



PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR -PERS Cesar

IDENTIFICACION Y ZONIFICACION DE OFERTA ENERGETICA DEPARTAMENTO DEL CESAR

**GOBERNACIÓN DEL CESAR
UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME
INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS
PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS –IPSE**

**Valledupar, Cesar
2019**



PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR - PERS Cesar

EQUIPO FORMULADOR CONSORCIO PROYECTOS SOSTENIBLES CESAR –PSC

JUAN MANUEL VILARDY ORTIZ
Coordinador Académico

MARLON BASTIDAS
Experto Energético

GERARDO CHÁVEZ
Asesor Especializado PERS

ORANGEL DE JESÚS NORIEGA
Líder de Proyectos

ERLIN CARPIO VEGA
Líder de Demanda

LISETH SERJE URIBE
Líder en Políticas Públicas

JOSÉ ENRIQUE MORÓN
Líder SIG

LORIS ROSADO QUINTERO
Asistente de Investigación

JAIME RODRIGUEZ CURCIO
Ingeniero Asesor de Oferta Energética

**GOBERNACIÓN DEL CESAR
UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME
INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS
PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS –IPSE**

**Valledupar, Cesar
2019**



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS	11
1.1 OBJETIVO GENERAL	11
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	11
2. POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR	12
3. POTENCIAL ENERGÉTICO EÓLICO.....	43
4. POTENCIAL BIOENERGÉTICO	55
4.1 Potencial Energético Agrícola.....	56
4.1.1 Potencial bioenergético del Cultivo de Café.....	57
4.1.2 Potencial bioenergético del cultivo de Maíz	60
4.1.3 Potencial bioenergético de Palma de Aceite	63
4.1.4 Potencial bioenergético del cultivo arroz mecanizado.....	66
4.2 Potencial Energético Pecuario.....	69
4.2.1 Potencial energético sector bovino.....	69
4.2.2 Potencial Energético Sector Porcino	74
4.2.3 Potencial Energético Sector Avícola	76
5. POTENCIAL HIDROENERGÉTICO.....	78
5.1 Análisis Del Potencial Hidroenergético	93
ANEXOS	100



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Ecorregiones del departamento del cesar.....	13
Figura 2.Comportamiento Brillo Solar (HBS) –Ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta-Promedio mensual enero 1977-octubre 2012.	16
Figura 3.Promedio Anual Brillo Solar – Ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta (Por ESTACION).....	17
Figura 4.Irradiación Global Media Mensual. Ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta.	18
Figura 5. Comportamiento Brillo Solar (HBS) – Ecorregión Valle del Cesar (enero - Junio).	19
Figura 6.Comportamiento Brillo Solar (HBS) –Ecorregión Valle del Cesar (Julio - diciembre).....	20
Figura 7. Promedio Anual Brillo Solar – Ecorregión Valle del Cesar (Por Estación)..	21
Figura 8.Irradiación Global Media – Ecorregión Valle del Cesar.....	22
Figura 9.Promedio Anual de Irradiación Global media –Ecorregión Valle del Cesar.....	23
Figura 10.Comportamiento Brillo Solar (HBS) –Ecorregión Valle del Magdalena (Enero – Junio).	24
Figura 11.Comportamiento Brillo Solar (HBS) –Ecorregión Valle del Magdalena (Julio - diciembre).....	25
Figura 12.Promedio Anual Brillo Solar –Ecorregión Valle del Magdalena (Por Estación).	26
Figura 13.Promedio Anual de Irradiación Global Media. Ecorregión Valle del Magdalena.	27
Figura 14.Comportamiento Brillo Solar (HBS) – Ecorregión Serranía del Perijá (Enero - Junio).....	28
Figura 15.Comportamiento Brillo Solar (HBS) – Ecorregión Serranía del Perijá (Julio - Diciembre).....	29
Figura 16. Promedio Anual Brillo Solar – Ecorregión Serranía del Perijá (Por Estación).	30
Figura 17.Irradiación Global Media –Ecorregión Serranía del Perijá.....	31
Figura 18.Comportamiento Brillo Solar (HBS). Ecorregión Ciénaga de La Zapatosa.	33
Figura 19.Promedio Anual Brillo Solar-Ecorregión Ciénaga de la Zapatosa (Por Estación).	34
Figura 20. Promedio Anual de Irradiación Global Media –Ecorregión Ciénaga de la Zapatosa.	35
Figura 21. Radiación solar promedio anual multianual periodo (1980 -2002) en el departamento Cesar.....	36

Figura 22. Irradiación solar global horizontal medio diario anual.....	37
Figura 23. Radiación solar en el departamento del Cesar periodo (1970-2000).	38
Figura 24. Radiación solar global en el departamento del Cesar.....	39
Figura 25. Radiación solar global horizontal en el departamento del Cesar.	40
Figura 26. Brillo solar en el departamento del Cesar Periodo (1980-2002).....	41
Figura 27. Brillo solar en el departamento del Cesar Periodo (1981-2010).....	42
Figura 28. Velocidad del viento promedio a 10 m de altura en el departamento del Cesar para el periodo (2000-2010).	44
Figura 29. Densidad de energía eólica a 10 m de altura en el departamento del Cesar para el periodo de (2000-2010).	45
Figura 30. Velocidad del viento en el departamento del Cesar.	46
Figura 31. Velocidad del viento en el departamento del Cesar.	47
Figura 32. Promedio de velocidad máxima del viento durante el periodo (2000-2010 ...	48
Figura 33. Velocidad máxima del viento a de 10 m de altura anual.	49
Figura 34. Probabilidad de ocurrencia de la velocidad máxima del viento anual periodo (2000-2010).....	50
Figura 35 Periodo de retorno de la velocidad del viento anual (2000-2017).	51
Figura 36. Potencial energético departamental de biomasa residual del cultivo de café(TJ/Año).....	58
Figura 37. Potencial energético departamental de biomasa residual del cultivo de café.....	58
Figura 38. Potencial bioenergético del cultivo del café en el departamento del Cesar- Periodo (2014-2017).	59
Figura 39. Cantidad de biomasa residual del cultivo de maíz a nivel municipal toneladas/año).....	60
Figura 40. Potencial energético municipal de biomasa residual del cultivo de maíz 2017.	61
Figura 41. Potencial bioenergético del cultivo del maíz en el departamento del Cesar- Periodo (2014-2017).	62
Figura 42. Potencial energético departamental de biomasa residual del cultivo de palma de aceite en TJ/año.....	63
Figura 43. Potencial energético municipal de biomasa residual del cultivo de palma de aceite (TJ/Año).....	64
Figura 44. Potencial bioenergético del cultivo del palma de aceite en el departamento del Cesar- Periodo (2014-2017).....	65
Figura 45. Potencial energético departamental de biomasa residual del cultivo de arroz mecanizado en TJ/año.	66
Figura 46. Potencial energético municipal de biomasa residual del cultivo de arroz mecanizado (TJ/Año).	67

Figura 47. Potencial bioenergético del cultivo del arroz en el departamento del Cesar-Periodo (2014-2017).	68
Figura 48. Número de cabezas de ganado en el departamento del Cesar 2014	69
Figura 49. Porcentaje de cabezas de bovino por municipio en el departamento del Cesar	70
Figura 50. Numero de cabezas de ganado en el departamento del CESAR.	71
Figura 51. Numero de cabezas de porcino en el departamento del Cesar	74
Figura 52. Porcentaje de cabezas de porcino por municipio en el departamento del Cesar	74
Figura 53. Número de cabezas de porcino en el departamento del Cesar.	75
Figura 54. Numero de presencia de aves en el departamento del Cesar.	76
Figura 55. Porcentaje de presencia de aves por municipio en el departamento del Cesar.	76
Figura 56. Numero de presencia de aves en el departamento del Cesar.	77
Figura 57. caudal vs potencia.....	79
Figura 58. Caída hidráulica media por subzona hidrográfica a 200 metros para el departamento del Cesar.....	81
Figura 59. Caída hidráulica media por subzona hidrográfica a 1 Km departamento del cesar.	82
Figura 60. Caída hidráulica media por subzona hidrográfica a 5 Km del departamento del cesar.	83
Figura 61. Potencial Hidroenergético por subzona hidrográfica Lc 200 metros en el departamento del Cesar.....	84
Figura 62. Potencial Hidroenergético por subzona hidrográfica Lc 1 Km departamento del Cesar.....	85
Figura 63. Potencial hidroenergético por subzona hidrográfica Lc 5 Km departamento del Cesar.....	86
Figura 64. Grandes centrales hidroeléctricas identificadas en el departamento del Cesar	87
Figura 65. Pequeñas centrales hidroeléctricas en el departamento del Cesar.....	88
Figura 66. Microcentrales eléctrica en el departamento del Cesar.....	89
Figura 67. Pico centrales hidroeléctricas del departamento del Cesar.....	90
Figura 68. Potencial Hidroenergético en el departamento del Cesar.	91
Figura 69. Clasificación de centrales hidroeléctricas en el departamento del Cesar.....	92
Figura 70. Oferta de Potencial de Generación Hidroeléctrica en el Departamento del Cesar,.....	93



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas De Brillo Solar.....	14
Tabla 2.Estaciones Meteorológicas De Radiación Solar.....	15
Tabla 3. Estaciones Meteorológicas Brillo Solar (Promedio Mensual-Sierra Nevada De Santa Marta).....	16
Tabla 4.Estaciones Meteorológicas Brillo Solar (Promedio Mensual –Ecorregión Valle Del Cesar.....	19
Tabla 5. Estaciones Meteorológicas Brillo Solar (Promedio Mensual Ecorregión Valle Del Magdalena).	24
Tabla 6.Estaciones Meteorológicas Brillo Solar (Promedio Mensual –Ecorregión Serranía Del Perijá).....	29
Tabla 7.Estaciones Meteorológicas Brillo Solar- Ecorregión Ciénaga De La Zapatosa.	33
Tabla 8.Población Bovina Por Edades Años 2016.....	72
Tabla 9.Potencial Energético Por Grupo Etario.....	73
Tabla 10. Clasificación Plantas Sierra Del Perija	94
Tabla 11. Clasificación Plantas Valle Del Magdalena	95
Tabla 12. Potencial Energético Del Cultivo De Café.	145
Tabla 13. Potencial Energético De Palma De Aceite.	146
Tabla 14. Potencial Energético De Maíz Tradicional.....	147



LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 2. Radiación solar global en el departamento del Cesar promedio mensual multianual mese mayo – agosto, periodo (1980-2002).	102
Anexo 3. Radiación solar global en el departamento del Cesar promedio mensual multianual meses septiembre - diciembre, periodo (1980-2002).	103
Anexo 4. Irradiación solar global en el departamento del Cesar promedio mensual multianual meses enero-abril, periodo (1980-2010).	104
Anexo 5. Irradiación solar global en el departamento del Cesar promedio mensual multianual meses mayo- agosto, periodo (1980-2010).	105
Anexo 6. Irradiación solar global en el departamento del Cesar promedio mensual multianual meses septiembre-diciembre, periodo (1980-2010).	106
Anexo 7. Radiación solar promedio mensual multianual en el departamento del Cesar meses de enero-abril, periodo (1970-2000).	107
Anexo 8. Radiación solar promedio mensual multianual en el departamento del Cesar meses de mayo- agosto, periodo (1970-2000).	108
Anexo 9. Radiación solar promedio mensual multianual en el departamento del Cesar meses de septiembre-diciembre, periodo (1970-2000).	109
Anexo 10. Brillo solar mensual multianual en el departamento del Cesar meses de enero-abril, periodo (1970-2000).	110
Anexo 11. Brillo solar mensual multianual en el departamento del Cesar meses de mayo-agosto, periodo (1970-2000).	111
Anexo 12. Brillo solar mensual multianual en el departamento del Cesar meses de septiembre-diciembre, periodo (1970-2000).	112
Anexo 13. Velocidad del viento mensual multianual en el departamento del Cesar meses de enero- abril, periodo (1970-2000).	113
Anexo 14. Velocidad del viento mensual multianual en el departamento del Cesar meses de mayo - agosto, periodo (1970-2000).	114
Anexo 15. Velocidad del viento mensual multianual en el departamento del Cesar, meses de septiembre - diciembre, periodo (1970-2000).	115
Anexo 16. Densidad de energía eólica a 20m de altura en el departamento del Cesar.	116
Anexo 17. Densidad de energía eólica a 50 m de altura en el departamento del Cesar.	117
Anexo 18. Densidad de energía eólica a 100 m de altura en el departamento del Cesar.	118

