potencial de conversión a Biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento,» Bogotá D.C., 2018.
- [23] Ivonne Cristina Briceño Alvarez, Jaime Fernando Valencia Concha, Mauricio Posso V., «Potencial de generación de energía de la agroindustria,» *Palmas.*, vol. 36, nº 3, pp. 43 - 53, 2015.
- [24] D. A. Curbelo Alonso, d. A. Valdes Delgado y . D. B. Garea Moreda, «Generación de electricidad a partir de bagazo en Cuba,» de *Memoria - Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa*, Montevideo, Uruguay, Dirección de productos forestales, FAO, Roma, 1995.
- [25] Universidad Distrital, RAP-E, «Características Energéticas RAP-E (En construcción),» Convenio 080 Universidad distrital Resultado de proyecto., Bogotá D.C., 2019.
- [26] UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS Y LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, «Plan de Energización rural del departamento de Cundinamarca PERS,» Bogotá, 2016.
- [27] Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural, «Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural . Secretarías de agricultura departamentales y Alcaldías municipales 2016,» Bogotá, 2016.

- [28] L. Y. Acosta y M. C. Obaya Abreu, «La digestion Anaerobia, Aspectos teóricos, Parte 1.,» ICIDCA, La Habana, 2005.
- [29] J. Abarca Sánchez, M. Meza Espejo, P. Gómez Vázquez, M. A. Martínez Gallardo y F. Gutiérrez Valladolid, «Proyecto tipo: Producción y manejo de aves traspatio.,» Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, México, 2007.
- [30] MinAgricultura, «Agronet,» [En línea]. Available: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>. [Último acceso: 2019 12 18].
- [31] Dinero, «¿Como está el sector ganadero en Colombia?,» 27 09 2016. [En línea]. Available: <https://www.dinero.com/pais/articulo/como-esta-el-sector-ganadero-en-colombia/232274>. [Último acceso: 22 01 2020].
- [32] Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura., «Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe,» 09 02 2012. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/229459/>. [Último acceso: 2019 12 21].
- [33] PNUD, FAO, GEF, «Manual del Biogas,» FAO, Chile, Alemania, 2011.
- [34] M. & L. Melikoglu, C. & W. y C. , «Analysing global food waste problem: Pinpointing the facts and estimating the energy content.,» Central European Journal of Engineering., 2013.
- [35] S. d. S. p. Domiciliarios, «Informe técnico sobre tratamiento de aguas residuales en Colombia,» Departamento nacional de planeación, Bogotá, D.C, 2013.
- [36] V. y. D. T. Ministro Ambiente, «DECRETO 2820 DE 2010,» Bogotá D.C., 2010.
- [37] CONCRESERVICIOS S.A.S, «PTAR Cañaveralejo,» 2015. [En línea]. Available: <https://site.concreservicios.com.co/index.php/ptar-canaveralejo/>. [Último acceso: 22 12 2019].
- [38] Acueducto y alcantarillado de Bogotá, «PTAR Salitre,» 2019. [En línea]. Available: https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/rio-bogota/ptar-salitre!/ut/p/z1/tZVdc6lwFib_ir3gEhO-lu4dUtQtWkVIVW6cBKOyC4RCrLv--g12Z1arxTodwwCT5Jz3PDk5k4AAzECQ4tdojXnEUhyL_jxAC-TZUDGh-txxviPoWeqk4zz7at_VwPSdgaFb0Ou3XN1VXWX8hEBwPG2. [Último acceso: 26 12 2019].
- [39] EPM, «Planta de tratamiento de Aguas Residuales San Fernando,» Área Metropolitana Valle de Aburra, 2019. [En línea]. Available: <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/dialogosmetropolitanos/notas/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-san-fernando-ptar.aspx>. [Último acceso: 26 12 2019].
- [40] SCS Engineers, «Informe de Evaluación Relleno Sanitario Doña Juana,» Methane To Markets, Bogotá, 2007.
- [41] «Biogás Doña Juana,» UAESP, 2010. [En línea]. Available: <http://biogas.com.co/#concenos>. [Último acceso: 22 12 2019].
- [42] «DECRETO 1713 DE 2002,» Decreto Nacional 838 de 2005, 2002.

- [43] Fluence, «Las Empresas Cerveceras Adoptan la Tecnología de Conversión de Residuos en Energía para Aumentar la Sustentabilidad,» 29 07 2016. [En línea]. Available: <https://www.fluencecorp.com/es/las-empresas-cerveceras-adoptan-tecnologia-de-conversion-de-residuos-en-energia/>. [Último acceso: 18 12 2019].
- [44] Comunicarse, «Utilizan residuos para producir energía en sus plantas de cerveza,» 29 10 2015. [En línea]. Available: <https://www.comunicarseweb.com/biblioteca/utilizan-residuos-para-producir-energia-en-sus-plantas-de-cerveza>. [Último acceso: 27 12 2019].
- [45] UPME, «PLAN INDICATIVO DE ABASTECIMIENTO DE GAS,» Ministerio de minas y Energía, Bogotá, 2016.
- [46] Unidad de Planeación Minero Energética, «FACTORES DE EMISIÓN DE LOS COMBUSTIBLES,» UPME, Bogotá, 2016.
- [47] N. J. Themelis y P. A. Ulloa, «Methane generation in landfills,» Science Direct, New York, 2007.
- [48] G. Branca, . L. Cacchiarelli , . C. A. Cardona, E. Felix, A. Gianvenuti, A. Kojakovic, I. Maltoglou, J. Martchamado, L. Rincon, A. Rossi, M. Valencia, S. Valle, A. Thulstrup, H. Thofern, F. Steierer y A. Seghetti, «Bioenergía y seguridad Alimentaria Evaluación Rápida - Residuos agrícolas y ganaderos,» FAO, 2014.
- [49] D. Jölli y S. Giljum, «Unused biomass extraction in agriculture, forestry and fishery,» ResearchGate, Vienna, 2005.
- [50] Consejería de Agricultura y Pesca., «Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía.,» JUNTA DE ANDALUCÍA., Andalucía, 2008.
- [51] O. Sierra Gómez y F. A. Cuesta Cantor , «Estadísticas Agropecuarias Volumen 23,» Departamento de Cundinamarca- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá, 2014.
- [52] L. E. Arteaga Pérez, Y. Casas Ledónb., J. Cabrera Hernández y . L. Rodríguez Machín, «Gasificación de biomasa para la producción sostenible de energía,» *Afinidad Revista de química teórica y aplicada*, vol. 72, nº 570, pp. 138-145, 2015.
- [53] «Boletín del grupo español del carbón.,» 09 2014. [En línea]. Available: http://www.gecarbon.org/Boletines/Boletin/BoletinGEC_033.pdf. [Último acceso: 2020 01 12].
- [54] C. COSTA POSADA, C. . P. MORA PINEDA, R. J. JOSÉ LOZANO PICÓN y L. M. ARÉVALO SÁNCHEZ, «Leyenda Nacional de Coberturas de La Tierra.,» Scripto Ltda, Bogotá D.C., 2010.
- [55] J. D. Burgos y J. A. Pérez, «Modelo de regresión lineal para la estimación de biomasa en algunos ecosistemas boscosos de colombia.,» Colombia Forestal, Bogotá, 2004.
- [56] L. M. Cardenas Camacho, «Biomasa y Crecimiento de especies forestales nativas,» Fundación Natura. , Bogotá D.C., 2014.
- [57] C. Costa Posada y C. P. Mora Pineda, «Leyenda nacional de cobertura de la tierra CORIN Land Cover,» IDEAM, Bogotá D.C, 2010.

