



Fotografía: Tomada de Wikipedia- Archivo: Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete

CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA ENERGÉTICA GUAVIARE



PERS GUAVIARE

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO DE ASOCIACIÓN UPME
No. CV-002 2020, IPSE No. 064-2020, SUSCRITO CON LA
UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA Y EL
INSTITUTO DE PLANEACIÓN Y PROMOCIÓN DE
SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS IPSE Y LA EMPRESA DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DEL GUAVIARE ENERGUAVIARE, PARA LA
REALIZACIÓN DEL PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL
SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE-
PERS GUAVIARE

Oferta energética para el Plan de
Energización Rural Sostenible para el
departamento del Guaviare

Agosto 2021

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
GLOSARIO	7
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL DEPARTAMENTO	9
2.1. LIMITES DEPARTAMENTALES.	9
2.2. DIVISIONES ADMINISTRATIVA Y POBLACIONAL	10
2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES	11
3. OFERTA ENERGETICA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	11
4. ENERGÍA SOLAR	12
4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	12
4.2. METODOLOGÍA PARA RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL SOLAR.	13
4.3. POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	19
4.3.1. POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR POR MUNICIPIO.	22
5. ENERGÍA EÓLICA	24
5.1. METODOLOGÍA PARA RECONOCIMIENTO DE POTENCIAL EÓLICO	24
5.1.1. MODELO MATEMÁTICO USADO PARA EVALUAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO	31
5.2. POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	32
5.2.1. VELOCIDAD DEL VIENTO POR MUNICIPIO	33
6. ENERGÍA HÍDRICA	38
6.1. METODOLOGÍA PARA EL RECONOCIMIENTO DE POTENCIAL HÍDRICO	39
6.1.1. PRINCIPALES FUENTES HÍDRICAS	41
6.1.2. CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	43
6.1.3. MODELO MATEMÁTICO USADO PARA EVALUAR EL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO	44
6.2. POTENCIAL HÍDROENERGÉTICO EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	45
7. BIOMASA	49
7.1. METODOLOGÍA PARA EL RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL ENERGETICO POR MEDIO DE LA BIOMASA	50
7.1.1. BIOMASA AGRÍCOLA	50
7.1.1.1. PRINCIPALES CULTIVOS	50
7.1.1.2. CONSTANTES PARA ESTIMAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO AGRICOLA	55
7.1.1.3. MODELO MATEMÁTICO USADO PARA EVALUAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA AGRÍCOLA	57
7.1.1.4. POTENCIAL ENERGÉTICO BIOMASA AGRÍCOLA DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	58
7.1.1.4.1. POTENCIAL ENERGÉTICO BIOMASA AGRICOLA POR MUNICIPIO	60
7.1.2. BIOMASA FORESTAL	64

7.1.2.1.	EXTENSIÓN TERRITORIAL.	64
7.1.2.2.	USOS Y ACTIVIDADES PERMITIDAS EN ÁREAS PORTEGIDAS DEL DEPARTAMENTO	68
7.1.2.3.	POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA FORESTAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	69
7.1.2.3.1.	POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL POR MUNICIPIO	71
7.1.3.	BIOMASA PECUARIA	73
7.1.3.1.	INVENTARIO PECUARIO DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	74
7.1.3.2.	CONSTANTES PARA ESTIMAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO	77
7.1.3.3.	MODELO MATEMÁTICO PARA CALCULAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL SECTOR PECUARIO	78
7.1.3.4.	POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	79
7.1.3.4.1.	POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO POR MUNICIPIO	81
8.	ENERGÍA GEOTÉRMICA	85
8.1.	ANTECEDENTES Y DESARROLLO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN COLOMBIA	86
8.2.	DESARROLLO DE PROYECTOS DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA	86
8.3.	RESUMEN POTENCIAL GEOTÉRMICO	87
8.	GAS NATURAL	89
8.1.	ESTADO DEL SECTOR EN COLOMBIA	89
8.2.	OFERTA GAS NATURAL EN COLOMBIA	90
8.3.	RESUMEN POTENCIAL GAS NATURAL	91
9.	ESTADO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.	92
10.	ANÁLISIS DE LA OFERTA ENERGÉTICA DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE	94
11.	CONCLUSIONES	96
	Bibliografía	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Estaciones meteorológicas activas departamento del Guaviare.	13
Tabla 2:	Valores de brillo solar promedio multianual y promedio multianual (2015- 2019)	16
Tabla 3:	Radicación promedio mensual y anual del departamento del Guaviare según puntos de muestreo.	18
Tabla 4:	Resumen de valores de radiación aprovechables en el departamento del Guaviare	19
Tabla 5:	Potencial energético solar del departamento del Guaviare.	21
Tabla 6:	Velocidad del viento a 50 m promedio mensual y anual del departamento del Guaviare según puntos de muestreo.	28
Tabla 7:	Velocidad del viento a 10 m promedio mensual y anual del departamento del Guaviare según puntos de muestreo.	28
Tabla 8:	Temperaturas promedio mensual y anual del departamento del Guaviare según puntos de muestreo.	30

Tabla 9: Temperaturas máximas y mínimas anuales del departamento del Guaviare según puntos de muestreo.	31
Tabla 10: Resumen de valores eólicos aprovechables en el departamento del Guaviare	32
Tabla 11: Potencial energético eólico del departamento del Guaviare a 10 mts	36
Tabla 12: Potencial energético eólico del departamento del Guaviare a 50 mts	37
Tabla 13: localidades con prestación del servicio de energía por medio de grupos electrógenos por parte de energuaviare s.a. e.sp.	40
Tabla 14: Resumen de potencial hídrico según tipo de caída aprovechables en el departamento del Guaviare.	46
Tabla 15: Clasificación de centrales eléctricas.	48
Tabla 16: Principales cultivos departamento del Guaviare año 2018	52
Tabla 17: Cultivos permanentes departamento del Guaviare 2018	53
Tabla 18: Cultivos transitorios departamento del Guaviare 2018	55
Tabla 19: Cultivo anual departamento del Guaviare 2018	56
Tabla 20: Factor de residuo de los cultivos más relevantes en el departamento del Guaviare.	57
Tabla 21: Poder calorífico inferior para la biomasa Agrícola	58
Tabla 22: Potencial energético Agrícola departamento del Guaviare	59
Tabla 23: Potencial energético Agrícola del municipio de San José del Guaviare.	61
Tabla 24: Potencial energético Agrícola del municipio de El Retorno	62
Tabla 25: Potencial energético Agrícola del municipio de Calamar.	63
Tabla 26: Potencial energético Agrícola del municipio de Miraflores.	64
Tabla 27: Extensión Territorial de las áreas protegidas en el departamento	66
Tabla 28: Potencial biomasa forestal en el departamento del Guaviare	71
Tabla 29: Potencial energético forestal municipio San José del Guaviare	73
Tabla 30: Potencial energético forestal municipio El retorno	74
Tabla 31: Potencial energético forestal municipio de Calamar	75
Tabla 32: Potencial energético forestal municipio de Calamar	75
Tabla 33: Total cabezas de aves en el departamento del Guaviare	77
Tabla 34: Total cabezas de porcinos en el departamento del Guaviare	78
Tabla 35: Total cabezas de bovinos en el departamento del Guaviare	79
Tabla 36 Producción de biogás.	80
Tabla 37 Potencial Energético Total Departamento del Guaviare	82
Tabla 38 Potencial Energético Total Municipio San José del Guaviare.	84
Tabla 39 Potencial Energético Total Municipio de El Retorno	85
Tabla 40 Potencial Energético Total Municipio Calamar	86
Tabla 41 Potencial Energético Total Municipio de Miraflores.	87
Tabla 42: Sistemas Geotérmicos en Colombia	88
Tabla 43: Proyectos Geotérmicos en Colombia	89
Tabla 44 Características termales en el Departamento del Guaviare	90
Tabla 45: Cuencas de gas natural en Colombia	92
Tabla 46: Subestaciones Departamento del Guaviare	96
Tabla 47: Potenciales energéticos totales del Departamento del Guaviare	97

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Participación porcentual por actividad económica	12
Gráfica 2: Radiación Promedio mensual – Municipio San José del Guaviare	22

Gráfica 3: Radiación Promedio mensual – Municipio El Retorno	22
Gráfica 4: Radiación Promedio mensual – Municipio Calamar	23
Gráfica 5: Radiación Promedio mensual – Municipio Miraflores	23
Gráfica 6: Velocidad del viento promedio a 10 y 50 metros – Municipio San José del Guaviare.	33
Gráfica 7: Velocidad del viento promedio a 10 y 50 metros – Municipio El Retorno	33
Gráfica 8: Velocidad del viento promedio a 10 y 50 metros – Municipio Calamar	34
Gráfica 9: Velocidad del viento promedio a 10 y 50 metros – Municipio Miraflores	34
Gráfica 10: Participación porcentual de Cultivos Permanentes 2018	54
Gráfica 11: Participación Porcentual de Cultivos Transitorios 2018	55
Gráfica 12: Participación Porcentual de aves en el departamento del Guaviare	77
Gráfica 13: Participación Porcentual de porcinos en el departamento del Guaviare	78
Gráfica 14: Participación Porcentual de bovinos en el departamento del Guaviare	79
Gráfica 15: Producción de gas natural 2008-2019 en el departamento del Guaviare	90
Gráfica 16: Reservas gas natural 2010-2018 en el departamento del Guaviare	91

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: División Política Departamento del Guaviare	10
Mapa 2: Estaciones climatológicas del IDEAM Departamento del Guaviare.	14
Mapa 3: Brillo Solar y Radiación solar promedio anual.	15
Mapa 4: Ubicación puntos de muestreo Radiación Solar.	16
Mapa 5: Distribución del Brillo Solar Anual en el departamento del Guaviare	20
Mapa 6: potencial energético solar departamento del Guaviare	21
Mapa 7: Velocidad y dirección del viento	25
Mapa 8: Velocidad Promedio del Viento a 10 metros Departamento del Guaviare	35
Mapa 9: Velocidad Promedio del Viento a 50 metros Departamento del Guaviare	36
Mapa 10: Densidad Potencial Eólico anual a 10 metros departamento del Guaviare	37
Mapa 11: Densidad Potencial Eólico anual a 50 metros Departamento del Guaviare	38
Mapa 12: Sitios de interés Departamento del Guaviare	42
Mapa 13: Principales Fuentes Hídricas del Departamento del Guaviare	44
Mapa 14: Caudales Medios del Departamento del Guaviare	45
Mapa 15: Potencial Hídrico caída 0,2 km Departamento del Guaviare	47
Mapa 16: Potencial Hídrico caída 1 km Departamento del Guaviare	47
Mapa 17: Potencial energético Agrícola Departamento del Guaviare	60
Mapa 18: Áreas Protegidas RUNAP Municipio de San José del Guaviare	67
Mapa 19: Áreas Protegidas RUNAP Municipio de El Retorno	67
Mapa 20: Áreas Protegidas RUNAP Municipio de Calamar	68
Mapa 21: Áreas Protegidas RUNAP Municipio de Miraflores.	69
Mapa 22: Potencial Energético Forestal Departamento del Guaviare	73
Mapa 23: Potencial Energético Pecuario Departamento del Guaviare	83
Mapa 24: ubicación de termales en el departamento del Guaviare	90
Mapa 25: Ubicación Subestaciones Departamento del Guaviare	95

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2012, se vienen impulsando los Planes de Energización Rural Sostenibles (PERS), buscando conocer la Colombia Rural, tanto desde los componentes de demanda energética, como de la oferta energética y socioeconómica, con el fin de contribuir con la potencialización del sistema económico en el área rural del país. De esta forma, se logra dar cumplimiento con uno de los objetivos principales del PERS: “La energía como un medio para el desarrollo productivo rural”, que se materializa con proyectos energéticos que sean sostenibles a largo plazo.

La empresa de energía eléctrica del Guaviare “ENERGUAVIARE S.A E.SP.” se une a la iniciativa para adelantar los Planes de Energización Rural Sostenible en el departamento del Guaviare. Para ello adelanta los estudios necesarios junto con la recolección de la información necesaria para adelantar las actividades del PERS. Esto se realiza en los 4 municipios del departamento (San José del Guaviare, El Retorno, Calamar y Miraflores), permitiendo de esta manera conocer en cada municipio, sus características climatológicas, energéticas y socioeconómicas.

Desde el componente de oferta energética se quiere conocer el potencial energético del departamento del Guaviare. Se inicia con una recolección de información secundaria, donde las entidades del orden nacional y local presentes en el departamento contribuyeron facilitando datos y documentos necesarios (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico - CDA, secretaria de Planeación y secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente - Guaviare), como también entidades nacionales (UPME, DIAN, ICA, IDEAM). El análisis y procesamiento de esta información, permite conocer cuáles son las fuentes energéticas más importantes o con mayor potencia en la región.

El análisis de la oferta energética para el departamento del Guaviare profundiza las siguientes fuentes energéticas de carácter renovable: energía solar, energía eólica, biomasa, energía hídrica y energía geotérmica, como las más principales. En el caso de las energías convencionales e hidrocarburos, como el gas natural, por ejemplo, se realiza una descripción puntual del estado de los agentes energéticos en Colombia, debido a que en la región no hay presencia de yacimientos de petróleo. Se resalta que la energía geotérmica es mínima en el departamento y se tiene en cuenta dos termales ubicados en el municipio de Calamar con límites del municipio de El Retorno. En los capítulos siguientes se analiza cada fuente energética por municipio y por un periodo multianual, donde permite concluir a través de un mapa el análisis de cada fuente energética. En el capítulo final se realiza una descripción del estado de la conexión eléctrica en el departamento del Guaviare, donde se detalla las Zonas No Interconectadas (ZNI) y sus sistemas de generación eléctrica, como también las zonas que están asociadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

GLOSARIO

CAÍDA HIDRÁULICA: Es la diferencia de cota entre el punto de captación del agua y las turbinas; a mayor diferencia de cota, mayor potencia hidráulica disponible.

CALOR: Es un tipo de energía que se manifiesta cuando se transfiere energía de un cuerpo caliente a otro cuerpo más frío. Esta energía puede viajar de tres maneras principales:

- **Conducción:** cuando se calienta un extremo de un material, sus partículas vibran y chocan con las partículas vecinas, transmitiéndoles parte de su energía.
- **Radiación:** el calor se propaga a través de ondas de radiación infrarroja (ondas que se propagan a través del vacío y a la velocidad de la luz).
- **Convección:** que es propia de fluidos (líquidos o gaseosos) en movimiento.

CULTIVO PERMANENTE: Son aquellos que tienen una duración de más de una temporada, es decir, se siembran o plantan una vez, y se pueden cosechar durante varias temporadas. Por ejemplo, frutales. Estos cultivos, en general, requieren de una inversión mayor que en el caso de los cultivos anuales, y consecuentemente su rentabilidad es también mayor. A su vez, la cosecha de los cultivos depende entre otros factores, de la satisfacción de sus demandas de riego dentro de la temporada. Plantas que en los primeros años de desarrollo son improductivos; luego producen cosechas durante muchos años con bajo costo de mantenimiento.

CULTIVO TRANSITORIO: Son aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo por lo regular es menor a un (1) año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, por ejemplo, los cereales (maíz, trigo, cebada, arroz), los tubérculos (papa), algunas oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayoría de las hortalizas (tomate larga vida bajo invernadero) y algunas especies de flores a cielo abierto y bajo invernadero (alstroemerias). Los cultivos transitorios se caracterizan porque al momento de la cosecha son removidos y para obtener una nueva cosecha es necesario volverlos a sembrar. Se incluyen en esta categoría cultivos como la yuca y el ñame los cuales permanecen en la tierra por más de un (1) año.

ENERGÍA: Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).

ENERGÍA PRIMARIA: Fuente de energía natural existente en la Naturaleza, como el carbón, el petróleo, el gas natural, el sol, agua almacenada o en movimiento, las mareas, el viento, el uranio, calor almacenado en la tierra (geotermia), etc. Después de su transformación, la energía primaria produce energía intermedia (gasolina, carbón, electricidad, etc.).

ENERGÍAS RENOVABLES: Son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. El sol está en el origen de todas ellas porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía

eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que provoca la formación de nubes y, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica.

OFERTA ENERGÉTICA: Disponibilidad de recursos renovables y no renovables que se encuentran en un lugar que pueden ser aprovechados para la transformación y producción de energía eléctrica.

PODER CALORÍFICO: Es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación. (Presencia de oxígeno).

POTENCIA: Variación de la energía intercambiada con el tiempo. La unidad de potencia es el vatio (W). $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

RADIACION: Proceso de transferencia de calor que se establece entre cuerpos a diferente temperatura mediante emisión de fotones o transmisión de ondas electromagnéticas.

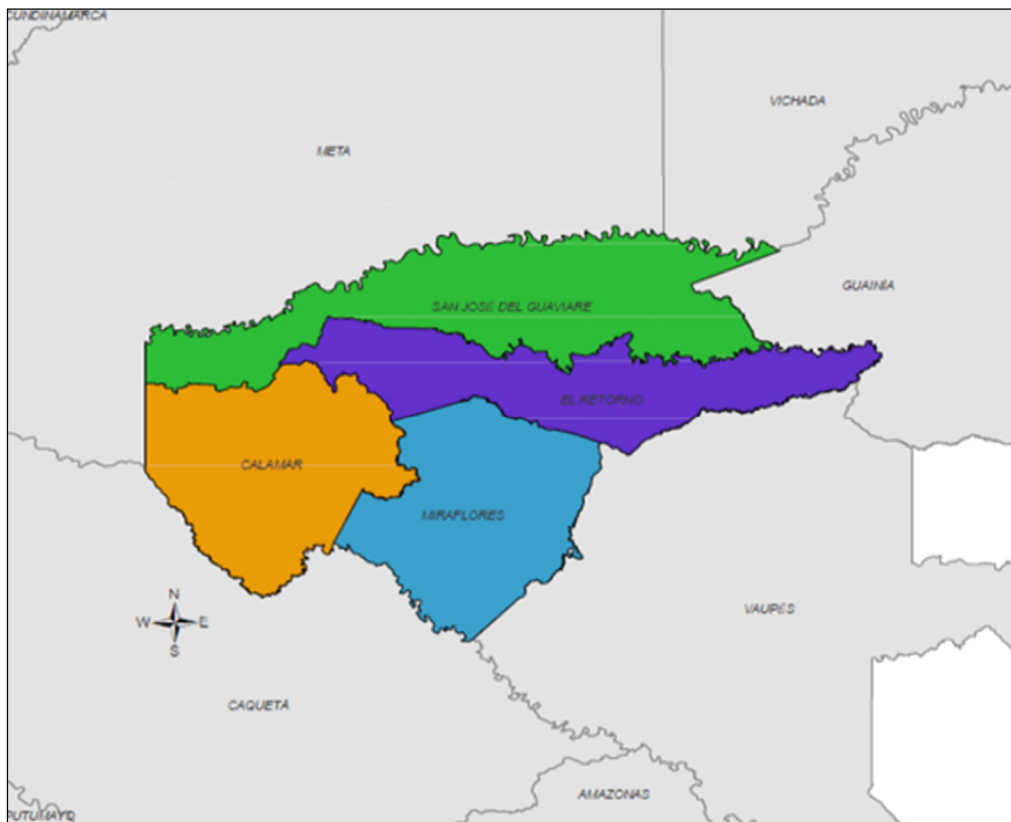
RADIACION SOLAR: Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL DEPARTAMENTO

2.1. LÍMITES DEPARTAMENTALES.

El departamento del Guaviare se encuentra en la parte oriental colombiana a $2^{\circ}34'00''N$ $72^{\circ}38'00''O$, la superficie es de 55.527,25 km² lo que representa el 5% del territorio nacional, siendo el octavo departamento con mayor extensión. Su ubicación geográfica le permite ser un lugar lleno de biodiversidad, es un lugar estratégico para la conservación del medio ambiente, es la transición del llano a la selva. En el norte limita con el departamento del Meta y Vichada, donde lo separa el Rio Guaviare, al oriente con Guainía, al sur limita con los departamentos de Caquetá y Vaupés.

Mapa 1: División Política Departamento del Guaviare



Fuente: DANE

2.2. DIVISIONES ADMINISTRATIVA Y POBLACIONAL

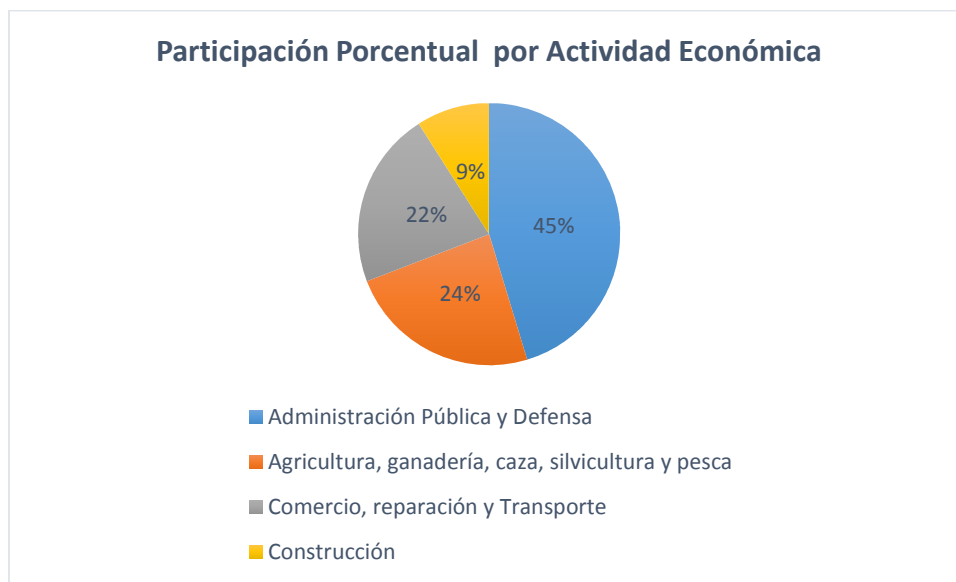
El Guaviare está dividido administrativamente por cuatro municipios: San José del Guaviare, está su capital, El Retorno, Calamar y Miraflores.

- **San José del Guaviare:** Posición Geografía: 72° 38' - 2° 36' Superficie: 16.178 Kms² Área: San José del Guaviare ocupa un área aproximada de 1.660.000ha, que corresponden al 30% del territorio departamental. Distancia a Villavicencio: El municipio está situado a 278 kilómetros de Villavicencio. Altura Sobre Nivel del Mar: 175mts. Temperatura Media: 25° C.
- **El Retorno:** El Municipio de El Retorno se encuentra localizado a los 02° 19" de latitud norte y 72° 37" de longitud oeste, aproximadamente a 245 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 25 °C. Limita al Norte con San José del Guaviare, por el Sur con Miraflores y el departamento del Vaupés, por el Oeste con Calamar y el Este con el departamento de Guainía, con una extensión total de 10.434 Km².
- **Calamar:** El municipio de Calamar se encuentra localizado sobre la margen derecha del río Unilla, aproximadamente a 73 Km al sur de la capital San José del Guaviare. Sus territorios son planos o ligeramente ondulados, correspondientes a los llanos amazónicos; los suelos, por la conformación de su relieve, únicamente ofrecen el piso térmico cálido, con temperaturas que oscilan entre los 27 y los 30° C a lo largo de todo el año. Bañan sus suelos las aguas del río Unilla e Itilla que luego forman el Vaupés, además de numerosos caños y corrientes de caudal variable, de acuerdo con la época del año. En el territorio de Calamar se encuentra el 25% del área de la Sierra de Chiribiquete. Altura Sobre Nivel del Mar: 175mts. Temperatura Media: 26° C. Extensión total: 16.200 km².
- **Miraflores:** Sus territorios son planos o suavemente ondulados, pertenecientes a la gran llanura amazónica y están cubiertos de espesas selvas. Por la conformación de su topografía los terrenos solamente presentan el piso térmico cálido con alta humedad. La jurisdicción está surcada por el río Vaupés, además de incontables caños y fuentes cuyos caudales varían acorde con la época del año, ya sea ésta lluviosa o seca. Altura Sobre Nivel del Mar: 180mts. Temperatura Media: 28° C. Extensión total: 12.779.3 km².

2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES

El departamento del Guaviare se caracteriza por tener un alto crecimiento en el sector agropecuario, pero a pesar de esto el sector de los servicios, representado en la Administración Pública y Defensa, se encuentra como el que mayor aporta en la economía del departamento. En los últimos años la ganadería ha tenido un crecimiento amplio en la región. De otra parte, en el sector de la agricultura, los cultivos principales en el departamento son: plátano, yuca, piña gold, arroz, maíz tradicional, sandía, chontaduro, caña panelera, cacao y caucho.

GRÁFICA 1: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL POR ACTIVIDAD ECONÓMICA



Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del Plan Departamental de Desarrollo; Anexo 1 Diagnostico Plan de Desarrollo “soluciones a su servicio 2020-2023”

3. OFERTA ENERGETICA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

El departamento del Guaviare en su amplio territorio cuenta con recursos naturales que no se puede avaluar, lo que implica que las acciones que se tomen siempre deben buscar el cuidado de la naturaleza. El PERS Guaviare, desde el componente de oferta energética realiza un estudio de varias fuentes energéticas que se pueden encontrar en el departamento y que puedan dar una solución a la falta de energización en varias partes del Guaviare.

Por tal razón, se realiza un estudio a los diferentes potenciales energéticos que podrían estar presentes en el departamento o que se podrían obtener de la biomasa: Energía solar, energía eólica, energía hidráulica, biomasa forestal, biomasa agrícola, biomasa pecuaria, energía geotérmica y gas natural.

4. ENERGÍA SOLAR

La energía solar es una energía renovable obtenida a partir de la radiación electromagnética del Sol. Lo cual quiere decir que se obtiene de un recurso natural e inagotable, en este caso el Sol.

Esta se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar. (IDEAM, Tiempo y clima, 2015).

El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera. (IDEAM, Tiempo y clima, 2015).

4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Con el objeto de estimar el potencial se realizó un sondeo inicial de 19 estaciones meteorológicas ubicadas en el departamento del Guaviare, las cuales son administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). De estas 19 estaciones, 10 se encuentran activas.

A continuación, se muestra el inventario de las estaciones activas presentes en el departamento:

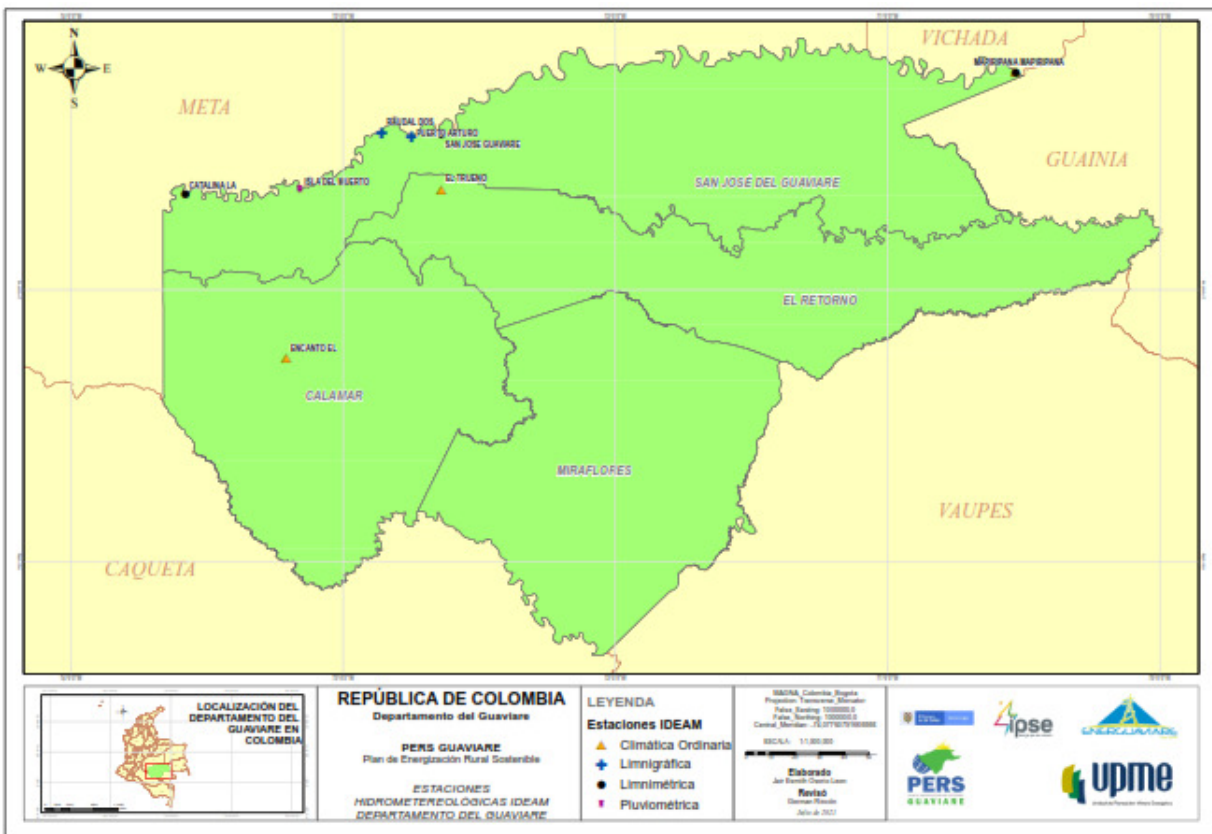
TABLA 1: ESTACIONES METEOROLÓGICAS ACTIVAS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.

Código	Nombre	Categoría	Estado	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Fecha instalación
31015010	EL TRUENO	Climática Ordinaria	Activa	El Retorno	2,37	-72,64	150	14/05/1982
32040020	ISLA DEL MUERTO	Pluviométrica	Activa	San José Del Guaviare	2,37	-73,16	184	15/06/1983
32107010	PUERTO ARTURO	Limnigráfica	Activa	San José Del Guaviare	2,56	-72,75	175	15/11/1978
32107030	SAN JOSE GUAVIARE	Limnimétrica	Activa	San José Del Guaviare	2,57	-72,64	172	15/04/1988
32047010	RAUDAL DOS	Limnigráfica	Activa	San José Del Guaviare	2,58	-72,86	177	15/07/1980
32047030	CATALINA LA	Limnimétrica	Activa	San José Del Guaviare	2,35	-73,58	255	15/02/1983

32155010	MAPIRIPANA	Climática Ordinaria	Activa	San José Del Guaviare	2,8	-70,53	140	15/12/1983
32047020	BAJO GUAYABERO	Limnimétrica	Suspendida	San José Del Guaviare	2,62	-72,81	177	15/07/1980
32157010	MAPIRIPANA	Limnimétrica	Activa	San José Del Guaviare	2,8	-70,53	121	14/03/1983
3210500154	Radar Met SANJOSE	Meteorológica Especial	Activa	San José Del Guaviare	2,53	-72,63	205	20/02/2019
47067010	ENCANTO EL	Climática Ordinaria	Activa	Calamar	1,75	-73,21	120	15/04/1986

Fuente: (IDEAM, Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM. , 2014).

MAPA 2: ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DEL IDEAM DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.