Anexo 19. Densidad de energía eólica a 150 m de altura en el departamento del Cesar.	119
Anexo 20. Densidad de energía eólica a 200 m de altura en el departamento del Cesar.	120
Anexo 21. Densidad de energía eólica a 250 m de altura en el departamento del Cesar.	121
Anexo 22. Velocidad promedio del viento a 50 m de altura en el departamento del Cesar.	122
Anexo 23. Velocidad promedio del viento a 80 m de altura en el departamento del Cesar.	123
Anexo 24. Velocidad promedio del viento a 100 m de altura en el departamento del Cesar.	124
Anexo 25. Velocidad promedio del viento a 200 m de altura en el departamento del Cesar.	125
Anexo 26. Velocidad promedio del viento a 250 m de altura en el departamento del Cesar.	126
Anexo 27. Velocidad promedio del viento a 80 m de altura en el departamento del Cesar.	127
Anexo 28. Potencial bioenergético del cultivo de plátano en el departamento del Cesar.	128
Anexo 29. Potencial bioenergético del cultivo de maíz.	129
Anexo 30. Potencial bioenergético cultivo de la panela.	130
Anexo 31. Potencial bioenergético cultivo de café	131
Anexo 32. Potencial bioenergético cultivo del banano.	132
Anexo 33. Potencial bioenergético cultivo del arroz.	133
Anexo 34. Potencial bioenergético cultivo de palma.	134
Anexo 35. Potencial bioenergético cultivo de caña de azúcar.	135
Anexo 36. Potencial bioenergético de cultivos transitorios.	136
Anexo 37. Potencial bioenergético de cultivos permanentes.	137
Anexo 38. Potencial bioenergético avícola.	138
Anexo 39. Potencial bioenergético bovino.	139
Anexo 40. Potencial bioenergético porcícola.	140
Anexo 41. Potencial bioenergético de cultivos permanentes periodo 2014 en el departamento del Cesar.	141
Anexo 42. Potencial bioenergético de cultivos permanentes periodo 2015 en el departamento del Cesar.	142
Anexo 43. Potencial bioenergético de cultivos permanentes periodo 2016 en el departamento del Cesar.	143



Anexo 44. Potencial bioenergético de cultivos permanentes en el departamento del Cesar.....	144
---	-----

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene un análisis de la oferta energética del departamento del Cesar, el cual muestra en la primera etapa, la forma como realiza la recolección de datos e información de orden secundario. Esta información fue suministrada por las diversos entes y entidades relacionadas con el tema (IDEAM, UPME, otros) idóneos para el manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente, así como la información proveniente de otras fuentes válidas como lo son el IPSE, el Atlas IDEAM-UPME 2015, Atlas Interactivo IDEAM, Secretaría de agricultura del departamento del Cesar, entre otras.

Luego, como segunda etapa, se realiza un análisis y tratamiento adecuado de esta información, que permita describir el comportamiento del recurso renovable (sol, viento, agua, biomasa residual) en todas las Ecorregiones del departamento, utilizando diversas técnicas de modelamiento de datos.

Por último, se presenta un análisis del potencial de biomasa residual en el departamento del Cesar, haciendo un comparativo entre la información secundaria del año 2006 establecida en el Atlas sobre el Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia, MIMMINAS-UPME, 2010 y datos recientes de cálculos elaborados por el PERS-Cesar de 2017, tomando como fuente básica la información del Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural, de la EVA del año 2017. En esta parte, se tuvo en cuenta los cultivos más representativos en el departamento del Cesar, tales como maíz, arroz y palma de aceite, los cuales generan mayor potencial energético de biomasa residual.

Finalmente, el documento de la Oferta se apoya en una serie de mapas del departamento del Cesar en términos de información de energías renovables, tales como eólica, biomasa, hídricas, etc., los cuales se fundamenta en información secundaria de la UPME y del IDEAM, particularizando un análisis más específico de estas fuentes alternas.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Cuantificar y caracterizar la oferta energética que tienen el potencial de producir las fuentes no convencionales, como la energía solar, eólica y de biomasa en el departamento del Cesar.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Cuantificar y caracterizar el potencial energético de la energía solar en el departamento del Cesar.
- Cuantificar y caracterizar el potencial energético de la energía eólica en el departamento del Cesar.
- Cuantificar y caracterizar el potencial energético de la energía producida por biomasa residual en el departamento del Cesar.
- Cuantificar y caracterizar el potencial energético de la energía hidráulica en el departamento del Cesar.

En este contexto, la oferta energética disponible en el departamento del Cesar, se fundamenta en un ejercicio descriptivo a nivel departamental, ecorregiones y municipal en algunos casos de los diferentes recursos energéticos disponibles en el territorio, que permitan disponer de elementos o referentes para fortalecer la toma de decisiones en el inmediato futuro en materia de planes, programas y proyectos de energías alternativas sostenibles.

2. POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR

Para la zonificación del potencial energético solar en el departamento del Cesar se tomaron datos de radiación y brillo solar del periodo 1981-2010, según datos oficiales Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), a través de los geoservicios WMS que ofrece esta entidad; esta información fue procesada en un software integral. Con la información obtenida se realizaron mapas de promedio multianuales mensuales y uno de promedio multianual. Así mismo, se contó con información de estaciones meteorológicas relacionadas en los diferentes validados por el IDEAM en el territorio del departamento del Cesar.

Adicional a los datos solares ofrecidos por el IDEAM, se extrajeron capas rásters multianuales desde el periodo 1970 hasta el 2000 de radiación solar, de la base de datos globales de clima por sus siglas en inglés (WorldClim). Estos datos fueron calibrados para la región de Colombia y se hizo una conversión en las unidades de medida de KJ/día*m² a kWh/ m², Para poder realizar un análisis comparativo más secuencial de datos con los suministrados por el IDEAM.

Para efectos de proyección en el departamento del Cesar, el PERS Cesar tiene en cuenta unos criterios básicos como potencial energético, características socioeconómicas, Biodiversidad, entre otros; los cuales han sido descritos anteriormente, y que sirven para establecer las cinco (5) Ecorregiones que conformarán el Departamento del Cesar para el presente estudio, quedando distribuidas así:

Ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta. Esta ecorregión está conformada por parte territorial de los municipios de El Copey, Pueblo Bello y Valledupar respectivamente, los cuales tienen influencia en la parte norte del departamento del Cesar.

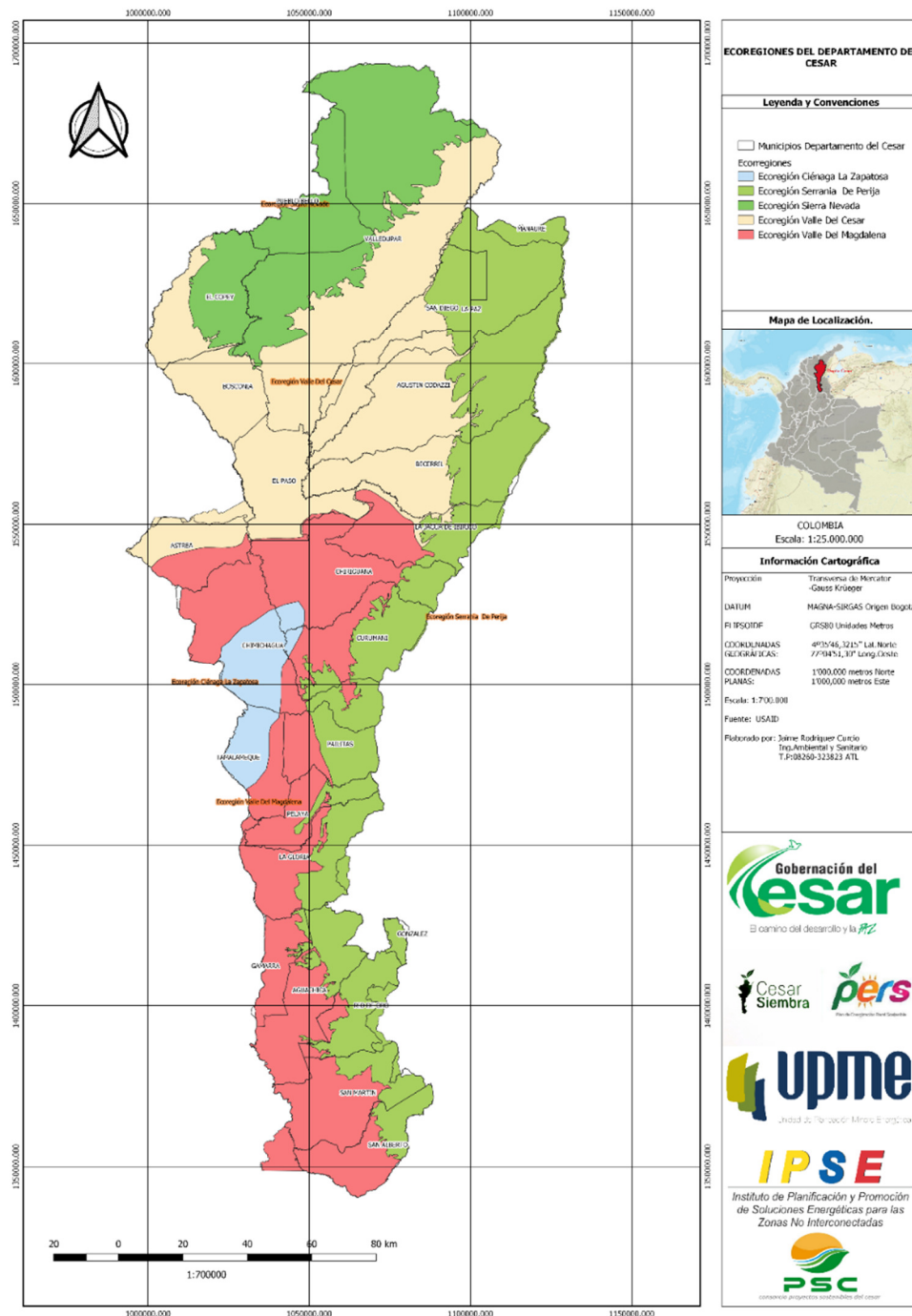
Ecorregión Valle del Cesar. Con influencia en parte territorial de los municipios de Valledupar, Agustín Codazzi, Astrea, Becerril, Bosconia, El Copey, El Paso, La Jagua de Ibirico y San Diego respectivamente.

Ecorregión Valle del Magdalena. Esta ecorregión influencia en parte de los territorios de los municipios de Aguachica, Astrea, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, González, La Gloria, La Jagua de Ibirico, Manaure, Pailitas, Pelaya, Rio de Oro, La Paz, San Alberto y San Diego.

Ecorregión Serranía del Perijá. Esta ecorregión tiene influencia en parte de los territorios de los municipios de Aguachica, Agustín Codazzi, Becerril, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, González, La Gloria, La Jagua de Ibirico, Manaure, Pailitas, Pelaya, Rio de Oro, La Paz, San Alberto y San Diego.

Ecorregión Ciénaga de la Zapatosa. Con influencia en parte de los territorios de los municipios de Chimichagua, La Gloria y Tamalameque.

FIGURA 1. ECORREGIONES DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.



Fuente: PERS Cesar 2018

Con el propósito de disponer de una radiografía ambiental en el territorio, se presenta el listado de las estaciones meteorológicas que miden la variable de brillo solar y radiación solar, ubicadas en el departamento del Cesar, relacionadas en la tabla 1 y la tabla 2 respectivamente.

De cada estación se observan datos únicos como el código de la estación, el nombre de la estación, la ubicación (municipio), latitud, longitud y elevación sobre el nivel del mar. Además de estos datos básicos, en las estaciones que miden radiación solar, se presenta un dato adicional que es el tipo de estación instalada para esta actividad.

Con base en los datos generados por el IDEAM, se pudo realizar un procesamiento integral de información, debido a que tenemos en total 18 estaciones meteorológicas, de las cuales 17 nos suministran información sobre HBS a través de estadística intermensuales y 2 nos entregan datos de Radiación Solar intermensuales

El departamento del Cesar ha contado, a través de su historial, con más de 170 estaciones climáticas del IDEAM, de las cuales hoy se encuentran en funcionamiento 97 de diferente tipo, clase y categoría.

TABLA 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE BRILLO SOLAR.

CODIGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)
23215030	Aguas Claras	Aguachica	8,22	-73,6	208
28025070	Motilonia Codazzi	Agustín Codazzi	10	-73,25	180
28025080	Socomba	Becerril	9,68	-73,23	170
25025250	Chiriguaná	Chiriguaná	9,35	-73,58	40
28045020	Algarrobo	El Copey	10,15	-74,07	60
28045040	Hacienda La Guaira	El Paso	9,62	-73,8	50
23215040	Bella Cruz	La Gloria	8,63	-73,63	140
23215060	La Gloria	La Gloria	8,62	-73,8	40
23215050	La Mata	La Gloria	8,6	-73,63	163
28025040	San José De Oriente	La Paz	10,35	-73,05	850
25025330	Colegio Agronómico Pailitas	Pailitas	8,95	-73,63	50
28015030	Cicolac	Valledupar	10,48	-73,27	180
28035010	Villa Rosa	Valledupar	10,18	-73,53	70
28035020	El Callao	Valledupar	10,35	-73,32	110
28035030	Aereopuerto Alfonso López	Valledupar	10,43	-73,23	138
28035040	Guaymaral	Valledupar	9,9	-73,63	50
28045010	Pueblo Bello	Valledupar	10,37	-73,63	1000

Fuente: IDEAM, 2018.