- [58] R. Zelaya, «Aprovechamiento y valorización energética de biomasa y biogás.,» *Revista Palmas*, vol. 37, pp. 157-162, 2016.
- [59] Sistema de información Eléctrico Colombiano, «Informe de registro de proyectos de generación.,» UPME, 2019.
- [60] UPME, «Sistema de Información Eléctrico Colombiano,» 30 09 2019. [En línea]. Available: <http://www.siel.gov.co/Inicio/Transmisi%C3%B3n/SolicitudesdeConexi%C3%B3ndeProyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/160/Default.aspx>. [Último acceso: 04 10 2019].
- [61] V. Francescato, E. Antonini y L. Z. Bergomi, «Calorific value as a function of moisture content - Biomass,» European Biomass Association, European Communities, 2009.
- [62] D. S. Mokraoui, *Introduction to Biomass Energy*, Riad: BIOMASS GROUP, 2015.
- [63] S. V. Vassilev, D. Baxter, L. K. Andersen y C. G. Vassileva, «An overview of the chemical composition of biomass,» ELSEVIER, Bulgaria, 2010.

Sistemas de información.

6. ENTIDADES Y ACTORES

Al momento de realizar el proceso de investigación, se encontraron distintas entidades que fueron importantes para la elaboración del documento, dichas entidades serán debidamente descritas en la Tabla 44.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PAGINA WEB	IMPACTO	ASPECTOS HALLADOS	ORDEN
Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).	Se difunde información acerca de la aplicación de las energías renovables y alternativas, además de ello se presenta de una manera sencilla las diferentes fuentes de energías renovables y su posibilidad de utilización.	https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/ENERGIAS%20RENOVABLES%20DESCRIPCION%20TECNOLOGIA%20USOS%20FINALES%20UPME.pdf	4	Definición introductoria en lo que es el término biomasa y como se puede obtener energía por medio de la biomasa.	Nacional
				Aportes de progreso por parte de la biomasa como energía eléctrica y además de ello como energético.	
	Por medio de mapas se muestra el potencial de la biomasa con el que cuenta el país, presentando información y discriminándolos por tipo de biomasa	https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/atlas-del-potencial-energetico-de-la-biomasa.aspx	9	Se permitió diferenciar los potenciales de cada región y de la misma destacar los departamentos de la región RAP-E que le brindan un aporte significativo ya sea al país o a la misma Región Central.	

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).	Proyecto en el cual se vende información y promoción de criterios de mercado para las energías renovables no convencionales a través de la eliminación de barreras para su desarrollo.	http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVABLES_WEB.pdf	8	Se hace el estudio de la canasta energética con la que cuenta el país, en cuanto a la producción discriminando cada uno de los recursos de forma porcentual.	Nacional
				Se brinda información respectiva acerca de la demanda interna de los recursos energéticos primarios para el año 2012, como se distribuye en el país y la cantidad que se exporta.	
				Se presentan las distintas plantas de generación junto con el total de capacidad MW.	
				Peso que han cogido las Fuentes no Convencionales de Energía Renovable en los últimos años.	
				Potencial energético que tienen los distintos residuos agrícolas, otros residuos y fuentes de metano.	
				Se miran los requerimientos que deben enfrentar las fuentes al someterse a las condiciones preestablecidas con base en las características de las fuentes convencionales de generación.	

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).	Brinda información a nivel nacional acerca de las fuentes de energía de la Biomasa distribuidas a lo largo del territorio, caracterizando por un mapa de colores las zonas donde se encuentra el mayor potencial.	https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1058	9	Clasifica cada fuente de potencial de la biomasa y la sectoriza para con ello poder cuantificar el residuo en [t/año].	Nacional
				Tratamiento de datos del sector agrícola donde se estima la disponibilidad de biomasa a partir del factor de generación del mismo.	
		https://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/BECOCONSULTA.aspx	7	Presenta información referente a la clase de energéticos primarios, con lo cual se puede hacer una comparación entre dos años distintos.	Nacional
Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) - Universidad Nacional (UNAL)	Recopila información acerca de las distintas fuentes para obtener biomasa teniendo en cuenta el sector y los residuos producidos en cada departamento.	https://bdigital.upme.gov.co/jsui/bitstream/001/1317/1/Informe%20final.pdf	10	Discrimina por sector y recurso cada tipo de biomasa a nivel nacional, puntualizando y enfatizando en cada región en la cual se presenta un alto potencial.	Nacional
				Presenta cada fuente de generación de biomasa de forma seccionada, clasificando en recursos y potencial de cada región en cuanto al residuo.	

Plan de Energización Rural (PERS), Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), Universidad Distrital (UD).	Determina la oferta energética del departamento de Cundinamarca limitando la fuente energética según el sector y recurso más importante de la región.	http://perscundinamarca.udistrital.edu.co/recursos/Informe%20Oferta%20PERS%20V2.1.pdf	7	Información relevante y característica de cada sector, la cual permite tener mayor claridad en los conceptos implementados por el hecho de ser un documento académico.	DEPARTAMENTAL
				Permite identificar el potencial con el que cuenta el departamento Cundinamarca en cuanto a cada uno de los sectores de la energía de la Biomasa.	
SIEL - UPME	Brinda información de las estadísticas de generación de energía por semana a nivel nacional en cuanto a los distintos proyectos	http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3nde proyectos de Generaci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx	8	Brinda datos estadísticos en cuanto al tipo de generación con el cual se clasifica la generación de energía eléctrica a nivel nacional.	Nacional

	que se encuentran en el país.			Se hace una clasificación en estados para cada tipo de generación, dicha clasificación la realiza en fase 1, 2 y 3. La información que brinda está catalogada en fase 1 y 2 para la Biomasa. Entre los datos brindados, se encuentra un catálogo de proyectos vigentes y no vigentes, para el tema de estudio se enfocará la temática en los proyectos vigentes a nivel nacional.	
SIEL UPME	Balance Energético Colombiano, resume la información de producción, transformación y consumo de energía del país, la cual presenta unidades energéticas comunes correspondiente a un año.	https://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/BalanceEnergetico.aspx	7	Permite identificar los energéticos primarios con los que cuenta el país, identificando el Bagazo y la leña, donde se pueden comparar y visualizar que con el pasar del tiempo, se ha dejado de usar la leña, comenzando a hacer uso del Bagazo.	Nacional

PARATEC - XM	Capacidad efectiva por tipo de generación, teniendo en cuenta la clasificación Despachadas centralmente o no despachadas.	http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad	8	Se obtuvo información del recurso de la Biomasa, capacidad instalada y fechas de entrada en operación, teniendo en cuenta si corresponden a empresas son Auto generadoras o cogeneradoras.	Nacional
IEA Bioenergy	Su objetivo principal es facilitar la comercialización e implementación en el mercado de sistemas y tecnologías de bioenergía ambientalmente racionales, aceptables y competitivos.	https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery/News/Show/EU-and-Industry-Partners-Launch-3.7-Billion-Investments-in-the-Renewable-Biobased-Economy.htm	3	Permite recopilar información a nivel mundial acerca del proceso de la Biomasa, realiza un aporte histórico a la implementación de la biomasa	Mundial
				Presenta información del sistema eléctrico, al entrar de nuevo la producción de petróleo y gas; pero retirarse la energía nuclear.	
				Participación de la Biomasa a nivel Mundial.	

UNIDO	Se centra en el potencial de las fuentes de energía renovables para proceso de calor en el sector industrial y para sustitución de materia prima de biomasa en industrial procesos. La energía renovable se puede aplicar ampliamente en aplicaciones industriales.	https://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/unido_renewables_industrial_applications.pdf	4	Uso de la biomasa a nivel mundial al hacer parte de las energías renovables, junto con la introducción en la canasta energética mundial.	Mundial
FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), PNUD.	Se plantea el biogás, como fuente de energía renovable esto, ha despertado un gran interés en los últimos años, siendo tal vez una de las tecnologías de más fácil implementación, sobre todo en sectores rurales.	http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf	6	Presenta información detallada del proceso que se debe realizar con la intención de obtener Biogás.	Mundial

Tabla 44. Entidades y actores relacionados en el documento.