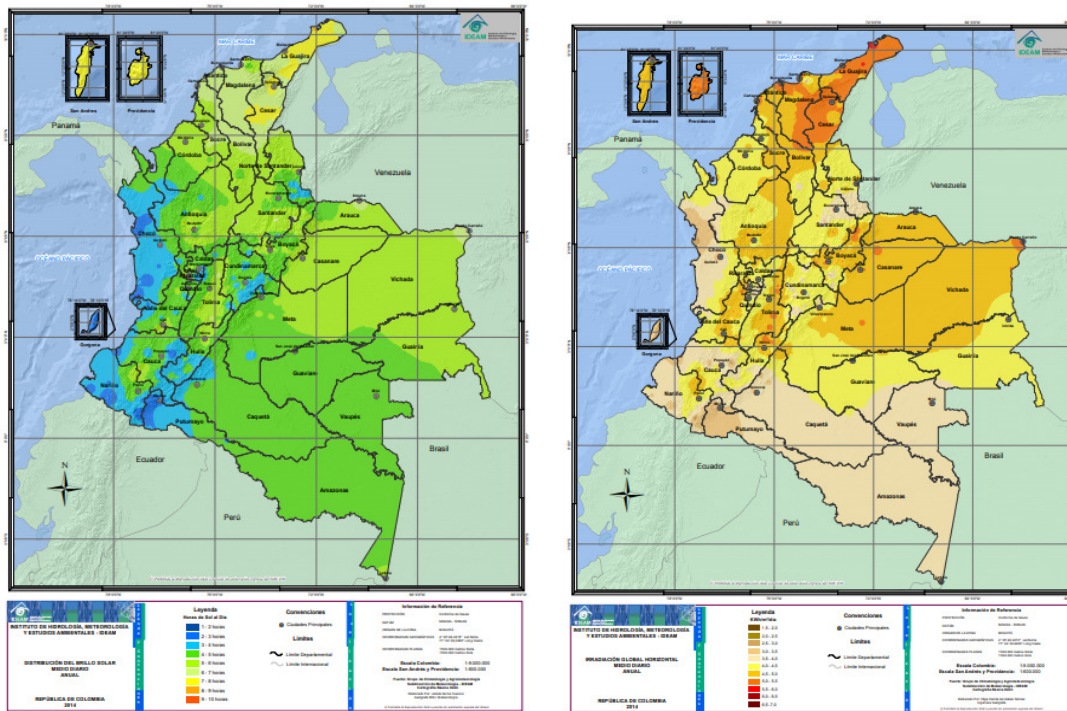
Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del IDEAM

4.2. METODOLOGÍA PARA RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL SOLAR.

Con el fin de cuantificar la cantidad de radiación solar que se puede aprovechar para la generación de energía en el departamento del Guaviare, se toma como insumo y punto de referencia el estudio de radiación solar en Colombia que ha reportado el Instituto de

Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) junto con la UPME; estos resultados han sido plasmados en el Atlas de Radiación Solar y brillo solar en Colombia elaborados en el año 2015.

MAPA 3: BRILLO Y RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO ANUAL.



Fuente: (IDEAM, 2015)

Debido a que la información suministrada en el Atlas de Radiación Solar de Colombia se da a una escala nacional y en búsqueda de resultados regionales e información más actualizada con menos rango de error, se hace revisión de información climatológica en las 10 estaciones activas en el departamento.

Se inicia con un análisis exploratorio de datos entre los que se establecen 2 (dos) criterios de selección:

- ✓ **Ubicación**
- ✓ **Información disponible** las estaciones climatológicas que registren y proporcionen la mayor cantidad de información del periodo 2015-2019 (5 años). Este periodo de tiempo se establece con el fin de verificar la evolución y el comportamiento del brillo solar en el transcurso del tiempo. Para esta parte del ejercicio se obtienen registros de dos (2) estaciones climatológicas activas en el departamento (El Trueno y Mapiripana).

TABLA 2: VALORES DE BRILLO SOLAR PROMEDIO MULTIANUAL Y PROMEDIO MULTIANUAL (2015- 2019)

ESTACIÓN / AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	Promedio Multianual
EL TRUENO [31015010]			3,5	3,2	3,1	3,3
MAPIRIPANA [32155010]	4,4	4,6	4,4	3,8	4,0	4,2

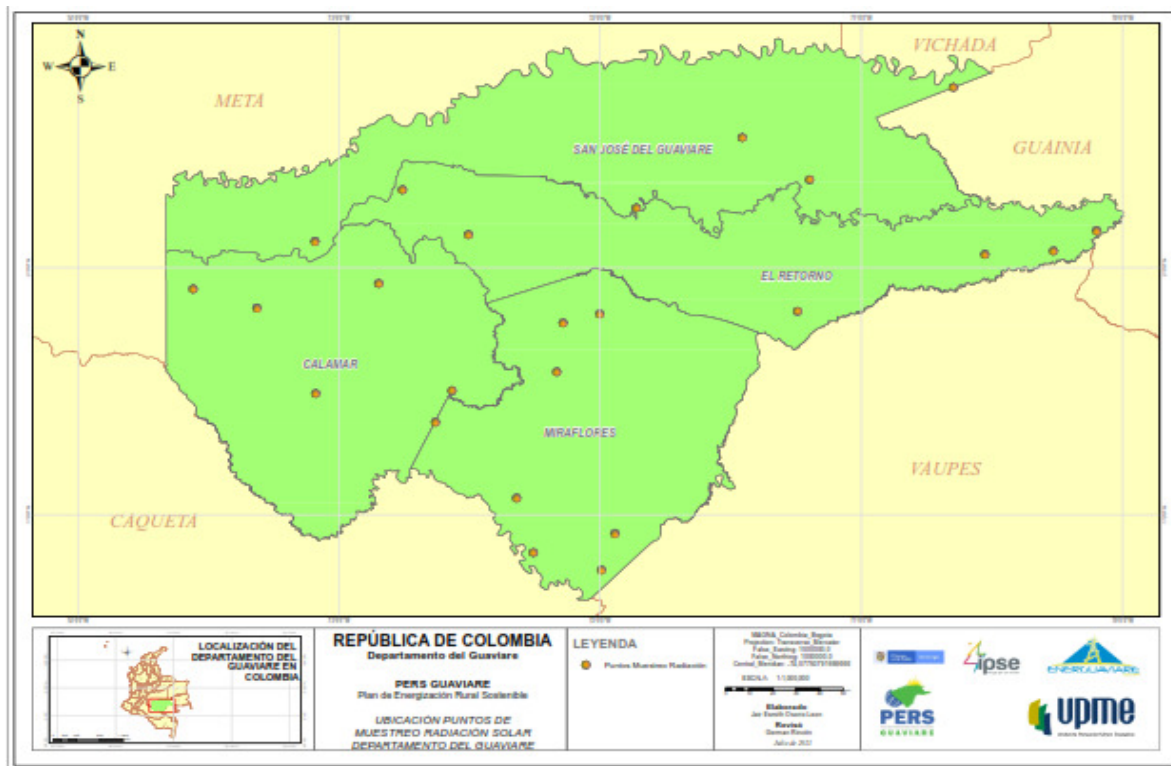
Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de IDEAM

Teniendo en cuenta que la información disponible en el departamento de brillo solar con respecto a las estaciones activas es baja, se implementa una metodología de muestreo espacial con la finalidad de obtener más información en el territorio.

Esta metodología establece una muestra representativa de puntos aleatorios distribuidos sobre el área de cada municipio (Velázquez, 2014); estos puntos serán los usados como referentes para la ubicación y descarga de información, y así estimar la radiación solar de una manera más precisa y actualizada.

Para el muestreo aleatorio se utiliza el Software ArcGis, el cual de manera aleatoria ubica sobre el área de estudio 24 puntos (6 puntos por cada municipio). Estos puntos de muestreo se constituyen en el referente para la descarga de información de radiación solar en la plataforma <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> de la NASA.

MAPA 4: UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO RADIACIÓN SOLAR.



Fuente: Propia PERS Guaviare

Una vez descargada la información de radiación solar se toman los datos mensuales y promedio anual del ángulo horizontal de los 24 puntos; esta información es tabulada, procesada, graficada y mapeada; para el mapeo de la información se realiza una interpolación por medio del método IDW, por sus siglas en inglés (Inverse Distance Weighting) – Distancia Inversa Ponderada el cual nos permite ver la similitud de las condiciones climáticas del punto para el cual se requiere la determinación de la variable, en relación con los puntos de observación.

A continuación, se relaciona la información recolectada de los 24 puntos en promedio mensual y promedio anual:

TABLA 3: RADICACIÓN PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE SEGÚN PUNTOS DE MUESTREO.

# DE PUNTO	MUNICIPIO	COORDENADAS		RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL (kWh/m2/día)												PROMEDIO ANUAL
		W	N	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	27.277	-706.475	5,39	4,86	4,88	4,37	4,07	3,88	3,98	4,41	4,79	4,69	4,59	4,86	4,57
2	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	23.546	-711.982	5,42	4,94	4,89	4,39	4,13	3,93	4,05	4,48	4,84	4,7	4,61	4,9	4,61
3	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	25.247	-714.557	5,42	4,94	4,89	4,39	4,13	3,93	4,05	4,48	4,84	4,7	4,61	4,9	4,61
4	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	22.403	-718.618	5,42	4,94	4,89	4,39	4,13	3,93	4,05	4,48	4,84	4,7	4,61	4,9	4,61
5	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	21.054	-730.915	5,18	4,64	4,56	4,12	4,08	3,8	3,86	4,38	4,76	4,67	4,67	4,88	4,47
6	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	23.139	-727.565	5,31	4,79	4,77	4,28	4,12	3,9	4,05	4,53	4,89	4,63	4,55	4,86	4,56
7	EL RETORNO	21.487	-700.996	5,39	4,86	4,88	4,37	4,07	3,88	3,98	4,41	4,79	4,69	4,59	4,86	4,57
8	EL RETORNO	20.664	-702.644	5,39	4,86	4,88	4,37	4,07	3,88	3,98	4,41	4,79	4,69	4,59	4,86	4,57
9	EL RETORNO	20.527	-705.267	5,39	4,86	4,88	4,37	4,07	3,88	3,98	4,41	4,79	4,69	4,59	4,86	4,57
10	EL RETORNO	21.328	-725.038	5,31	4,79	4,77	4,28	4,12	3,9	4,05	4,53	4,89	4,63	4,55	4,86	4,56
11	EL RETORNO	18.221	-712.442	5,34	4,69	4,76	4,32	4,14	3,88	3,94	4,45	4,77	4,71	4,61	4,84	4,54
12	EL RETORNO	18.121	-720.018	5,38	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,93	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51
13	CALAMAR	13.751	-726.301	5,38	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,93	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51
14	CALAMAR	15.014	-725.669	5,38	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,93	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51
15	CALAMAR	19.132	-735.585	5,41	4,7	4,58	4,1	4,05	3,82	3,91	4,35	4,78	4,73	4,7	5,06	4,52
16	CALAMAR	18.364	-733.140	5,41	4,7	4,58	4,1	4,05	3,82	3,91	4,35	4,78	4,73	4,7	5,06	4,52
17	CALAMAR	14.904	-730.888	5,41	4,7	4,58	4,1	4,05	3,83	3,91	4,35	4,78	4,73	4,7	5,06	4,52
18	CALAMAR	19.352	-728.471	5,38	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,93	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51
19	MIRAFLORES	0.7773	-719.946	5,09	4,51	4,71	4,35	4,18	3,92	3,94	4,53	4,83	4,79	4,65	4,75	4,52
20	MIRAFLORES	0.9238	-719.431	5,09	4,51	4,71	4,35	4,18	3,92	3,94	4,53	4,83	4,79	4,65	4,75	4,52
21	MIRAFLORES	0.8469	-722.555	5,15	4,49	4,5	4,15	4,01	3,79	3,84	4,35	4,71	4,62	4,54	4,76	4,41
22	MIRAFLORES	10.680	-723.194	5,37	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,94	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51
23	MIRAFLORES	17.760	-721.412	5,38	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,93	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51
24	MIRAFLORES	15.783	-721.659	5,38	4,73	4,66	4,19	4,07	3,86	3,93	4,41	4,79	4,65	4,59	4,9	4,51

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power



Los valores mensuales y el promedio anual de radiación y brillo solar son comparados y analizados con resultados e información suministrada en material consultado como el atlas interactivo del IDEAM, el Plan de Manejo Ambiental para la zona de recuperación para la producción sur-zrps- del Distrito de Manejo Integrado DMI - Aríari-Guayabero elaborado por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico – CDA en el 2015, el Atlas de Radiación y Brillo Solar de Colombia.

4.3. POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Con base en esta información, a continuación, se presenta la radiación horizontal, el brillo solar del departamento y por cada uno de los municipios que lo compone a escala mensual y anual. Los resultados de los valores de los parámetros fueron revisados, analizados y evaluados, con el fin de identificar el potencial que se tiene de este recurso en el territorio. Dentro de lo que encontramos a manera resumen la siguiente información:

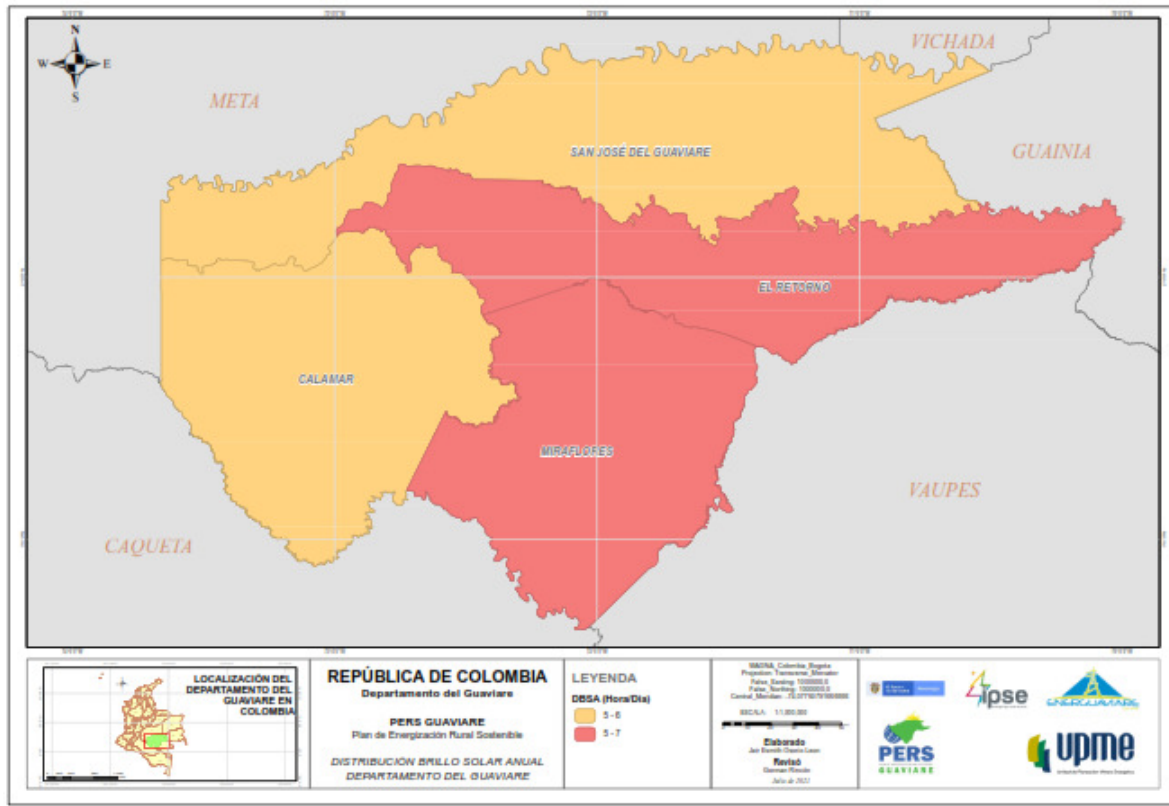
TABLA 4: RESUMEN DE VALORES DE RADIACIÓN APROVECHABLES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

MUNICIPIO	RADIACIÓN HORIZONTAL (kWh/m ² /día)		DISTRIBUCIÓN DE BRILLO SOLAR (Horas/día)	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.
San José del Guaviare	5,36	3,90	6	5
El Retorno	5,37	3,88	7	5
Calamar	5,40	3,84	6	5
Miraflores	5,24	3,87	7	5

Fuente Propia PERS Guaviare, adaptado de atlas Brillo Solar,2015 e información NASA Power.

Por otra parte, el brillo solar en el departamento presenta una distribución de horas sol efectivo homogénea, con un rango de horas de entre 5 a 7 horas de sol al día.

MAPA 5: DISTRIBUCIÓN DEL BRILLO SOLAR ANUAL EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Atlas Brillo Solar IDEAM, 2015

El brillo Solar más alto del departamento se encuentra en el municipio de El Retorno y Miraflores con una incidencia solar máxima de 7 horas; por otro lado, la radicación solar máxima del departamento se encuentra en el municipio de San José del Guaviare con 5,6 (kWh/m²/día). Eso indica que en los municipios de San José del Guaviare y Calamar se puede hacer un aprovechamiento solar mayor en comparación con los otros municipios del departamento, teniendo en cuenta las áreas de restricción y zonificación que se tengan consideradas en el territorio. El potencial energético medido en términos de energía eléctrica (Gwh) se presente en la tabla 5.

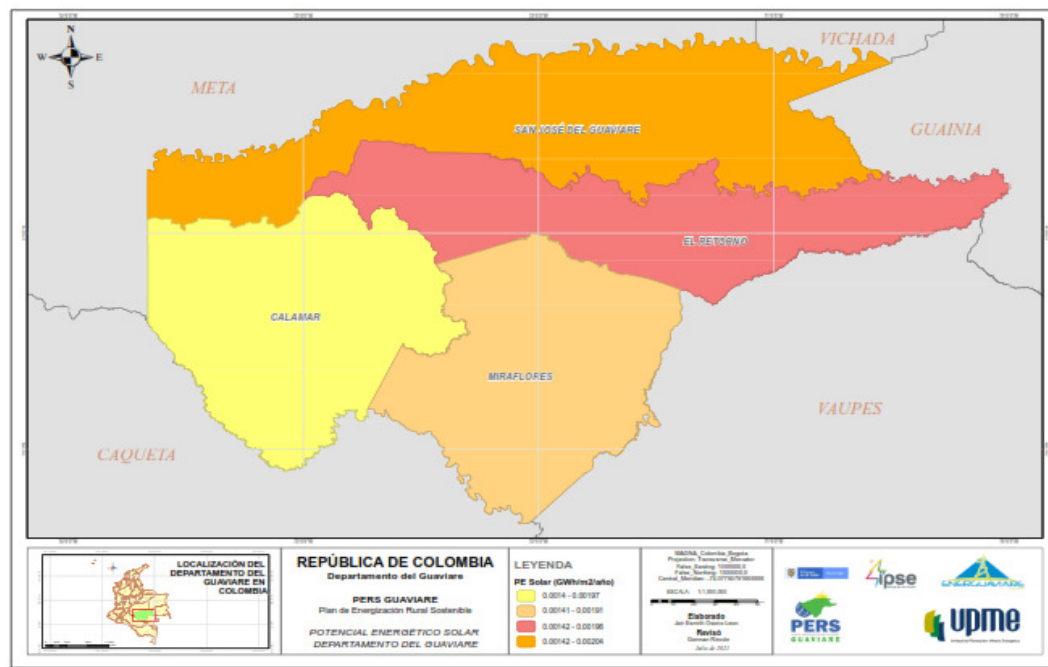
TABLA 5: POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.

MUNICIPIO	RADIACIÓN HORIZONTAL		RADIACIÓN HORIZONTAL		POTENCIAL ENERGÉTICO	
	(kWh/m ² /día)		(kWh/m ² /año)		(GWh/m ² /año)	
	Máx.	Min.	Max	Min	Max	Min
San José del Guaviare	5,6	3,9	2044	1423,5	0,00196	0,00142
El Retorno	5,37	3,88	1960,05	1416,2	0,00196	0,00142
Calamar	5,4	3,84	1971	1401,6	0,00197	0,00140
Miraflores	5,24	3,87	1912,6	1412,55	0,00191	0,00141
POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (GWh/m²/año)					0,00780	0,00565

Fuente: Propia PERS Guaviare

Se debe tener en cuenta que estos resultados teóricos obtenidos son una aproximación de la realidad, en donde se evidencia que el municipio con mayor potencial energético solar corresponde a Calamar con 0,00197 (GWh/m²/año), seguido por los municipios de San José del Guaviare con 0,00196 (GWh/m²/año) y el municipio de El Retorno con 0,00196 (GWh/m²/año).

MAPA 6: POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



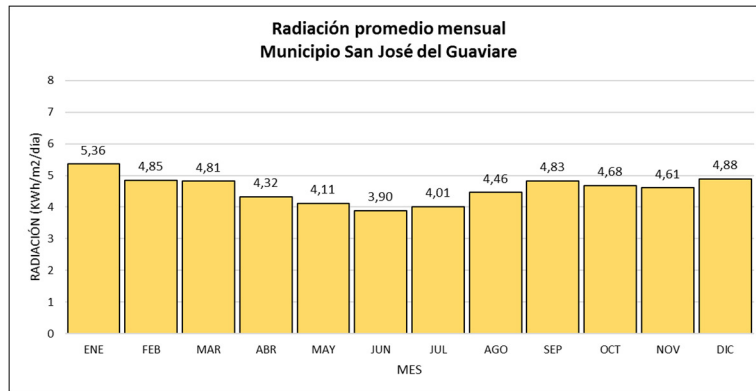
Fuente: Propia PERS Guaviare.

En la escala de colores manejada para la representación de la radiación solar horizontal el menor valor se encuentra representado por el color amarillo y el rojo el de mayor valor en 5.4 kWh/m²/día; El valor mínimo de radiación solar promedio en el año se presenta en los municipios de Miraflores y Calamar con valores entre 3,78 a 4,6 kWh/m²/día.

4.3.1. POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR POR MUNICIPIO.

MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE

GRÁFICA 2: RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL – MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE

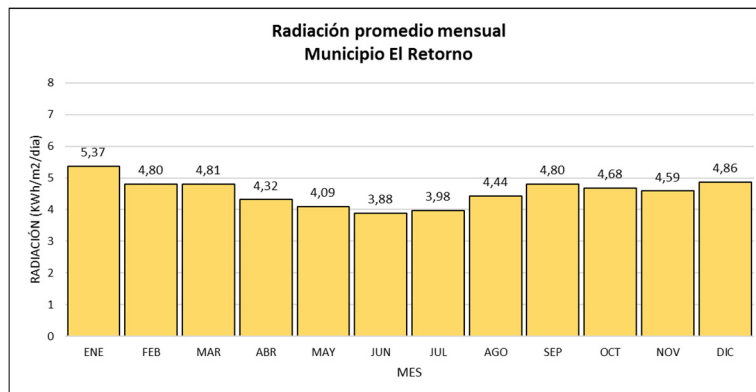


Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power.

El municipio de San José del Guaviare presenta un valor de radiación global horizontal promedio mensual en un rango de 3,9 a 5,36 kWh/m²/día. La radiancia alcanza un mínimo de 3,9 kWh/m²/día en el mes de junio y un máximo en los meses de diciembre y enero de entre 4,88 - 5,36 kWh/m²/día. Para la distribución de horas sol efectivo se tiene un valor de 5 - 6 horas en promedio durante un día de cada mes.

MUNICIPIO DE EL RETORNO

GRÁFICA 3: RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL – MUNICIPIO EL RETORNO

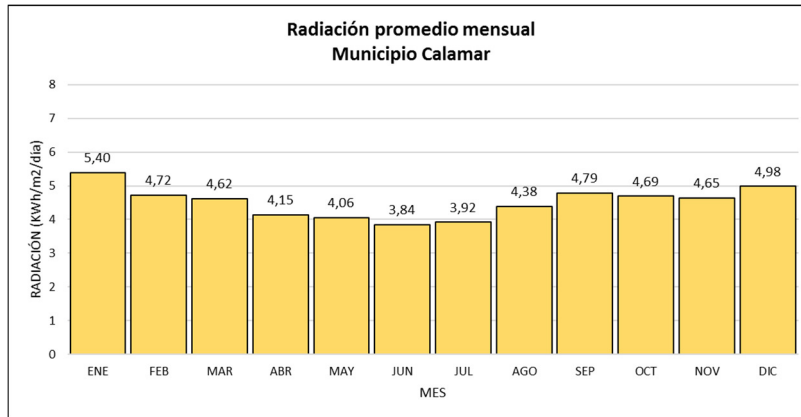


Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power.

El municipio de El Retorno presenta un valor de radiación global horizontal promedio mensual en un rango de 3,8 a 5,37 kWh/m²/día. La radiancia alcanza un mínimo de 3,8 en el mes de junio kWh/m²/día y un máximo en los meses de diciembre y enero de entre 4,86 - 5,37 kWh/m²/día. Para la distribución de horas sol efectivo se tiene un valor de 5 - 7 horas en promedio durante un día de cada mes.

MUNICIPIO DE CALAMAR

GRÁFICA 4: RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL – MUNICIPIO CALAMAR

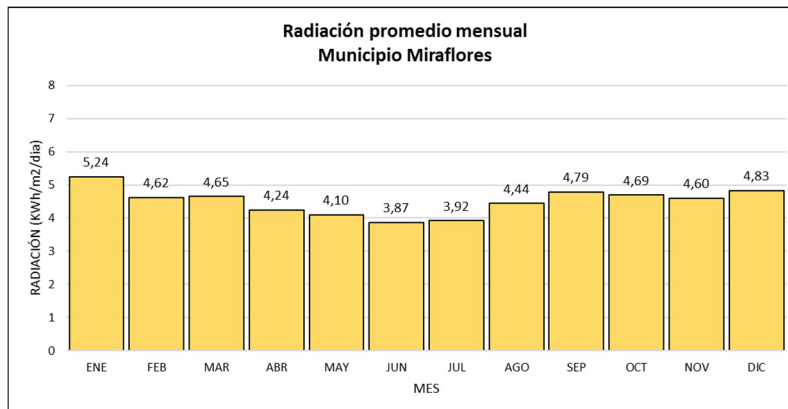


Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power.

El municipio de Calamar presenta un valor de radiación global horizontal promedio mensual en un rango de 3,8 a 5,4 kWh/m²/día. La radiación alcanza un mínimo de 3,8 en el mes de junio kWh/m²/día y un máximo en los meses de diciembre y enero de entre 4,98 - 5,40 kWh/m²/día. Para la distribución de horas sol efectivo se tiene un valor de 5 - 6 horas en promedio durante un día de cada mes.

MUNICIPIO DE MIRAFLORES

GRÁFICA 5: RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL – MUNICIPIO MIRAFLORES



Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power.

El municipio de Miraflores presenta un valor de radiación global horizontal promedio mensual en un rango de 3,87 a 5,24 kWh/m²/día. La radiación alcanza un mínimo de 3,87 en el mes de junio kWh/m²/día y un máximo en los meses de diciembre y enero de entre 4,83 - 5,424 kWh/m²/día. Para la distribución de horas sol efectivo se tiene un valor de 5 - 7 horas en promedio durante un día de cada mes.

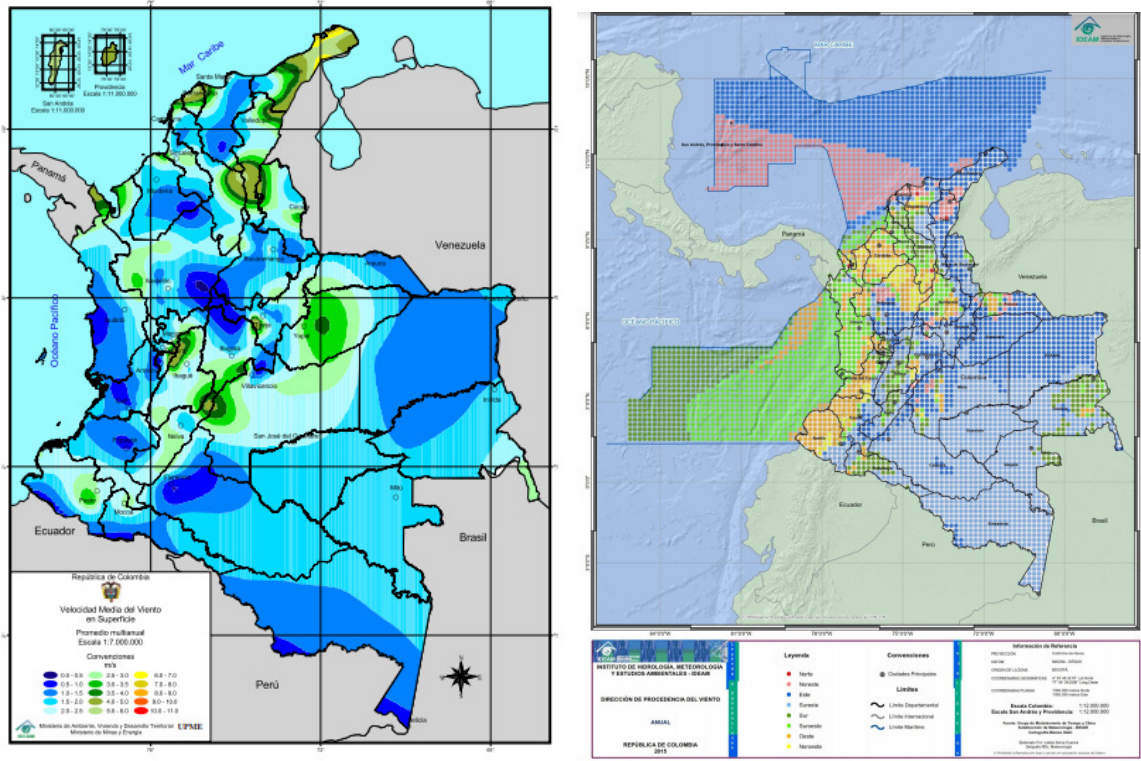
5. ENERGÍA EÓLICA

El viento es aire en movimiento, una forma indirecta de la energía solar. Este movimiento de las masas de aire se origina por diferencias de temperatura causada por la radiación solar sobre la superficie terrestre. Cuando el aire se calienta su densidad se hace menor y sube, mientras que las capas frías descienden. Así se establece una doble corriente de aire, cuya velocidad es mayor mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre las capas. (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)).

5.1. METODOLOGÍA PARA RECONOCIMIENTO DE POTENCIAL EÓLICO

Para cuantificar la cantidad de energía que se puede llegar a producir a partir del viento en el departamento del Guaviare, se tiene en cuenta mediciones como la velocidad, temperatura y dirección del viento, que influyen directamente en el proceso de generación de energía eólica; como insumo principal de información para el cálculo de este potencial se ha tenido como base los Atlas de velocidad del Viento a 10 y 50 metros y Energía Eólica en Colombia, realizados por el IDEAM en conjunto con la UPME.