TABLA 2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE RADIACIÓN SOLAR

CÓDIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACIÓN	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	TIPO DE ESTACIÓN
28035060	Fedearroz	Valledupar	10,46	-73,5	184	Automática con Telemetría
28025070	Motilonia Codazzi	Agustin Codazzi	10	-73,25	180	Convencional Agrometeorológica

Fuente: IDEAM, 2018.

Teniendo organizada, de manera detallada, la respectiva distribución de estaciones meteorológicas en el departamento del Cesar, es posible realizar un análisis específico y cuantitativo, para detectar el potencial de recurso solar disponible en cada una de las Ecorregiones del departamento.

La Heliófila representa la cantidad del brillo del sol que registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa en algún lugar. El total de horas de brillo solar (HBS) al día, es uno de los factores determinantes para establecer el potencial solar de una zona específica, así que un tratamiento adecuado de los datos obtenidos, de una estación meteorológica o satelital, permite estimar la disponibilidad de luz del Sol y así diagnosticar si es factible la implementación de alguna FNCR, solar en este caso, para la generación de energía eléctrica en el Departamento.

A continuación, se presentan los comportamientos del brillo y radiación solar para las Ecorregiones en las que está dividido el departamento del Cesar.

2.1 Ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta.

Para el análisis del potencial de brillo solar de esta Ecorregión, se tienen en cuenta los datos suministrados por las estaciones de Algarrobo ubicada en el municipio de El Copey, CICOLAC, Villa Rosa, El Callao, Aeropuerto Alfonso López, Guaymaral y Pueblo Bello, ubicadas en la ciudad de Valledupar. Los datos procesados, obtenidos de estas estaciones, se pueden observar en la siguiente Tabla.

TABLA 3. ESTACIONES METEOROLÓGICAS BRILLO SOLAR (PROMEDIO MENSUAL-SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA).

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIC 02
Cicolac	9,6	8,5	8,3	6,6	6,9	7,2	7,7	7,5	6,8	6,7	8,3	8,9	7,8
Aeropuerto Alfonso López	9,2	8,8	7,8	6,8	6,2	6,8	7	6,9	6,3	6,4	7,2	8,5	7,3
El Callao	9,2	8,9	8	6,6	5,9	6,1	6,6	6,6	5,9	6,1	7	8,4	7,1
Villa Rosa	9	8,6	7,7	6,5	6	6,1	6,7	6,6	6,1	5,9	6,8	8,1	7
Guaymaral	8,7	8,3	7,7	6,7	6,1	6,2	6,7	6,8	6	5,8	6,7	7,9	7
Algarrobo	8,4	8,1	7	6,8	6,1	6	6,7	6,2	6	5,3	6,4	7,7	6,7
Pueblo Bello	7,9	7,5	6,7	5,6	5,5	5,7	6,3	5,6	5,4	5,1	5,9	7,8	6,3

Fuente: (IDEAM & UPME, 2015a)

FIGURA 2.COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) –ECORREGIÓN SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA- PROMEDIO MENSUAL ENERO 1977-OCTUBRE 2012.

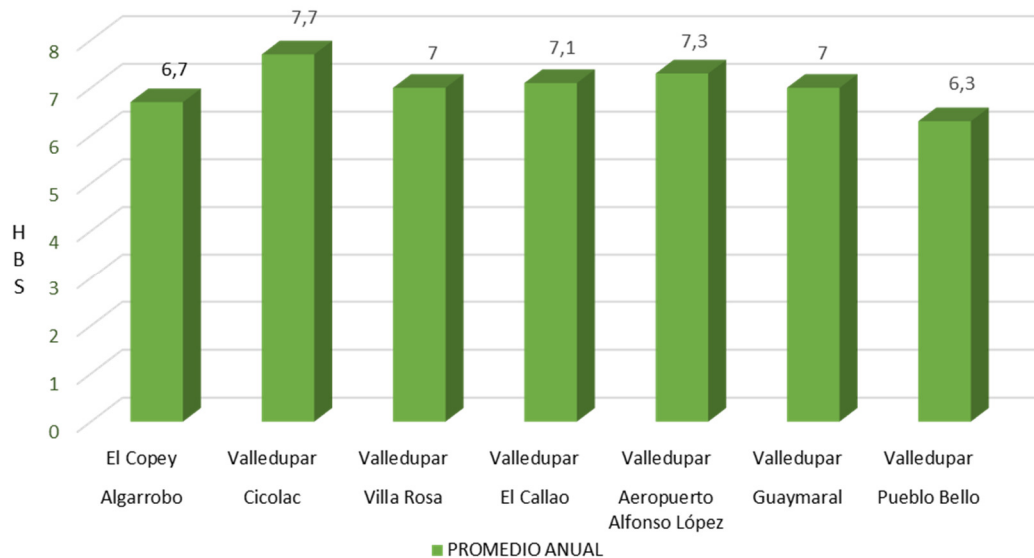


Fuente: IDEAM,2018

Como se puede observar en el gráfico anterior, la lectura de los índices más bajos de HBS se presenta en la estación de Pueblo Bello en Valledupar, en la que los meses de mayor calor corresponden a enero, febrero y diciembre, los cuales registran datos por encima 7,5 horas de brillo solar diarias (HBS), así como se aprecia una disminución en los meses de abril a noviembre, donde el número de horas promedio diarias de brillo solar está entre 5 y 6 exceptuando el mes de julio donde supera las 6 horas. También se aprecia que la estación de CICOLAC, ubicada en el municipio de Valledupar, en los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre se presenta un promedio de horas de brillo solar diaria por encima de 8 y alcanzando su promedio más bajo en el mes de abril superando los 6,5 HBS. Cabe resaltar que la mayor incidencia de brillo solar se presenta en el mes de enero en La estación CICOLAC, marcando 9,6

HBS, mientras que la más baja se registra en el mes de octubre en La estación Pueblo Bello mostrando 5,1 HBS día. Según el análisis de datos, se puede sintetizar que, en esta Ecorregión, la cual involucra los municipios de El Copey, Pueblo Bello y Valledupar, se dispondrá con un promedio por encima de las 5 HBS diarias.

FIGURA 3. PROMEDIO ANUAL BRILLO SOLAR – ECORREGIÓN SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA (POR ESTACION)



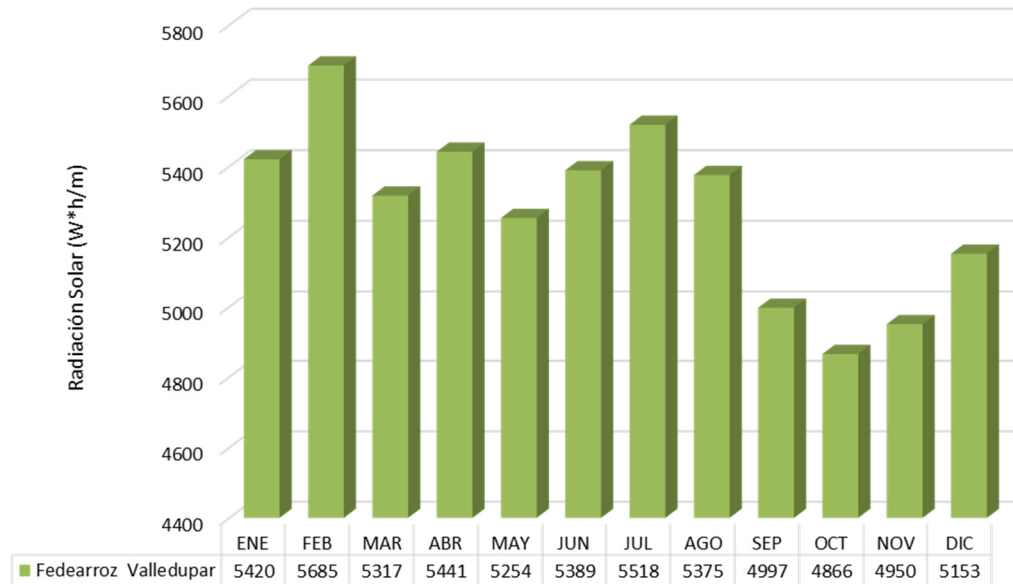
Fuente: IDEAM, 2018.

Al realizar el promedio anual, de los datos procesados mensualmente, de cada una de las estaciones relacionadas, se obtiene como resultado los datos expresados en el gráfico anterior.

Paralelo a lo anterior, se puede observar que la estación con el menor índice de HBS anual, promediado diariamente, en la Ecorregión de la Sierra Nevada de Santa Marta, es la estación Pueblo Bello con un promedio de 6.3 HBS y la que arroja el índice más elevado es la estación CICOLAC con 7.7 HBS día, esta última ubicada en el municipio de Valledupar.

Para el caso específico de la radiación solar (R_o), se analizan los datos suministrados por la estación de FEDEARROZ, la cual es de tipo automática con telemetría, ubicada en la ciudad de Valledupar.

FIGURA 4. IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA MENSUAL. ECORREGIÓN SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA.



Fuente: Atlas interactivo (IDEAM & UPME, 2015a).

En el gráfico anterior se observa que el mes con más irradiación solar es febrero, con cerca de 5685,3 W*h/m², es decir, aproximadamente 5,7 KW*h/m², y el de menor irradiación es octubre con un promedio de 4865,5 W*h/m², es decir, aproximadamente 4,9 KW*h/m².

2.2 Ecorregión Valle del Cesar.

En esta Ecorregión se tienen en cuenta nuevamente los parámetros pertinentes para este tema como lo son brillo y radiación solar. En este sentido, se consideran los datos suministrados por las estaciones de Motilonia-Codazzi, ubicada en el municipio de Agustín Codazzi; la estación Socomba, que se encuentra en el municipio de Becerril; la estación Hacienda La Guaira, ubicada en el municipio de El Paso y las estaciones de CICOLAC, Villa Rosa, El Callao, Aeropuerto Alfonso López, Guaymaral y Pueblo Bello, ubicadas en el municipio de Valledupar, estas nos suministran información de brillo solar (HBS), los datos procesados, obtenidos de estas estaciones, se muestran en la tabla siguiente. De igual forma, se analizan los datos obtenidos de las estaciones de FEDEARROZ, ubicada en la ciudad de Valledupar y la estación Motilonia Codazzi situada en el municipio de Agustín Codazzi, las cuales nos dan información de Radiación Solar (Ro).

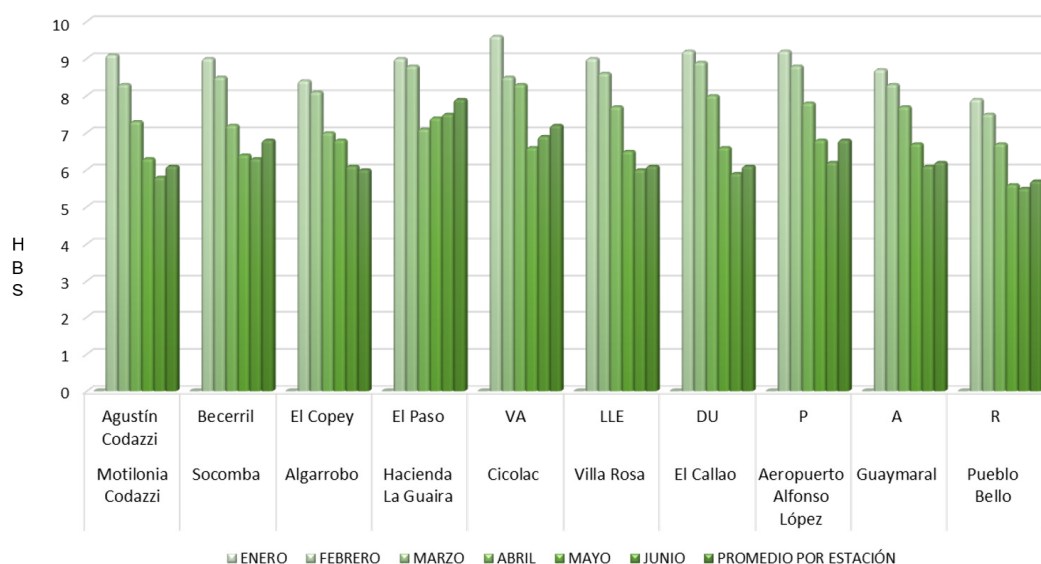
TABLA 4. ESTACIONES METEOROLÓGICAS BRILLO SOLAR (PROMEDIO MENSUAL –ECORREGIÓN VALLE DEL CESAR.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Motilonia Codazzi	9,1	8,3	7,3	6,3	5,8	6,1	6,6	6,5	5,9	6	6,9	8
Socomba	9	8,5	7,2	6,4	6,3	6,8	7,1	6,8	6	5,9	6,8	8,2
Algarrobo	8,4	8,1	7	6,8	6,1	6	6,7	6,2	6	5,3	6,4	7,7
Hacienda La Guaira	9	8,8	7,1	7,4	7,5	7,9	7,6	7,6	6,1	6,5	7,1	8,9
Cicolac	9,6	8,5	8,3	6,6	6,9	7,2	7,7	7,5	6,8	6,7	8,3	8,9
Villa Rosa	9	8,6	7,7	6,5	6	6,1	6,7	6,6	6,1	5,9	6,8	8,1
El Callao	9,2	8,9	8	6,6	5,9	6,1	6,6	6,6	5,9	6,1	7	8,4
Aeropuerto Alfonso López	9,2	8,8	7,8	6,8	6,2	6,8	7	6,9	6,3	6,4	7,2	8,5
Guaymaral	8,7	8,3	7,7	6,7	6,1	6,2	6,7	6,8	6	5,8	6,7	7,9
Pueblo Bello	7,9	7,5	6,7	5,6	5,5	5,7	6,3	5,6	5,4	5,1	5,9	7,8

Fuente: Atlas Interactivo (Ideam & Upme, 2015a).