7. CLASIFICACIÓN DE REFERENCIAS

Para la elaboración del presente documento se tuvieron en cuenta las distintas referencias implementadas a lo largo del texto, las cuales fueron debidamente referenciadas e implementadas en el proceso de investigación, según su importancia.

ID	Tipo	Nombre	Fuente	Descripción de importancia
[23]	Documento	ATLAS DE LA BIOMASA RESIDUAL	UPME	Permitió ubicar por medio del mapa del país, los lugares en los cuales se encuentra el potencial de la biomasa con respecto a los distintos sectores.
[24]	Documento	ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CONVERSIÓN A BIOGÁS DE LA BIOMASA EN COLOMBIA Y SU APROVECHAMIENTO	UPME - UNAL	Identificar los principales residuos de diferentes sectores de la biomasa y la cantidad de sus residuos con potencial de biogás, es importante mencionar que dichos residuos corresponden a productos que no tienen un uso productivo.
[27]	Documento	Plan de Energización rural del departamento de Cundinamarca PERS	UPME -IPSE	Determinar la oferta energética del departamento de Cundinamarca, para ello limita las fuentes de energía solar, eólica, biomasa e hídrica. Para el tema de estudio se toma la biomasa en el departamento de Cundinamarca.

ID	Tipo	Nombre	Fuente	Descripción de importancia
[17]	Documento	Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia	UPME	Presenta información que respecta a las fuentes no convencionales de energía renovable, para este caso, se usan los antecedentes que presentan respectivos a la biomasa.
[13]	Documento	Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad	CYTED	Presenta información respectiva al potencial agrícola de la biomasa, abarcando de forma amplia los países de América, posteriormente se centra en brindar datos respectivos de distintos países, donde presenta el potencial con el que cuenta Colombia.
[18]	PARATEC XM	Capacidad efectiva por tipo de generación	XM	Teniendo en cuenta los parámetros del sector eléctrico colombiano, se presenta la capacidad efectiva de las distintas empresas de acuerdo al tipo y a la fuente de energía. Para el tema de estudio, se determinó la cantidad de empresas y la ubicación, haciendo énfasis en la Región Central.

ID	Tipo	Nombre	Fuente	Descripción de importancia
[60]	Sistema de información	Informe de Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica	UPME	Se presentan datos del registro de proyectos de generación presentes en el país a la semana 26 del 2019, que corresponde a la semana del 23 al 29 de junio, dicho informe presenta información como cantidad de proyectos según el tipo de generación, departamentos, municipios, recursos y capacidad de generación.
[61]	Sistema de información	Solicitudes de Conexión de proyectos de generación	UPME	Presenta un informe semanalmente de los proyectos de generación de energía eléctrica inscritos, para ello los discrimina en fases. Encontrando que para el objeto de estudio se encuentran proyectos en fase 1 y 2, en ese orden de ideas se organizan y se discrimina la Región Central, con el fin de determinar los recursos con los cuales se genera energía.
[34]	Documento	Manual del Biogás	FAO, UPND, GEF	Presenta información acerca del sector urbano y de los factores de producción de Biogás.

<i>ID</i>	<i>Tipo</i>	<i>Nombre</i>	<i>Fuente</i>	<i>Descripción de importancia</i>
[59]	Documento	Aprovechamiento y valorización energética de biomasa y biogás	Revista PALMAS	Precisa información que permite conocer el proceso para obtener energía eléctrica por medio del sector agrícola.
[50]	Documento	Extracción de biomasa no utilizada en agricultura, selvicultura y pesca	SERI studies	Establece formulas con las cuales se obtienen distintos datos en documentos como son Pers Cundinamarca con el fin de determinar el potencial de la Biomasa en el sector agrícola.
[53]	Documento	Gasificación de biomasa para la producción.	Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario	Presenta información que permite relacionar y entender datos brindados en el documento del atlas de la biomas, con el fin de gasificar energía con el fin de producir energía.
[57]	Documento	Biomasa y crecimiento de especies naturales nativas	Fundación natura	Permite relacionar información con el documento de PERS Cundinamarca, con el fin de tener claridad en cuanto al concepto de Biomasa Forestal.

<i>ID</i>	<i>Tipo</i>	<i>Nombre</i>	<i>Fuente</i>	<i>Descripción de importancia</i>
[56]	Documento	Modelo de regresión lineal para la estimación de biomasa en algunos ecosistemas boscosos de Colombia	Colombia Forestal	Hace el estudio de la biomasa forestal, con lo cual permite entender que existe distinto poder calorífico para la biomasa forestal teniendo en cuenta la región de ubicación de la fuente de biomasa.
[47]	Documento	Factores de emisión de los Biocombustibles.	UPME	Brinda información para hacer el cálculo de los factores de emisión para determinar la reducción de emisiones de CO2 por biogás en las cervecerías.
[19]	Sistema de información	Balance Energético Colombiano	MinMinas	Presenta información que permite ver el comportamiento de dos energéticos primarios de la biomasa, con lo cual se tomaron como base dos fechas distintas para poder hacer una comparación y apreciación de dichos energéticos.
[25]	Documento	Potencial de generación de energía de la agroindustria	Revista PALMAS	Aporta información respecto al potencial de generación de energía eléctrica con la palma de aceite.

ID	Tipo	Nombre	Fuente	Descripción de importancia
[51]	Documento	Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía	Consejería de agricultura y pesca	El grado de humedad de la biomasa residual agrícola, es una fundamental y permite estimar el potencial energético de un producto, siempre y cuando su poder calorífico sea alto.
[1]	Documento	Energías renovables: Descripción, Tecnologías y usos Finales.	UPME	Presenta una definición clara acerca del término Biomasa.
[49]	Documento	Bioenergía y seguridad alimentaria Evaluación Rápida, Residuos agrícolas y ganaderos	FAO	La biomasa agrícola se puede obtener de diversas fuentes de suministro, como por ejemplo cultivos con fines energéticos (plantaciones forestales de rotación corta, cultivos agrícolas), subproductos/residuo agrícolas o silvícolas (pajas, biomasa forestal residual), subproductos industriales (provenientes de la agroindustria, de la industria de la transformación de la madera, de la industria pesquera, etc.)

Tabla 45. Clasificación de referencias.

8. LEGISLACIÓN.

Tipo De Documento Jurídico	Numero	Año	Entidad	Objetivo	Sector	Aplicabilidad
Ley	99	1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.	Ambiental	Ambiental y Social
Ley	1715	2014	Congreso de Colombia	Por medio del cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. En ningún caso el valor a deducir podrá ser superior al 50% de la renta líquida antes de restar la deducción. También sobre la certificación de beneficio ambiental por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Energía Eléctrica	Propias del sector

Tipo De Documento Jurídico	Numero	Año	Entidad	Objetivo	Sector	Aplicabilidad
Conpes	3874	2016	Consejo nacional de política económica y social	Este esfuerzo se inserta en la agenda internacional relacionada con el cumplimiento de las metas establecidas por el país en el acuerdo COP 21; en particular, reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 20% para el año 2030.	Ambiental	Ambiental y Social
Resolución	186	2018	ANLA	Revisa el proyecto piloto parque industrial de la Gran Sabana ubicada en Tocancipá	Ambiental	Ambiental y Social
Decreto	1713	2002	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos	Ambiental	Ambiental y Social