MAPA 7: VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO



Fuente (IDEAM, Atlas eólico, 2015)

Debido a que la información suministrada en los atlas del IDEAM se presenta de manera general para todo el país, en el departamento del Guaviare, se evidencia un potencial bajo en comparación con otros departamentos. Esto en virtud de que hay una ausencia de estaciones climatológicas o instrumentos de medición climática en el departamento que permitan realizar una medición más concreta. Sin embargo, para obtener un cálculo lo suficientemente aproximado se implementa una metodología de muestreo espacial, en la que se establece una muestra representativa de puntos aleatorios sobre el área de cada municipio. Esto permite estimar la velocidad del viento y la temperatura de una manera más precisa y actualizada (Velázquez, 2014); para el muestreo aleatorio se utiliza el Software ArcGis, el cual de manera aleatoria ubica sobre el área de estudio 24 puntos. Puntos de muestreo que son el referente para la descarga de información de velocidad del viento y la temperatura en la plataforma <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> de la NASA. (Ver mapa 4: Ubicación puntos de muestreo).

Para la descarga de información se tuvo en cuenta la velocidad del viento a dos alturas diferentes (10 y 50 metros) y la temperatura, con el fin de observar diferentes niveles de aprovechamiento y para ello, se toman datos mensuales y promedio anual de los 24 puntos

de muestreo; esta información es tabulada, graficada y mapeada utilizando un medio de interpolación, conocido como el IDW, por sus siglas en inglés (Inverse Distance Weighting) – Distancia Inversa Ponderada el cual nos permite ver la similitud de las condiciones climáticas del punto para el cual se requiere la determinación de la variable, en relación con los puntos de observación.

El resultado de este ejercicio se muestra en las tablas 6 y 7 donde se aprecian las velocidades del viento a las alturas de 10 y 50 metros. Y en la tabla 8 la información respecto a la temperatura de cada municipio del departamento del Guaviare.

TABLA 6: VELOCIDAD DEL VIENTO A 50 M PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE SEGÚN PUNTOS DE MUESTREO.

# DE PUNTO	MUNICIPIO	COORDENADAS		MES												PROMEDIO ANUAL
		W	N	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.727	-70.647	2,13	1,86	1,72	1,6	1,5	1,47	1,49	1,42	1,41	1,46	1,63	2,07	1,65
5	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.354	-71.198	2,15	1,89	1,74	1,6	1,5	1,47	1,49	1,44	1,44	1,5	1,66	2,08	1,66
6	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.524	-71.455	2,23	1,96	1,77	1,64	1,54	1,49	1,51	1,46	1,46	1,52	1,69	2,13	1,70
8	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.240	-71.861	2,18	1,89	1,71	1,59	1,51	1,48	1,51	1,46	1,45	1,5	1,68	2,11	1,67
21	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.105	-73.091	2,45	2,1	1,78	1,64	1,61	1,61	1,68	1,66	1,67	1,72	1,92	2,41	1,85
22	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.313	-72.756	2,36	2,03	1,77	1,64	1,59	1,58	1,64	1,6	1,6	1,64	1,84	2,33	1,80
2	EL RETORNO	2.148	-70.099	1,95	1,74	1,67	1,56	1,44	1,43	1,44	1,37	1,35	1,41	1,54	1,9	1,57
3	EL RETORNO	2.066	-70.264	1,95	1,74	1,67	1,56	1,44	1,43	1,44	1,37	1,35	1,41	1,54	1,9	1,57
4	EL RETORNO	2.052	-70.526	1,95	1,74	1,67	1,56	1,44	1,43	1,44	1,37	1,35	1,41	1,54	1,9	1,57
24	EL RETORNO	2.132	-72.503	2,36	2,03	1,77	1,64	1,59	1,58	1,64	1,6	1,6	1,64	1,84	2,33	1,80
7	EL RETORNO	1.822	-71.244	2,14	1,88	1,72	1,59	1,5	1,49	1,5	1,45	1,44	1,51	1,68	2,08	1,67
9	EL RETORNO	1.812	-72.001	2,16	1,85	1,67	1,56	1,5	1,49	1,53	1,47	1,46	1,51	1,7	2,12	1,67
16	CALAMAR	1.375	-72.630	2,2	1,9	1,68	1,56	1,52	1,53	1,57	1,5	1,49	1,58	1,77	2,16	1,71
17	CALAMAR	1.501	-72.566	2,26	1,93	1,7	1,59	1,55	1,54	1,59	1,54	1,54	1,6	1,79	2,22	1,74
18	CALAMAR	1.913	-73.558	2,35	2,02	1,71	1,63	1,62	1,63	1,71	1,66	1,68	1,73	1,91	2,33	1,83
19	CALAMAR	1.836	-73.314	2,36	2,03	1,73	1,63	1,61	1,61	1,68	1,63	1,66	1,7	1,88	2,33	1,82
20	CALAMAR	1.490	-73.088	2,29	1,98	1,71	1,61	1,59	1,6	1,64	1,56	1,58	1,66	1,85	2,24	1,78
23	CALAMAR	1.935	-72.847	2,26	1,93	1,7	1,59	1,55	1,54	1,59	1,54	1,54	1,6	1,79	2,22	1,74
10	MIRAFLORES	0,777	-71.994	1,94	1,74	1,63	1,52	1,46	1,47	1,48	1,4	1,4	1,47	1,6	1,9	1,58
11	MIRAFLORES	0,923	-71.943	1,94	1,74	1,63	1,52	1,46	1,47	1,48	1,4	1,4	1,47	1,6	1,9	1,58
12	MIRAFLORES	0,846	-72.255	2,04	1,78	1,64	1,52	1,47	1,49	1,51	1,44	1,43	1,51	1,66	1,99	1,62
13	MIRAFLORES	1.068	-72.319	2,1	1,81	1,64	1,53	1,48	1,48	1,51	1,45	1,43	1,51	1,68	2,07	1,64
14	MIRAFLORES	1.776	-72.141	2,16	1,85	1,67	1,56	1,5	1,49	1,53	1,47	1,46	1,51	1,7	2,12	1,67
15	MIRAFLORES	1.578	-72.165	2,16	1,85	1,67	1,56	1,5	1,49	1,53	1,47	1,46	1,51	1,7	2,12	1,67

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power.

TABLA 7: VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 M PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE SEGÚN PUNTOS DE MUESTREO.

# DE PUNTO	MUNICIPIO	COORDENADAS		MES												PROMEDIO ANUAL
		W	N	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.727	-70.647	0,89	0,79	0,71	0,68	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,72	0,83	0,72
5	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.354	-71.198	0,88	0,78	0,7	0,66	0,65	0,65	0,67	0,67	0,68	0,69	0,72	0,83	0,72
6	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.524	-71.455	0,91	0,81	0,71	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,69	0,7	0,73	0,85	0,73
8	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.240	-71.861	0,87	0,76	0,68	0,64	0,64	0,64	0,66	0,66	0,67	0,68	0,71	0,82	0,70
21	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.105	-73.091	0,98	0,86	0,72	0,67	0,67	0,68	0,71	0,71	0,72	0,73	0,77	0,92	0,76
22	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	2.313	-72.756	0,95	0,84	0,71	0,67	0,67	0,67	0,7	0,7	0,71	0,71	0,75	0,89	0,75
2	EL RETORNO	2.148	-70.099	0,81	0,73	0,67	0,64	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,76	0,68
3	EL RETORNO	2.066	-70.264	0,81	0,73	0,67	0,64	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,76	0,68
4	EL RETORNO	2.052	-70.526	0,81	0,73	0,67	0,64	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,76	0,68
24	EL RETORNO	2.132	-72.503	0,95	0,84	0,71	0,67	0,67	0,67	0,7	0,7	0,71	0,71	0,75	0,89	0,75
7	EL RETORNO	1.822	-71.244	0,85	0,76	0,68	0,64	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,7	0,8	0,69
9	EL RETORNO	1.812	-72.001	0,86	0,77	0,68	0,65	0,65	0,65	0,67	0,68	0,68	0,68	0,72	0,82	0,71
16	CALAMAR	1.375	-72.630	0,87	0,78	0,7	0,67	0,67	0,67	0,69	0,69	0,69	0,7	0,74	0,84	0,73
17	CALAMAR	1.501	-72.566	0,89	0,8	0,7	0,66	0,67	0,67	0,69	0,7	0,7	0,71	0,74	0,85	0,73
18	CALAMAR	1.913	-73.558	0,89	0,79	0,68	0,66	0,68	0,68	0,71	0,7	0,71	0,71	0,74	0,87	0,74
19	CALAMAR	1.836	-73.314	0,91	0,8	0,69	0,67	0,67	0,68	0,7	0,71	0,72	0,71	0,75	0,87	0,74
20	CALAMAR	1.490	-73.088	0,86	0,78	0,69	0,67	0,68	0,69	0,71	0,7	0,71	0,71	0,74	0,84	0,73
23	CALAMAR	1.935	-72.847	0,89	0,8	0,7	0,66	0,67	0,67	0,69	0,7	0,7	0,71	0,74	0,85	0,73
10	MIRAFLORES	0,777	-71.994	0,76	0,7	0,67	0,64	0,64	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	0,74	0,68
11	MIRAFLORES	0,923	-71.943	0,76	0,7	0,67	0,64	0,64	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	0,74	0,68
12	MIRAFLORES	0,846	-72.255	0,8	0,73	0,68	0,65	0,64	0,65	0,66	0,66	0,66	0,67	0,69	0,78	0,69
13	MIRAFLORES	1.068	-72.319	0,84	0,75	0,68	0,65	0,65	0,65	0,67	0,67	0,67	0,68	0,72	0,81	0,70
14	MIRAFLORES	1.776	-72.141	0,86	0,77	0,68	0,65	0,65	0,65	0,67	0,68	0,68	0,68	0,72	0,82	0,71
15	MIRAFLORES	1.578	-72.165	0,86	0,77	0,68	0,65	0,65	0,65	0,67	0,68	0,68	0,68	0,72	0,82	0,71

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power



TABLA 8: TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE SEGÚN PUNTOS DE MUESTREO.

# DE PUNTO	MUNICIPIO	COORDENADAS		MES												PROMEDIO ANUAL
		W	N	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	27277	-70647	28,48	29,03	29,23	28,56	27,61	27,08	26,9	27,61	28,15	28,23	28,06	28,01	28,08
5	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	23546	-711982	28,67	29,23	29,28	28,53	27,55	27,04	26,9	27,68	28,2	28,28	28,07	28,13	28,13
6	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	25247	-714557	28,9	29,56	29,7	28,82	27,74	27,15	26,97	27,69	28,25	28,31	28,12	28,19	28,28
8	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	22403	-718618	28,99	29,55	29,61	28,69	27,58	27,06	26,94	27,72	28,28	28,34	28,1	28,29	28,26
21	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	21054	-730915	29,92	30,4	30,15	29,06	27,89	27,37	27,43	28,68	29,49	28,98	28,33	28,69	28,87
22	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	23139	-727565	29,44	29,95	29,91	28,95	27,79	27,23	27,19	28,14	28,77	28,55	28,17	28,49	28,55
2	EL RETORNO	21487	-700996	28,35	28,71	28,82	28,37	27,59	27,13	27,02	27,79	28,28	28,34	28,16	28,05	28,05
3	EL RETORNO	20664	-702644	28,35	28,71	28,82	28,37	27,59	27,13	27,02	27,79	28,28	28,34	28,16	28,05	28,05
4	EL RETORNO	20527	-705267	28,35	28,71	28,82	28,37	27,59	27,13	27,02	27,79	28,28	28,34	28,16	28,05	28,05
24	EL RETORNO	21328	-725038	29,44	29,95	29,91	28,95	27,79	27,23	27,19	28,14	28,77	28,55	28,17	28,49	28,55
7	EL RETORNO	18221	-712442	28,68	29,12	29,15	28,51	27,58	27,12	27,04	27,94	28,51	28,59	28,32	28,29	28,24
9	EL RETORNO	18121	-720018	28,6	29,03	29,04	28,29	27,32	26,86	26,78	27,6	28,12	28,16	27,9	28,04	27,98
16	CALAMAR	13751	-726301	29,44	29,95	29,91	28,95	27,79	27,23	27,19	28,14	28,77	28,55	28,17	28,49	28,55
17	CALAMAR	15014	-725669	28,95	29,35	29,23	28,41	27,39	26,92	26,89	27,83	28,44	28,32	27,95	28,17	28,15
18	CALAMAR	19132	-735585	30,02	30,34	29,81	28,84	27,79	27,32	27,5	29,09	30,29	29,66	28,57	28,76	29,00
19	CALAMAR	18364	-733140	29,61	29,98	29,64	28,68	27,58	27,11	27,16	28,38	29,23	28,85	28,21	28,49	28,58
20	CALAMAR	14904	-702644	29,01	29,33	29,08	28,31	27,35	26,89	26,88	27,92	28,7	28,54	28,05	28,19	28,19
23	CALAMAR	19352	-728471	28,95	29,35	29,23	28,41	27,39	26,92	26,89	27,83	28,44	28,32	27,95	28,17	28,15
10	MIRAFLORES	0.7773	-719946	28,24	28,52	28,48	28	27,37	26,98	26,96	27,79	28,28	28,37	28,13	28,03	27,93
11	MIRAFLORES	0.9238	-719431	28,24	28,52	28,48	28	27,37	26,98	26,96	27,79	28,28	28,37	28,13	28,03	27,93
12	MIRAFLORES	0.8469	-722555	28,62	28,88	28,78	28,14	27,4	27	27,01	28	28,63	28,63	28,31	28,26	28,14
13	MIRAFLORES	10680	-723194	28,44	28,77	28,71	28,07	27,24	26,84	26,8	27,7	28,26	28,28	28	28,03	27,93
14	MIRAFLORES	17760	-721412	28,6	29,03	29,04	28,29	27,32	26,86	26,78	27,6	28,12	28,16	27,9	28,04	27,98
15	MIRAFLORES	15783	-721659	28,6	29,03	29,04	28,29	27,32	26,86	26,78	27,6	28,12	28,16	27,9	28,04	27,98

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power

Los valores mensuales y el promedio anual de la velocidad del viento a 10 metros y de la velocidad del viento a 50 metros, son comparados y analizados entre sí. El análisis señala que en el departamento del Guaviare se registra una velocidad mayor promedio (1,69 metros por segundo) a una altura de 50 metros, mientras que, a una altura de 10 metros, la velocidad del viento se sitúa en 0,71 metros/segundo.

Adicionalmente, la velocidad del viento está asociada al clima y por esta razón en temporadas de lluvias, la velocidad del viento disminuye como se puede detallar en las tablas 6 y 7 de 10 metros y de 50 metros, entre los meses de mayo a agosto.

Para el análisis de la temperatura se utilizó la información que está en la tabla 8, obteniendo los mínimos y máximos de modo multianual. Los resultados están registrados en la tabla siguiente.

TABLA 9: TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS ANUALES DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE SEGÚN PUNTOS DE MUESTREO.

	Min	Max
PROMEDIO MULTIPUNTOS	21,27	29,29
SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	21,39	29,65
EL RETORNO	21,41	29,09
CALAMAR	21,02	29,72
MIRAFLORES	21,25	28,79

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de NASA Power.

5.1.1. MODELO MATEMÁTICO USADO PARA EVALUAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO

Densidad del aire: Para obtener de forma directa de la densidad del aire, se mide la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. También puede determinarse de forma indirecta conociendo los parámetros como temperatura, altura sobre el nivel del mar (Villarubia López, 2013).

Se usa la siguiente fórmula:

$$\rho = 1,225 \left(\frac{288}{t + 273} \right) e^{-\left(\frac{h}{8435}\right)} \left[\text{kg} / \text{m}^3 \right]$$

Donde ρ es la densidad del aire, t es la temperatura promedio del lugar en grados centígrados y h la altura sobre el nivel del mar.

Densidad de potencia: dado que el viento tiene una energía cinética implícita, se puede calcular la cantidad de potencia que existe en el aire mediante la siguiente ecuación: (UPME IDEAM, 2006)

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho v^3 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Donde:

P/A: Densidad de potencia

ρ : Densidad del aire

V: velocidad promedio del viento.

5.2. POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Para el análisis y determinación del potencial eólico en el departamento del Guaviare y cada uno de los municipios que lo componen, además de considerar la velocidad de los vientos, se tuvo en cuenta la dirección de procedencia de los vientos. Esta dirección inicia desde el sureste (IDEAM, Atlas eólico, 2015).

En la práctica, para la producción de energía que garantice el movimiento de una turbina, el viento debe tener una velocidad promedio de entre 3-4 metros/segundo, lo que significa que, para plantear un proyecto eólico, la velocidad del viento media anual debe situarse como mínimo en los 5 metros/segundo (Villarubia López, 2013); esta información se complementa con detalles que contiene el documento de Caracterización de la Oferta Energética del Putumayo en el marco del PERS Putumayo 2020.

Analizando la información obtenida de los 24 puntos de muestreo se encuentra que las velocidades de los vientos en el departamento no superan los 2,25 metros/segundo, lo cual teóricamente no es suficiente para mover una turbina para la generación de energía.

TABLA 10: RESUMEN DE VALORES EÓLICOS APROVECHABLES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

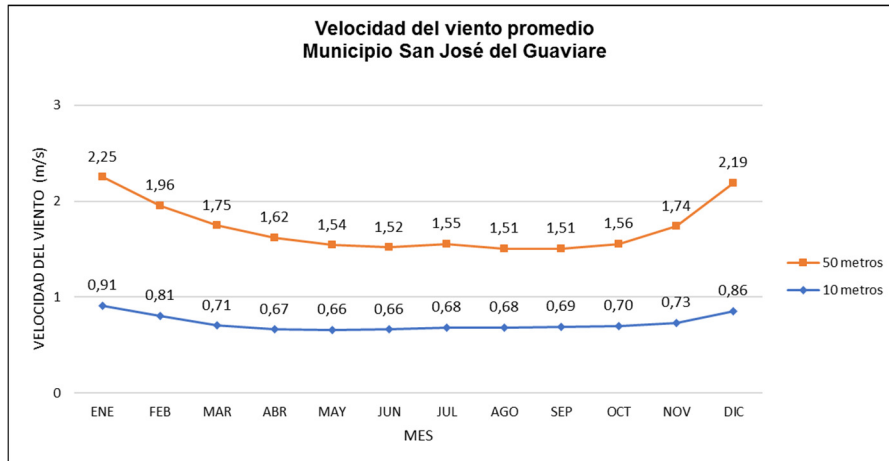
MUNICIPIO	VELOCIDAD PROMEDIO A 10 m (m/s)		VELOCIDAD PROMEDIO A 50 m (m/s)	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.
San José del Guaviare	0,91	0,66	2,25	1,51
El Retorno	0,85	0,64	2,09	1,43
Calamar	0,89	0,67	2,29	1,57
Miraflores	0,81	0,65	2,06	1,43

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de IDEAM

El municipio que más se acerca a la velocidad requerida para la generación de energía es San José del Guaviare, si bien no está sobre los 3 metros/segundo, puede ser un sitio de interés para la generación de energía reevaluando y analizando al detalle la dirección de sus vientos y sus bajas velocidades. A continuación, se presenta el análisis por municipio:

**5.2.1. VELOCIDAD DEL VIENTO POR MUNICIPIO
SAN JOSÉ DEL GUAVIARE**

GRÁFICA 6: VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO A 10 Y 50 METROS – MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE.

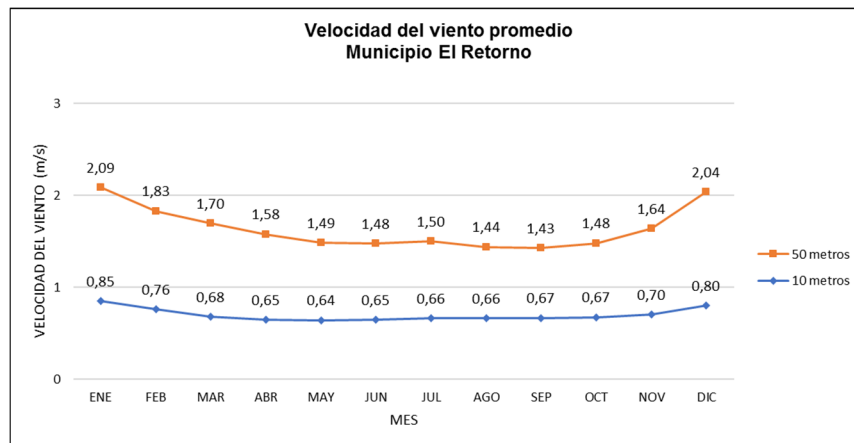


Fuente: Propia PERS Guaviare

La velocidad del viento promedio anual en San José del Guaviare para una altura de 10 metros y 50 metros, presentan valores promedio mínimos de 0,6 metros/segundo a una altura de 10 metros y una máxima de 2,5 metros/segundo siendo está a una altura de 50 metros

. EL RETORNO

GRÁFICA 7: VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO A 10 Y 50 METROS – MUNICIPIO EL RETORNO

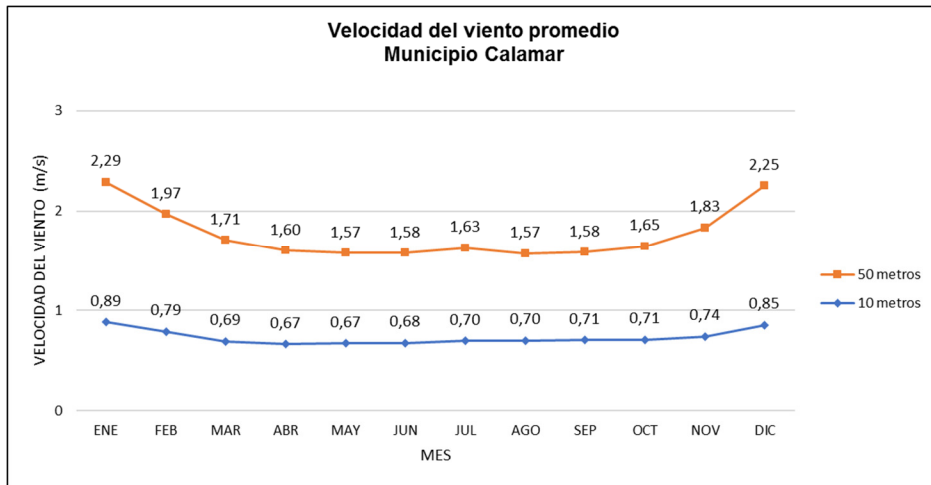


Fuente: Propia PERS Guaviare.

La velocidad del viento promedio anual en El Retorno para una altura de 10 metros y 50 metros, presentan valores promedio mínimos de 0,6 metros/segundo a una altura de 10 metros y una máxima de 2 metros/segundo siendo está a una altura de 50 metros.

CALAMAR

GRÁFICA 8: VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO A 10 Y 50 METROS – MUNICIPIO CALAMAR

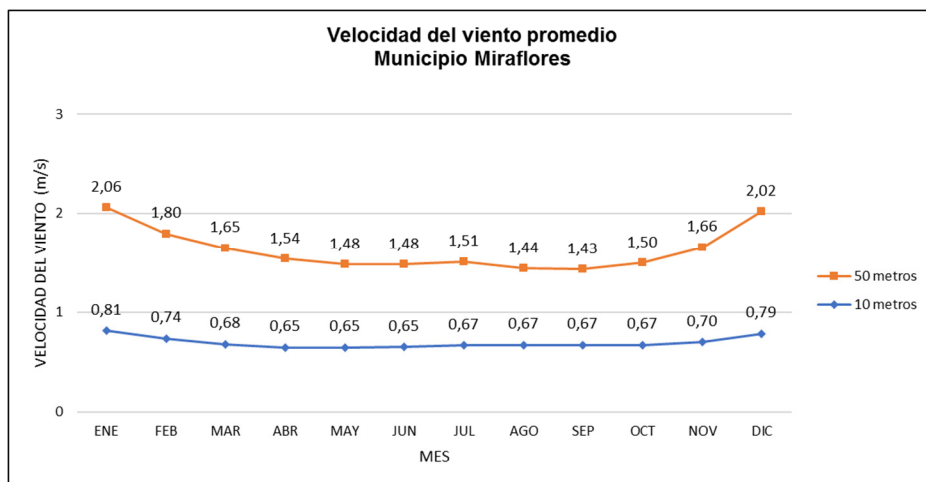


Fuente: Propia PERS Guaviare.

La velocidad del viento promedio anual de Calamar para una altura de 10 metros y 50 metros, presentan valores promedio mínimos de 0,6 metros/segundo a una altura de 10 metros y una máxima de 2,29 metros/segundo siendo está a una altura de 50 metros.

MIRAFLORES

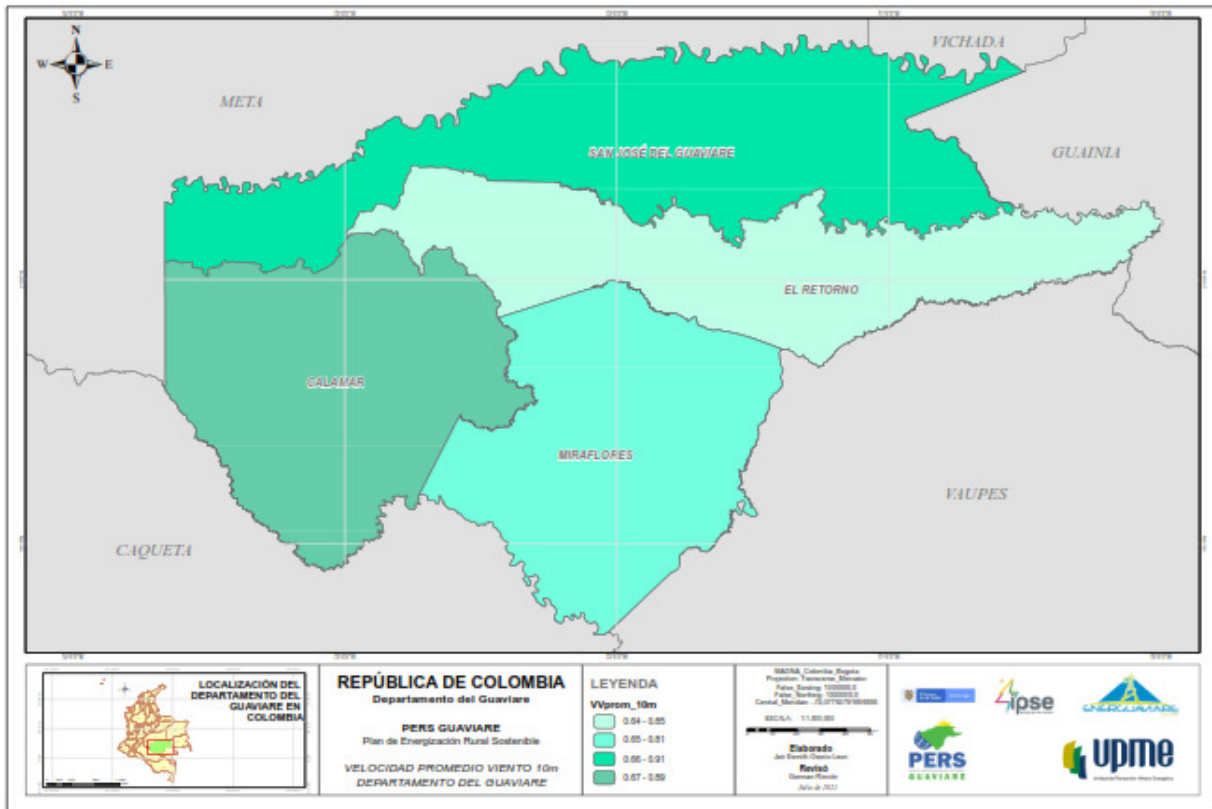
GRÁFICA 9: VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO A 10 Y 50 METROS – MUNICIPIO MIRAFLORES



Fuente: Propia PERS Guaviare.

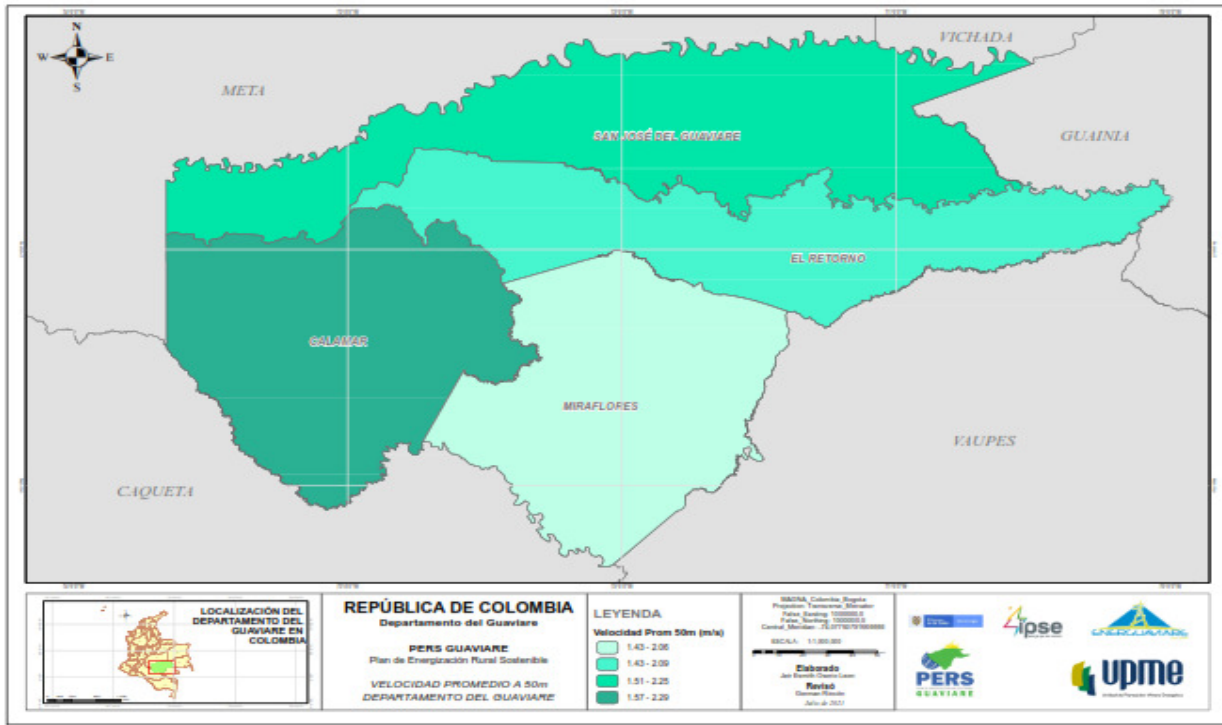
La velocidad del viento promedio anual de Miraflores para una altura de 10 metros y 50 metros, presentan valores promedio mínimos de 0,6 metros/segundo a una altura de 10 metros y una máxima de 2,06 metros/segundo siendo está a una altura de 50 metros.

MAPA 8: VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO A 10 METROS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

MAPA 9: VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO A 50 METROS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

Se debe tener en cuenta que estos resultados obtenidos para el cálculo del potencial eólico corresponden a una aproximación de la realidad o potencial teórico, en vista de que la red de estaciones climatológicas que registran velocidad y dirección del viento en el departamento, no cuentan con información completa.