El comportamiento del brillo solar para esta Ecorregión se muestra en el gráfico siguiente, teniendo en cuenta el comportamiento específico de cada una de las estaciones.

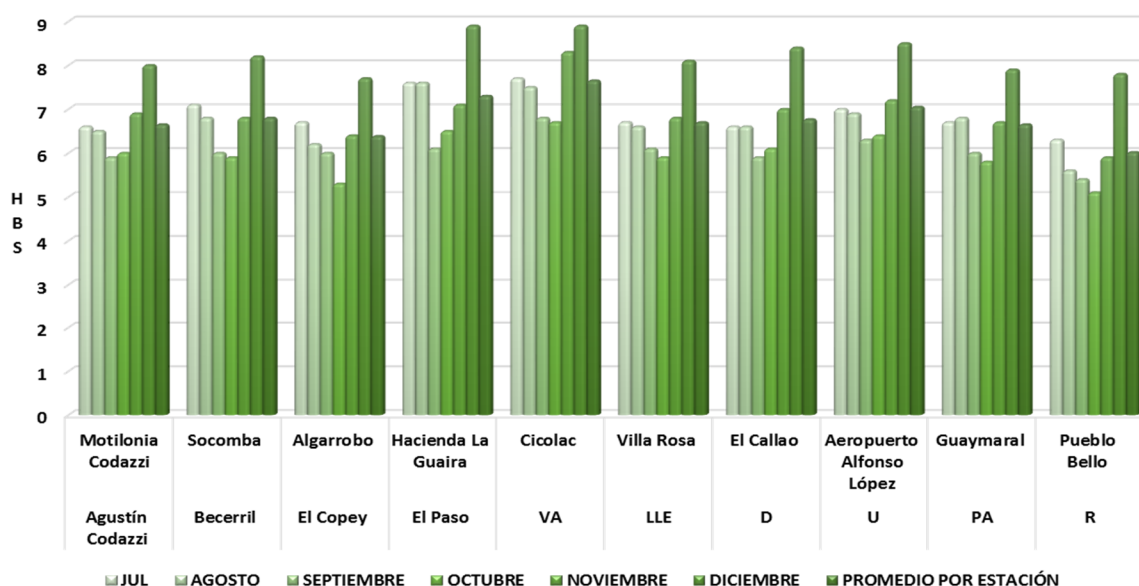
FIGURA 5. COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) – ECORREGIÓN VALLE DEL CESAR (ENERO - JUNIO).



Fuente: IDEAM 2018.

En el gráfico anterior se observa el comportamiento del brillo solar correspondiente a los meses de Enero a Junio, en donde se nota que el mes con más incidencia de brillo solar es Enero, en todas las estaciones que hacen parte de esta Ecorregión, siendo la estación de CICOLAC, ubicada en Valledupar, la que registra el promedio más alto con 9,6 HBS, sin embargo, promediando los seis meses se encuentra por debajo de la estación Hacienda La Guaira, ubicada en el municipio de El Paso con 8,0 HBS. La estación Pueblo Bello muestra los índices más bajos tanto en el mes de mayo con 5,5 horas, como en promedio de todos los meses con 6,5 HBS.

FIGURA 6.COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) –ECORREGIÓN VALLE DEL CESAR (JULIO - DICIEMBRE)..

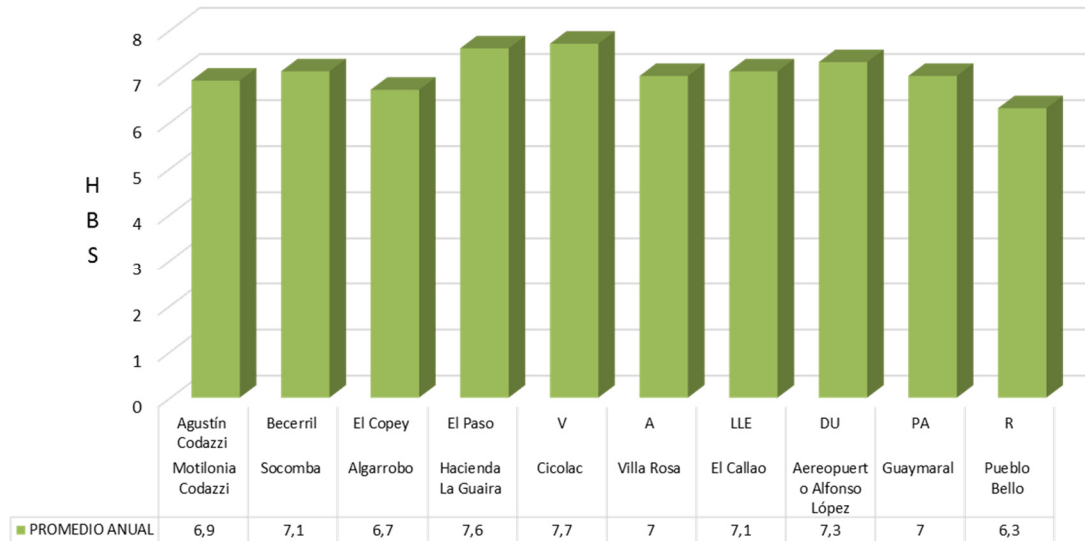


Fuente: IDEAM,2018

En el gráfico anterior corresponde a los meses de Julio a Diciembre de la misma Ecorregión del Valle del Cesar, se observa que sigue siendo la estación de Pueblo Bello la que registra los índices más bajos correspondiente al brillo solar, donde el mes de octubre muestra 5,1 HBS, mientras que el promedio de los seis meses está en seis (6) horas; luego en orden de importancia sigue siendo la estación de CICOLAC la que tiene el mayor índice mensual con 8,9 al igual que la estación correspondiente a la Hacienda La Guaira con el mismo registro de 8,9 HBS, mientras que el mayor promedio de los seis meses lo tiene la estación de CICOLAC con 7,7 HBS.

Luego, haciendo un análisis de los dos últimos gráficos anteriores, se podría decir que la estación de Pueblo Bello presenta los índices más bajos, en ambos casos, siempre el promedio mensual está por encima de los 5 HBS diarios para la Ecorregión del Valle del Cesar.

FIGURA 7. PROMEDIO ANUAL BRILLO SOLAR – ECORREGIÓN VALLE DEL CESAR (POR ESTACIÓN)..

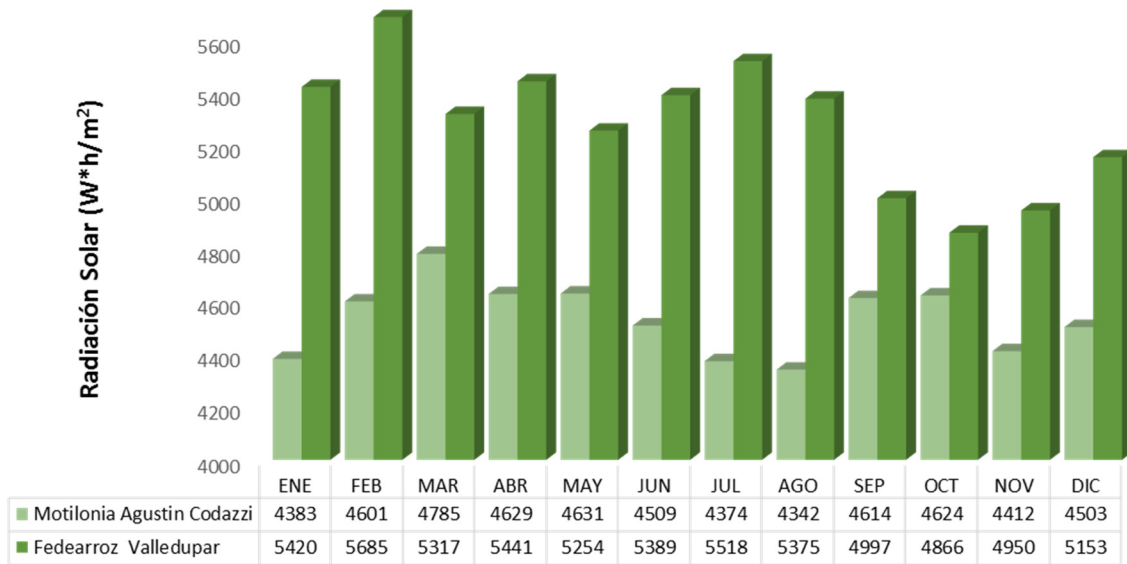


Fuente: IDEAM, 2018

Realizando el promedio anual, de los datos procesados intermensuales de cada una de las estaciones relacionadas, se obtiene como resultado lo expresado en el gráfico anterior. En este sentido, se observa que la estación con el menor índice de HBS anual, promediado diariamente, en la Ecorregión Valle del Cesar, es la estación Pueblo Bello con un promedio de 6.3 HBS y la que arroja el índice más elevado es la estación CICOLAC, con 7,7 HBS; ambas estaciones ubicadas en el municipio de Valledupar; cabe anotar, que en la mayoría de estaciones estudiadas, los datos relacionados superan las 7 HBS, solo la estación Motilonia Codazzi y Algarrobo en El Copey están por debajo de este índice, sin contar con la estación Pueblo Bello, la cual tiene el promedio más bajo.

Para el caso concreto de la radiación solar (R_o), se estudian los datos arrojados por la estación de FEDEARROZ, la cual es de tipo automática con telemetría y está ubicada en la ciudad de Valledupar y la estación Motilonia Codazzi, siendo esta de tipo convencional agrometeorológica, ubicada en el municipio de Agustín Codazzi

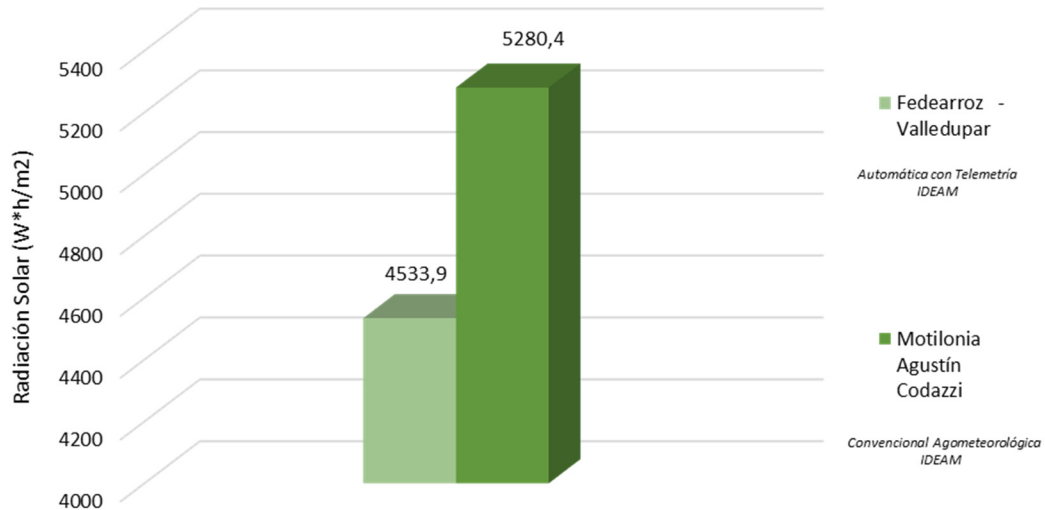
FIGURA 8. IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA – ECORREGIÓN VALLE DEL CESAR..



Fuente: IDEAM, 2018

En el gráfico anterior se puede observar que el mayor porcentaje de radiación solar (R_o) lo registra la estación FEDEARROZ, ubicada en Valledupar, el cual en el mes de febrero se establece por encima de los 5,68 KW*h/m², y el más bajo de esta estación es octubre con 4,86 KW*h/m². Así mismo, cabe resaltar, que, a pesar de ser el menor índice de esta estación, se encuentra por encima del mes de mayor radiación solar medido por la estación Motilonia Codazzi, en la cual se puede apreciar que el mes de mayor radiación solar corresponde a marzo, con una radiación promedio de 4,78 KW*h/m² y el de menor incidencia en esta corresponde al mes de agosto con un promedio de 4342,1 W*h/m², es decir, aproximadamente 4,34 KW*h/m². Esto indica que la irradiación global media mensual, en la Ecorregión del Valle del Cesar, está por encima de los 4,34 KW*h/m².