Tipo De Documento Jurídico	Numero	Año	Entidad	Objetivo	Sector	Aplicabilidad
Decreto	2811	1974	Presidencia de la República	Por el cual se crea el Código Nacional de Recursos Renovables y de Protección al Medio Ambiente, uso y conservación del suelo	Energético	Ambiental y Social
Ley	697	2001	Congreso de Colombia	Por la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	Energético	Propias del sector

9. ANEXOS.

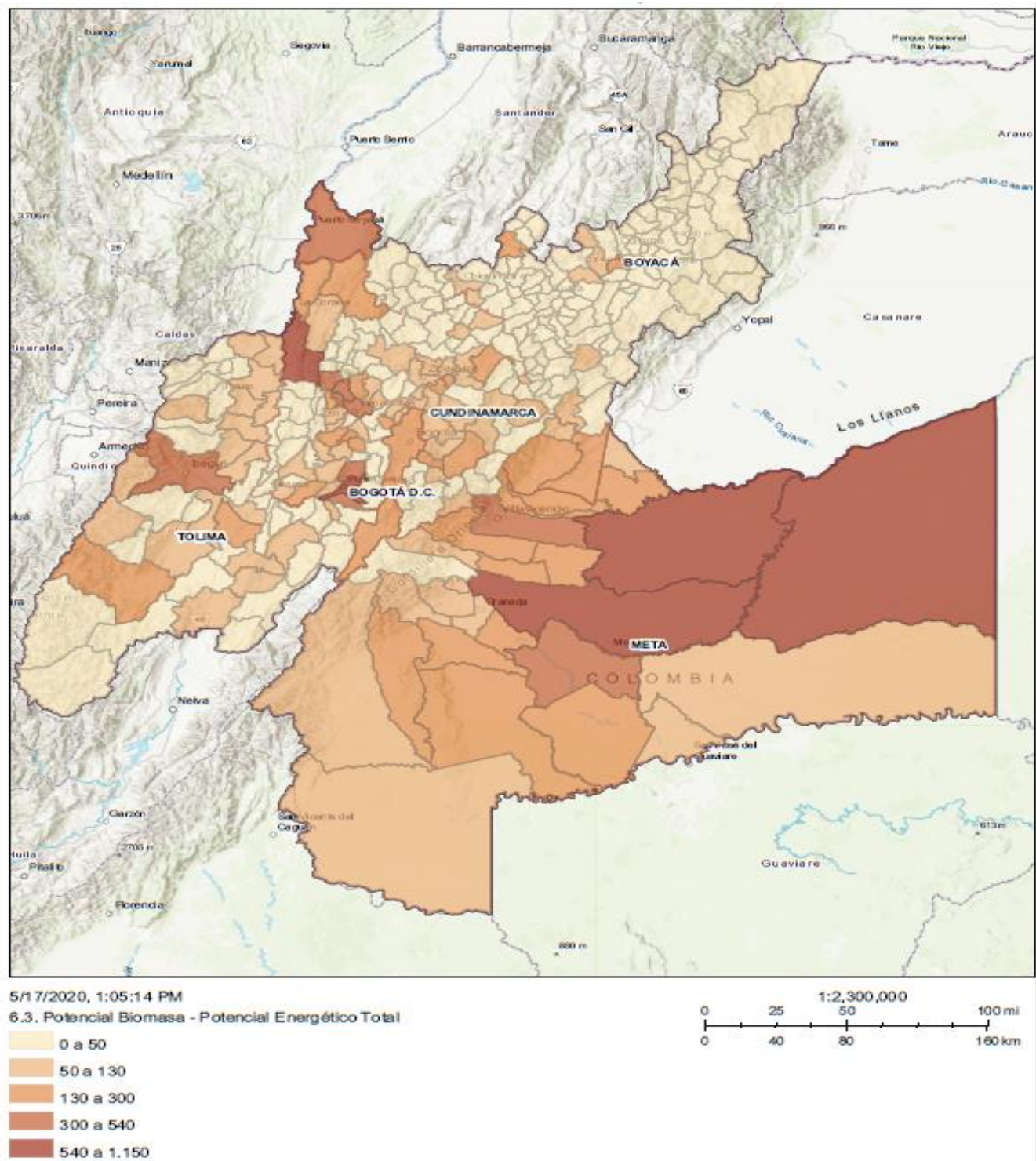
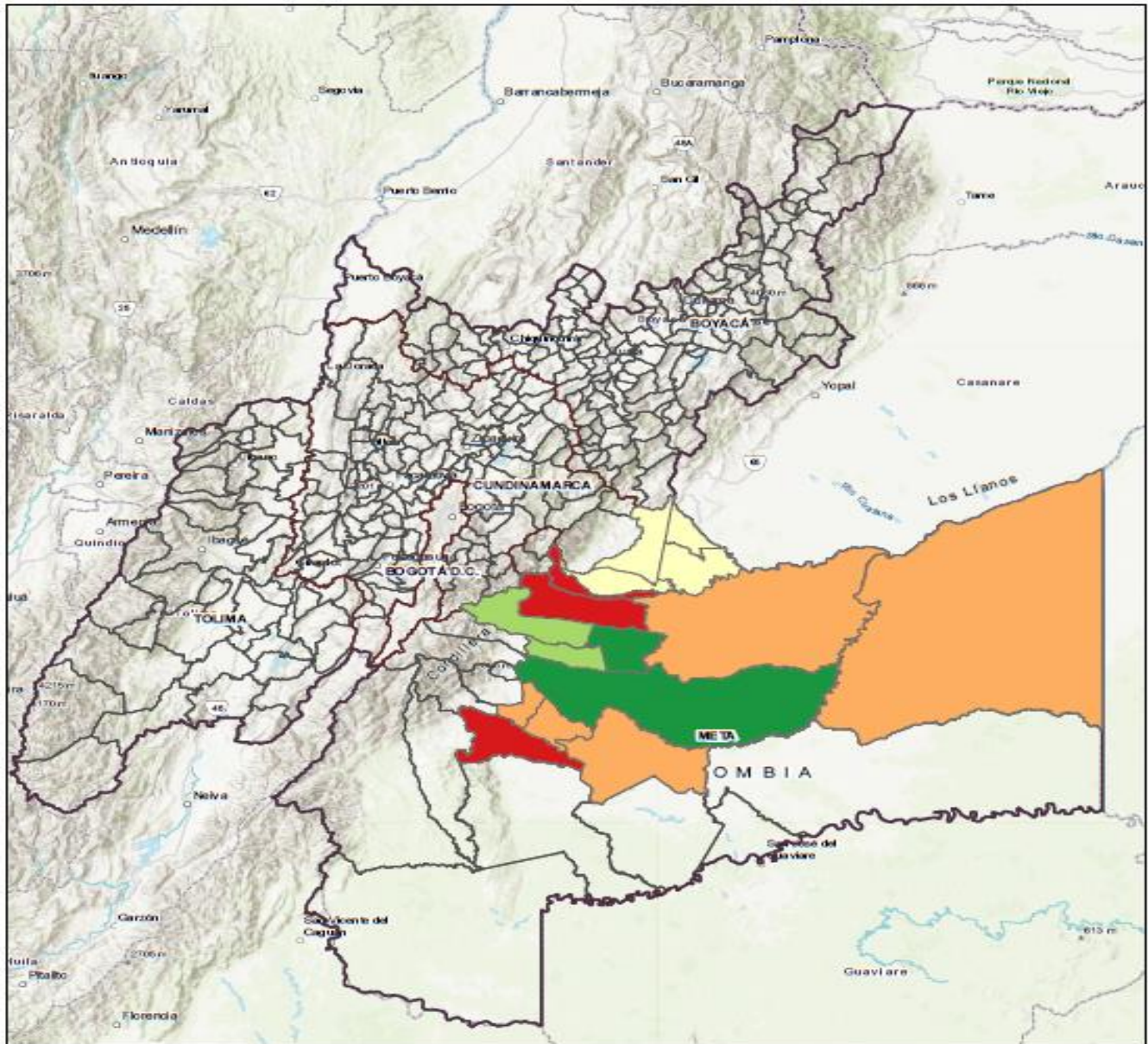