TABLA 11: POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE A 10 MTS

MUNICIPIO	ÁREA SUPERFICIAL (km ²)	VELOCIDAD PROMEDIO A 10 m (m/s)		ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA PROMEDIO		DENSIDAD DEL AIRE (Kg/m ³) ²		DENSIDAD DE POTENCIA (w/m ²) a 10 m		DENSIDAD DE POTENCIA TOTAL DEL MUNICIPIO (GWh/Año)	
		Máx.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
San José del Guaviare	16.178	0,91	0,66	175	29,65	21,39	1,142	1,174	0,430	0,169	60,9685	23,9127
El Retorno	10.434	0,85	0,64	245	29,09	21,41	1,134	1,164	0,348	0,153	31,8387	13,9452
Calamar	16200	0,89	0,67	175	29,72	21,02	1,142	1,175	0,402	0,177	57,1007	25,0820
Miraflores	12.779	0,81	0,65	180	28,79	21,25	1,144	1,174	0,304	0,161	34,0400	18,0412
Total departamento	55.591	-	--	--	--	---	--	--	---	----	183,9479	80,9811

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del PERS Putumayo, Caracterización de la Oferta Energética, 2020.

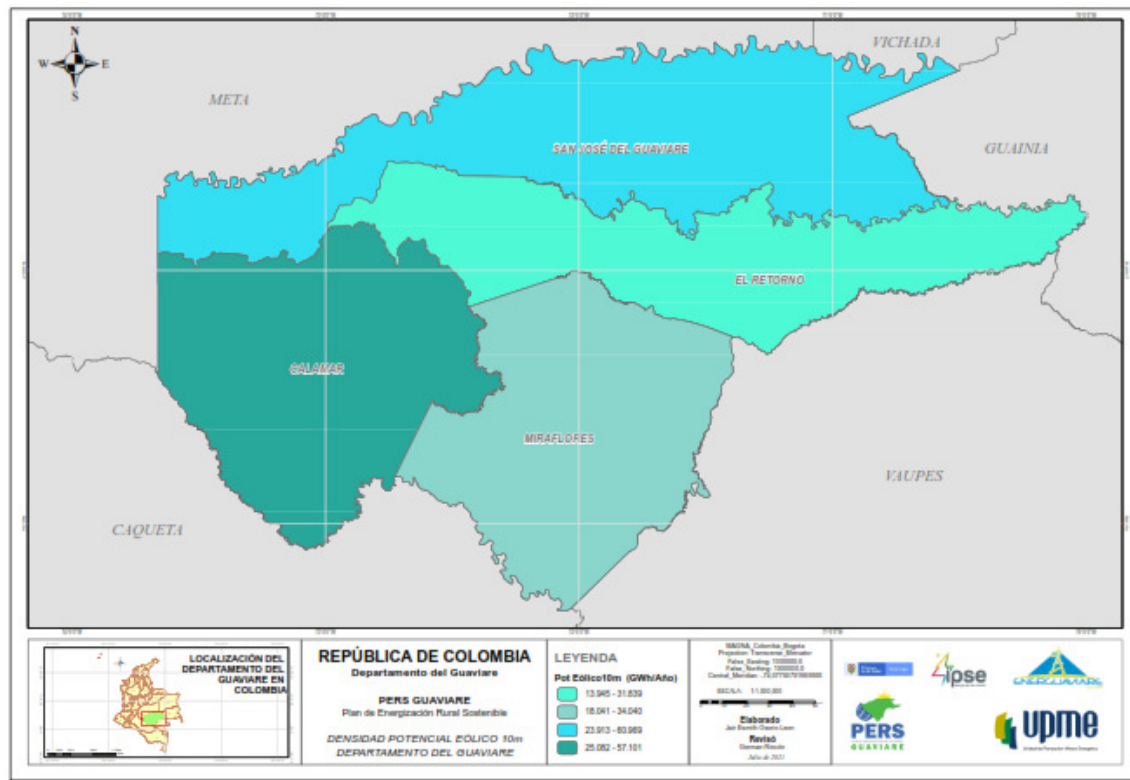
TABLA 12: POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE A 50 MTS

MUNICIPIO	ÁREA SUPERFICIAL (km2)	VELOCIDAD PROMEDIO A 50 m (m/s)		ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA PROMEDIO		DENSIDAD DEL AIRE (Kg/m3)^2		DENSIDAD DE POTENCIA (w/m2) a 50 m		DENSIDAD DE POTENCIA TOTAL DEL MUNICIPIO (GWh/Año)	
		Máx.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
San José del Guaviare	16.178	2,25	1,51	175	29,65	21,39	1,142	1,174	8,477	2,784	1201,4170	394,5690
El Retorno	10.434	2,09	1,43	245	29,09	21,41	1,134	1,164	6,664	2,306	609,0922	210,7709
Calamar	16200	2,29	1,57	175	29,72	21,02	1,142	1,175	8,931	3,141	1267,4812	445,7944
Miraflores	12.779	2,06	1,43	180	28,79	21,25	1,144	1,174	6,550	2,364	733,2360	264,6199
Total departament o	55.591	--	--	-----	---	--	--	---	--	---	3811,2263	1315,7542

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del PERS Putumayo, Caracterización de la Oferta Energética, 2020.

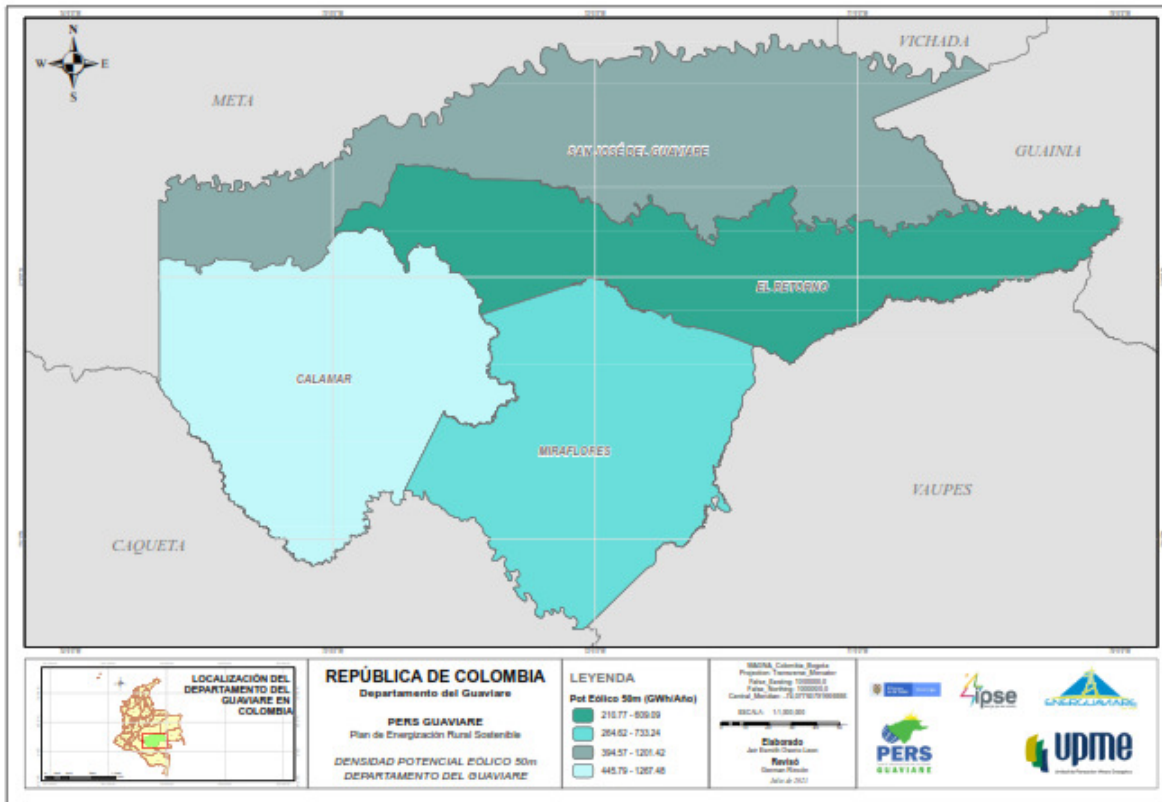
Sin embargo, se puede apreciar que la altura y la densidad de potencia son dos factores directamente proporcionales, es decir, a mayor altura mayor potencia como quedo registrado en la tabla 11 y 12. Los municipios con mayor densidad de potencia son San José del Guaviare y Calamar, tanto para una altura de 10 metros y 50 metros, como se puede visualizar en los mapas 10 y 11.

MAPA 10: DENSIDAD POTENCIAL EÓLICO ANUAL A 10 METROS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare

MAPA 11: DENSIDAD POTENCIAL EÓLICO ANUAL A 50 METROS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

6. ENERGÍA HÍDRICA

Este tipo de energía se genera cuando el agua se mueve a través de un cauce o cuando se encuentra embalsada (energía potencial) a cierta altura y se deja caer para producir energía eléctrica.

Esta fuente de energía renovable se encuentra disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua; la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas, y para su desarrollo requiere construcciones que varían de acuerdo con las condiciones del entorno.

Sin embargo, este sistema de generación de energía trae consigo impactos ambientales, sociales y culturales, por lo que se recomienda para su manejo mitigación e implementación y observar una planeación juiciosa en la formulación y construcción de proyecto. Además, esta fuente de generación puede presentar variaciones debido a las condiciones climáticas de la zona en donde se desea realizar el aprovechamiento, ya que sus caudales se pueden ver afectados por condiciones críticas como el verano, invierno o condiciones climatológicas de coyuntura como el fenómeno del niño o de la niña, por ejemplo.

Con el fin de poder realizar pequeños aprovechamientos en los cuerpos de agua que cumplan con las características óptimas de generación de energía y bajo impacto ambiental, se debe realizar monitoreos de caudal y posibles pruebas piloto que puedan dar vía a un aprovechamiento hidroeléctrico de baja escala, cómo son las PCH (Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) entre otros.

6.1. METODOLOGÍA PARA EL RECONOCIMIENTO DE POTENCIAL HÍDRICO

Para el cálculo del potencial hídrico se tuvieron en cuenta los puntos de interés UPME en el departamento, identificados y mapeados previamente por la UPME, localidades con servicio eléctrico por grupos electrógenos a través de Energuaviare S.A. E.S.P., con capas de Caudal medio y de Caída hidráulica como máximo a 1km y mínimo a 0,2 km.

Con el uso de ArcGis se sobrepusieron y cruzaron las tres capas mencionadas anteriormente, se analizaron y compararon con el listado de Zonas No Interconectadas- ZNI presente en el departamento. A través de este procedimiento fue posible calcular el potencial hídrico para el aprovechamiento energético a baja escala de estas zonas.

Esta metodología fue adoptada y utilizada debido a que no se cuenta con información de las estaciones limnimétricas activas en el departamento y porque tampoco cuentan con información completa sobre volúmenes de caudal.

A continuación, se relacionan localidades que pertenecen a zonas no interconectadas – ZNI presentes en el departamento del Guaviare y en donde la empresa de energía les presta el servicio de energía eléctrica por medio de grupos electrógenos:

TABLA 13: LOCALIDADES CON PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA POR MEDIO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS POR PARTE DE ENERGUAVIARE S.A. E.SP.

No.	VEREDA	MUNICIPIO
1	Boquerón	San José del Guaviare
2	Cachicamo	San José del Guaviare
3	Caño Blanco II	San José del Guaviare
4	Caño Blanco III	San José del Guaviare
5	Cerro Azul	San José del Guaviare
6	Caño Maku	San José del Guaviare
7	Guanapalo	San José del Guaviare
8	Florida II	San José del Guaviare
9	La Carpa	San José del Guaviare

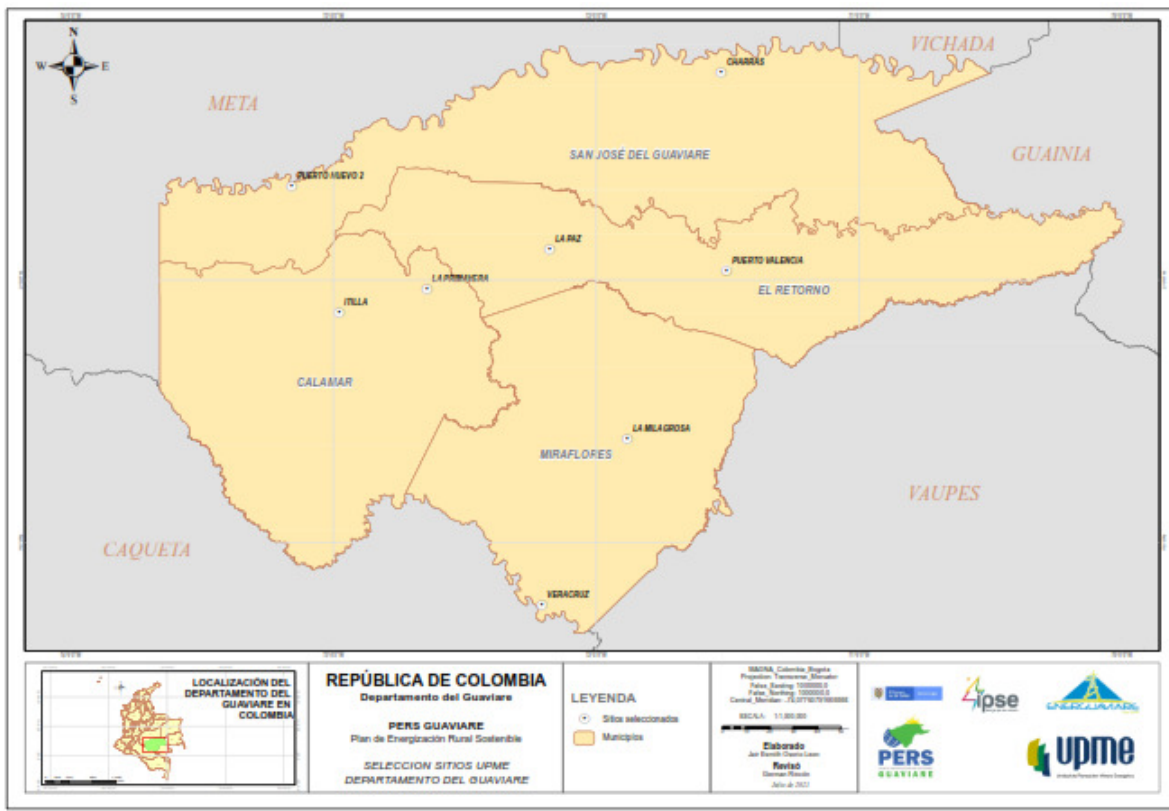
No.	VEREDA	MUNICIPIO
10	Morro	San José del Guaviare
11	Puerto Ospina	San José del Guaviare
12	Resbalón - San Francisco	San José del Guaviare
13	Sabanas De La Fuga	San José del Guaviare
14	San Luis De Los Aires	San José del Guaviare
15	Puerto Nuevo	San José del Guaviare
16	Tomachipan	San José del Guaviare
17	Charras	San José del Guaviare
18	Guayabales	San José del Guaviare
19	Puerto Flores	San José del Guaviare
20	Choapal	San José del Guaviare
21	Catalina	San José del Guaviare
22	La Paz	El Retorno

Fuente: Energuaviare S.A E.S.P., 2020

De acuerdo con la tabla anterior, se puede evidenciar que la mayoría de las localidades donde la empresa de energía Energuaviare S.A E.S.P., presta el servicio por medio de grupos electrógenos se encuentra en el municipio de San José del Guaviare, por lo que se decide hacer una revisión de las capas previamente procesadas y se definen 2 puntos por municipio para el cálculo del potencial hídrico buscando aprovechar todo el territorio.

Para la selección de los puntos a evaluar se tiene en cuenta las localidades mencionadas anteriormente referenciadas por Energuaviare S.A. E.S.P y los sitios de interés de la UPME., y se les da una prioridad teniendo en cuenta el plan de transición energética que se está llevando en el país.

MAPA 12: SITIOS DE INTERÉS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

El análisis y procesamiento de la información se complementa con el Atlas de potencial hidroenergético de Colombia; el cual contribuye a realizar una comparación, ajuste y procesamiento para determinar el potencial hídrico del departamento.

6.1.1. PRINCIPALES FUENTES HÍDRICAS

La red hídrica de la cuenca del río Guaviare es buena y extensa. De acuerdo con la información obtenida se identificaron 15 microcuencas de importancia, destacándose el río Guayabero, Caño la Lindosa y Caño la María, este último de gran importancia para el Municipio de San José del Guaviare por ser la fuente abastecedora del acueducto de este municipio.

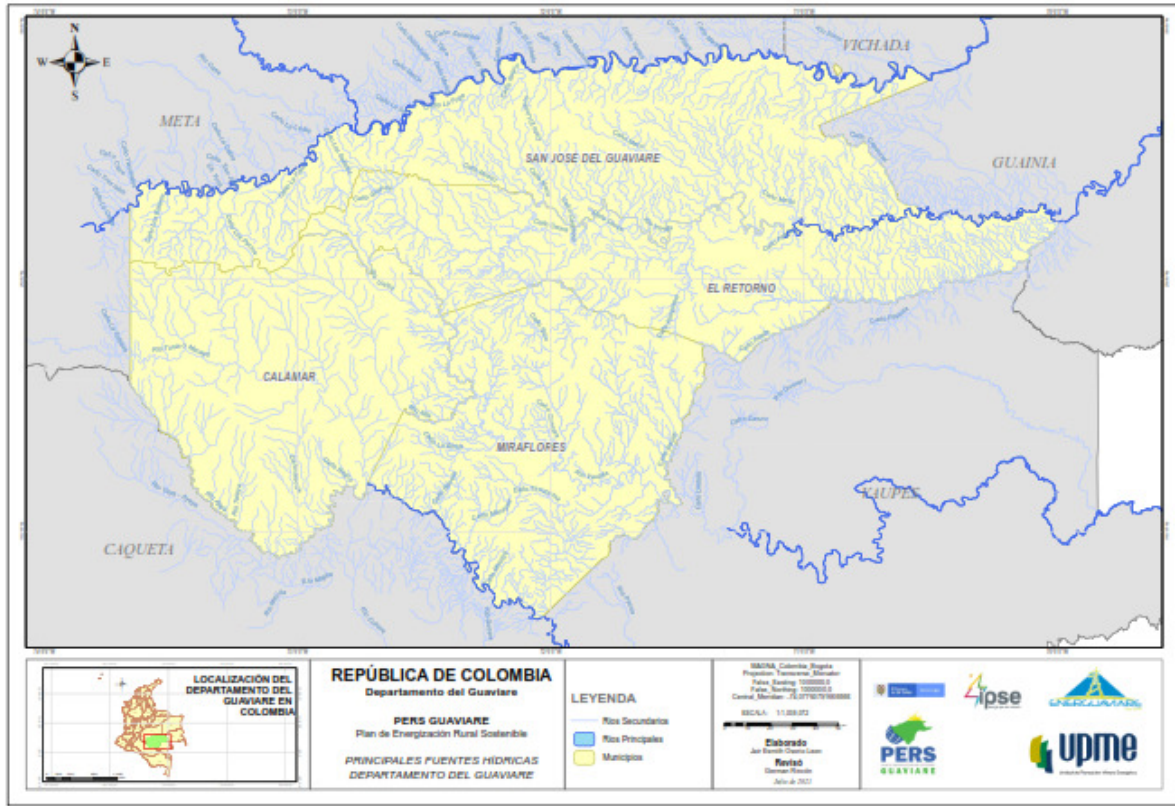
Los cauces de las microcuencas presentan cursos pequeños, cortos e irregulares, que circulan en todas las direcciones, cubren áreas amplias y llegan al río principal formando cualquier ángulo. Se forman en áreas con la interacción (pero no necesariamente todos) de

los siguientes factores: litología con baja permeabilidad, poco caudal, pendientes moderadas, laderas bajas y rocas con resistencia uniforme.

- **Cuenca del río Guaviare:** El río nace en la confluencia de los ríos Ariari y Guayabero, los cuales surgen en la cordillera Oriental. Es el río más largo de la Orinoquía con 1.350 km de curso; marca límites entre el llano y la selva. Su principal afluente es el río Inírida.
- **Cuenca del río Vaupés:** El río Vaupés nace en las selvas del departamento del Guaviare por la confluencia de los ríos Itilla y Unilla hacia el noroccidente, cerca de la población de Calamar. Este río tiene 1.000 km de curso.
- **Cuenca del Río Apaporis:** El río Apaporis es un largo río amazónico de Colombia, un afluente del río Caquetá, que discurre por los departamentos de Guaviare, Caquetá, Vaupés y Amazonas. Tiene una longitud de 805 km, su principal afluente es el río Pacoa. El río Apaporis nace en el piedemonte amazónico de la cordillera oriental, al suroccidente de la cabecera municipal de la Macarena.
- **Cuenca del Inírida:** El río Inírida es un afluente del río Guaviare y uno de los ríos más importantes que baña el departamento del Guainía. Es un río de aguas negras que tiene una longitud de 1.300 km. Este río nace en la serranía de Tuhani, en las llanuras del departamento del Guaviare a 100 km aproximadamente de la capital de este departamento.

El escenario actual del recurso hídrico relacionado con la cantidad de esta muestra permite ver una disminución de un 50 a 100% de los caudales de las fuentes hídricas en las épocas de verano, en la ZRPS DMI Ariari-Guayabero, lo que afecta la oferta para consumo humano y la ejecución de actividades agropecuarias. De continuar esta situación y con la tendencia del cambio climático, la deforestación y la contaminación, los caudales de las fuentes hídricas se verán afectados de una forma drástica, con sus consecuencias en la oferta del recurso para consumo humano y actividades agropecuarias (ASONOP, 2015).

MAPA 13: PRINCIPALES FUENTES HÍDRICAS DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

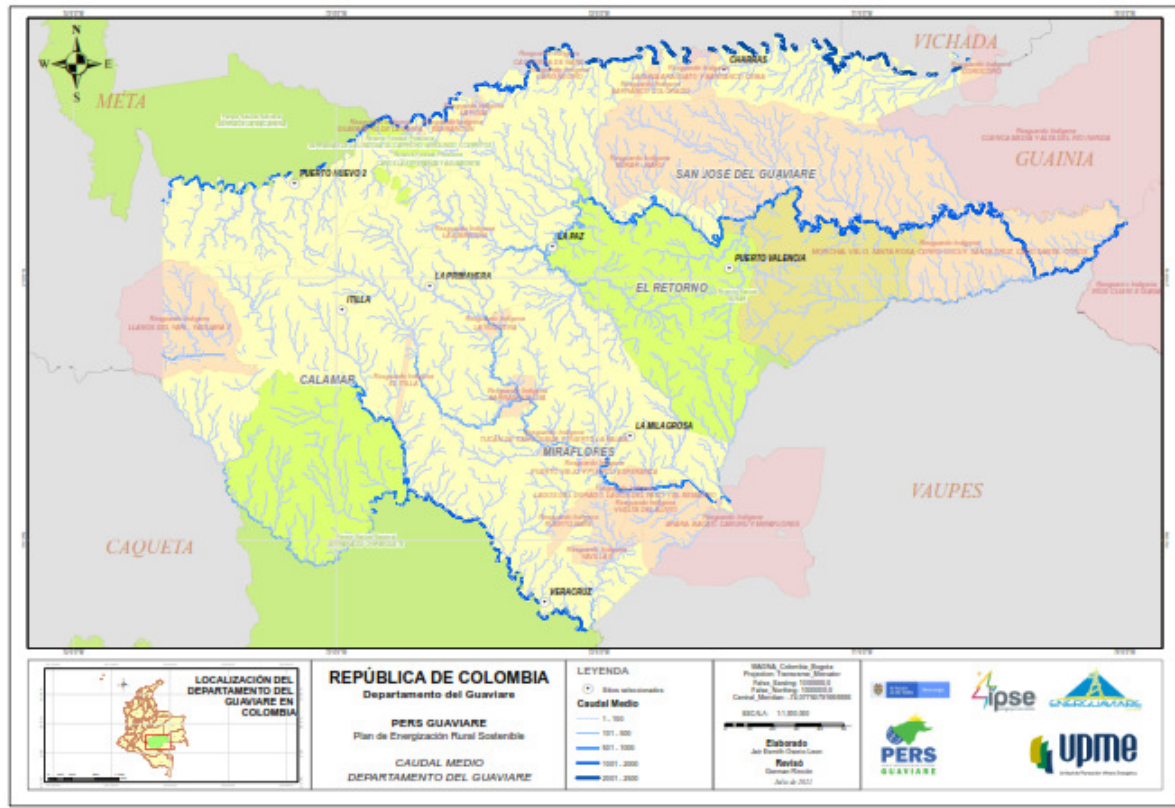


Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC

6.1.2. CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

El caudal utilizado para el cálculo del potencial hídrico del departamento es aquel que se encuentra disponible en épocas de verano, ya que así se podrá garantizar la disponibilidad del recurso en cualquier otra época del año. Para este estudio se revisaron los caudales medios presentes en el Guaviare.

MAPA 14: CAUDALES MEDIOS DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC

El departamento del Guaviare cuenta con un gran número de fuentes hídricas, donde los caudales medios están desde 1 a 2500 m³/h, contando desde pequeñas quebradas hasta los grandes afluentes. La cuenca del río Guaviare es la de mayor caudal medio (2001 a 2500 m³/h), convirtiéndose a la cuenca que mayor agua le aporta al río Orinoco. También se encuentra la cuenca del río Inírida siendo su caudal medio (1001 a 2000 m³/h). Estas dos cuencas, son las que cuentan con los mayores caudales medios en el departamento, no siendo menos importantes las otras cuencas.

6.1.3. MODELO MATEMÁTICO USADO PARA EVALUAR EL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO

El potencial hidroenergético calculado y presentado en este documento, corresponde a aprovechamientos a filo de agua, y se determinó mediante la siguiente ecuación: (UPME U. d., 2015)

$$Pot: \gamma \cdot Q \cdot \Delta H \cdot \mu$$

Dónde:

Pot: Potencia generada

Y: peso específico del agua Kg/m³

Q: caudal m³/s

ΔH: caída hidráulica

6.2. POTENCIAL HÍDROENERGÉTICO EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Después de haber realizado la revisión y análisis de la información geográfica del departamento en relación con el relieve, que indica que las zonas del departamento no cuentan con formaciones de cordillera altos, pues las altitudes van desde los 200 a los 500 m.s.n.m. aproximadamente. De otra parte, los caudales no superan los 2500 m³/h.

A partir de esta situación y con base en la información del atlas de potencial hidroenergético, en el departamento hay dos tipos de caídas hidráulicas; para longitudes de 0,2 km y 1 km; Estas caídas hidráulicas corresponden a la diferencia de cota entre el punto de captación del agua y las turbinas; una mayor diferencia de cota, resulta en una mayor potencia hidráulica disponible. (UPME, Atlas Potencial Hidroenergético de Colombia, 2015). En la tabla siguiente, se relaciona el potencial energético hídrico que se puede obtener de las caídas hidráulicas.

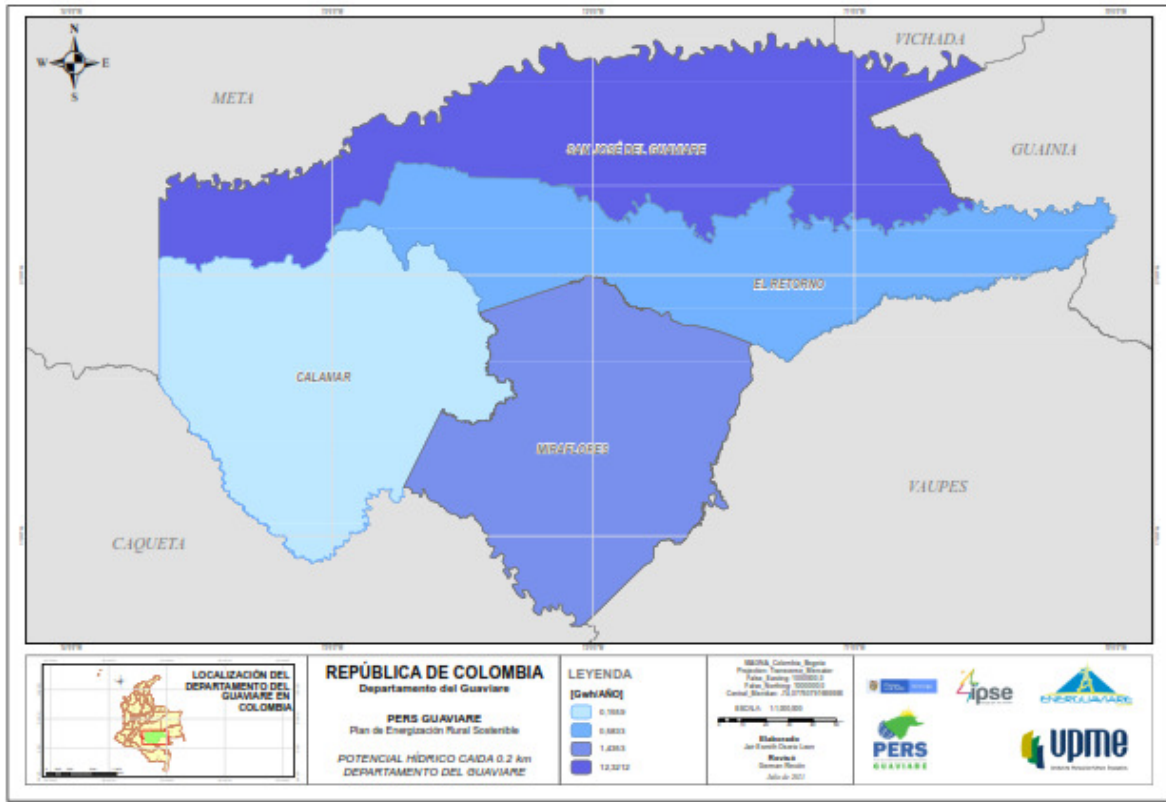
TABLA 14: RESUMEN DE POTENCIAL HÍDRICO SEGÚN TIPO DE CAÍDA APROVECHABLES

Municipio	Sitio UPME	Código Cuerpo de agua	Caudal (m ³ /s)	Caída Hidráulica (m)						POTENCIAL ENERGÉTICO [kW]		POTENCIAL ENERGÉTICO [Gwh/año]		POTENCIAL ENERGÉTICO POR MUNICIPIO [Gwh/año]	
				Media	0,2 Km			1 Km			0,2 Km	1 Km	0,2 Km	1 Km	0,2 Km
San José del Guaviare	Charras	Rio Guaviare	3,007	50	105	55	64	187	123	1378,982	3083,905	12,07988	27,01501	12,32122	27,28404
San José del Guaviare	Puerto nuevo	Rio Guaviare	0,054	105	166	61	333	401	68	27,550	30,711	0,24133	0,26903		
El Retorno	La Paz	74273	0,054	105	166	61	187	272	85	27,467	38,274	0,24061	0,33528	0,58333	0,86493
El Retorno	Puerto Valencia	Rio Inirida	0,085	50	105	55	187	272	85	39,123	60,463	0,34272	0,52965		
Calamar	Itilla	Rio Itilla	0,018	166	209	43	333	401	68	6,448	10,196	0,05648	0,08932	0,15588	0,24652
Calamar	La primavera	Rio Mayaca	0,032	166	209	43	333	401	68	11,347	17,945	0,09940	0,15720		
Miraflores	Veracruz	Rio Apaporis	0,180	105	166	61	187	272	85	91,782	127,892	0,80401	1,12034	1,43530	2,0000
Miraflores	La milagrosa	Rio Vaupes	0,142	105	166	61	187	272	85	72,066	100,420	0,63130	0,87968		
TOTAL DEPARTAMENTO													14,49573	30,39550	

Fuente: autor adaptado de UPME, Atlas Potencial Hidro energético de Colombia, 2015

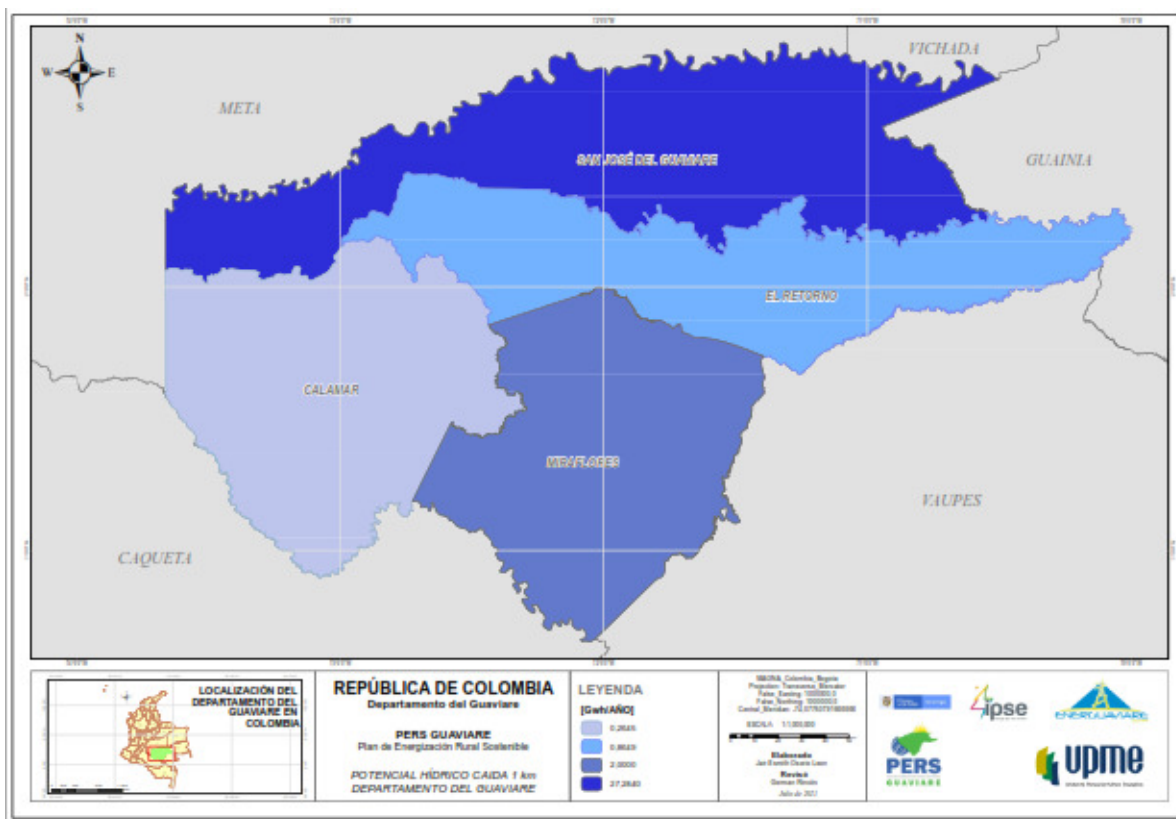
Como resultado de la tabla 14 tenemos el mapa 15 y mapa 16 de los potenciales hídricos con caídas de 0,2 Km y 1 Km, los valores obtenidos están expresados en (Gwh/año)

MAPA 15: POTENCIAL HÍDRICO CAÍDA 0,2 KM DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

MAPA 16: POTENCIAL HÍDRICO CAÍDA 1 KM DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

El atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia, 2015, presenta una clasificación de centrales eléctricas las cuales se relacionan en la siguiente tabla:

TABLA 15: CLASIFICACIÓN DE CENTRALES ELÉCTRICAS.