FIGURA 9. PROMEDIO ANUAL DE IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA –ECORREGIÓN VALLE DEL CESAR.



Fuente: IDEAM, 2018.

En el gráfico anterior se describe el promedio anual de la irradiación global media en la Ecorregión Valle del Cesar, se observa que la estación FEDEARROZ nos emite un dato de irradiación global de 5280,4 W*h/m², lo que significa que está por encima de la cantidad dada por la estación Motilonia Codazzi, la cual registra que la irradiación global promedio anual es de 4533,9 W*h/m², En síntesis, puede decirse que existe una diferencia considerable entre los dos promedios de más de 700 W*h/m², pero que no afecta porque al promediar estas dos, se estaría determinando que el promedio de irradiación global media en la Ecorregión del Valle del Cesar está alrededor de los 5 KW*h/m².

2.3 Ecorregión del Valle del Magdalena.

Para poder determinar el potencial del recurso solar en la Ecorregión Valle del Magdalena, se tuvo en cuenta los mismos parámetros considerados anteriormente en el análisis de las dos Ecorregiones estudiadas, como son brillo y radiación solar. En este contexto se consideró los datos suministrados por las estaciones de Aguas Claras ubicada en el municipio de Aguachica, Chiriguaná en el municipio de Chiriguaná, las estaciones de Bella Cruz, La Gloria y La Mata ubicadas en el municipio de La Gloria, además las estaciones de San José de Oriente en el municipio de La Paz y la estación denominada Colegio Agronómico Pailitas ubicada en el municipio de Pailitas. Estas estaciones registran información de brillo solar (HBS), los datos obtenidos de estas estaciones se muestran a continuación en la tabla siguiente. Para el análisis de la

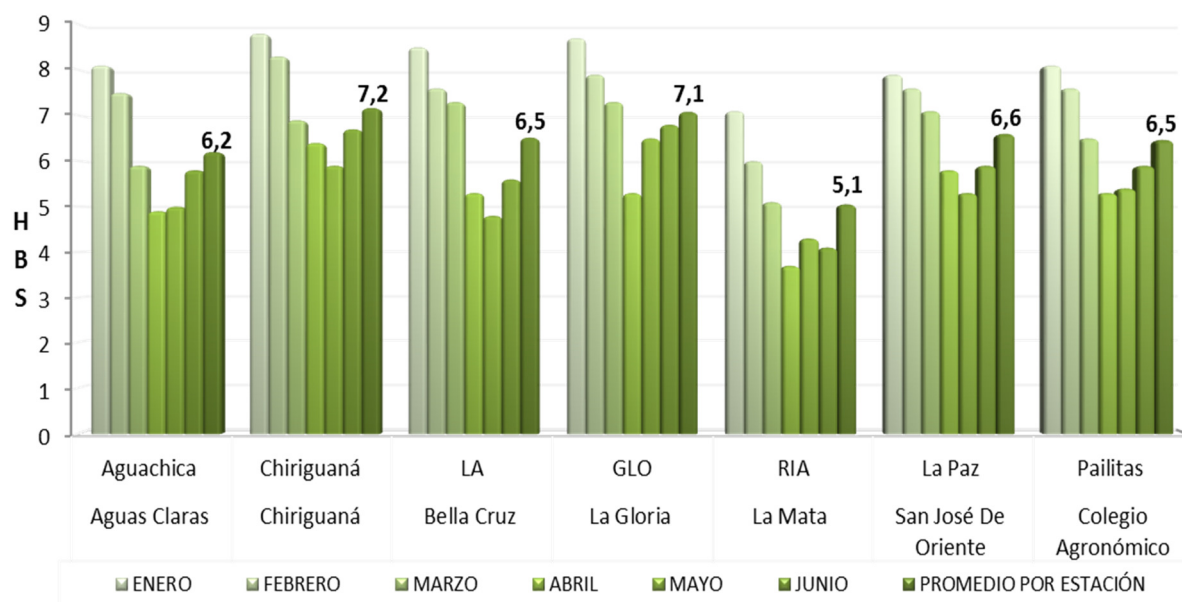
información de Radiación Solar, se utilizaron otras fuentes de información como el Atlas Interactiva IDEAM-UPME, datos suministrados por el IPSE, entre otras.

TABLA 5. ESTACIONES METEOROLÓGICAS BRILLO SOLAR (PROMEDIO MENSUAL ECORREGIÓN VALLE DEL MAGDALENA).

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Aguas Claras	8,1	7,5	5,9	4,9	5	5,8	6,6	6,2	5,7	5,3	5,7	6,9
Chiriguaná	8,8	8,3	6,9	6,4	5,9	6,7	7,3	7,2	6,2	6,1	6,7	7,9
Bella Cruz	8,5	7,6	7,3	5,3	4,8	5,6	7,2	6,6	6,4	5,6	6,3	7
La Gloria	8,7	7,9	7,3	5,3	6,5	6,8	6,8	6,4	6,6	5,4	6,8	7,9
La Mata	7,1	6	5,1	3,7	4,3	4,1	5	5	4,5	3,5	4,5	5,9
San José De Oriente	7,9	7,6	7,1	5,8	5,3	5,9	6,1	5,6	5,1	5,3	5,7	7
Colegio Agronómico Pailitas	8,1	7,6	6,5	5,3	5,4	5,9	6,7	6,5	5,4	5,3	5,5	7

Fuente: IDEAM, 2018.

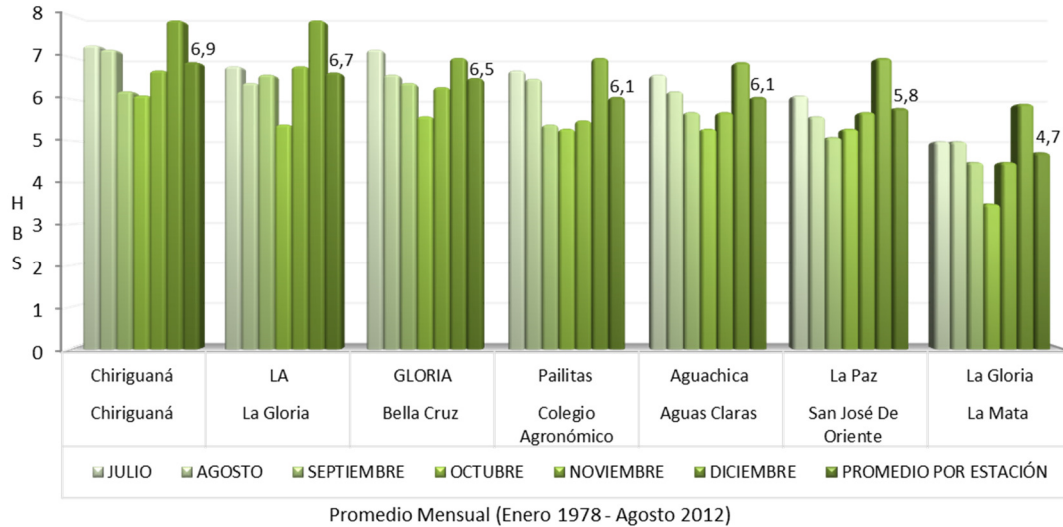
FIGURA 10. COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) –ECORREGIÓN VALLE DEL MAGDALENA (ENERO – JUNIO).



Promedio Mensual (Enero 1978 - Agosto 2012)

Fuente: IDEAM, 2018.

FIGURA 11.COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) –ECORREGIÓN VALLE DEL MAGDALENA (JULIO - DICIEMBRE).

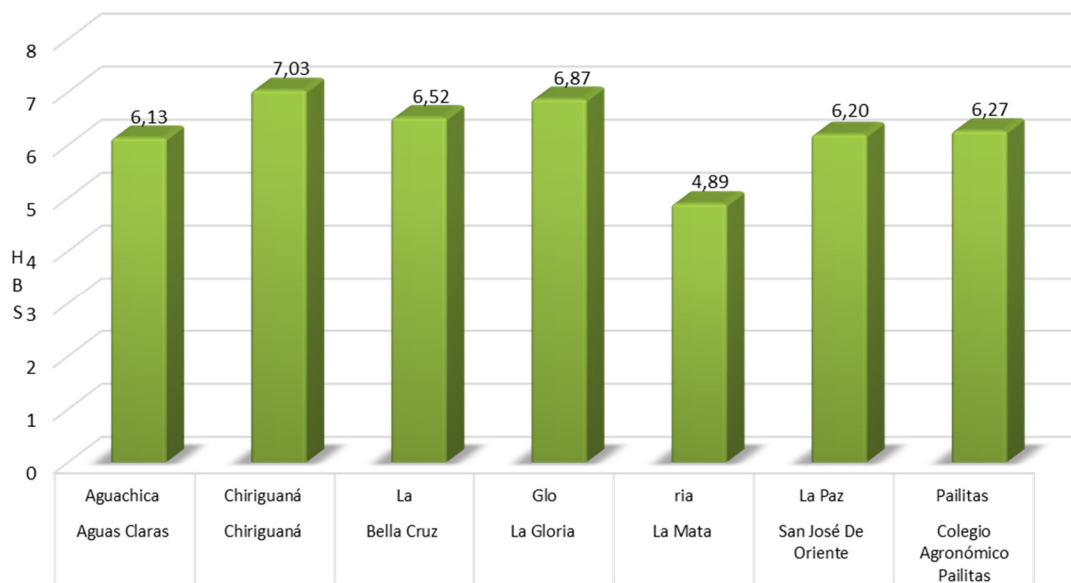


Fuente: IDEAM, 2018.

El comportamiento del brillo solar que se observa en el gráfico anterior, donde los meses descritos conciernen de julio a diciembre, muestra que la estación La Mata, ubicada en el municipio de La Gloria, registra los índices más bajos, tanto en el promedio de los seis meses con 4,7 HBS, como en el mes de octubre con 3,5 HBS, mientras que la estación Chiriguaná del municipio del mismo nombre, muestra una influencia de brillo mensual de 7,9 HBS en el mes de diciembre, siendo este el más caluroso en todas las estaciones, y el promedio que nos arroja esta estación en los seis meses es de 6,9 HBS, el cual se considera un valor relativamente bueno para determinar la viabilidad del potencial del recurso solar en esta Ecorregión.

Es pertinente aclarar que se dividió en dos etapas el estudio de brillo solar para esta Ecorregión, es decir, una correspondiente a los meses de enero a junio y la otra que corresponde a los meses de julio a diciembre, teniendo en cuenta que esta Ecorregión está influenciada por 14 municipios, entre los cuales se encuentra información de brillo solar en 7 estaciones meteorológicas, además de esta manera se puede realizar un análisis más detallado y preciso para un mejor procesamiento de datos obtenidos.

FIGURA 12. PROMEDIO ANUAL BRILLO SOLAR –ECORREGIÓN VALLE DEL MAGDALENA (POR ESTACIÓN).



Fuente: IDEAM, 2018.

Para analizar el promedio anual de brillo solar en la Ecorregión Valle del Magdalena se tomaron los datos mensuales de cada una de las estaciones meteorológicas involucradas, se modelaron y procesaron de manera adecuada y obteniéndose los resultados del gráfico anterior, el cual muestra que la estación Chiriguana, perteneciente al municipio de Chiriguana, muestra el mayor índice de brillo solar diario en el año, calculado en 7,03 HBS, siguiendo en orden de importancia la estación La Mata, del municipio de La Gloria, la cual arroja el menor índice de brillo solar diario estimado en 4,89 HBS, sin embargo, el resto de las estaciones comprendidas en el Valle del Magdalena están por encima de los 6 HBS día en el año.