Figura 49. Potencial Biomasa - Potencial Energético Total [TJ]. [21] [25]



5/17/2020, 1:20:20 PM

6.3. Potencial Biomasa - Palma Añó

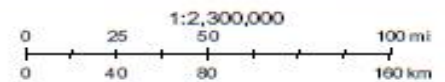
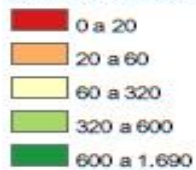
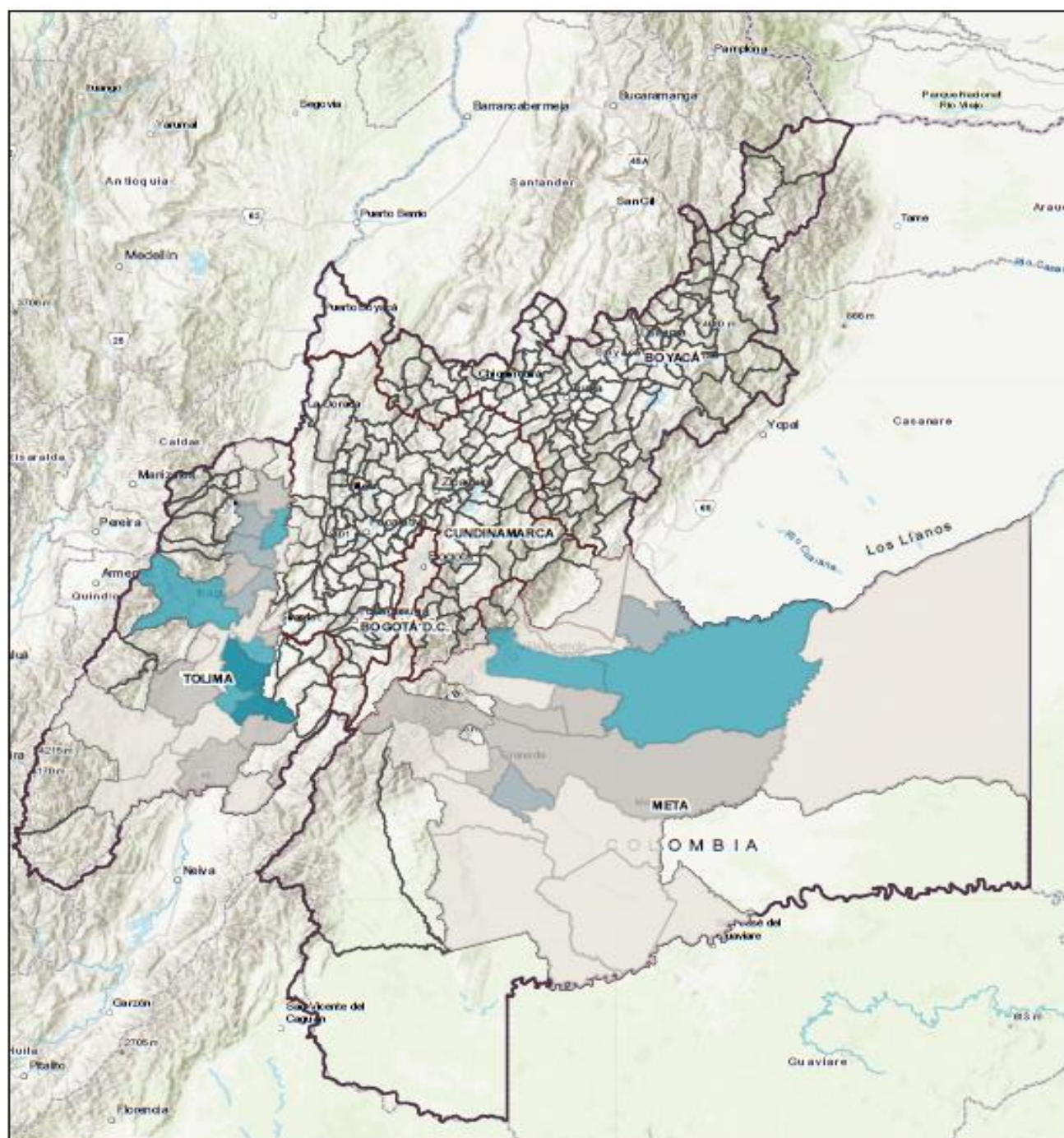


Figura 50. Potencial Biomasa - Palma Añó. [TJ]. [21] [25]



5/17/2020, 1:23:27 PM

6.3. Potencial Biomasa - Arroz Año

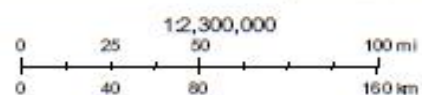
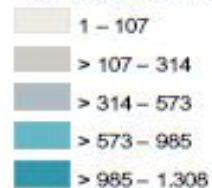
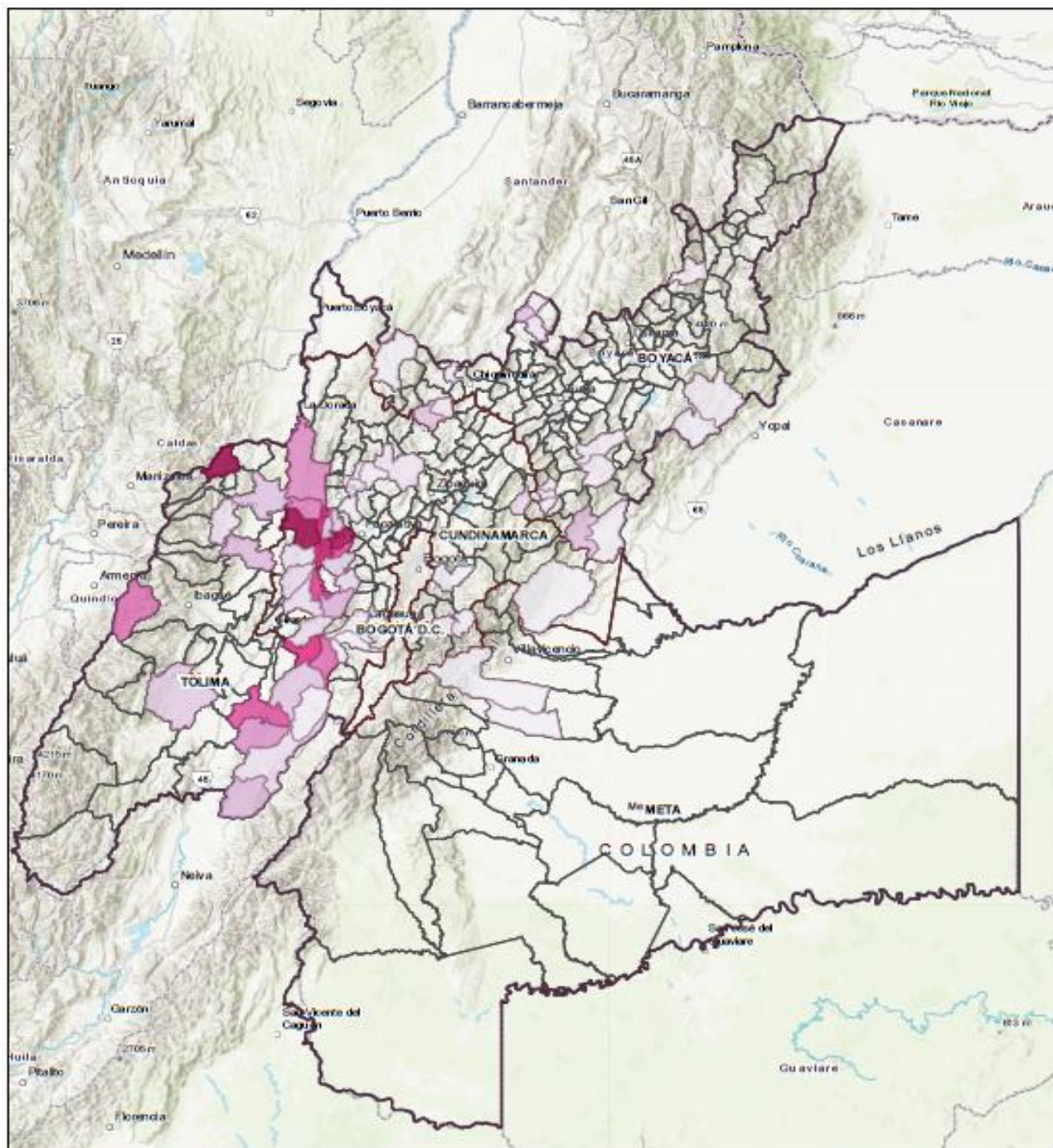