CLASE DE HIDROELECTICA	DESCRIPCIÓN
PICOCENTRALES	Capacidad instalada entre 0,5 y 5 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas.
MICROCENTRALES	Capacidad instalada entre 5 y 50 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas
MINICENTRALES	Capacidad instalada entre 50 y 500 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas
HIDROELÉCTRICAS (PCH)	Capacidad instalada entre 500 y 20.000 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas y zonas interconectadas

	(sin posibilidad de participar en el despacho eléctrico, menores a 500 kW, y con posibilidad de hacerlo las mayores a 10.000 kW).
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS (CH)	Capacidad instalada mayor de 20 MW, aplicable a zonas interconectadas, con participación obligada en el despacho eléctrico.

Fuente: (UPME U. d., 2015)

Un análisis de los caudales permite concluir que el potencial hidráulico del departamento del Guaviare se considera poco probable debido a que no se cuentan con caídas de agua significativas y suficientes que permitan la generación de energía. Por otra parte, los lugares y sitios geográficos por los que pasan en sus recorridos, tienen restricciones y medidas de manejo especiales, dado que en el plan de ordenamiento del departamento, no se permiten este tipo de aprovechamientos; un caso puntual de esto es el río Inírida, este pasa por el perímetro de la Reserva Natural Nacional Nukak y resguardos indígenas tales como Morichal Viejo, Santa Rosa, Cerro Cocuy, Santa Cruz, Caño Danta entre otros, establecidos en el artículo No.2 de la resolución ejecutiva No. 122 de septiembre de 1989.

Debido a que la Reserva Natural Nacional Nukak cuenta con un plan de manejo y este se encuentra en revisión y ajuste por parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia, nos indica que hasta que no se defina una zonificación y régimen de usos y actividades para esta área, no será posible realizar actividades en esos territorios. (GEF Corazón de la Amazonía, 2019).

Por lo tanto, desde el punto de vista del uso del recurso hídrico se debe pensar en proyectos a pequeña escala como las picocentrales, microcentrales o minicentrales eléctricas en las zonas rurales, entre otras cosas porque la mayoría centros poblados se encuentran localizados a las orillas de ríos o caños, permitiendo de esta manera que sea fácil una implementación de estas alternativas. Un caso particular que se puede analizar es el centro poblado La Paz (El Retorno), pues su fuente hídrica pasa cerca y como resultado tenemos que a una caída hidráulica de 0,2 km se puede generar 27,467 kW y a 1 km se puede generar 38,274 kW, comparando estos resultados con la tabla 15, podemos deducir que hay una probabilidad de que se pueda adelantar un proyecto de microcentral o minicentral, siempre y cuando las restricciones ambientales lo permitan.

A la fecha algunos poblados aún siguen funcionando con plantas eléctricas tradicionales mediante el uso de combustibles fósiles (gasolina o diesel) por lo que estas soluciones energéticas renovables permitirían disminuir los costos del kwh en estas localidades y lo más importante, contar con energía eléctrica las 24 horas del día.

7. BIOMASA

Se conoce como biomasa a la materia viva presente en una capa muy fina de la superficie terrestre llamada biosfera, la cual representa una fracción muy pequeña de la masa terrestre. Los residuos que se generan a partir de los procesos de transformación natural o artificial de la materia viva, también se constituyen en biomasa. (UPME U. d., 2011).

Actualmente el término biomasa, desde su aprovechamiento como recurso energético, engloba toda la materia orgánica que, de acuerdo con sus características físicas y químicas, puede transformarse en combustibles, más conocidos como biocombustibles, por medio de diferentes procesos y tecnologías.

Este recurso está inmerso en el área de energías renovables por considerarse parte del flujo original y cíclico de la naturaleza proviniendo del proceso de conversión fotosintético, desde donde la biomasa puede clasificarse en dos categorías; de conversión directa y de conversión indirecta. La primera está relacionada con todos aquellos recursos que obtienen su energía directamente de los procesos de fotosíntesis; dentro de estos encontramos: la biomasa natural, la biomasa de cultivos energéticos y algunos componentes de la biomasa residual como los residuos de cosechas y los de poda de zonas verdes.

Por otra parte, la biomasa de tipo conversión indirecta está asociada a los residuos cuyo poder energético es obtenido en un proceso secundario por no proceder directamente del proceso fotosintético sino de un derivado de éste, como lo es el estiércol de los animales o los procesos de descomposición. (UPME U. d., 2011)

La biomasa se puede clasificar también como de tipo natural, residual y de cultivos energéticos. La biomasa natural son todos aquellos recursos generados espontáneamente por la tierra sin la intervención del hombre, bien sea para modificarla o potencializarla, como lo son los restos de bosques y plantaciones nativas. La biomasa de tipo residual hace referencia a la materia orgánica derivada como un subproducto que se puede obtener bien sea de procesos naturales como lo son los residuos de las cosechas, el estiércol de los animales y los residuos de podas verdes, o de procesos industriales como los son los residuos sólidos orgánicos urbanos, los residuos de plazas de mercado y los diversos residuos de las industrias y comercios. Por último, la biomasa proveniente de cultivos energéticos está asociada con aquellos recursos obtenidos de plantaciones realizadas exclusivamente con el propósito de servir como fuente energética (plantaciones dendroenergéticas), no es el tipo de biomasa más común y actualmente está más enfocada en ciertos sectores como los son el de la caña de azúcar y el de la palma. (Campo, 2006)

7.1. METODOLOGÍA PARA EL RECONOCIMIENTO DEL POTENCIAL ENERGETICO POR MEDIO DE LA BIOMASA

Para la recolección de información de biomasa en el departamento se consultó el último censo disponible por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, se consultaron cifras de la secretaria de desarrollo agropecuario y medio ambiente-Guaviare y se consultó el Registro Único de Áreas Protegidas – RUNAP que nos permite conocer el área de biomasa forestal.

Se toman como insumos el atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia y se enriquece el análisis con algunos cálculos de PERS antecesores como el de Cundinamarca y Putumayo, junto con documentos emitidos con respecto a modelos matemáticos para evaluar el potencial energético, metodologías y técnicas de aprovechamiento de biomasa en ecosistemas con características similares al departamento del Guaviare.

La biomasa para el departamento se encuentra de tres tipos; biomasa agrícola, biomasa forestal y pecuaria. En los siguientes capítulos se detallará cada una.

7.1.1. BIOMASA AGRÍCOLA

La biomasa agrícola es aquella que proviene de origen vegetal tanto viva como muerta, esta posee un potencial alimenticio e industrial. De los procesos productivos queda gran cantidad de residuos que son abandonados en el campo; son ejemplos de ello el bagazo de caña y la cascarilla de arroz, entre otros. Se estima que la participación porcentual de los residuos originados en las actividades productivas agrícolas varía entre el 30% y 78% (son los residuos los tallos y las hojas de productos como el trigo, el maíz y la soya) (MONROY, 2016).

La utilización de biomasa como fuente de energía, se obtiene cuando los residuos o materia se descompone o se degrada, liberando así la energía contenida en ella. El material vegetal al quemarse produce energía y algunos otros compuestos como anhídrido carbónico (CO₂) y agua (H₂O) que, a diferencia de los compuestos producidos por los combustibles fósiles, no alteran las propiedades de la atmosfera generando impactos negativos sobre ella. (Campo, 2006)

7.1.1.1. PRINCIPALES CULTIVOS

El departamento del Guaviare en gran parte de su extensión territorial cuenta con cultivos que permiten subsanar las necesidades alimenticias de este mismo, pero también permite

exportar a otros departamentos. En la siguiente tabla, se presentan los principales cultivos del departamento entre los que se destaca el maíz, plátano y yuca.

TABLA 16: PRINCIPALES CULTIVOS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE AÑO 2018

CULTIVO	TOTAL HA
ARROZ TRADICIONAL	3.185
ARROZ SECO MECANIZADO	1.196
MAIZ TRADICIONAL	5.595
SANDIA	76
PLATANO	5.098
YUCA	4.321
CAUCHO	2.233
CACAO	1.393
CAÑA PANELERA	1.653
PIÑA	526
CHONTADURO	1.276

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA – 2018

Cultivos Permanentes

Se entiende por cultivos permanentes aquellos que una vez plantados producen varias cosechas y no requieren plantarse nuevamente. También son producidos a partir de plantas que perduran por varias cosechas. Con base en este concepto se revisaron las cifras de la Evaluación Agropecuaria Municipal (EVA) 2018 y la secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente del departamento del Guaviare, destacando como uno de sus resultados principales una mayor participación en número de hectáreas sembradas el cultivo de plátano con 5.098 Ha.

En la siguiente tabla, se presentan los principales cultivos permanentes presentes en el departamento del Guaviare, especificando área sembrada, área cosechada, la producción total (Ton) y el rendimiento que tuvieron dichos cultivos durante el año 2018.

TABLA 17: CULTIVOS PERMANENTES DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE 2018

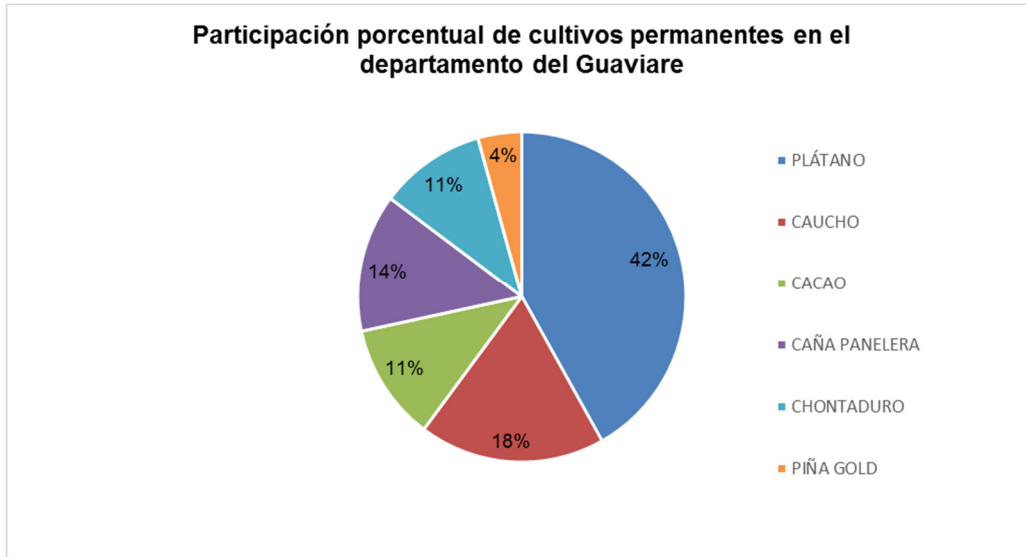
MUNICIPIO	PLÁTANO				CAUCHO			
	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Tn)	RENDIMIENTO (Tn/Ha)
CALAMAR	336	269	3.228	12	336	34	58	1,7
RETORNO	2.092	1674	20.088		964	96	163	
MIRAFLORES	379	303	3.636		89	9	15	
SAN JOSE	2.291	1.833	21.996		844	84	143	
TOTAL DPTO	5.098	4.079	48.948		2.233	223	379	

MUNICIPIO	CACAO				CAÑA PANELERA			
	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)
CALAMAR	211	106	58	0,55	290	203	1.218	6
RETORNO	468	234	129		672	470	2.820	
MIRAFLORES	147	74	41		303	212	1.272	
SAN JOSE	567	283	156		388	271	1.626	
TOTAL DPTO	1.393	697	383		1.653	1.156	6.936	

MUNICIPIO	CHONTADURO				PIÑA GOLD			
	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Tn/Ha)	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)
CALAMAR	0	0	0	8	109	44	1.540	35
RETORNO	789	710	5.680		149	74	2.590	
MIRAFLORES	0	0	0		33	13	455	
SAN JOSE	487	438	3.504		235	118	4.130	
TOTAL DPTO	1.276	1.148	9.184		526	249	8.715	

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA – 2018

GRÁFICA 10: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE CULTIVOS PERMANENTES 2018



Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA - 2018

Como se indicó anteriormente, el cultivo permanente con mayor porcentaje de participación en el departamento es el plátano con un 42% que representa 5.098 Ha de siembra y una producción de 48.948 Ton; las cifras también señalan que el cultivo con menor participación es la piña gold con un 4% de participación representado en 526 Ha y una producción de 8.715 Ton. (Gráfica 10)

- **Cultivos Transitorios**

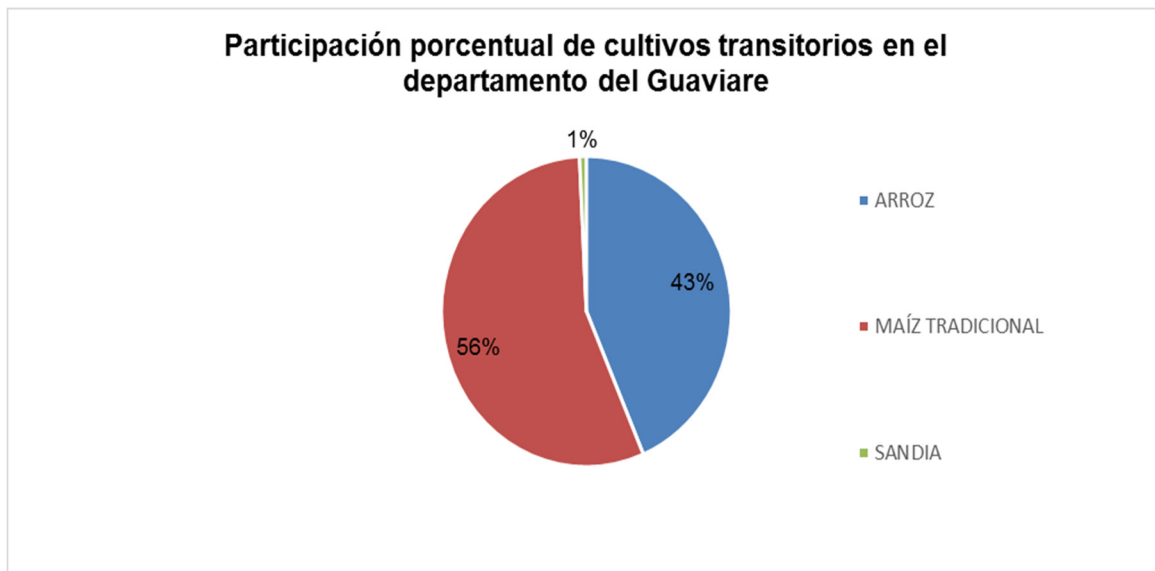
Los cultivos transitorios son aquellos cuyo ciclo vegetativo por lo regular es menor a un (1) año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. Con base en este concepto, se revisaron las cifras de la Evaluación Agropecuaria Municipal (EVA) 2018 y la secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente del departamento del Guaviare, entre las que se destaca una mayor participación en número de hectáreas sembradas del cultivo de maíz tradicional con 5.595Ha.

TABLA 18: CULTIVOS TRANSITORIOS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE 2018

MUNICIPIO	ARROZ SECAÑO MECANIZADO				ARROZ SECAÑO TRADICIONAL			
	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)
CALAMAR	0	0	0	7	533	479	1.437	3
RETORNO	200	180	1.260		827	744	2.232	
MIRAFLORES	0	0	0		270	243	729	
SAN JOSE	996	897	6.279		1.555	1.399	4.197	
TOTAL DPTO	1.196	1.077	7.539		3.185	2.865	8.595	

MUNICIPIO	MAÍZ TRADICIONAL				SANDIA			
	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)
CALAMAR	893	803	1.205	1,5	0	0	0	0
RETORNO	1.476	1.329	1.994		76	69	2.070	30
MIRAFLORES	856	770	1.155		0	0	0	0
SAN JOSE	2.370	2.133	3.200		0	0	0	0
TOTAL DPTO	5.595	5.035	7.553		76	69	2.070	

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA - 2018

GRÁFICA 11: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE CULTIVOS TRANSITORIOS 2018


Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA - 2018

De acuerdo con la gráfica 11, el cultivo transitorio con mayor porcentaje de participación en el departamento es el maíz tradicional con un 56% que representa 5.595 Ha de siembra y una producción de 7.553 Ton; el cultivo con menor participación es el de sandía con un 1% de participación representado en 76 Ha de siembra y una producción de 2.070 Ton.

- **Cultivos Anuales**

Los cultivos anuales hacen referencia a aquellos que como su mismo nombre lo dice se propagan anualmente, por lo cual es un vegetal que germina, da frutos y desaparece en un período de un año. La yuca se destaca únicamente como el cultivo anual y su área de siembra corresponde a 4.321 Ha.

TABLA 19: CULTIVO ANUAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE 2018

MUNICIPIO	YUCA			
	AREA SEMBRADA (Ha)	AREA COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)
CALAMAR	735	588	7.644	13
RETORNO	1.727	1382	17.966	
MIRAFLORES	387	310	4.030	
SAN JOSE	1.472	1.178	15.314	
TOTAL DPTO	4.321	3.458	44.954	

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA – 2018

7.1.1.2. CONSTANTES PARA ESTIMAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO AGRICOLA

Para el cálculo del potencial energético de la biomasa agrícola se tienen en cuenta únicamente los cultivos más relevantes entre vegetales y frutas con mayor producción en toneladas reportadas en el departamento.

Una de las características más importantes de las fuentes energéticas es su poder calorífico el cual se obtiene a partir de su extracción (en caso del carbón mineral, por ejemplo, o de su transformación (derivados de petróleo y agentes secundarios). Esta propiedad es fundamental para determinar el tipo de biomasa que puede utilizarse como combustible. Por tal razón se hace necesario conocer el factor de residuo, que es el que es aprovechable como biomasa, que tiene cada cultivo para calcular la biomasa agrícola.

El factor de residuo (RPR) o índice de residuo es la relación existente entre la cantidad de residuos producidos y la cantidad del producto principal obtenido de la cosecha.

En la Tabla 20 se relaciona el factor de residuo de los cultivos más relevantes y seleccionados para analizar del departamento, es decir, de los cultivos que más residuos dejan en relación con el producto principal. Para esta estimación se adoptaron los factores obtenidos para este propósito durante la ejecución del PERS Putumayo.

TABLA 20: FACTOR DE RESIDUO DE LOS CULTIVOS MÁS RELEVANTES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.

CULTIVO	TIPO DE RESIDUO	ORIGEN DEL RESIDUO	FACTOR DE RESIDUO-RPR (TON)
PLÁTANO	Raquis de plátano	RAC	1
	Vástago de plátano	RAI	5
	Plátano de rechazo	RAI	0,15
CACAO	Hojas	RAI	0,45
CAÑA PANELERA	Bagazo	RAC	2,53
	Hojas - Cogollo	RAI	3,75
MAÍZ	Rastrojo	RAC	0,93
	Tusa		0,27
	Capacho		0,21
ARROZ	Tamo	RAC	2,35
	Cascarilla	RAI	0,2
YUCA	Tallos	RAC	0,13

Fuente: (UPME,2011); (PERS Putumayo, 2020)

RAC: Residuo Agrícola de Cosecha

RAI: Residuo Agrícola Industrial

PODER CALORÍFICO INFERIOR PARA RESIDUOS AGRÍCOLAS

La biomasa representa una fuente de energía basada en carbono de origen renovable. En forma general, la biomasa (en base seca, porcentaje en masa) está constituida por carbono de 45- 52%, hidrogeno de 4-7% y oxigeno de 42-50%, 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 (Carbón, 2014).

Para conocer en los residuos orgánicos su potencial energético debemos conocer primeramente su contenido energético el cual depende del poder calórico (PCI), el Poder Calorífico Inferior es la energía liberada en forma de calor durante la reacción de oxidación para formar dióxido de carbono y agua.

Del atlas de biomasa residual en Colombia se extrajeron algunos residuos con su respectivo poder calorífico inferior (PCI). En la Tabla 21 se relacionan los tipos de residuo primario junto con su Poder Calorífico Inferior (KJ/KG).

TABLA 21: PODER CALORÍFICO INFERIOR PARA LA BIOMASA AGRÍCOLA

CULTIVO	TIPO DE RESIDUO	PODER CALORÍFICO INFERIOR -PCI
		(KJ/KG)
Plátano	Raquis de plátano	7569,73
	Vástago de plátano	8507,58
Cacao	Hojas	8995,60
Caña Panelera	Bagazo	19374,24
	Hojas - Cogollo	16018,1
Maíz	Rastrojo	14912,28
	Tusa	14739,63
	Capacho	16589,5
Arroz	Tamo	13537,42
	Cascarilla	15666,22
Yuca	Tallos	26700

Fuente: (UPME U. d., 2011) (González, 2019)

7.1.1.3. MODELO MATEMÁTICO USADO PARA EVALUAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA AGRÍCOLA

Teniendo en cuenta la composición de la biomasa agrícola, la forma más adecuada de realizar el aprovechamiento energético de esta biomasa es en procesos termoquímicos. Para el caso del sector agrícola se debe tener en cuenta que los residuos de la biomasa contienen una porción del producto principal del cultivo, esta fracción normalmente es mayor que la unidad. (UPME U. d., 2011)

Inicialmente el modelo establece la masa seca del residuo agrícola, por unidad de tiempo, se puede expresar como:

$$M_{rs} = A * R_c * M_{rg} * Y_{rs}$$

En donde:

M_{rs}: Masa de residuo seco [t/año]

A: Área cultivada [ha/año]

R_c : Rendimiento del cultivo [t producto principal / ha sembrada]

M_{rg} : Masa de residuo generada del cultivo [t de residuo/ t de producto principal]

Y_{rs} : Fracción de residuo seco [t residuo seco/t de residuo húmedo]

Una vez obtenida la masa del residuo de biomasa agrícola seca anual, el Potencial Energético total de la Biomasa Residual Agrícola (P_{EBRA}), conformado por los residuos de cosecha y agroindustriales para los cultivos del estudio, se evalúa mediante la siguiente expresión:

$$P_{EBRA} = M_{rs} * PCI$$

PCI : Poder Calórico Inferior del residuo [TJ/t]

P_{EBRA} : Potencial Energético [TJ/año]

7.1.1.4. POTENCIAL ENERGÉTICO BIOMASA AGRÍCOLA DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Tabla 22: Potencial energético Agrícola departamento del Guaviare

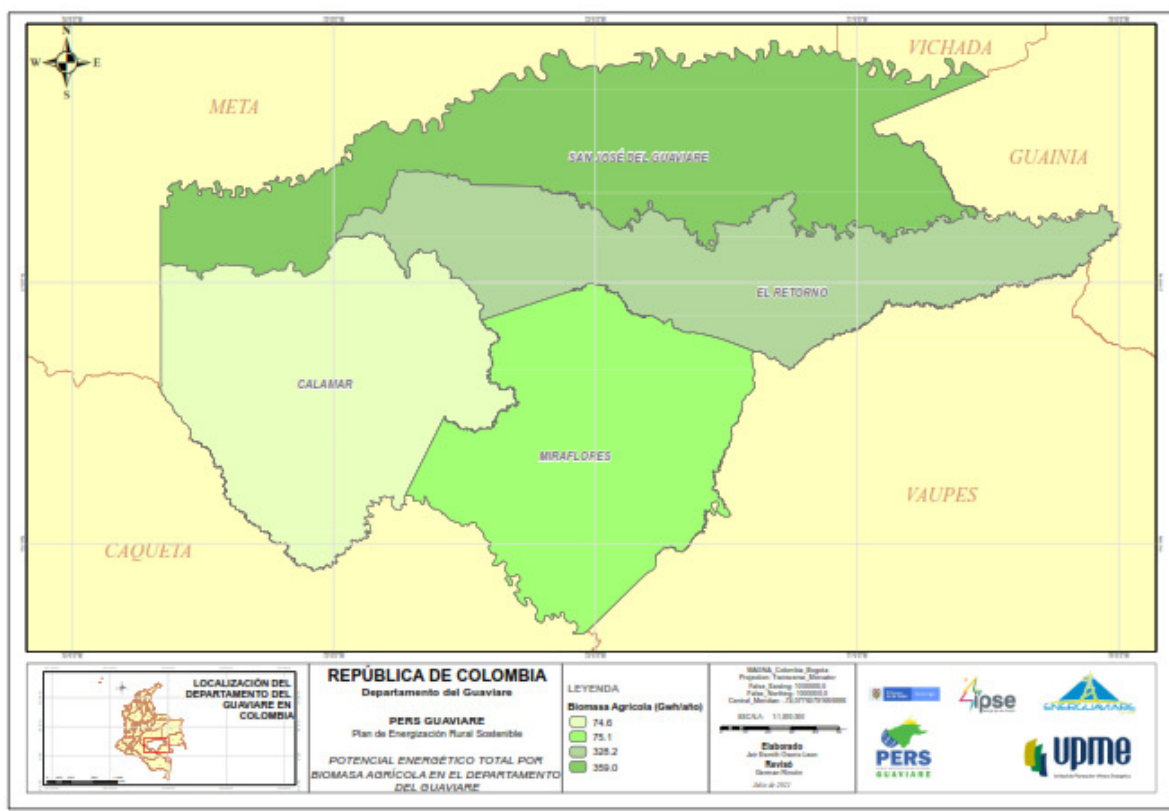
POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE							
CULTIVO	PRODUCCION (TON)	TIPO DE RESIDUO	FACTOR DE RESIDUO (RPR) (TON)	PODER CALORÍFICO INFERIOR -PCI	RESIDUO SECO	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (TJ/AÑO)	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (GWH/AÑO)
				(KJ/Kg)	(Kg/Año)		
Plátano	48.948	Raquis de plátano	1	7569,73	43730143,20	2207,25	613,124
		Vástago de plátano	5	8507,58	220535214,00		
Cacao	383	Hojas	0,45	8.995,60	26376,40	0,24	0,066
Caña Panelera	6.936	Hojas - Cogollo	3,75	19374,24	14724261,00	373,81	103,837
		Bagazo	2,53	16018,1	5527645,20		
Maíz	7.553	Rastrojo	0,93	14912,28	4631510,21	114,35	31,765
		Tusa	0,27	14739,63	1439453,63		
		Capacho	0,21	16589,5	1450895,67		
Arroz	16.134	Tamo	2,35	13537,42	10013325,09	182,29	50,636
		Cascarilla	0,2	15666,22	2983176,60		
Yuca	44.954	Tallos	0,13	26700	5060921,32	135,13	37,535
TOTAL	124.908	---	---	---	310122922,31	3013,07	836,96

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (UPME U. d., 2011) y (UPME U. , 2020)

Los cultivos de mayor producción en el departamento es el plátano con 48.948 toneladas/año y la yuca con 44.954 toneladas/año. Es importante resaltar que, el factor de residuo y el poder calorífico (PCI), son los componentes que permiten que, sin importar los volúmenes de producción se pueda generar un mayor potencial energético. Sin embargo, es muy importante el buen aprovechamiento de los residuos de los cultivos, como es el caso de la caña panelera; su producción es de 6.936 toneladas/año, pero su potencial energético es de 103,837 Gwh/año, que, comparado con la yuca, si bien su producción es mayor, su potencial energético es menor, de 37,535Gwh/año, que resulta inferior en relación con la caña panelera.

Los residuos de los cultivos juegan un papel fundamental si queremos hablar de biomasa agrícola; se debe tener el concepto claro y preciso de separación de estos mismos, para que el aprovechamiento sea eficiente y se pueda destinar el potencial a la generación de energía.