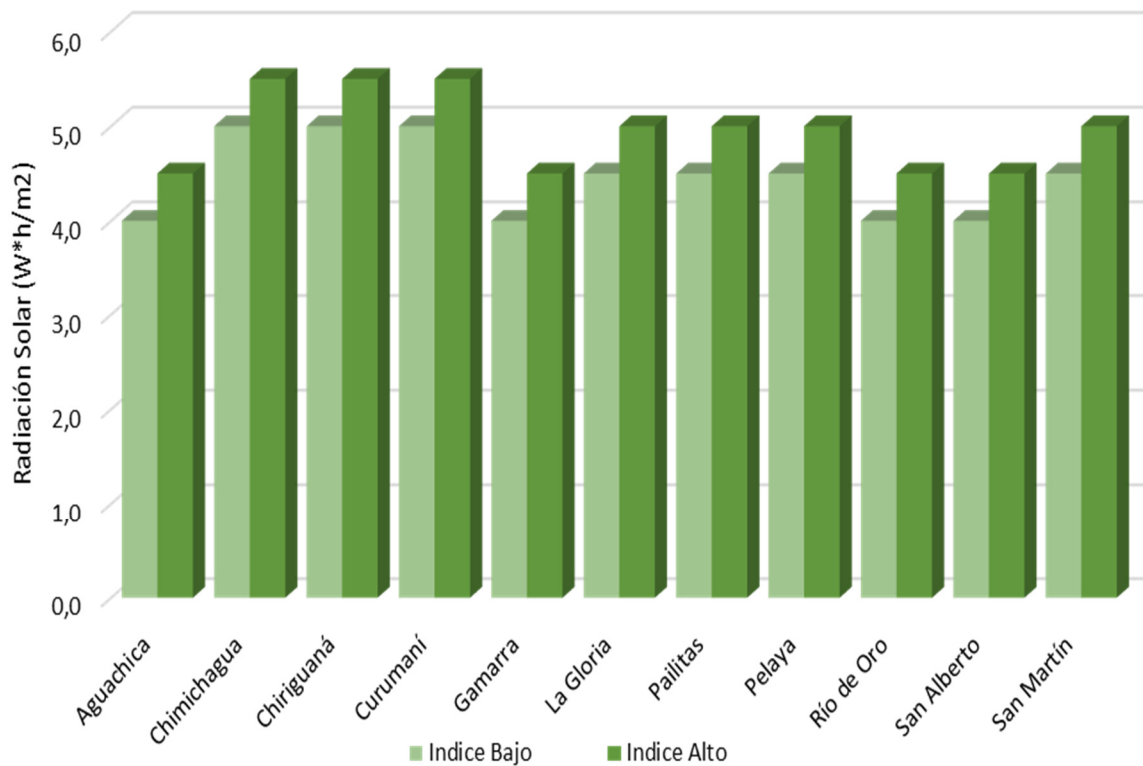
Para el caso concreto del estudio de la radiación solar (R_o), se tuvo como referencia de información los datos arrojados por el Atlas de Radiación Solar de Colombia IDEAM – UPME, 2015. De igual forma, se utilizó el Atlas Interactivo IDEAM – UPME, al igual que otras fuentes de información secundaria, en donde se establecen los promedios por municipio y no por datos de estaciones, esto debido a que en esta Ecorregión no se disponía de ningún tipo de información proveniente de estación meteorológica que ayudara a determinar el comportamiento de dicha variable en esta zona del departamento del Cesar.

A continuación, se presenta el promedio de irradiación global media anual en esta Ecorregión, para este análisis se tuvo en cuenta los municipios que hacen parte de este

territorio, con un índice de vivienda por encima del 40%, esto debido a que esta Ecorregión tiene influencia de 14 municipios.

Como se observa en la siguiente gráfica, el promedio anual de irradiación solar global en la Ecorregión Valle del Magdalena fluctúa entre 4,45 – 4,95 KW*h/m², siendo la estación Chimichagua la que muestra mejor comportamiento.

FIGURA 13. PROMEDIO ANUAL DE IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA. ECORREGIÓN VALLE DEL MAGDALENA.

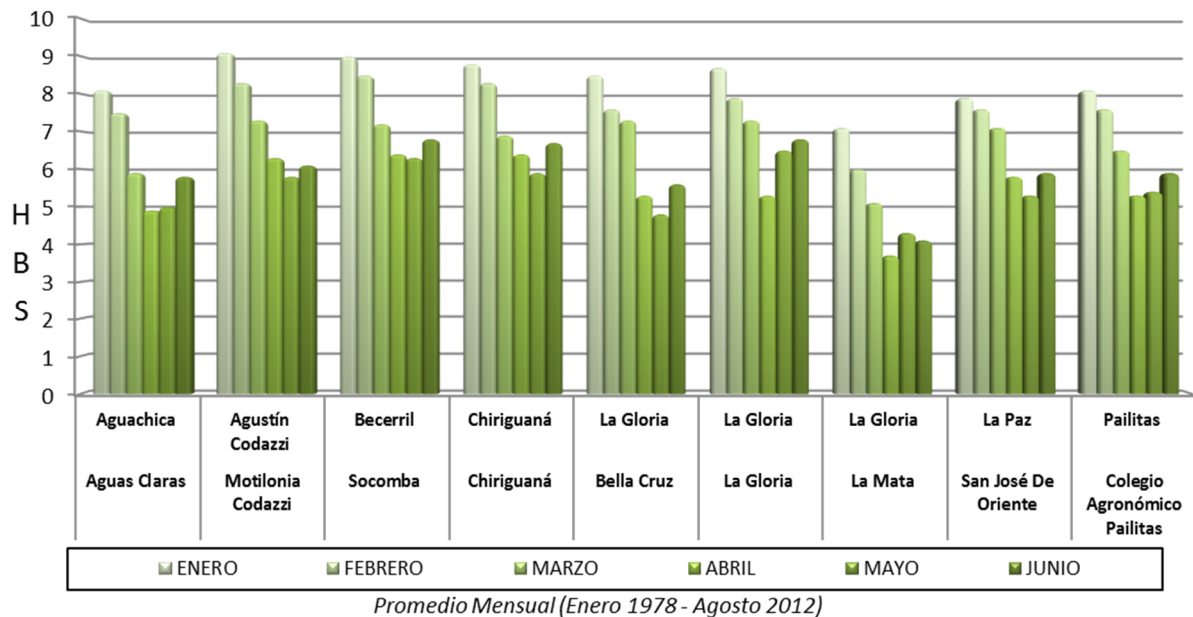


Fuente: IDEAM, 2018.

2.4 Ecorregión Serranía del Perijá.

Para poder determinar el potencial del recurso solar en la Ecorregión Serranía del Perijá, se estudia el comportamiento de las mismas variables físicas analizadas anteriormente, brillo y radiación solar. Aquí se procesan los datos suministrados por las estaciones de Aguas Claras en el municipio de Aguachica, Motilonia Codazzi perteneciente al municipio de Agustín Codazzi, Socomba ubicada en Becerril, la estación Chiriguaná en Chiriguaná, las estaciones de Bella Cruz, La Gloria y La Mata ubicadas en el municipio de La Gloria, además las estaciones de San José de Oriente en el municipio de La Paz y la estación denominada Colegio Agronómico Pailitas ubicada en el municipio de Pailitas. Estas estaciones registran información de brillo solar (HBS), los datos obtenidos de estas estaciones se muestran en el siguiente gráfico.

FIGURA 14.COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) – ECTORREGIÓN SERRANÍA DEL PERJÁ (ENERO - JUNIO



Fuente: IDEAM,2018.

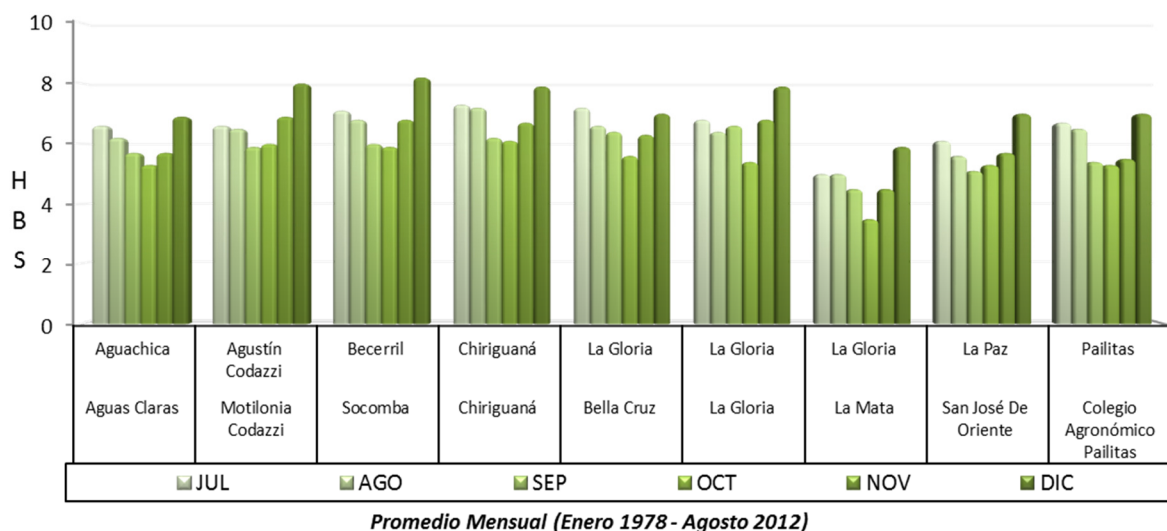
Para el análisis de la información de Radiación Solar, utilizaremos los datos obtenidos de la estación Motilonia Codazzi del municipio de Agustín Codazzi, la cual es una estación convencional de tipo agro meteorológica.

TABLA 6. ESTACIONES METEOROLÓGICAS BRILLO SOLAR (PROMEDIO MENSUAL –ECORREGIÓN SERRANÍA DEL PERIJÁ)..

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
La Mata	7,1	6	5,1	3,7	4,3	4,1	5	5	4,5	3,5	4,5	5,9
Aguas Claras	8,1	7,5	5,9	4,9	5	5,8	6,6	6,2	5,7	5,3	5,7	6,9
San José De	7,9	7,6	7,1	5,8	5,3	5,9	6,1	5,6	5,1	5,3	5,7	7
Colegio Agronómico Pailitas	8,1	7,6	6,5	5,3	5,4	5,9	6,7	6,5	5,4	5,3	5,5	7
Bella Cruz	8,5	7,6	7,3	5,3	4,8	5,6	7,2	6,6	6,4	5,6	6,3	7
La Gloria	8,7	7,9	7,3	5,3	6,5	6,8	6,8	6,4	6,6	5,4	6,8	7,9
Motilonia Codazzi	9,1	8,3	7,3	6,3	5,8	6,1	6,6	6,5	5,9	6	6,9	8
Chiriguaná	8,8	8,3	6,9	6,4	5,9	6,7	7,3	7,2	6,2	6,1	6,7	7,9
Socomba	9	8,5	7,2	6,4	6,3	6,8	7,1	6,8	6	5,9	6,8	8,2

Fuente: IDEAM,2018

FIGURA 15.COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS) – ECORREGIÓN SERRANÍA DEL PERIJÁ (JULIO - DICIEMBRE).



Promedio Mensual (Enero 1978 - Agosto 2012)

Fuente: IDEAM,2018.

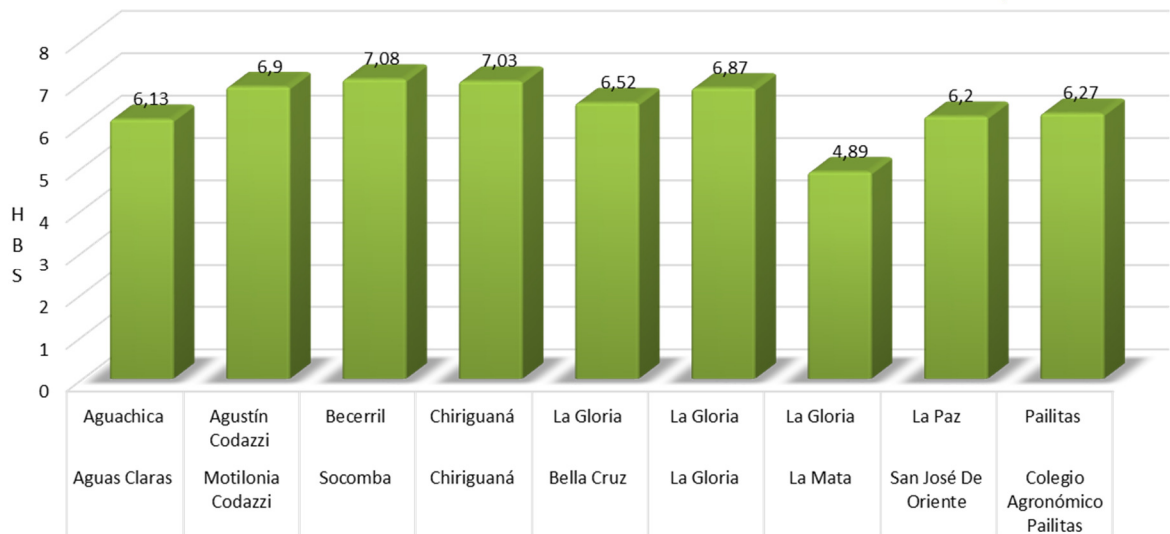
El procesamiento de datos esgrimido para el análisis del potencial de brillo solar correspondiente a esta Ecorregión, se realizó de manera objetiva al igual que se ha perpetrado a través de todo el estudio. En los gráficos 13 y 14 se muestra el comportamiento de brillo solar en todos los meses del año. De igual forma, permite visualizar la variación, con respecto a brillo solar, que se presenta en los meses de Enero a Junio, en donde se observa que el mes con más incidencia de esta variable corresponde a Enero, esto sucede de igual manera en todas las estaciones relacionadas en esta Ecorregión, siendo la estación Motilonia Codazzi, ubicada en el municipio de Agustín Codazzi, la que muestra la incidencia más alta con 9,1 HBS día, mientras que el promedio más alto de los seis meses lo tiene la estación Socomba en Becerril con 7,4

HBS día. El promedio más bajo lo muestra la estación La Mata, ubicada en el municipio de La Gloria con 5,1 HBS, siendo esta misma estación quien ostente también el mes de menor incidencia del sol con 3,7 HBS el cual resulta ser abril. El resto de las estaciones arrojan un promedio intermensual por encima de los 5,8 HBS día.