Figura 51. Potencial Biomasa - Arroz Año [TJ]. [21] [25]



5/17/2020, 1:25:51 PM

6.3. Potencial Biomasa - Banano Año

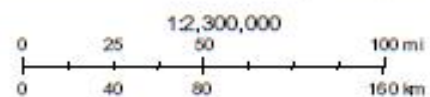
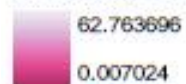
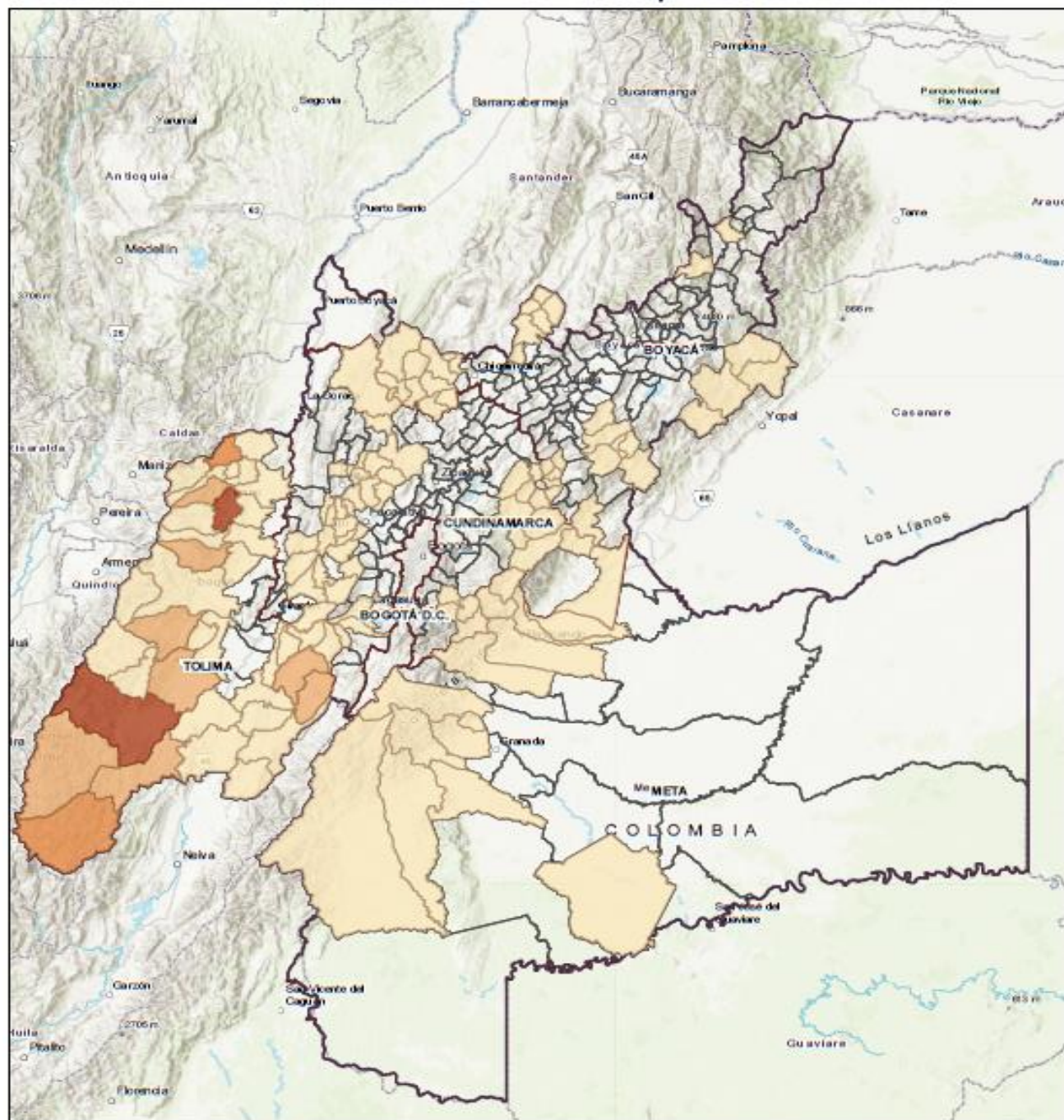


Figura 52. Potencial Biomasa - Banano Año [TJ]. [21] [25]



5/17/2020, 1:28:14 PM

6.3. Potencial Biomasa - Café Año

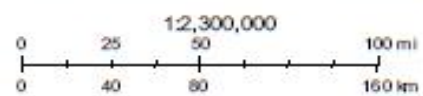
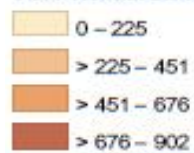
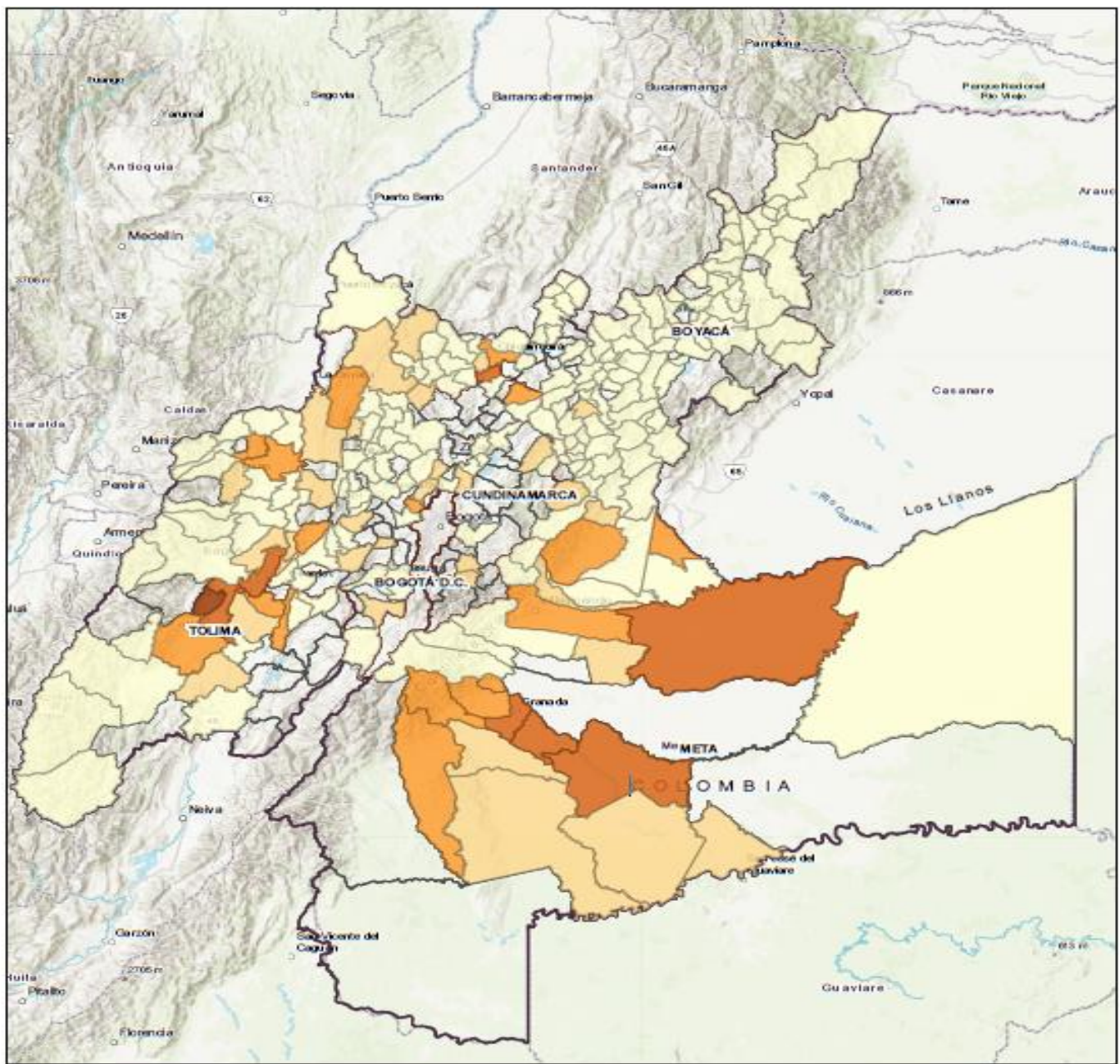