MAPA 17: POTENCIAL ENERGÉTICO AGRÍCOLA DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

7.1.1.4.1. POTENCIAL ENERGÉTICO BIOMASA AGRÍCOLA POR MUNICIPIO

- MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE**

Para el municipio de San José del Guaviare, el cultivo de mayor potencial y que aporta a la biomasa agrícola es el plátano, debido a su alta producción (21.996 Ton) y su relación con el factor de residuo y PCI, permitiendo así, que se generen aproximadamente 275,523 Gwh/año.

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 359,01 Gwh/año.

TABLA 23: POTENCIAL ENERGÉTICO AGRÍCOLA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE.

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE							
CULTIVO	PRODUCCIÓN (TON)	TIPO DE RESIDUO	FACTOR DE RESIDUO (RPR) (TON)	PODER CALORÍFICO INFERIOR -PCI	RESIDUO SECO	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (TJ/AÑO)	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (GWH/AÑO)
				(KJ/Kg)	(Kg/Año)		
Plátano	21.996	Raquis de plátano	1	7569,73	19651226,40	991,88	275,523
		Vástago de plátano	5	8507,58	99102978,00		
Cacao	156	Hojas	0,45	8.995,60	10709,50	0,10	0,027
Caña Panelera	1.626	Hojas - Cogollo	3,75	19374,24	3451794,75	87,63	24,342
		Bagazo	2,53	16018,1	1295840,70		
Maíz	3.200	Rastrojo	0,93	14912,28	1962067,78	48,44	13,457
		Tusa	0,27	14739,63	609802,30		
		Capacho	0,21	16589,5	614649,55		
Arroz	10.476	Tamo	2,35	13537,42	6501772,26	118,36	32,879
		Cascarilla	0,2	15666,22	1937012,40		
Yuca	15.314	Tallos	0,13	26700	1724050,12	46,03	12,787
TOTAL	52.767	---	---	---	136861903,76	1292,45	359,01

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (UPME U. d., 2011) y (UPME U. , 2020)

● **MUNICIPIO DE EL RETORNO**

Para el municipio de El Retorno, el cultivo de mayor potencial y que aporta a la biomasa agrícola es el plátano, debido a su alta producción (20.088 Ton) y su relación con el factor de residuo y PCI, permitiendo así, que se generen aproximadamente 251,623 GWH/AÑO.

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 328,21 GWH/AÑO.

TABLA 24: POTENCIAL ENERGÉTICO AGRÍCOLA DEL MUNICIPIO DE EL RETORNO

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO RETORNO							
CULTIVO	PRODUCCIÓN (TON)	TIPO DE RESIDUO	FACTOR DE RESIDUO (RPR) (TON)	PODER CALORIFICO INFERIOR - PCI	RESIDUO SECO	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (TJ/AÑO)	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (GWH/AÑO)
				(KJ/Kg)	(Kg/Año)		
Plátano	20.088	Raquis de plátano	1	7569,73	17946619,20	905,84	251,623
		Vástago de plátano	5	8507,58	90506484,00		
Cacao	128,7	Hojas	0,45	8.995,60	8855,20	0,08	0,022
Caña Panelera	2.820	Hojas - Cogollo	3,75	19374,24	5986507,50	151,98	42,218
		Bagazo	2,53	16018,1	2247399,00		
Maíz	1.994	Rastrojo	0,93	14912,28	1222497,93	30,18	8,384
		Tusa	0,27	14739,63	379947,15		
		Capacho	0,21	16589,5	382967,30		
Arroz	3.492	Tamo	2,35	13537,42	2167257,42	39,45	10,960
		Cascarilla	0,2	15666,22	645670,80		
Yuca	17.966	Tallos	0,13	26700	2022612,28	54,00	15,001
TOTAL	46.488	---	---	---	123516817,77	1181,55	328,21

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (UPME U. d., 2011) y (UPME U. , 2020)

● **MUNICIPIO DE CALAMAR**

Para el municipio de Calamar, el cultivo de mayor potencial y que aporta a la biomasa agrícola es el plátano, debido a su alta producción (3.228 Ton) y su relación con el factor de residuo y PCI, permitiendo así, que se generen aproximadamente 40,434 Gwh/año.

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 74,64 Gwh/año.

TABLA 25: POTENCIAL ENERGÉTICO AGRÍCOLA DEL MUNICIPIO DE CALAMAR.

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO CALAMAR							
CULTIVO	PRODUCCION (Ton)	TIPO DE RESIDUO	FACTOR DE RESIDUO (RPR) (TON)	PODER CALORÍFICO INFERIOR - PCI	RESIDUO SECO	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (TJ/AÑO)	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (GWH/AÑO)
				(KJ/Kg)	(Kg/Año)		
Plátano	3.228	Raquis de plátano	1	7569,73	2883895,20	145,56	40,434
		Vástago de plátano	5	8507,58	14543754,00		
Cacao	58,3	Hojas	0,45	8.995,60	4011,33	0,04	0,010
Caña Panelera	1.218	Hojas - Cogollo	3,75	19374,24	2585661,75	65,64	18,234
		Bagazo	2,53	16018,1	970685,10		
Maíz	1.205	Rastrojo	0,93	14912,28	738649,99	18,24	5,066
		Tusa	0,27	14739,63	229569,27		
		Capacho	0,21	16589,5	231394,09		
Arroz	1.437	Tamo	2,35	13537,42	891852,50	16,24	4,510
		Cascarilla	0,2	15666,22	265701,30		
Yuca	7.644	Tallos	0,13	26700	860561,52	22,98	6,383
TOTAL	14.790	---	---	---	24205736,04	268,69	74,64

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (UPME U. d., 2011) y (UPME U. , 2020)

● **MUNICIPIO DE MIRAFLORES**

Para el municipio de Miraflores, el cultivo de mayor potencial y que aporta a la biomasa agrícola es el plátano, debido a su alta producción (3.636 Ton) y su relación con el factor de residuo y PCI, permitiendo así, que se generen aproximadamente 45,545 Gwh/año.

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 75,11 Gwh/año.

TABLA 26: POTENCIAL ENERGÉTICO AGRÍCOLA DEL MUNICIPIO DE MIRAFLORES.

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO MIRAFLORES							
CULTIVO	PRODUCCION (TON)	TIPO DE RESIDUO	FACTOR DE RESIDUO (RPR) (TON)	PODER CALORÍFICO INFERIOR - PCI	RESIDUO SECO	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (TJ/AÑO)	POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL (GWH/AÑO)
				(KJ/Kg)	(Kg/Año)		
Plátano	3.636	Raquis de plátano	1	7569,73	3248402,40	163,96	45,545
		Vástago de plátano	5	8507,58	16381998,00		
Cacao	41	Hojas	0,45	8.995,60	2800,36	0,03	0,007
Caña Panelera	1.272	Hojas - Cogollo	3,75	19374,24	2700297,00	68,55	19,043
		Bagazo	2,53	16018,1	1013720,40		
Maíz	1.155	Rastrojo	0,93	14912,28	708294,51	17,49	4,858
		Tusa	0,27	14739,63	220134,92		
		Capacho	0,21	16589,5	221884,74		
Arroz	729	Tamo	2,35	13537,42	452442,92	8,24	2,288
		Cascarilla	0,2	15666,22	134792,10		
Yuca	4.030	Tallos	0,13	26700	453697,40	12,11	3,365
TOTAL	10.863	---	---	---	25538464,74	270,38	75,11

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (UPME U. d., 2011) y (UPME U. , 2020)

7.1.2. BIOMASA FORESTAL

La biomasa forestal hace referencia a los residuos de bosques naturales y por bosques plantados. La madera de los bosques es utilizada en la industria, la construcción, la generación de energía y calor. En este aprovechamiento se toman grandes cantidades de cortezas, ramas y follaje, lo cual es considerado como residuo. Se debe aclarar que parte de dichos residuos debe seguir en el terreno para asegurar la permanencia de los suelos. Los diferentes procesos industriales de la madera: carpintería, ebanistería, fabricación de papeles y cartones, generan grandes cantidades de aserrín que son utilizables para la generación de energía.

La biomasa forestal arbórea se define como el peso de materia orgánica que se encuentra en un ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente se cuantifica en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Para su manipulación y procesamiento de pesaje es frecuente separarla en sus componentes, donde encontramos la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. La determinación adecuada de la biomasa de un bosque es de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de carbono y los elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes. Esta información es de gran importancia en la actualidad, debido a la necesidad de encontrar fuentes alternativas de biocombustibles, amigables con el medio ambiente que contribuyan a mitigar el cambio climático generado por el consumo de combustibles fósiles, que liberan una gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera (MONROY, 2016)

7.1.2.1. EXTENSIÓN TERRITORIAL.

En el Registro Único Nacional de Áreas protegidas – RUNAP, para el departamento del Guaviare se asocian 9 áreas protegidas, entre las que se encuentran 5 Reservas Naturales de la Sociedad Civil, 2 Parques Nacionales Naturales, 1 Reserva Natural y 2 Reservas Forestales Protectoras Nacionales.

Las áreas protegidas presentes en el departamento ocupan un área forestal aproximada de 6.023.171 Ha. A continuación, se presentan la relación de categoría y el nombre de cada área protegida:

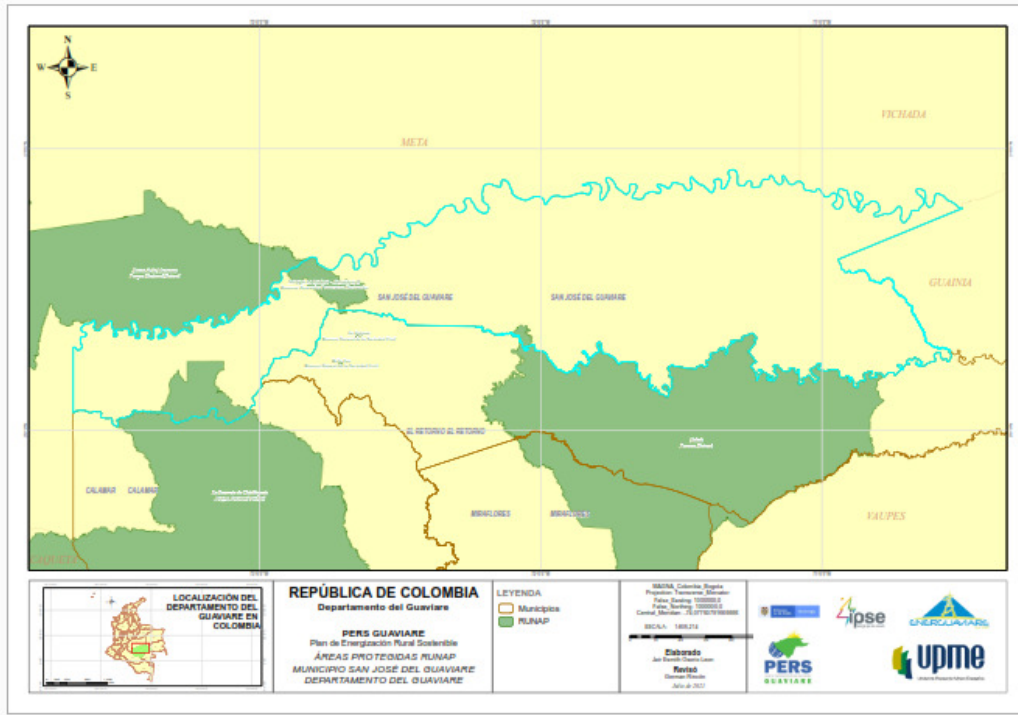
TABLA 27: EXTENSIÓN TERRITORIAL DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN EL DEPARTAMENTO

MUNICIPIO	CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS	NOMBRE	ÁREA (HA)
San José del Guaviare	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía el Capricho, Mirolindo y Cerritos	4200,22
	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía La Lindosa - Angosturas II	28021,02
	Parque Nacional Natural	La Serranía de Chiribiquete	48535,7
	Parque Nacional Natural	Nukak	4630,99
El Retorno	Reserva Natural de la Sociedad Civil	Bella Luz	95,65
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	El Morichal	25,53
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	La Cabaña	58,92
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	La Hermosa	58,21
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	Santa Inés	37,66
	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía el Capricho, Mirolindo y Cerritos	5089
	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía La Lindosa - Angosturas II	202,37
	Parque Nacional Natural	Nukak	647690,94
Calamar	Parque Nacional Natural	La Serranía de Chiribiquete	932990,4
Miraflores	Parque Nacional Natural	La Serranía de Chiribiquete	81492,518
	Parque Nacional Natural	Nukak	216471,79

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Registro Único Nacional de Áreas protegidas – RUNAP

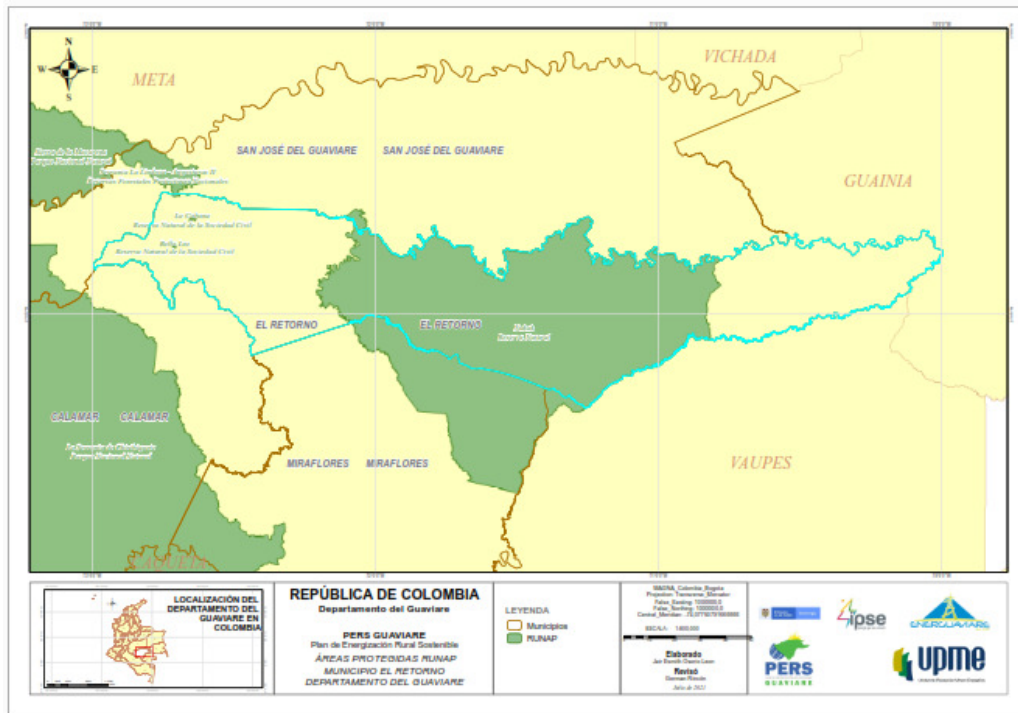
El área de extensión de cada área protegida fue tomada de las reportadas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas-RUNAP y corroboradas en la resolución o decreto que las reglamentó y declaró como área protegida en el territorio colombiano.

MAPA 18: ÁREAS PROTEGIDAS RUNAP MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE



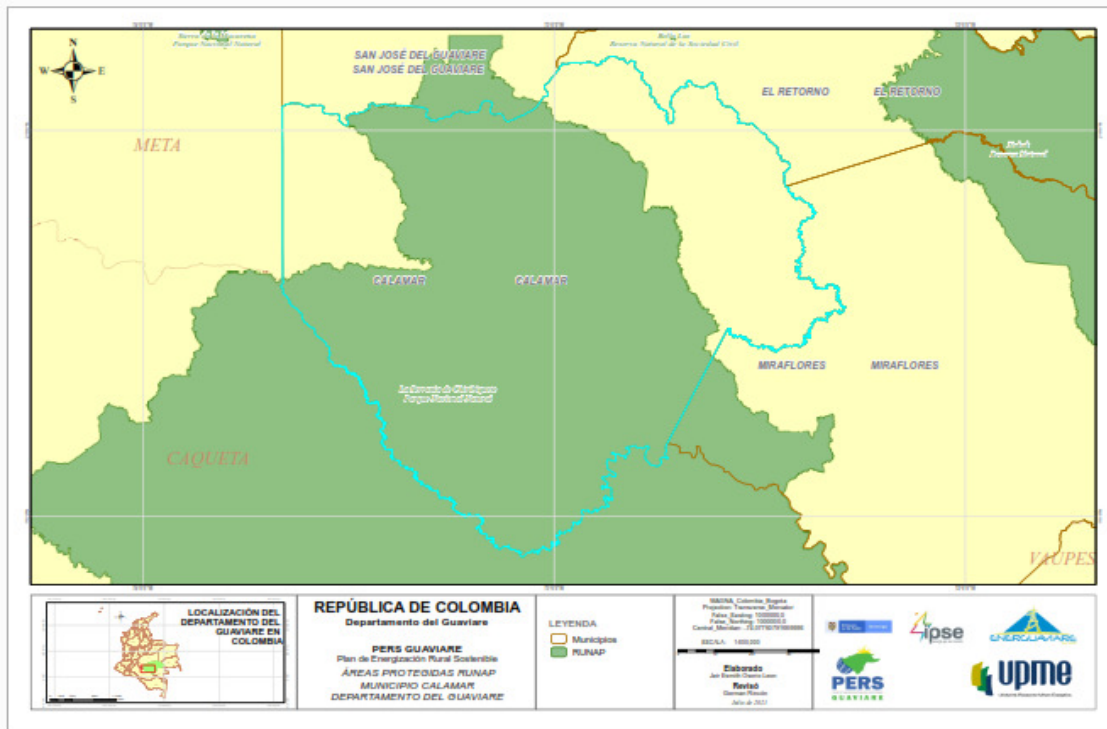
Fuente: Propia PERS Guaviare.

MAPA 19: ÁREAS PROTEGIDAS RUNAP MUNICIPIO DE EL RETORNO



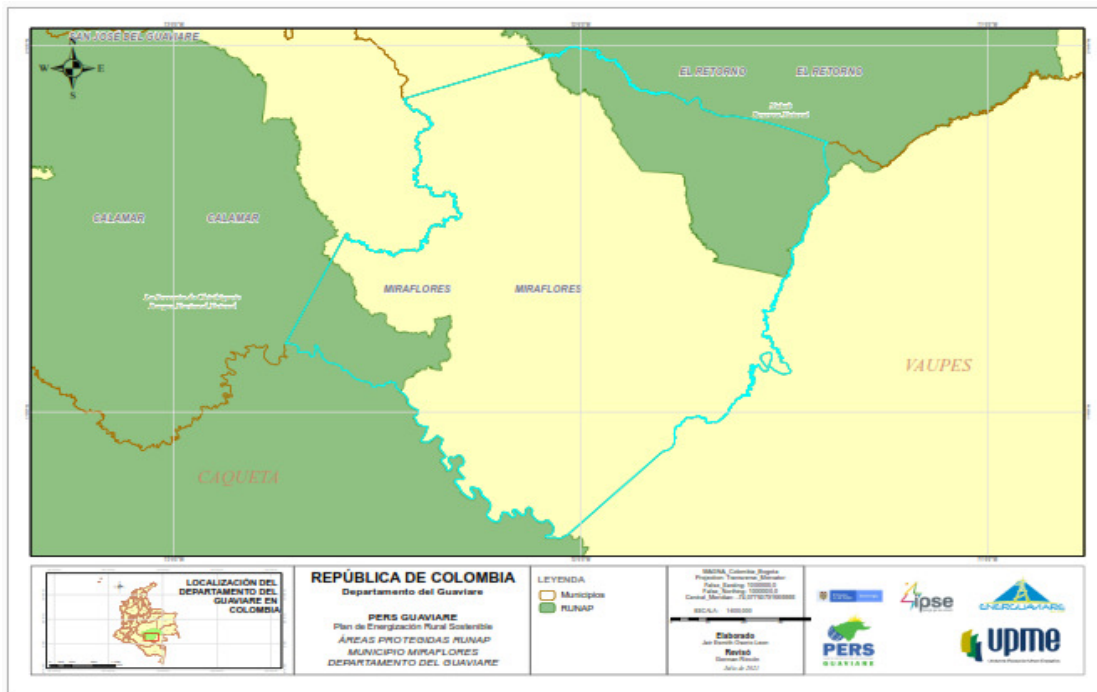
Fuente: Propia PERS Guaviare.

MAPA 20: ÁREAS PROTEGIDAS RUNAP MUNICIPIO DE CALAMAR



Fuente: Propia PERS Guaviare.

MAPA 21: ÁREAS PROTEGIDAS RUNAP MUNICIPIO DE MIRAFLORES.



Fuente: Propia PERS Guaviare.

7.1.2.2. USOS Y ACTIVIDADES PERMITIDAS EN ÁREAS PROTEGIDAS DEL DEPARTAMENTO

De acuerdo con el decreto 2372 de 2012 emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, se definen usos y actividades permitidas en áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP.

De acuerdo con la destinación prevista para cada categoría de manejo, los usos y las consecuentes actividades permitidas, deben regularse para cada área protegida en el Plan de Manejo y ceñirse a las siguientes definiciones:

- a) **Usos de preservación:** Comprenden todas aquellas actividades de protección, regulación, ordenamiento y control y vigilancia, dirigidas al mantenimiento de los atributos, composición, estructura y función de la biodiversidad, evitando al máximo la intervención humana y sus efectos.
- b) **Usos de restauración:** Comprenden todas las actividades de recuperación y rehabilitación de ecosistemas; manejo, repoblación, reintroducción o trasplante de especies y enriquecimiento y manejo de hábitats, dirigidas a recuperar los atributos de la biodiversidad.
- c) **Usos de Conocimiento:** Comprenden todas las actividades de investigación, monitoreo o educación ambiental que aumentan la información, el conocimiento, el intercambio de saberes, la sensibilidad y conciencia frente a temas ambientales y la comprensión de los valores y funciones naturales, sociales y culturales de la biodiversidad.
- d) **De uso sostenible:** Comprenden todas las actividades de producción, extracción, construcción, adecuación o mantenimiento de infraestructura, relacionadas con el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, así como las actividades agrícolas, ganaderas, mineras, forestales, industriales y los proyectos de desarrollo y habitacionales no nucleadas con restricciones en la densidad de ocupación y construcción siempre y cuando no alteren los atributos de la biodiversidad previstos para cada categoría.
- e) **Usos de disfrute:** Comprenden todas las actividades de recreación y ecoturismo, incluyendo la construcción, adecuación o mantenimiento de la infraestructura necesaria para su desarrollo, que no alteran los atributos de la biodiversidad previstos para cada categoría.

Teniendo en cuenta los anteriores usos, es importante tener en cuenta también los siguientes párrafos:

1, Los usos y actividades permitidas en las distintas áreas protegidas que integran el SINAP, se podrán realizar siempre y cuando no alteren la estructura, composición y función de la biodiversidad característicos de cada categoría y no contradigan sus objetivos de conservación. Y 2, En las distintas áreas protegidas que integran el SINAP se prohíben todos los usos y actividades que no estén contemplados como permitidos para la respectiva categoría.

Es importante mencionar que en las reservas de la sociedad civil es la categoría que permite el aprovechamiento maderero doméstico y el aprovechamiento sostenible de recursos no maderables. Lo cual aclara que de hacerse un aprovechamiento del potencial de biomasa forestal se podría hacer a baja escala y en bosques plantados con un fin de aprovechamiento maderable, aprobado previamente por la autoridad ambiental.

7.1.2.3. POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA FORESTAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Los productos maderables del bosque son actualmente utilizados como materia prima para la industria, para la construcción, elaboración de muebles, cocción de alimentos y para la generación de calor o energía. Es importante tener en cuenta que aproximadamente el 50% de la madera extraída en el mundo es usada como combustible.

La madera, según su naturaleza, puede contener entre 4.200 y 5.000 kcal/kg. Esta cantidad de energía no puede ser totalmente utilizada en la práctica. Los rendimientos energéticos típicos oscilan entre 3.500 Kcal/Kg (con humedad del 15%) y 2.200 kcal/kg. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 1999)

Teniendo en cuenta que la madera con 15% de humedad (leña) presenta un poder calorífico de 3.500 Kcal/Kg de madera, se tiene que una Ha de bosque denso, con una producción de 200 a 500 Tn/Ha tendrá un poder calorífico entre 66 a 165 TEP (tonelada equivalente de petróleo:106 Kcal/Tn) que corresponderá a una energía potencial teórica entre 268.000 y 671.000 Kwh. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 1999).

El rendimiento en volumen de madera en pies varía entre 200 a 500 m³ /Ha, teniendo solo en cuenta los troncos gruesos. El uso de los trozos con diámetros por encima de 10 cm de diámetro, logra un incremento entre 10 a 15% en madera. Teniendo en cuenta que 1m³ de madera verde genera una tonelada, se tendrá por Ha entre 200 a 500 tn de madera; Si el poder calorífico de la madera al 15% de humedad es de 3.500 kcal/kg, entonces un kilogramo de madera puede producir 1.4 Kwh (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 1999).

TABLA 28: POTENCIAL BIOMASA FORESTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

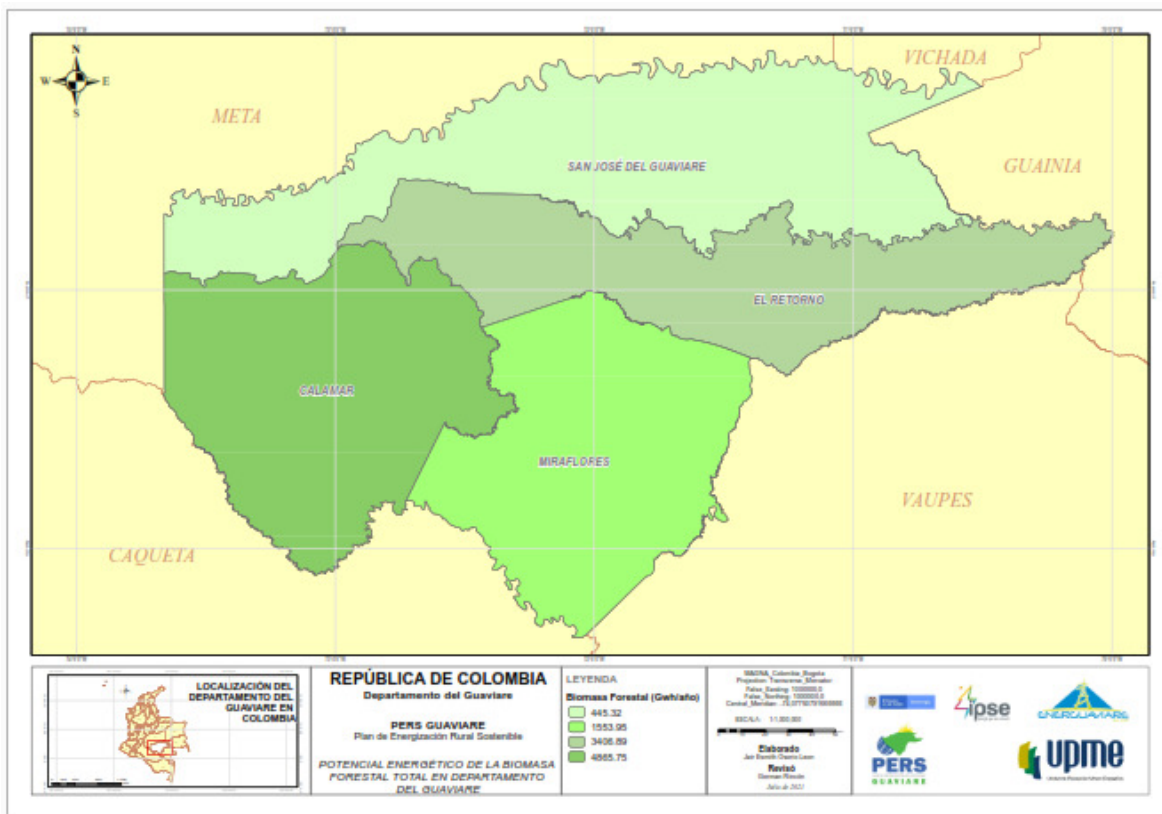
Municipio	Área Forestal total (ha)	Ton/ha	Potencial Energético (Kw/h)	Potencial Energético (Gw/h)
San José del Guaviare	1.761.562	616.546.700	863.165.380.000	863.165
El Retorno	1.635.099	572.284.650	801.198.510.000	801.199
Calamar	1.358.317	475.410.950	665.575.330.000	665.575
Miraflores	1.268.193	443.867.550	621.414.570.000	621.415
Total	6.023.171	2.108.109.850	2.951.353.790.000	2.951.354

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Ministerio de Minas y Energía, 1999.

Se debe tener en cuenta que ese aprovechamiento de biomasa forestal se hace con el residuo de vegetación que queda de un aprovechamiento previo, más no se busca incentivar la tala del bosque y por ende la deforestación de los bosques en el departamento.

El aprovechamiento de este tipo de energía renovable contribuye notablemente a la mejora y conservación del medio, puesto que no tiene un impacto medioambiental significativo, teniendo en cuenta que el CO² que se libera a la atmósfera durante la combustión ha sido previamente captado por los vegetales durante su crecimiento; por lo tanto, el balance final es neutro.

MAPA 22: POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

7.1.2.3.1. POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL POR MUNICIPIO

- MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE**

TABLA 29: POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE

MUNICIPIO	CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS	NOMBRE	BIOMASA (HA)	EXERGÍA QUÍMICA (MJ)	ENERGÍA TÉRMICA (MJ)	POTENCIAL ENERGÉTICO (GWH)
San José del Guaviare	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía el Capricho, Mirolindo y Cerritos	4200,22	96127494,99	78858248,45	21,905
	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía La Lindosa - Angosturas II	28021,02	641297470	526088766,1	146,136
	Parque Nacional Natural	La Serranía de Chiribiquete	48535,7	1110802591	911247575	253,125
	Parque Nacional Natural	Nukak	4630,99	105986226,4	86945864,74	24,152
TOTAL BIOMASA SAN JOSÉ DEL GUAVIARE			85387,93	1954213782	1603140454,285	445,317

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del RUNAP

El municipio de San José del Guaviare dentro de sus límites cuenta con 4 áreas protegidas, entre las que se encuentran 2 Reserva Forestal Protectora Nacional y 2 Parques Nacionales Naturales sumando así 85387.93 Ha, las cuales representan un potencial energético de 3900978,2262 (Gwh/año).