Luego se realizó el mismo procedimiento entre los meses de julio y diciembre, este resultado se puede observar en el gráfico anterior, en el cual se nota que el mes con más presencia de brillo solar es diciembre en todas las estaciones abarcadas en esta etapa, pero siendo la estación Socomba de Becerril la que muestra el mayor porcentaje con 8,2 HBS, mientras que el promedio más alto de los seis meses lo arroja la estación Chiriguaná, ubicada en el municipio del mismo nombre con 6,9 HBS día. El promedio más bajo lo muestra la estación La Mata del municipio de La Gloria con 4,7 HBS, siendo esta misma estación la que tenga el menor índice de HBS con 3,5 en el mes de octubre.

Realizando un análisis, conjunto entre los dos gráficos anteriores, acertado para la determinación del brillo solar recibido en esta Ecorregión, se puede decir que la estación Socomba en Becerril es la que registra el mayor índice de brillo solar al día con un promedio de 7,1 HBS y el índice más bajo lo presenta la estación La Mata, ubicada en La Gloria, con 4,9 HBS diarios.

FIGURA 16. PROMEDIO ANUAL BRILLO SOLAR – ECORREGIÓN SERRANÍA DEL PERIJÁ (POR ESTACIÓN).

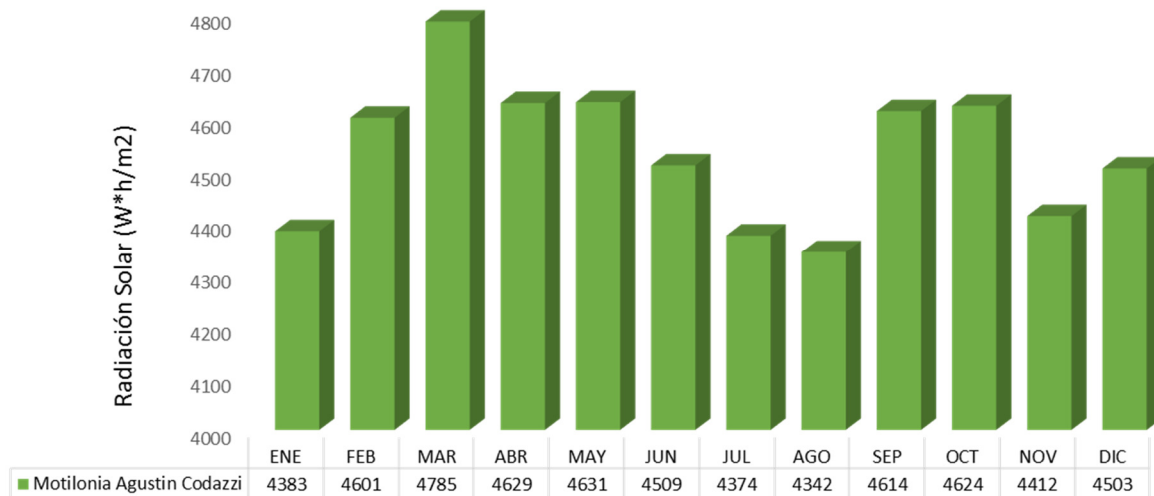


Fuente: IDEAM, 2018

Para realizar este análisis se hace una retroalimentación de la información obtenida, la cual fue procesada y modelada, tomando como base el resultado arrojado en el promedio mensual de brillo solar, se toma de cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas en esta Ecorregión; la información necesaria para seguir con el estudio y se obtiene el resultado del promedio anual como se observa en el grafico anterior. En este sentido, se puede conocer el comportamiento de la variable física brillo solar, determinando el promedio anual de HBS por estación para luego establecer, según los resultados dados, cual zona tiene mayor y menor presencia de potencial de brillo solar. En este caso el municipio de Becerril es el más beneficiado por presentar el mayor índice de brillo solar con 7,08 HBS y el menos favorecido sería el municipio de La Gloria con 4,89HBS; cabe anotar que en el resto de los municipios la recepción de brillo solar está por encima de las 6,1 HBS diarias en promedio

Para el caso concreto de la radiación solar (R_o), se analizaron los datos arrojados por la estación Motilonia Codazzi, siendo esta de tipo convencional agrometeorológica, la cual se ubica en el municipio de Agustín Codazzi, tiene una incidencia en un 27,6% de sus viviendas en esta Ecorregión. También se procesaron otros informes obtenidos de diversas fuentes válidas para la obtención de datos sobre Radiación Solar. El siguiente gráfico muestra el comportamiento de esta variable, solo con los datos de la estación Motilonia Codazzi.

FIGURA 17. IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA –ECORREGIÓN SERRANÍA DEL PERIJÁ..



Fuente: IDEAM, 2018

En el gráfico anterior se observa el comportamiento de la irradiación solar media mensual en la estación Motilonia Codazzi, esta radiación viene dada en $W \cdot h/m^2$. Estos resultados muestran que la variación es poca, en esta zona se tiene un comportamiento muy estable

de esta variable solar, ya que el mes con más radiación solar, que corresponde a marzo, nos muestra un promedio de $4785,2 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, es decir, aproximadamente $4,7 \text{ KW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, y el de menor radiación, que es octubre, nos da una información con un promedio de $4342,1 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, es decir, aproximadamente $4,3 \text{ KW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$. En este sentido, al hacer un análisis acertado, se observa que existe una desviación estándar relativamente baja, lo que nos lleva a asegurar que se dispone de un promedio de radiación solar relativamente constante, con una irradiación global anual por encima de los $4,5 \text{ KW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$.

2.5 Ecorregión Ciénaga de Zapatosa.

Para determinar el potencial del recurso solar en esta Ecorregión se realizó el mismo análisis dado en las Ecorregiones anteriores. Hay que tener en cuenta que no existe, por parte del IDEAM, ninguna estación en esta zona que nos suministre información sobre radiación solar, para el estudio de esta variable se utilizaron otras fuentes de información pertinente para la realización de esta investigación. Para el análisis de la variable de brillo solar se consideran los datos generados por las estaciones Bella Cruz, La Gloria y La Mata, todas ubicadas en el municipio de La Gloria, que, aunque es casi nula la influencia de este municipio en esta Ecorregión, es la más cercana, debido a que esta Ecorregión solo abarca los municipios de Chimichagua con un 30,6% y el municipio de Tamalameque con un 71,7%. En este sentido, se consideran otras fuentes de suministro de información para un análisis más preciso del potencial solar con el que cuenta esta Ecorregión correspondiente a la Ciénaga de Zapatosa. Los datos obtenidos de estas estaciones se muestran a continuación en la tabla siguiente.

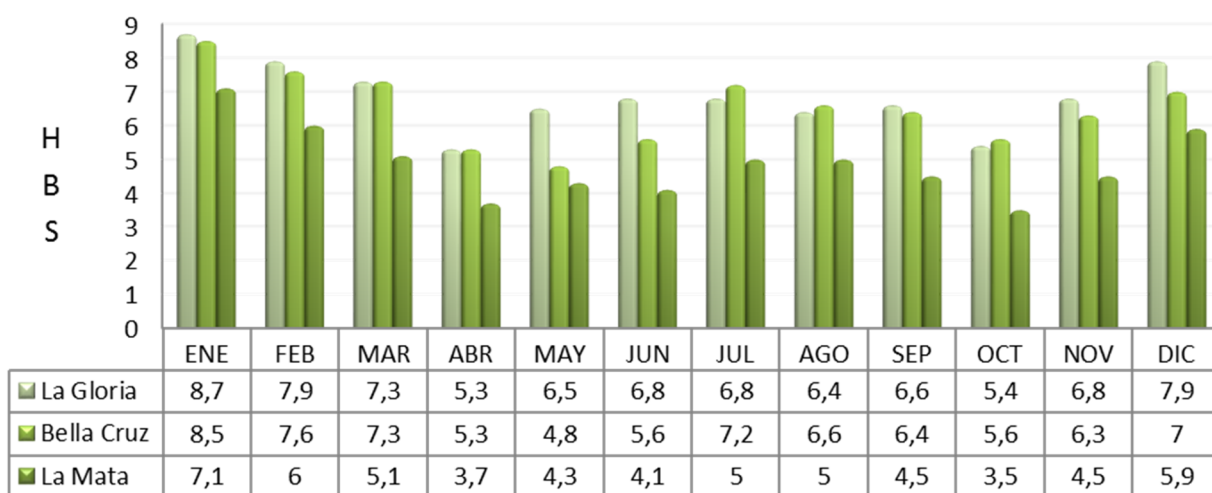
Para el análisis de la información sobre Radiación Solar, utilizaremos otras fuentes de información como el Atlas Interactiva IDEAM-UPME, Atlas de Radiación Solar de Colombia IDEAM – UPME, 2015, otros.

TABLA 7. ESTACIONES METEOROLÓGICAS BRILLO SOLAR- ECORREGIÓN CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Bella Cruz	8,5	7,6	7,3	5,3	4,8	5,6	7,2	6,6	6,4	5,6	6,3	7
La Gloria	8,7	7,9	7,3	5,3	6,5	6,8	6,8	6,4	6,6	5,4	6,8	7,9
La Mata	7,1	6	5,1	3,7	4,3	4,1	5	5	4,5	3,5	4,5	5,9

Fuente: IDEAM, 2018.

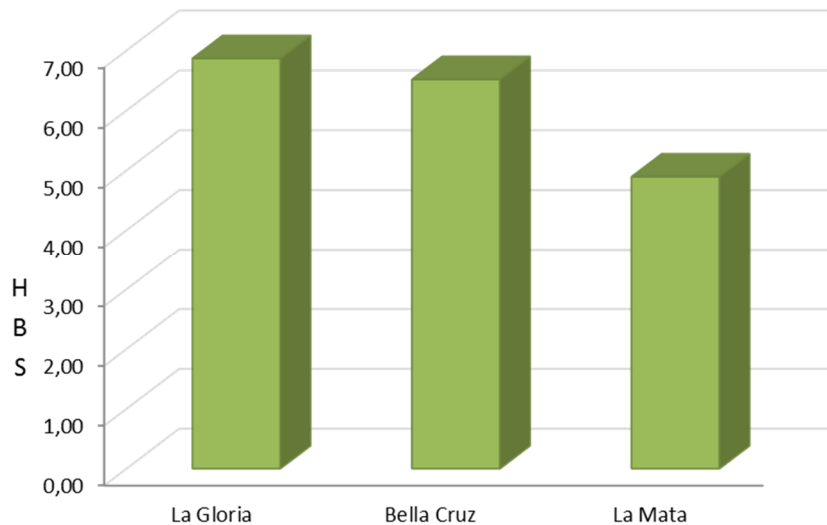
FIGURA 18. COMPORTAMIENTO BRILLO SOLAR (HBS). ECORREGIÓN CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA.



Fuente: IDEAM, 2018.

El gráfico anterior muestra el comportamiento intermensual del brillo solar en HBS de la Ecorregión de la Ciénaga de Zapatosa, el cual es el resultado de un procesamiento de datos obtenidos de las diferentes estaciones meteorológicas ubicadas de manera muy cercana a esta zona, y de otros análisis pertinentes con información adquirida del Atlas Interactivo de Radiación solar IDEAM–UPME, el cual muestra estadísticas sobre brillo solar en Colombia, con la presentación de mapas nacionales intermensuales y el mapa nacional multianual de brillo solar del país, donde se pueden desglosar los datos que correspondan al departamento del Cesar. Haciendo un promedio de cada mes, involucrando los datos de las tres estaciones, se observa que los meses de abril y octubre son los que presentan el índice de brillo más bajo con 4,8 HBS cada uno, en tanto que el mes de enero registra el mes con mayor incidencia de brillo solar con un promedio de 8,1 HBS día; también se puede decir que los meses de febrero, marzo, julio, agosto y diciembre presentan una estimación de brillo solar por encima de las 6,0 HBS día, el resto de meses presenta un promedio por debajo de los 6,0 HBS diarios.

FIGURA 19. PROMEDIO ANUAL BRILLO SOLAR-ECORREGIÓN CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA (POR ESTACIÓN).



Fuente: IDEAM, 2018.