Figura 53. Potencial Biomasa - Café Año [TJ]. [21] [25]

Figura 54. Potencial Biomasa - Caña Panela Año [TJ] [21] [25]



5/17/2020, 1:33:09 PM

6.3. Potencial Biomasa - Maíz Año

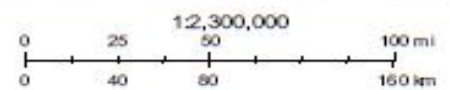
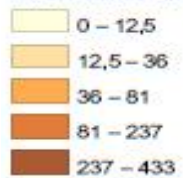
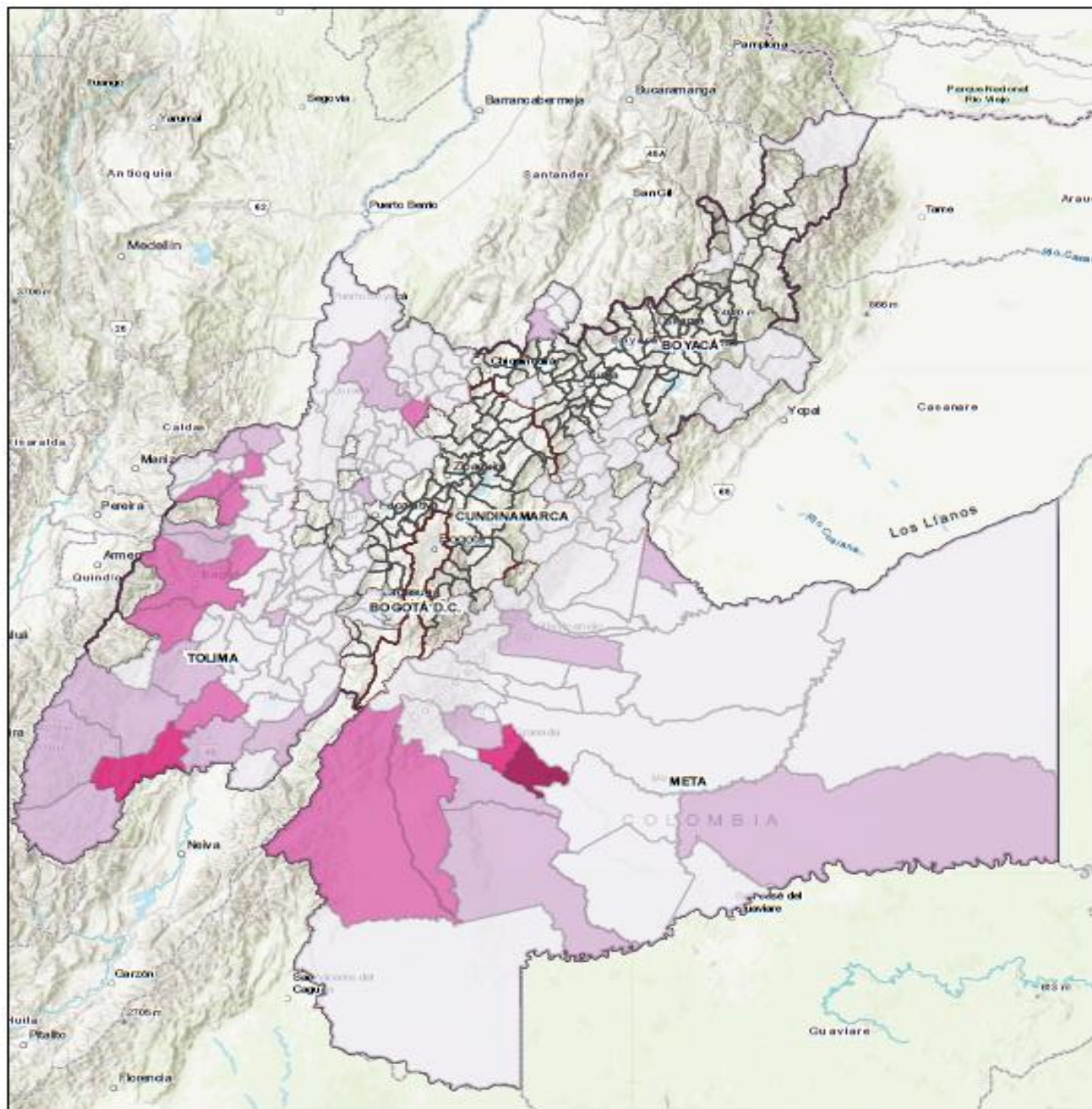


Figura 55. Potencial Biomasa - Maíz Año. [TJ] [21] [25]