- **MUNICIPIO DE EL RETORNO**

TABLA 30: POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL MUNICIPIO EL RETORNO

MUNICIPIO	CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS	NOMBRE	BIOMASA (HA)	EXERGÍA QUÍMICA (MJ)	ENERGÍA TÉRMICA (MJ)	POTENCIAL ENERGÉTICO (GWH)
El Retorno	Reserva Natural de la Sociedad Civil	Bella Luz	95,65	2189074,595	1795808,664	0,499
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	El Morichal	25,53	584287,239	479320,3887	0,133
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	La Cabaña	58,92	1348460,796	1106210,627	0,307
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	La Hermosa	58,21	1332211,523	1092880,526	0,304
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	Santa Inés	37,66	861898,058	707058,5914	0,196
	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía el Capricho, Mirolindo y Cerritos	5089	116468380,7	95544906,31	26,540
	Reserva Forestal Protectora Nacional	Serranía La Lindosa - Angosturas II	202,37	4631500,531	3799454,252	1,055
	Parque Nacional Natural	Nukak	647690,94	14823249160	12160261383	3377,853
	TOTAL BIOMASA RETORNO			653258,28	14950664974	12264787023

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del RUNAP

El municipio del Retorno dentro de sus límites cuenta con 8 áreas protegidas, entre las que se encuentran 5 Reserva Natural de la Sociedad Civil, 2 Reserva Forestal Protectora Nacional y un Parque Nacional Natural sumando así 653258.28 Ha, las cuales representan un potencial energético de 29844338,9642 (Gwh/año).

- **MUNICIPIO DE CALAMAR**

TABLA 31: POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL MUNICIPIO DE CALAMAR

MUNICIPIO	CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS	NOMBRE	BIOMASA (HA)	EXERGÍA QUÍMICA (MJ)	ENERGÍA TÉRMICA (MJ)	POTENCIAL ENERGÉTICO (GWH)
Calamar	Parque Nacional Natural	La Serranía de Chiribiquete	932990,4	21352698192	17516698832	4865,754
	TOTAL BIOMASA CALAMAR		932990,4	21352698192	17516698832	4865,754

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del RUNAP

El municipio de Calamar dentro de sus límites cuenta con un área protegida de tipo Parque Nacional Natural representando así 932990.4 Ha, las cuales representan un potencial energético de 42624001,2571 (Gwh/año).

- **MUNICIPIO DE MIRAFLORES**

TABLA 32: POTENCIAL ENERGÉTICO FORESTAL MUNICIPIO DE CALAMAR

MUNICIPIO	CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS	NOMBRE	BIOMASA (HA)	EXERGÍA QUÍMICA (MJ)	ENERGÍA TÉRMICA (MJ)	POTENCIAL ENERGÉTICO (GWH)
Miraflores	Parque Nacional Natural	La Serranía de Chiribiquete	81492,518	1865062215	1530004912	425,002
	Parque Nacional Natural	Nukak	216471,79	4954238327	4064212398	1128,949
	TOTAL BIOMASA MIRAFLORES		297964,308	6819300542	5594217310	1553,950496

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del RUNAP

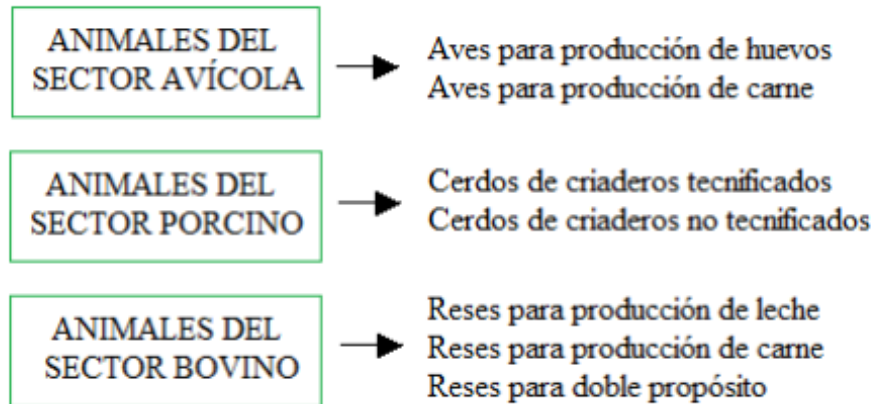
El municipio de Miraflores dentro de sus límites cuenta con 2 áreas protegidas, juntas con categoría de Parque Nacional Natural representando así 297964.308 Ha, las cuales representan un potencial energético de 13612606,3449 (Gwh/año).

7.1.3. BIOMASA PECUARIA

La biomasa pecuaria proviene del estiércol de animales, esta es una gran fuente para la producción de biomasa, debido a que poseen grandes niveles de nutrientes inorgánicos

como fósforo y nitrógeno en sus residuos, además cuentan con la habilidad de desprender vapores, es decir compuestos orgánicos volátiles y gases.

ILUSTRACIÓN 1: GENERADORES DE BIOMASA RESIDUAL PECUARIA



Fuente (MONROY, 2016)

7.1.3.1. INVENTARIO PECUARIO DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Para la cuantificación de la biomasa pecuaria en el departamento del Guaviare se solicitó el último censo Pecuario Nacional del Instituto Colombiano de Agricultura- ICA, se realizó solicitud de información a la secretaria de agricultura y medio ambiente del municipio. La clasificación pecuaria se realizó mediante la subespecies o tipos bovinos y porcinos, en donde los bovinos se tipifican en menor a un año, entre 1 y 2 años, de 2 a 3 años y mayores a 3 años.

Por otra parte, los porcinos se tipifican en lechones lactantes, levante, reproductores, hembras lactantes, traspatio, y otros, categoría dentro de la cual se encuentran cabezas de reemplazo y ceba. Por último, el sector avícola se agrupa dependiendo del enfoque productivo del animal siendo estos: engorde, ponedoras, traspatio y otros, dentro de los cuales se encuentran las aves reproductoras y de levante.

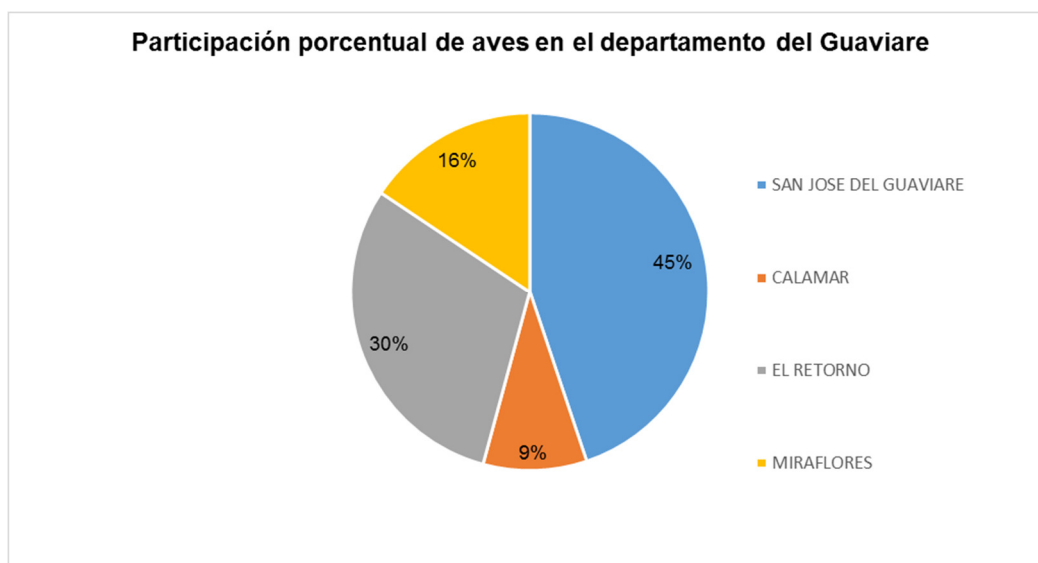
Las demás especies producidas y encontradas en el departamento fueron los Ovinos, Equinos, Búfalos y Caprinos, de las cuales únicamente se sabe la cantidad de animales por municipio.

AVES

TABLA 33: TOTAL CABEZAS DE AVES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

MUNICIPIO	TOTAL AVES
SAN JOSE DEL GUAVIARE	39.275
CALAMAR	8.200
EL RETORNO	26.400
MIRAFLORES	13.700
TOTAL	87.575

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Censo Nacional de aves (ICA, 2020)

GRÁFICA 12: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE AVES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE


Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Censo Nacional aves ICA- 2020

De acuerdo con la gráfica 12, el municipio con mayor presencia de aves en San José del Guaviare con 39.275 cabezas de aves de traspatio, que representan el 45% sobre el total del departamento.

📄 PORCINOS

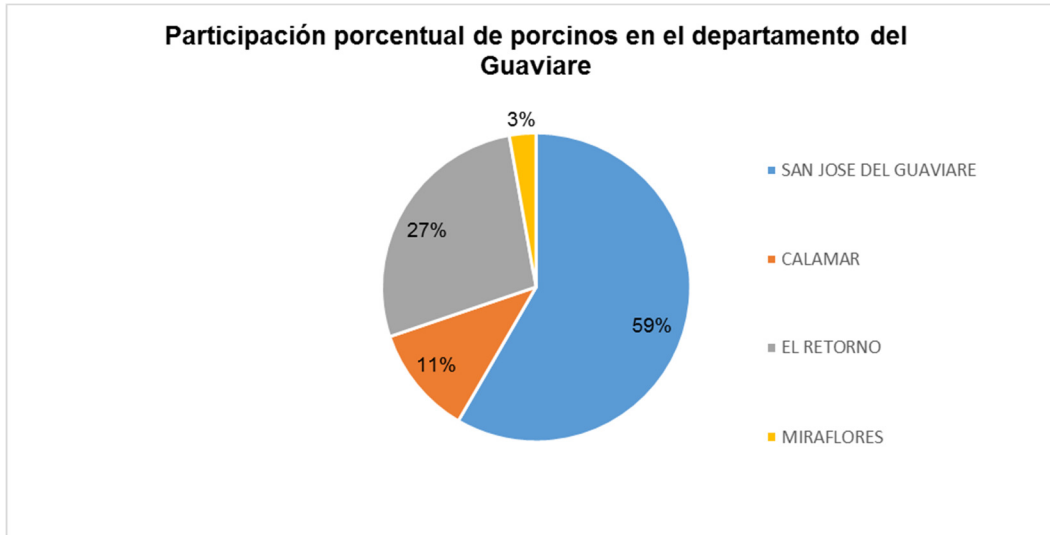
Los cerdos se clasifican en lechones lactantes, levante, reproductores, hembras lactantes, traspato, y otros.

TABLA 34: TOTAL CABEZAS DE PORCINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

MUNICIPIO	TOTAL PORCINOS
SAN JOSE DEL GUAVIARE	4.548
CALAMAR	888
EL RETORNO	2.134
MIRAFLORES	217
TOTAL	7.787

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Censo Nacional Porcino (ICA, 2020)

GRÁFICA 13: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE PORCINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Censo Nacional porcino ICA- 2020

De acuerdo con la gráfica 13, el municipio con mayor presencia de porcinos es San José del Guaviare con 4.548 cabezas, que representan el 59% sobre el total del departamento.

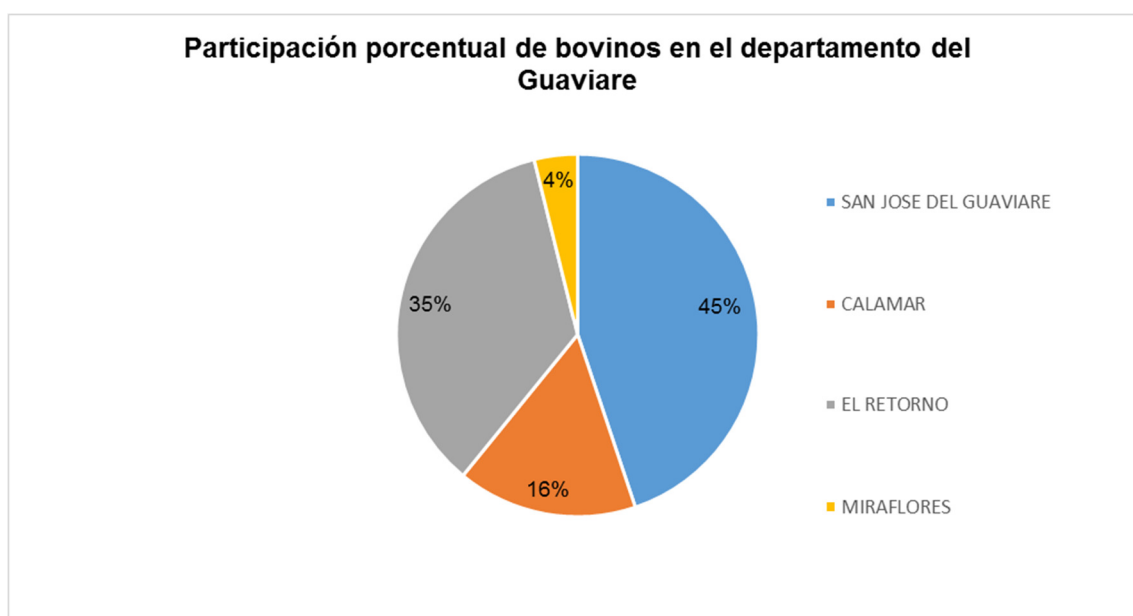
BOVINOS

TABLA 35: TOTAL CABEZAS DE BOVINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

MUNICIPIO	TERNEROS < 1 AÑO	HEMBRAS 1 - 2 AÑOS	MACHOS 1 - 2 AÑOS	HEMBRAS 2 - 3 AÑOS	MACHOS 2 - 3 AÑOS	HEMBRAS > 3 AÑOS	MACHOS > 3 AÑOS	TOTAL BOVINOS - 2019
SAN JOSE DEL GUAVIARE	21.280	24.858	27.216	20.977	21.165	67.139	7.226	216.003
CALAMAR	7.066	6.807	11.680	7.545	10.954	21.852	2.444	77.385
EL RETORNO	16.133	18.837	21.486	15.988	18.679	52.668	5.876	169.697
MIRAFLORES	1.768	2.039	1.855	1.708	1.417	6.059	1.228	18.610
TOTAL	46.247	52.541	62.237	46.218	52.215	147.718	16.774	481.695

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de CENSO NACIONAL BOVINO (ICA, 2020)

GRÁFICA 14: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE BOVINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de Censo Nacional porcino ICA- 2020

De acuerdo con la gráfica 14, el municipio con mayor presencia de bovinos es San José del Guaviare con 216.003 cabezas, que representan el 45% sobre el total del departamento.

7.1.3.2. CONSTANTES PARA ESTIMAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO

PODER CALORÍFICO INFERIOR PARA CADA ESPECIE

Corresponde a la energía liberada por unidad de masa o volumen del combustible al quemarse. El poder calorífico puede ser superior o inferior, el primero se determina suponiendo que todos los elementos de la combustión son tomados a 0°C, al igual que los

gases de combustión, bajo condiciones de condensación total del vapor de agua. El poder calorífico inferior considera que el vapor de agua presente en los gases de combustión no se condensa, lo que implica que no existe un aumento de calor por condensación de vapor y se dispone únicamente del calor de oxidación propio del combustible (Estrada, 2007).

TABLA 36 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

SECTOR	SUBSECTOR	TASA DE PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL [kg/CABEZA*AÑO]	% DE MATERIA SECA (Kg MS/Kg Estiércol)	SÓLIDOS VOLTATILES (Kg SV/Kg MS)	PRODUCCIÓN DE BIOGAS (m3 /kg SV)
BOVINOS	Terneros < 12 meses	1460	0,18	0,8	0,21
	Entre 12 y 24 meses	3285			
	Entre 24 y 36 meses	5110			
	> 36 meses	6570			
	TOTAL, SUBSECTOR				
PORCINOS	Lechón lactante	102,200	0,31	0,73	0,32
	Levante	799,350			
	Reproductor	2051,300			
	Hembra lactante	2693,700			
	Promedio	1343,800			
	TOTAL SUBSECTOR				
AVICOLA	Engorde	25,550	0,8	0,65	0,31
	Ponedoras	38,33	0,35		
	Traspatio (Promedio)	31,94			

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado del PERS Putumayo, Caracterización de la Oferta Energética, 2020

7.1.3.3. MODELO MATEMÁTICO PARA CALCULAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL SECTOR PECUARIO

La alternativa difundida para el aprovechamiento de la energía contenida en el estiércol de bovinos, porcinos y aves de jaula se orienta hacia la digestión anaeróbica, mientras que para el estiércol de aves con cama (engorde), cuyo contenido de humedad es menor al 60%, la tecnología aplicable es la termodinámica (Humberto Escalante Hernández, 2011)

☐ **MODELO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO EN FUNCIÓN DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA**

En este caso la masa de residuo es función directa del número de animales que producen las deyecciones con altos contenidos de sólidos volátiles y humedad. Según su composición, el carbono presente puede llegar en forma de metano. Esto se puede expresar como:

$$PE_{BRP} = \sum_{i=1}^n NA_i * MS_i * SV * Bo_i * PCI_{CH4}$$

En donde:

PE_{BRP}= Potencial energética biomasa residual pecuaria [TJ/año]

NA= Número de animales [Cabezas]

MS= Materia seca [Kg MS/cabezas-año]

SV= sólidos volátiles [kg sv/kg materia seca]

Bo= Producción de biogás [m3/Kg sv]

PCI_{CH4}=poder calorífico inferior del metano [TJ/m3]

☐ **MODELO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO PARA EL PROCESO TÉRMICO.**

Este modelo es aplicado para el cálculo del potencial en aves de engorde.

$$PE_{BRAE} = NA_e * MS * PCI$$

Donde:

PE_{BRAE}= Potencial energético [TJ/AÑO]

NA_e= Número de animales de engorde [cabezas]

MS= Materia seca [Kg/ cabezas-año]

PCI= Poder calorífico inferior [TJ/KG-masa seca]

7.1.3.4. POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

El sector con mayor potencial energético y que aporta a la biomasa pecuaria en el departamento del Guaviare es el Bovino, donde se generan 397,503 Gwh/año, con 481.695 cabezas. Dentro de este grupo encontramos que los mayores de 36 meses de edad son los que más contribuyen con un total de (203,347 Gwh/año), un factor importante es la tasa de producción de estiércol.

Si bien, el sector avícola tiene 91.495 cabezas, su aporte a la biomasa pecuaria es bastante significativo, puesto que su potencial energético es de 312,943 Gwh/año, las aves de engorde son las que más contribuyen en este sector, ya que su potencial energético es de 311,710 Gwh/año. Se aclara que las aves de engorde su potencial se analiza con respecto a lo termoquímico.

Además, el sector porcino para el departamento del Guaviare se trabaja por promedio debido a que no hay información de cada subsector. Adicional, las pocas cabezas que se encuentran en el departamento son para consumo local, mas no para una producción a gran escala y poder distribuir a otros departamentos o países. Sin embargo, su potencial energético en el Guaviare es 4,715 Gwh/año.

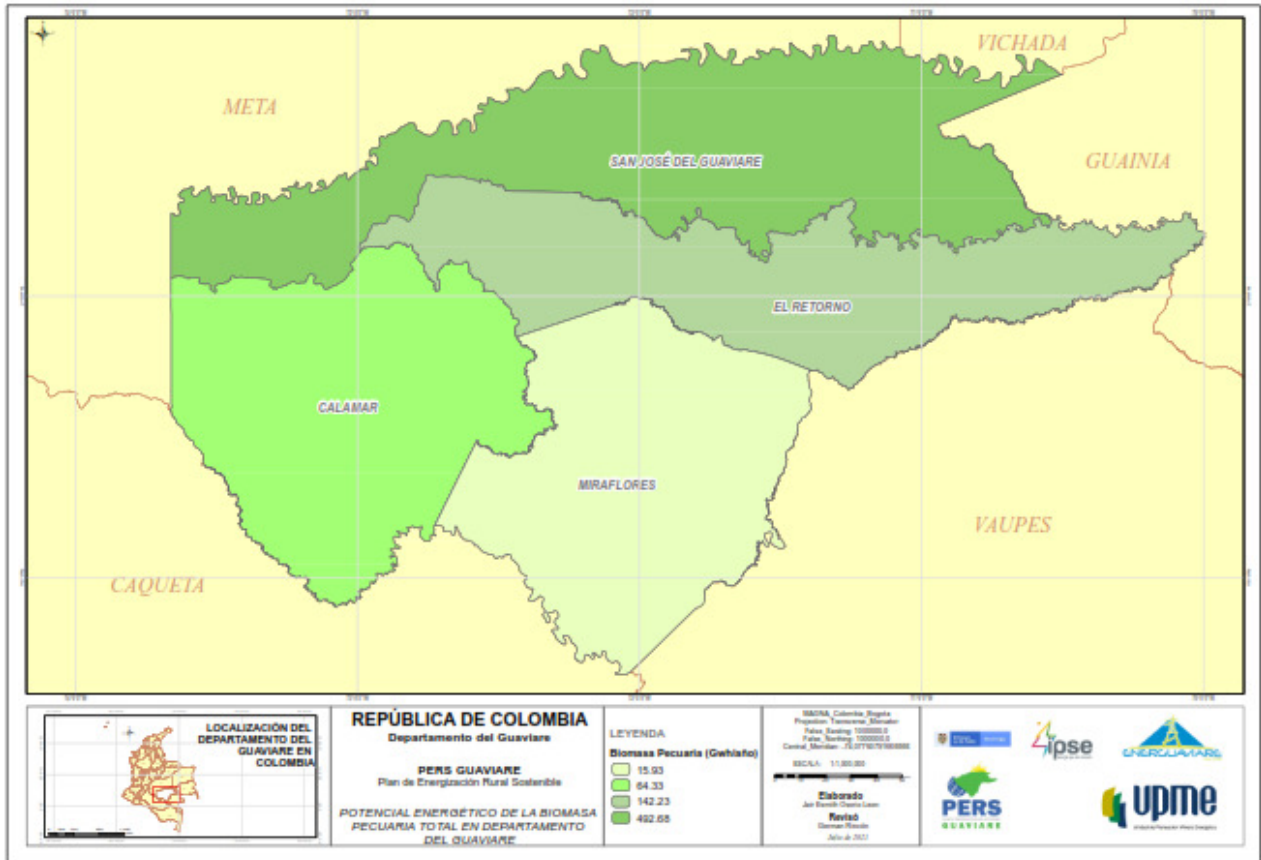
En general, el departamento del Guaviare tiene un potencial energético total de 715,161 Gwh/año, obtenido de los tres sectores pecuarios que hay en la región (Bovino, Porcino y Avícola), como se puede apreciar en la siguiente tabla:

TABLA 37 POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE						
SECTOR	SUBSECTOR	POBLACIÓN (No. CABEZAS)	TASA DE PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL [kg/CABEZA* AÑO]	MASA DE RESIDUO [Kg/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [TJ/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [Gwh/año]
BOVINOS	Terneros < 12 meses	103.992	1460	151.828.320,000	102,845	28,568
	Entre 12 y 24 meses	114.778	3285	377.045.730,000	255,402	70,945
	Entre 24 y 36 meses	98.433	5110	502.992.630,000	340,715	94,643
	> 36 meses	164.492	6570	1.080.712.440,000	732,049	203,347
	TOTAL SUBSECTOR	481.695			2.112.579.120	1431,010
PORCINOS	Lechon lactante		102,200			0,000
	Levante		799,350			0,000
	Reproductor		2051,300			0,000
	Hembra lactante		2693,700			0,000
	Promedio	7.787	1343,800	10.464.170,60	16,974	4,715
	TOTAL SUBSECTOR	7.787			10.464.170,60	16,974
AVICOLA	Engorde	3.600	25,550	91.980,00	1122,156	311,710
	Ponedoras	320	38,33	12.265,600	0,019	0,005
	Traspatio (Promedio)	87575	31,94	2.797.145,500	4,419	1,227
	TOTAL SUBSECTOR	91.495			2091391,1	1126,594
TOTAL DEPARTAMENTO					2574,579	715,161

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (Humberto Escalante Hernández, 2011)

MAPA 23: POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviare.

7.1.3.4.1. POTENCIAL ENERGÉTICO PECUARIO POR MUNICIPIO

- MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE**

Para el municipio de San José del Guaviare, el sector de mayor potencial y que aporta a la biomasa pecuaria es el bovino, debido a su alta población (216.003 cabezas), permitiendo así, que se generen aproximadamente 177,665 Gwh/año. Hay que destacar el sector avícola, que a pesar de que el número de cabezas es medianamente grande (42.875 cabezas), su potencial energético es de (312,261 Gwh/año).

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 492,680 Gwh/año.

TABLA 38 POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE.

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE					
SECTOR	SUBSECTOR	POBLACIÓN (No. CABEZAS)	MASA DE RESIDUO [Kg/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [TJ/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [Gwh/año]
BOVINOS	Terneros < 12 meses	47.422	69.236.120,000	46,899	13,027
	Entre 12 y 24 meses	52.074	171.063.090,000	115,874	32,187
	Entre 24 y 36 meses	42.142	215.345.620,000	145,870	40,519
	> 36 meses	74.365	488.578.050,000	330,951	91,931
	TOTAL, SUBSECTOR	216.003	944.222.880	639,594	177,665
PORCINOS	Promedio	4.548	6.111.602,40	9,914	2,754
	TOTAL SUBSECTOR	4.548	6.111.602,40	9,914	2,754
AVICOLA	Engorde	3.600	91.980,00	1122,156	311,710
	Ponedoras	0	-	0,000	0,000
	Traspatio (Promedio)	39275	1.254.443,500	1,982	0,550
	TOTAL SUBSECTOR	42.875	1.346.423,50	1124,138	312,261
TOTAL MUNICIPIO				1773,645	492,680

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (Humberto Escalante Hernández, 2011)

- **MUNICIPIO DE EL RETORNO**

Para el municipio de El Retorno, el sector de mayor potencial y que aporta a la biomasa pecuaria es el bovino, debido a su alta población (169.697 cabezas), permitiendo así, que se generen aproximadamente 140,563 Gwh/año. Hay que destacar el sector porcino, que a pesar de que el número de cabezas es pequeño (2.134 cabezas), su potencial energético es de (1,292 Gwh/año).

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 142,230 Gwh/año.

TABLA 39 POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO DE EL RETORNO

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO EL RETORNO					
SECTOR	SUBSECTOR	POBLACIÓN (No. CABEZAS)	MASA DE RESIDUO [Kg/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [TJ/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [Gwh/año]
BOVINOS	Terneros < 12 meses	36.163	52.797.980,000	35,764	9,934
	Entre 12 y 24 meses	40.323	132.461.055,000	89,726	24,924
	Entre 24 y 36 meses	34.667	177.148.370,000	119,996	33,332
	> 36 meses	58.544	384.634.080,000	260,542	72,373
	TOTAL SUBSECTOR	169.697	747.041.485	506,028	140,563
PORCINOS	Lechón lactante				0,000
	Levante				0,000
	Reproductor				0,000
	Hembra lactante				0,000
	Promedio	2.134	2.867.669,20	4,652	1,292
	TOTAL SUBSECTOR	2.134	2.867.669,20	4,652	1,292
AVICOLA	Engorde	0	-	0,000	0,000
	Ponedoras	320	12.265,600	0,019	0,005
	Traspatio (Promedio)	26400	843.216,000	1,332	0,370
	TOTAL SUBSECTOR	26.720	855.481,60	1,351	0,375
	TOTAL MUNICIPIO			512,031	142,230

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (Humberto Escalante Hernández, 2011)

- **MUNICIPIO DE CALAMAR**

Para el municipio de Calamar, el sector de mayor potencial y que aporta a la biomasa pecuaria es el bovino, debido a su alta población (77.385 cabezas), permitiendo así, que se generen aproximadamente 63,672 Gwh/año. Hay que destacar el sector porcino, que a pesar de que el número de cabezas es pequeño (888 cabezas), su potencial energético es de (0,538 Gwh/año).

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 64,325 Gwh/año.

TABLA 40 POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO CALAMAR

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO CALAMAR					
SECTOR	SUBSECTOR	POBLACIÓN (No. CABEZAS)	MASA DE RESIDUO [Kg/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [TJ/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [Gwh/año]
BOVINOS	Terneros < 12 meses	16.103	23.510.380,000	15,925	4,424
	Entre 12 y 24 meses	18.487	60.729.795,000	41,137	11,427
	Entre 24 y 36 meses	18.499	94.529.890,000	64,032	17,787
	> 36 meses	24.296	159.624.720,000	108,126	30,035
	TOTAL SUBSECTOR	77.385	338.394.785	229,221	63,672
PORCINOS	Lechón lactante				0,000
	Levante				0,000
	Reproductor				0,000
	Hembra lactante				0,000
	Promedio	888	1.193.294,40	1,936	0,538
	TOTAL SUBSECTOR	888	1.193.294,40	1,936	0,538
AVICOLA	Engorde	0	-	0,000	0,000
	Ponedoras	0	-	0,000	0,000
	Traspatio (Promedio)	8200	261.908,000	0,414	0,115
	TOTAL SUBSECTOR	8.200	261.908,00	0,414	0,115
TOTAL MUNICIPIO				231,569	64,325

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (Humberto Escalante Hernández, 2011)

- **MUNICIPIO DE MIRAFLORES**

Para el municipio de Miraflores, el sector de mayor potencial y que aporta a la biomasa pecuaria es el bovino, debido a su alta población (18.610 cabezas), permitiendo así, que se generen aproximadamente 15,602 Gwh/año. Hay que destacar el sector avícola, que a pesar de que el número de cabezas es medianamente grande (13.700 cabezas), su potencial energético es de (0,192 Gwh/año).

Se resalta que el municipio tiene un potencial energético total de 15,925 Gwh/año.

TABLA 41 POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO DE MIRAFLORES.

POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL MUNICIPIO MIRAFLORES					
SECTOR	SUBSECTOR	POBLACIÓN (No. CABEZAS)	MASA DE RESIDUO [Kg/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [TJ/AÑO]	POTENCIAL ENERGÉTICO [Gwh/año]
BOVINOS	Terneros < 12 meses	4.304	6.283.840,000	4,257	1,182
	Entre 12 y 24 meses	3.894	12.791.790,000	8,665	2,407
	Entre 24 y 36 meses	3.125	15.968.750,000	10,817	3,005
	> 36 meses	7.287	47.875.590,000	32,430	9,008
	TOTAL SUBSECTOR	18.610	82.919.970	56,168	15,602
PORCINOS	Lechon lactante				0,000
	Levante				0,000
	Reproductor				0,000
	Hembra lactante				0,000
	Promedio	217	291.604,60	0,473	0,131
	TOTAL SUBSECTOR	217	291.604,60	0,473	0,131
AVICOLA	Engorde	0	-	0,000	0,000
	Ponedoras	0	-	0,000	0,000
	Traspatio (Promedio)	13700	437.578,000	0,691	0,192
	TOTAL SUBSECTOR	13.700	437.578,00	0,691	0,192
	TOTAL MUNICIPIO			57,332	15,925

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (Humberto Escalante Hernández, 2011)

Para este caso se hace uso de la categoría promedio en porcinos debido a que el Censo Nacional Porcino del ICA, presenta carencia de información detallada por subespecie al igual del Censo Avícola.

8. ENERGÍA GEOTÉRMICA

Esta energía se obtiene mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra que se transmite a través de los cuerpos de roca caliente o conducción y convección, donde se suscitan procesos de interacción de agua subterránea y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos.

Algunos ejemplos de energía geotérmica disponibles en el ambiente son: los volcanes, los géiseres y las aguas termales.

8.1. ANTECEDENTES Y DESARROLLO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN COLOMBIA

En Colombia, por su localización en el Cinturón de fuego del Pacífico (zona de muy alta actividad volcánica y sísmica, localizada en la periferia del Océano Pacífico), existen volcanes de actividad reciente o actual. El magma que alimenta a los volcanes, a pocos kilómetros de la superficie, define zonas con anomalía positiva de calor. Estas son zonas en donde la temperatura es mayor a la de otros lugares del planeta, a la misma profundidad.

En las cordilleras colombianas se han identificado sistemas geotérmicos con agua caliente relacionados con volcanes en:

TABLA 42: SISTEMAS GEOTÉRMICOS EN COLOMBIA

SISTEMAS GEOTÉRMICOS	DEPARTAMENTO
Paipa	Boyacá
mar de San Diego, El Escondido de Florencia y Cerro Bravo,	Caldas
Nevado del Ruiz	Caldas y Tolima
Paramillo de Santa Rosa	Risaralda
Nevado de Santa Isabel, Nevado del Tolima y Cerro Machín	Tolima
Nevado del Huila	Entre los departamentos de Huila, Tolima y Cauca
Puracé (Cadena de volcanes de los Coconucos) y Sotará	Cauca
Doña Juana, Galeras, Azufral, Cumbal y Chiles – Cerro Negro	Nariño
Sibundoy	Putumayo

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (ISAGEN, 2014)

8.2. DESARROLLO DE PROYECTOS DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA

Colombia viene desarrollando estudios de prefactibilidad en áreas de presencia volcánica desde hace varios años, permitiendo que se concentren los esfuerzos en zonas específicas y así poder sacar el mayor provecho a estas fuentes geotérmicas. Esta información la podemos corroborar en el estudio realizado por la UNION TEMPORAL BETA y en apoyo con la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), llamado GESTIÓN DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO -GI&C- ONLINE DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGIA -FNCE- EN COLOMBIA del 2007, “La geotermia en Colombia se inició a finales de la década de los sesenta, con un estudio de reconocimiento efectuado en el macizo volcánico del Ruiz, en el departamento de Caldas. Este estudio fue realizado por la Central Hidroeléctrica de Caldas,

CHEC, juntamente con ENEL de Italia. Posteriormente, en 1981, ICEL y OLADE realizaron el estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la república de Colombia, el cual cubrió unos 100.000 km², incluyendo áreas de las tres cordilleras y algunos territorios de la costa atlántica.” (ISAGEN, 2014)

Dadas estas iniciativas el país tiene dos proyectos que se vienen adelantando, uno de estos es el Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño - Chiles - Cerro Negro, ubicado en Nariño. Este se resalta por ser un Proyecto binacional (Colombia – Ecuador). El Segundo es el Proyecto Geotérmico Macizo Volcánico del Ruiz, ubicado entre los departamentos Caldas, Tolima y Risaralda.

TABLA 43: PROYECTOS GEOTÉRMICOS EN COLOMBIA

PROYECTO	LOCALIZACIÓN	CAPACIDAD ESTIMADA	ESTADO
Proyecto Geotérmico Macizo Volcánico del Ruiz.	Villamaría (Caldas), Herveo, Casabianca y Villahermosa (Tolima), Santa Rosa (Risaralda).	50 MW	Prefactibilidad terminada, licencia ambiental en trámite
Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño – Chiles – Cerro Negro	Cumbal (Nariño, Colombia) / Tulcán (Carchi, Ecuador)	138 MW	Prefactibilidad iniciada

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptado de (ISAGEN, 2014)

8.3. RESUMEN POTENCIAL GEOTÉRMICO

El mayor potencial geotérmico aprovechable se encuentra en los reservorios de vapor subterráneos a grandes distancias de profundidad, por otro lado, se establece que también se puede aprovechar la energía de los manantiales termales que en algunas ocasiones pueden proveer aguas que alcancen temperaturas cercanas a punto de ebullición.

Para el análisis del potencial geotérmico del departamento, se tuvo en cuenta los históricos de Colombia y las posibles fuentes de generación de esta energía puntual en el territorio; para la cual se consulta el inventario de nacional de manifestaciones hidrotermales del Instituto Geológico Colombiano, en el que se encuentran 2 termales ubicados muy cerca el

uno del otro entre los municipios de Calamar con límites del Retorno alcanzando temperaturas entre 40° a 60° C. Los cuales presentan las siguientes características.

TABLA 44 CARACTERÍSTICAS TERMALES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

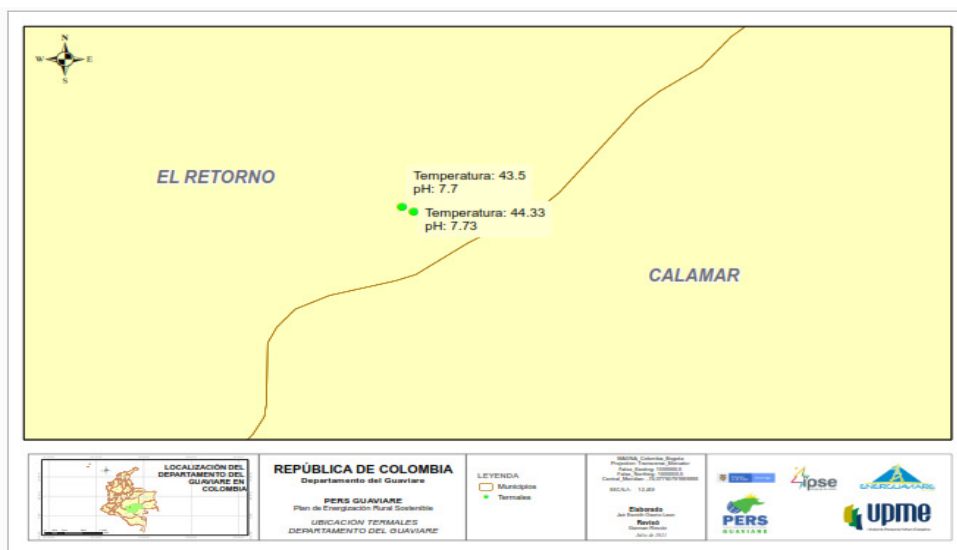
TERMAL 1	
Temperatura ° C	44,33
pH	7,73
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	360,70
Longitud	72°52'22.19"O
Latitud	2°11'11.36"N

Fuente Instituto Geológico Colombiano, 2014

TERMAL 2	
Temperatura ° C	43,50
pH	7,70
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	363,50
Longitud	72°52'22.68"O
Latitud	2°11'11.62"N

Fuente Instituto Geológico Colombiano, 2014

MAPA 24: UBICACIÓN DE TERMALES EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente Propia PERS Guaviare, adaptado de Instituto Geológico Colombiano, 2014

De la anterior información se obtiene que el departamento del Guaviare cuenta con dos fuentes geotérmicas las cuales emiten temperaturas de 40°C y 60°C, lo cual se considera como geotérmica de baja temperatura, esta aprovecha el calor solar acumulado en la corteza a profundidades mayores a 150 m. o al aprovechamiento de yacimientos termales, obteniendo temperaturas en torno a 30-90°C, para climatización. En la actualidad estos son utilizados como balnearios por visitantes y turistas.

8. GAS NATURAL

8.1. ESTADO DEL SECTOR EN COLOMBIA

Colombia en los últimos años ha incrementado la producción de gas natural, debido a la integración de nuevos yacimientos. El país cuenta con 10 cuencas de gas natural, la cuenca de los llanos orientales se destaca por ser una de las que más oferta y tiene una de las mayores reservas del país.

TABLA 45: CUENCAS DE GAS NATURAL EN COLOMBIA

ITEM	NOMBRE
1	Llanos orientales
2	Cordillera oriental
3	Catatumbo
4	SPEC
5	Valle inferior del Magdalena SIN SPEC
6	Valle medio del Magdalena
7	Valle superior del Magdalena
8	Guajira Offshore
9	Caguán - Putumayo
10	Cesar – Ranchería

Fuente: Propia PERS Guaviare, adaptada UPME.

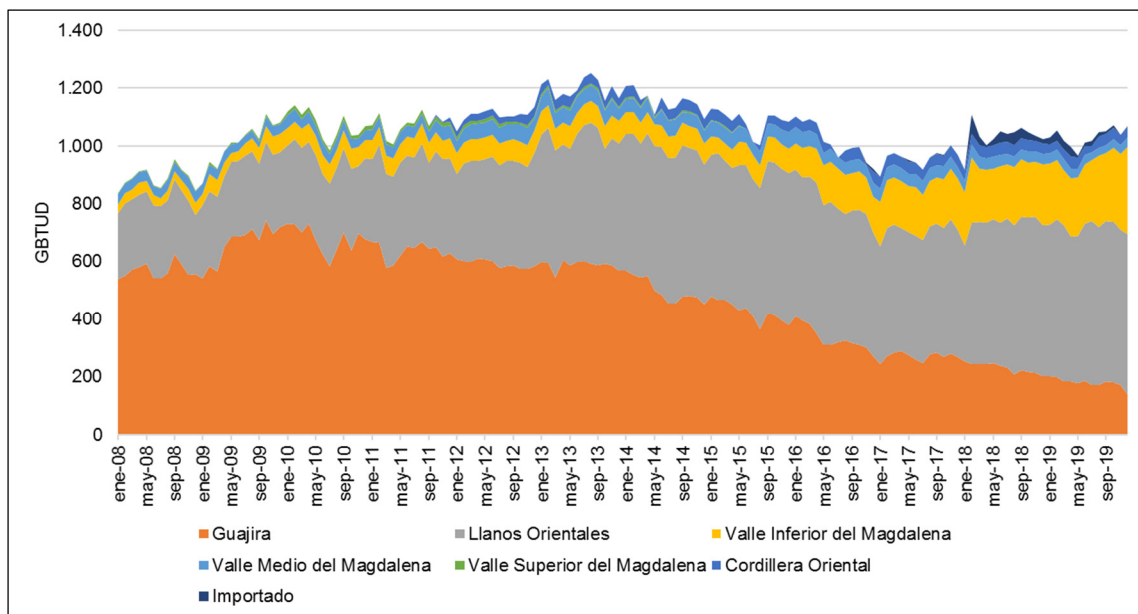
Con la integración de nuevos proyectos desde la infraestructura y planeación, esto permite a que el sistema del gas natural en Colombia genera una confiabilidad y que haya respaldo hacia futuro para asegurar el abastecimiento. Para esto se han adelantado estudios, proyectos y contratos. Algunos de estos son: La Agencia Nacional de Hidrocarburos finalizó

el proceso de conversión de cinco contratos de evaluación técnica a Contratos Offshore de Exploración y Producción de Hidrocarburos en los cuales se han presentado hallazgos importantes en recursos de gas natural, La Agencia Nacional de Hidrocarburos expidió el Acuerdo No. 2 de 2019, mediante el cual aprobó el Proyecto de Términos de Referencia para el Proceso Permanente de Asignación de Áreas (PPAA).

8.2. OFERTA GAS NATURAL EN COLOMBIA

La oferta de gas natural en el año 2019 estuvo a cargo principalmente de los campos de los Llanos Orientales, La Guajira y Valle Inferior del Magdalena.

GRÁFICA 15: PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL 2008-2019 EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



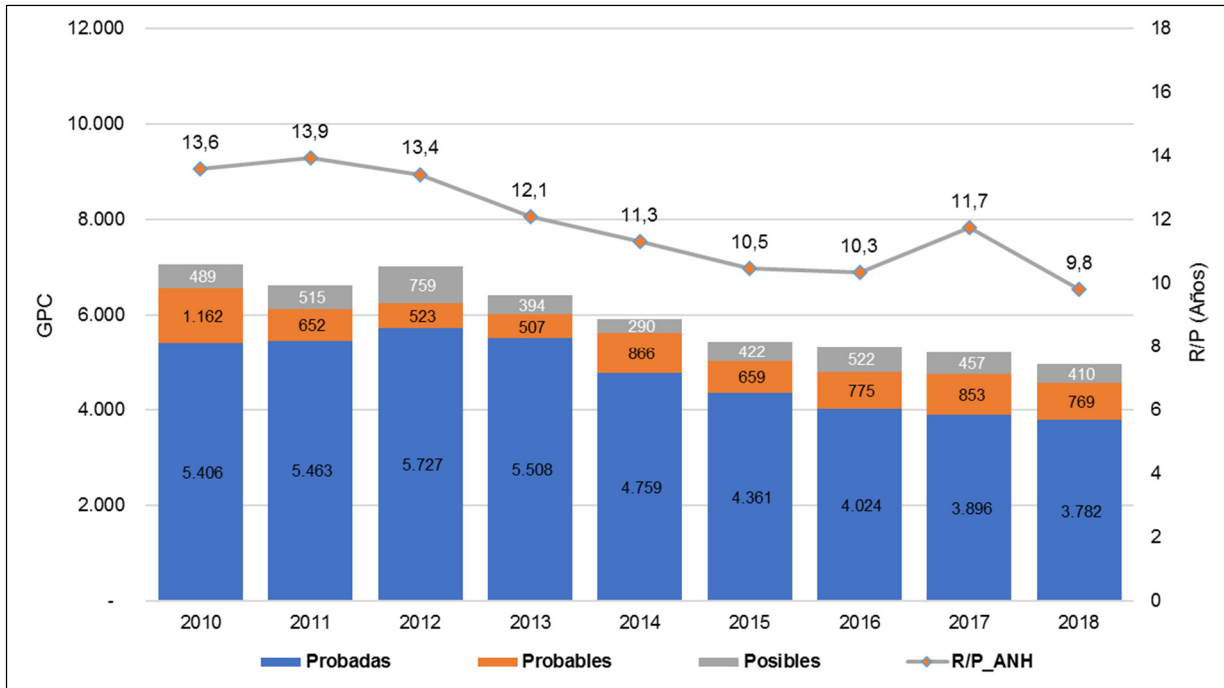
Fuente: UPME. **Cálculos:** UPME

Como se detalla en la gráfica anterior se resalta la producción de gas natural en Colombia desde el 2008 hasta el 2019. El máximo de producción promedio registrado fue de 1,250.9 GBTUD. También se visualiza la reducción del consumo de gas, esto se debe a la integración de nuevos aportes hidrológicos a la matriz energética del país. “En el año 2019 el 52.59% de la oferta provino de los campos de los Llanos Orientales, mientras los campos de La Guajira aportaron 17.34% y los campos del VIM aportaron un 22.08%” (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, 2020)

Adicional para poder ofrecer una oferta de gas natural se debe contar con reservas, “De acuerdo con la información suministrada por la ANH, a 31 de diciembre de 2018, se contabilizaron 4.9 Terapiés cúbicos (TPC), de los cuales 3.78 TPC corresponden a reservas

probadas; 0.77 TPC a reservas probables y 0.41 TPC a reservas posibles”. (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, 2020)

GRÁFICA 16: RESERVAS GAS NATURAL 2010-2018 EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: UPME.

Las reservas en total han disminuido en un 4,7% comparando con los valores del año 2017. “las reservas probadas disminuyeron un 3% y las reservas probables y posibles alrededor del 10% respectivamente. Con estos valores y partiendo de una producción de gas en el año 2018, equivalente a 386 millones de giga pies cúbicos, se calcula una relación reservas / producción² de 9.8 años”. (UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, 2020).

8.3. RESUMEN POTENCIAL GAS NATURAL

El departamento del Guaviare no cuenta con fuentes propias de producción de gas natural para lo cual se acoge a la disponibilidad del recurso de regiones cercanas y de la oferta nacional.

9. ESTADO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.

En el departamento del Guaviare a partir del año 2001 entra en funcionamiento la empresa Energúaviare S.A E.S.P., siendo esta el operador de red y llegando así la interconexión eléctrica (línea Granada – San José 115 kV) en el mes de julio del 2002. En el año 2005 se interconecta el municipio de El Retorno y Calamar.

ILUSTRACIÓN 2: SUBESTACIÓN SAN JOSÉ

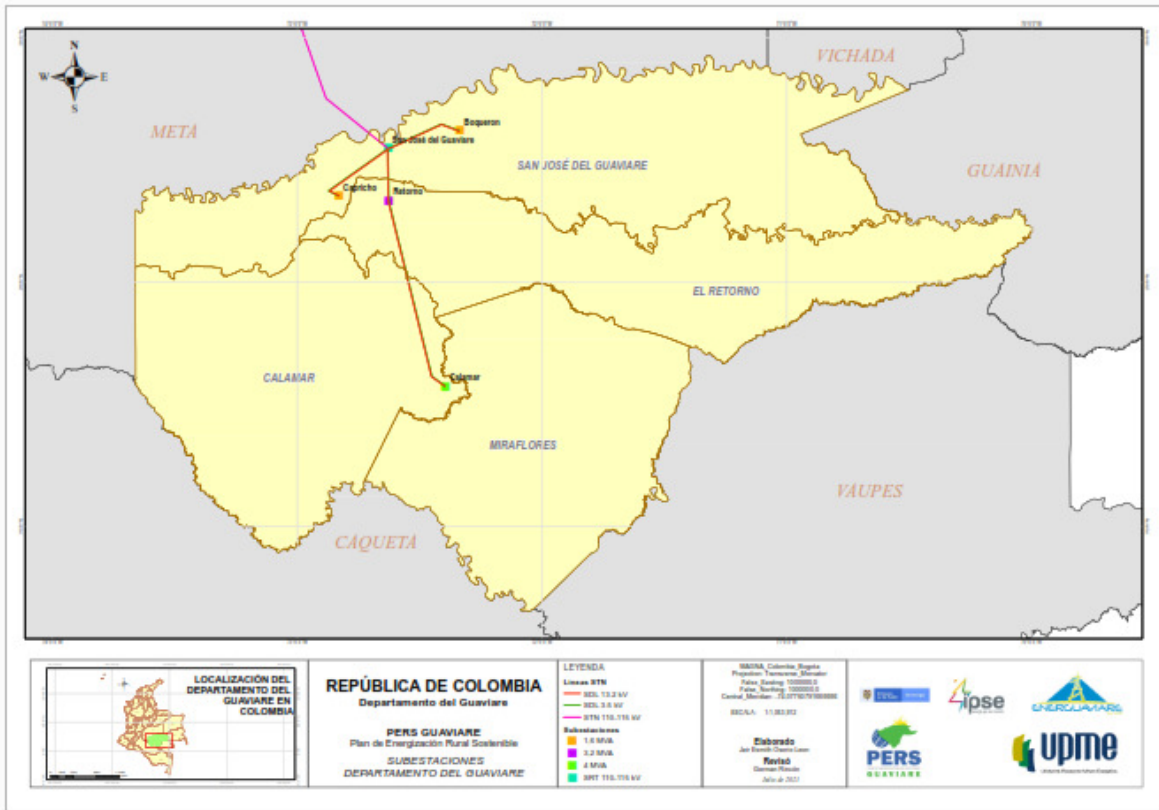


Fuente: Energúaviare S.A. E.S.P.

La subestación principal está ubicada en el municipio de San José del Guaviare, su barraje de entrada está a un nivel de tensión IV (115/34,5/13,8 kV) y esta alimenta a su vez otras 4 subestaciones con un nivel de tensión III (34,5/13,8kV).

Para corte de 31 de diciembre de 2012, la empresa de energía contaba con un 65% de cobertura de la población, este índice de cobertura de energía eléctrica está determinada por el número de viviendas con acceso al servicio eléctrico y el total de viviendas. Con la entrada de las nuevas subestaciones Capricho y Boquerón, además de los proyectos de expansión que se han ejecutado y que están en planeación y sumándole los proyectos fotovoltaicos individuales que se vienen adelantando desde el año 2017, la empresa viene cumpliendo con unos de sus objetivos del plan de expansión de cobertura de energía eléctrica establecido en mayo de 2014. (ENERGÚAVIARE, 2014)

MAPA 25: UBICACIÓN SUBESTACIONES DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE



Fuente: Propia PERS Guaviar, adaptado de Energuaviare S.A. E.S.P.

TABLA 46: SUBESTACIONES DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

Ítem	Subestación	Relación de tensión (kV)	Capacidad (MVA)
1	San José	115/34,5/13,8	24
2	Retorno	34,5/13,8	3,2
3	Calamar	34,5/13,8	4
4	Capricho	34,5/13,8	1,6
5	Boquerón	34,5/13,8	1,6

Fuente: Energuaviare S.A. E.S.P.

En el municipio de Miraflores el prestador del servicio de energía eléctrica es la alcaldía municipal, la prestación del servicio es por medio de planta diésel y son 16 horas de servicio continuo. Miraflores es una zona no interconectada (ZNI), tiene un proyecto ambicioso y es la construcción de un parque híbrido solar – diésel, y así poder suministrar la energía las 24 horas. Con esto, se pretende que la generación de energía eléctrica por medio de paneles solares sea del 70% de la capacidad instalada. (FINDETER, 2020)

10. ANÁLISIS DE LA OFERTA ENERGÉTICA DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

En la siguiente tabla se muestra el consolidado general de los potenciales energéticos que tiene el departamento del Guaviare, discriminado por municipio y fuente energética.

TABLA 47: POTENCIALES ENERGÉTICOS TOTALES DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE

POTENCIALES ENERGÉTICOS DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE										
MUNICIPIO	SOLAR (Kwh/m ² /año)	EÓLICO				HIDRICO [Kwh/AÑO]		BIOMASA		
		10 mts		50 mts		0.2km	1 km	AGRICOLA [Kwh/AÑO]	PECUARIA [Kwh/AÑO]	FORESTAL [Kwh]
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.					
San José Del Guaviare	2044,00	60968504 324	2391269204 3	1,20142 E+12	3,9457E+1 1	12,32122	27,28404	359013870,518	492679666,347	445317149,1
El Retorno	1960,05	31838660 841	1394517802 7	6,09092 E+11	2,1077E+1 1	0,58333	0,86493	328207656,969	64325029,924	3406495199
Calamar	1971,00	57100660 242	2508201151 7	1,26748 E+12	4,4579E+1 1	0,15588	0,24652	74636900,326	142225600,121	4865753568
Miraflores	1912,60	34040025 026	1804120976 0	7,33236 E+11	2,6462E+1 1	1,43530	2,00001	75105113,874	15925646,909	1553950496
TOTAL DEL DEPARTAMENTO	7887,65	1,83948E+11	8098109134 8	3811226 301310	1,3158E+1 2	14,49573	30,39550	836963541,689	715155943,301	10271516412

Fuente: Propia PERS Guaviare.

En esta tabla se incluyen los potenciales teóricos obtenidos de la aplicación de las metodologías expuestas y propuestas anteriormente, es de gran importancia aclarar que la biomasa forestal se calcula con datos de hectáreas en áreas protegidas, las cuales no pueden ser aprovechadas según sus usos y prohibiciones establecidas por el ministerio de Medio ambiente y Desarrollo sostenible.

Todos los valores de potencias fueron ajustados y expresados en unidad de energía sobre área y tiempo (Kwh/m²/año) o energía sobre tiempo (Kwh /año). Esto con el fin de tener una igualdad al momento de concluir con unidades semejantes y determinar que potencial se puede aterrizar y aprovechar en el territorio, supliendo necesidades básicas a la población de las ZNI de cada uno de los municipios del departamento del Guaviare.

Algo que se debe tener presente, es el consumo de energía. Por tal razón se decide utilizar la proyección promedio de los proyectos de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas, se tiene proyectado que para una vivienda en una ZNI al año podría consumir 0.551 kwh/año. El potencial por medio de la biomasa agrícola en todo el departamento es de 836963541,689 kwh/año, si se aprovechara toda la biomasa agrícola generada podríamos cubrir aproximadamente un total de 1.518.576.688 usuarios. Esto implicaría que ningún residuo se podría desaprovechar.

11. CONCLUSIONES

El departamento del Guaviare cuenta con una buena oferta energética para poder establecer rutas en el marco del Plan de Energización Rural Sostenible (PERS), la palabra sostenible en este componente es amplio, cubre desde lo económico hasta lo ambiental. Por esto, desde el componente de oferta energética se destaca el aprovechamiento de los recursos naturales con las buenas y mejores prácticas, las energías renovables son amplias en todo el territorio del departamento: energía solar, energía hídrica, energía eólica, energía por biomasa.

La energía solar para el departamento es amplia y muy práctica para poder realizar su aprovechamiento, debido al acercamiento a la línea ecuatorial, esto permite que el sol siempre se encuentre en el punto cenit. El promedio multianual de la radiación solar del país indica que en el departamento de la Guajira cuenta con 6.5-7 kwh/m² siendo uno de los departamentos con la mayor radiación solar que se presenta en el país. En el departamento del Guaviare nos encontramos que el promedio multianual de la radiación solar es de 5,4 kwh/m², es un buen indicador para poder desarrollar proyectos fotovoltaicos ya sea de manera individual como se viene desarrollando entre el IPSE y ENERGUAVIARE S.A. E.S.P., por medio de proyectos tipo que en su mayoría están compuestos de dos paneles solares de 370Wp y una batería de 120 Ah, esto ha permitido llegar a la zona rural no interconectada del departamento. El Guaviare aún cuenta con localidades no interconectadas, con la implementación de proyectos a gran escala como las granjas solares o proyectos híbridos (Fotovoltaicos y diésel), se puede llegar a estas zonas y poder reducir el costo del kilovatio-hora y se pueda contar con el servicio de energía eléctrica las 24 horas del día.

También, la energía que se puede obtener de las masas de vientos que permite la producción de energías más limpias, reduciendo con ellas la generación de emisiones de gases de efecto invernadero las cuales son producidas por combustibles fósiles en su mayoría. El departamento del Guaviare y sus cuatro municipios que lo componen presentan una velocidad de viento promedio anual que no superan los 2,25 (m/s), lo cual teóricamente no sería suficiente para dar movimiento a una turbina para la generación de energía, ya que este debe tener como mínimo para la generación una turbina con una velocidad promedio de entre 3-4 m/s y para poder plantear un proyecto eólico la velocidad del viento media anual debe situarse como mínimo en los 5 m/s. Es de aclarar que en el departamento no se cuenta con suficientes estaciones meteorológicas y se ha evaluado con información satelital, lo cual puede tener algún margen de error que deben ser corroborados con mediciones en tierra.

Las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) entran a jugar un papel fundamental para la energización rural del país, esta alternativa disminuye los impactos ambientales, sociales y culturales, ya que no es necesario la inundación de predios y bosques, desviación de ríos y traslado de lugareños a otras zonas. Se debe hacer un estudio minucioso de los 8 posibles proyectos para el aprovechamiento de energía por medio de pequeñas centrales hidroeléctricas que se obtuvieron después de realizar los cruces de caídas hidráulicas, sitios de interés donde se encuentra poblaciones que no tienen servicio de energía eléctrica y caudales medios. Como para este tipo de alternativa o como para cualquier tipo de aprovechamiento energético viable que se desee implementar en el departamento, se deben consultar en primera instancia restricciones de carácter social y ambiental, ya que se cuenta con zonas de Parques Nacionales, Reservas naturales y resguardos indígenas y estas pueden limitar legalmente el territorio.

La generación de energía por biomasa presenta un gran potencial en el territorio, para el cual se debería hacer una mayor investigación, análisis y posibles pruebas piloto que permitan verificar su eficiencia y correcto aprovechamiento, esto podría ser con el uso de los biodigestores; ya que estos residuos que en el departamento se generan podrían llegar a suplir necesidades en temas de energía eléctrica que actualmente no están cubiertos en su totalidad y más aún cuando se desea trabajar con recursos renovables de manera sostenible, siendo esto un factor importante dentro de los PERS, pues de esta manera se podría energizar la zona rural del departamento, cumpliendo así uno de los objetivos primordiales del PERS.

Junto con el desarrollo y aprovechamiento de los potenciales energéticos que ofrece el departamento, se hace necesaria la revisión e inclusión de avances en tecnología, normatividad vigente, marcos jurídicos, requerimientos medioambientales y sostenibles en la región; los cuales en conjunto con la implementación de estrategias integrales para el uso y ahorro eficiente de la energía garanticen una eficiencia energética en el departamento satisfaciendo las necesidades del territorio y conservando los recursos del mismo.

El PERS Guaviare, le apuesta a la implementación de proyectos energéticos basados en fuentes de energía alternativa que se encuentran en el departamento, por esta razón uno de los mejores potenciales que se cuenta es la energía solar, su practicidad, su fácil manejo, su accesibilidad, su bajo impacto ambiental y la tecnología implementada en estos proyectos no es compleja, puede ser entendida y lo mejor es que puede ser transferida a la

comunidad local. Mejorar la calidad de vida y poder garantizar uno de los servicios públicos básicos en la zona rural del Guaviare y Colombia, siendo que es uno de los objetivos primordiales de los PERS que se vienen desarrollando en el país.

Bibliografía

- ASONOP, C. (2015). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA ZONA DE RECUPERACIÓN PARA LA*. San José del Guaviare .
- BALAGUERA, L. F. (2017). *POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL PECUARIA DEL*. Bogotá D.C: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Campo, L. A. (2006). *Biomasa Agrícola y forestal como fuente competitiva de energía alternativa en zonas no interconectadas*. Bogota D.C.: Universidad de los Andes .
- DESQBRE. (2020). *¿Qué son las minicentrales hidroeléctricas?* Obtenido de <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/2013/09/11/que-es-una-minicentral-hidroelectrica/>
- ENERGUAVIARE. (2014). *PLAN DE EXPANSIÓN DE COBERTURA DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA 2013-2015. SAN JOSE DEL GUAVIARE*. Obtenido de <http://energuaviare.com/sites/default/files/PLAN%20DE%20EXPANSIO%CC%81N%20DE%20COBERTURA.pdf>.
- FINDETER. (18 de JUNIO de 2020). *Findeter*. Obtenido de <https://www.findeter.gov.co/node/165>
- GEF Corazón de la Amazonía. (2019). *Áreas protegidas del SINAp, San José del Guaviare: Corporación para el desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico*. San José del Guaviare.
- González, L. M. (2019). *Aprovechamiento de la cascara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción sostenible* . Bogotá D.C : Universidad del Bosque .
- Humberto Escalante Hernández. (2011). *Atlas de potencial energético de la biomasa residual en Colombia. ministerio de minas y energia*.
- ICA, I. C. (2020). *Censo Nacional Bovino* .
- IDEAM. (2014). *Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM*. . Bogotá D C.
- IDEAM. (2015). *Tiempo y clima* . Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- ISAGEN. (2014). *IRENA*. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2014/Jun/2/16_-Castro.pdf?la=en&hash=EE9D3F614692D2203DE762437A40EF27A7A116D9
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (1999). *DISEÑO DE UN PROYECTO PILOTO DENDROENERGETICO Y FORMULACION DE*. Bogotá .
- MONROY, C. C. (2016). *METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE ENERGÍA*. Bogotá : UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- S.A.S, G. (2020). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH's)*. Obtenido de <http://www.gie.com.co/es/productos/energias-renovables/pequenas-centrales-hidroelectricas-pch->

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE

PERS GUAVIARE



Fotografía: Parques Nacionales Naturales de Colombia | GUAVIARE - COLOMBIA

2021

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO DE ASOCIACIÓN UPME No. CV-002 2020, IPSE No. 064-2020, SUSCRITO CON LA UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA Y EL INSTITUTO DE PLANEACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS IPSE Y LA EMPRESA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL GUAVIARE ENERGUAVIARE, PARA LA REALIZACIÓN DEL PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE- PERS GUAVIARE