5/17/2020, 1:34:52 PM

6.3. Potencial Biomasa - Plátano Año

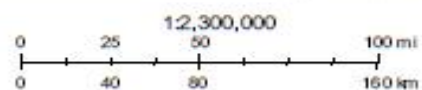
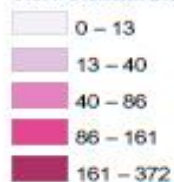
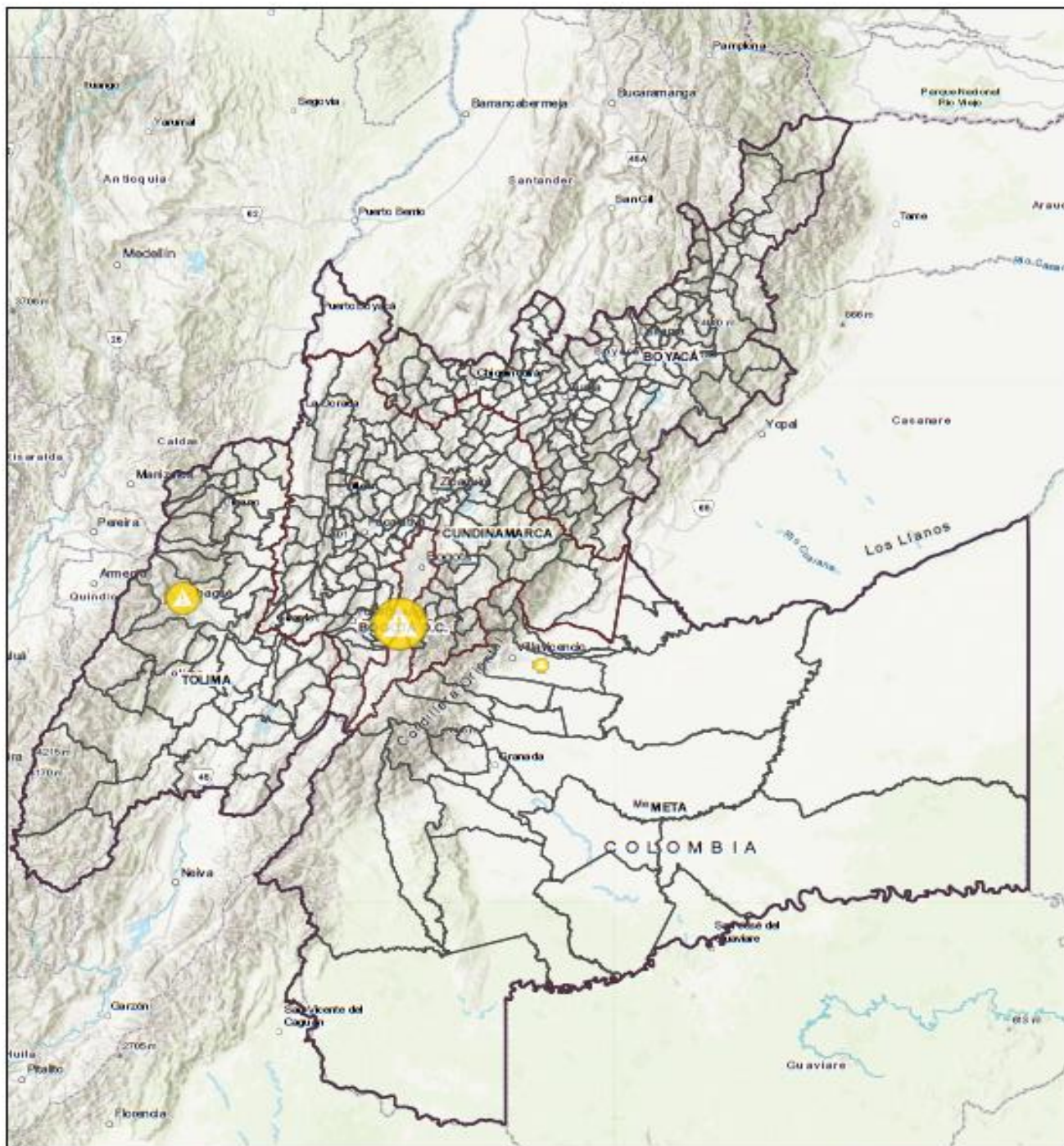


Figura 56. Potencial Biomasa - Plátano Año. [21] [25]



5/17/2020, 1:13:39 PM

8.3. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) Plazas

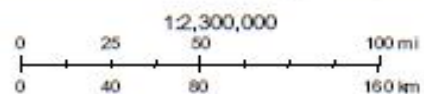
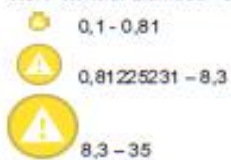
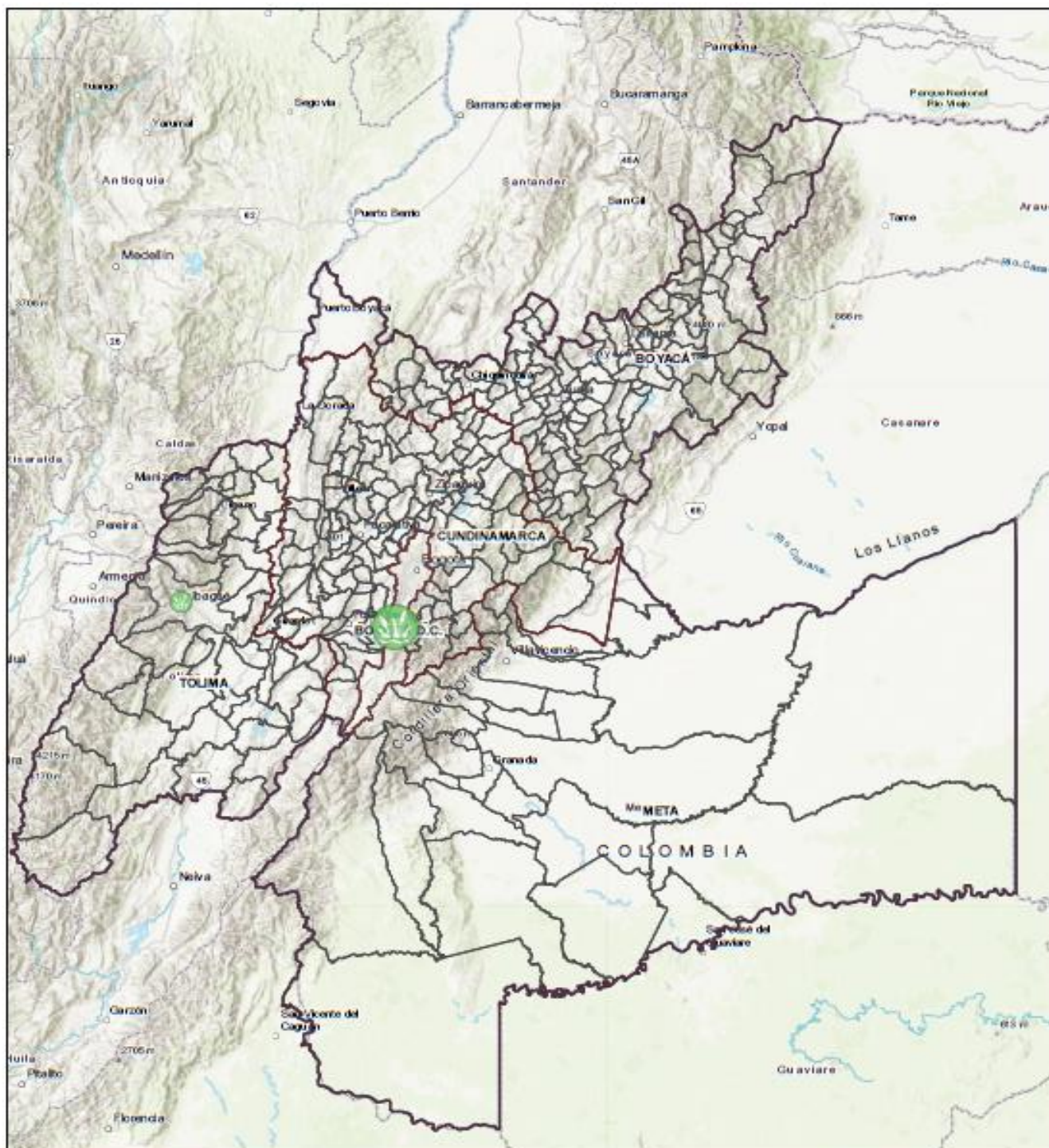


Figura 57. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) Plazas. [21] [25]



5/17/2020, 1:18:09 PM

6.3. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) - Poda

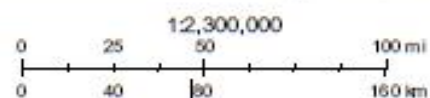
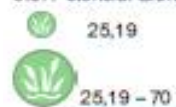


Figura 58. Potencial Biomasa - Consolidado Año Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) - Poda. [21] [25]