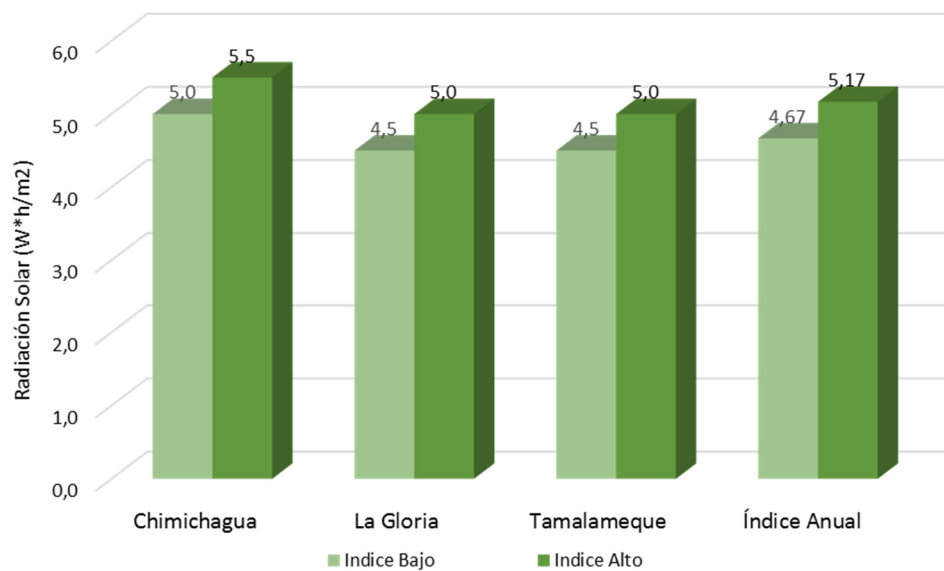
El gráfico anterior muestra el promedio del brillo solar anual en cada una de las estaciones que hacen parte de esta Ecorregión, lo cual indica el comportamiento general de dicha variable. De esta parte, se observa que la estación con la menor presencia de brillo solar es La Mata en el municipio de La Gloria, con un promedio de 4,89 HBS día, siendo, sin embargo, un promedio muy bueno de brillo solar diario para el estudio realizado. La estación La Gloria muestra un índice de 6,87 HBS, el cual infiere que esta estación es la de mayor incidencia de brillo solar durante el año. En síntesis, puede decirse que la Ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa maneja una presencia de brillo solar con un índice superior a los 6 HBS diarios.

Teniendo en cuenta que esta Ecorregión no dispone de estación meteorológica que suministre información pertinente para el análisis del comportamiento de la radiación solar, se tuvo en cuenta los datos obtenidos a través del Atlas Interactivo IDEAM – UPME, el Atlas de Radiación Solar de Colombia IDEAM –UPME, 2015, al igual que otras fuentes secundarias, que permitan establecer un resultado óptimo del estudio realizado. En este caso se realiza un proceso muy similar al utilizado en la Ecorregión del Valle del Magdalena, en donde tampoco se contaba con información proveniente de alguna estación meteorológica perteneciente al sector; los datos modelados en este caso son estimados por municipio. En este sentido, se tuvo en cuenta todos los municipios, por mínima que sea la influencia de vivienda de este en la Ecorregión objeto de estudio, ya que en una zona que solo tiene cuenta con el asentamiento de tres municipios y uno de ellos con un porcentaje casi nulo. Los otros dos municipios que son Tamalameque y

Chimichagua, tienen un porcentaje de influencia de 71,7% y 30,6%, respectivamente, siendo esta la única Ecorregión del departamento del Cesar que no cuenta con asentamiento total de al menos un municipio.

El siguiente gráfico muestra el promedio irradiación global media anual en esta Ecorregión. Cabe destacar que es la Ecorregión más pequeña del departamento del Cesar, además de ser la de menor número de viviendas asentadas en ella, debido a que parte de ella involucra a la Ciénaga de Zapatosa, debido a esto también su nombre

FIGURA 20. PROMEDIO ANUAL DE IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA –ECORREGIÓN CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA.



Fuente: IDEAM, 2018.

Como se observa en el gráfico anterior, el promedio de irradiación solar global media anual está calculado entre los rangos de 4,67 - 5,17 KW*h/m², lo cual indica que la radiación solar horizontal recibida en esta Ecorregión, se establece en un índice promedio entre 4500 y 5500 W*h/m². Cabe aclarar que el índice bajo y el índice alto, a los cuales hace referencia el gráfico, indican el rango de medición que establece la fuente de información de donde se obtuvieron los datos para su posterior modelamiento y adecuado procesamiento.

RADIACIÓN SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

Legenda y Convenciones

PROMEDIO ANUAL MULTIANUAL KWh/m^2

- 2.5-3.0
- 3.0-3.5
- 3.5-4.0
- 4.0-4.5
- 4.5-5.0
- 5.0-5.5
- 5.5-6.0
- 6.0-6.5
- 6.5-7.0

Mapa de Localización.

COLOMBIA
Escala: 1:25.000.000

Información Cartográfica

Proyección: Transversa de Mercator
Datum: MAGNA-SARAS Origini (m)
Elipsoides: GRS80 Unidades Métricas
Geográficas: 77°15'13.30" Long Oeste
Geográficas: 1°00'00.00" Norte
Planas: 1000,000 metros Este
Escala: 1:700,000

Fuente: Laboratorio del Geo-Servidor WHS http://www.servidor.gov.co/GSI/whs/servicios/SOLAR_FI/IPME_FI_Espacial_Solar/Magneto-Corridor-IPME-SOLAR

Elaborado por: Jaime Rodríguez Curcio
Ing. Ambiental y Geodesta
T.P.180760 37.9873 ATI

Gobernación del Cesar
El camino de desarrollo y la paz

Cesar Siembra **pers**
Los campesinos del futuro

upme
Unidad Administrativa Especial de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

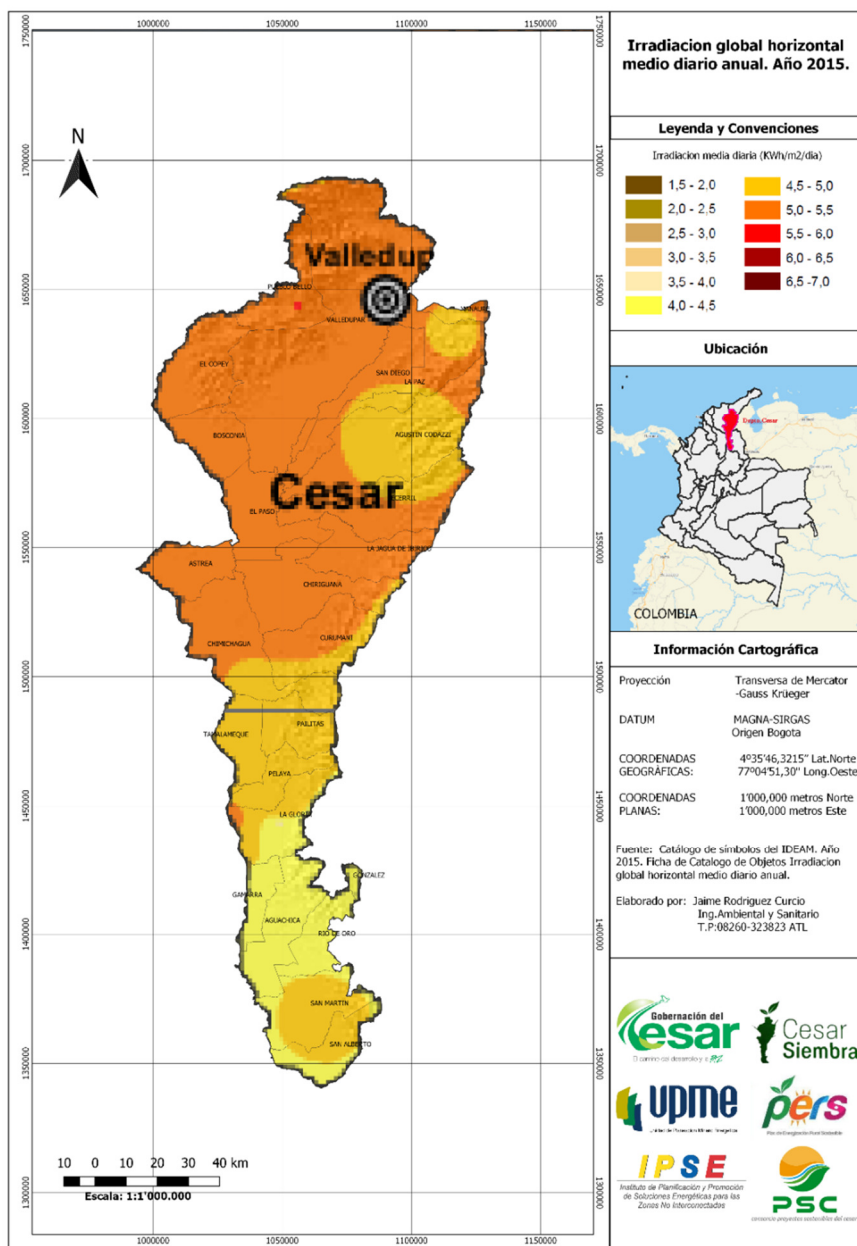
IPSE
Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

PSC
Comité de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

0 20 40 60 km
1:700000

Se observa que el promedio anual multianual de la radiación solar para el periodo de (1980 – 2000). Dentro de los cuales se puede evidenciar que la radiación solar promedio en el departamento del Cesar; el cual osciló entre los rangos de 5 y 6,5 kWh/m². Siendo la parte norte del departamento con mayor radiación que en la parte sur.

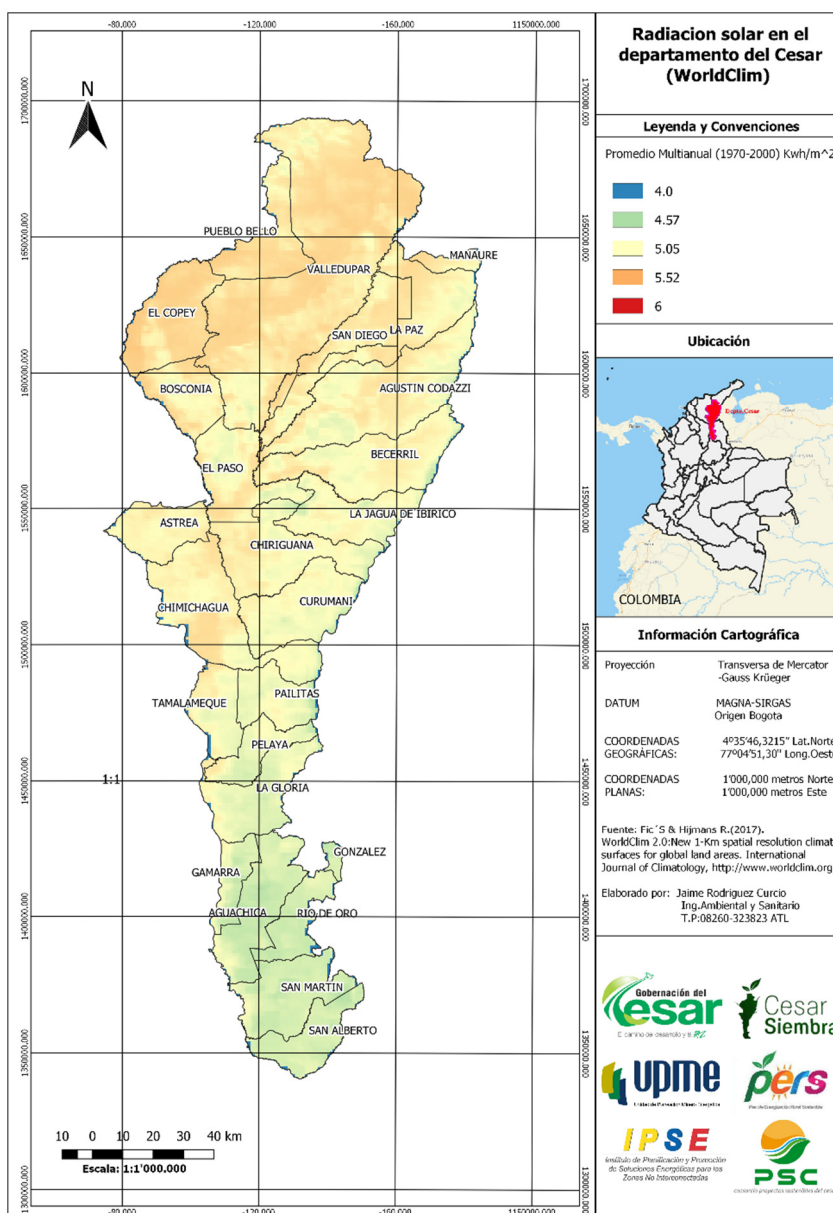
FIGURA 22. IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL HORIZONTAL MEDIO DIARIO ANUAL.



Fuente: tomado y modificado del atlas de interactivo de radiación solar de Colombia (IDEAM & UPME, 2015a).

En la Figura 22 se puede observar la irradiación solar global horizontal media diaria anual para el periodo de (1981 – 2010); se evidencian rangos de entre 4 y 6 kWh/m²/día. Se puede apreciar mayores valores de irradiación en la parte norte que en la parte sur.

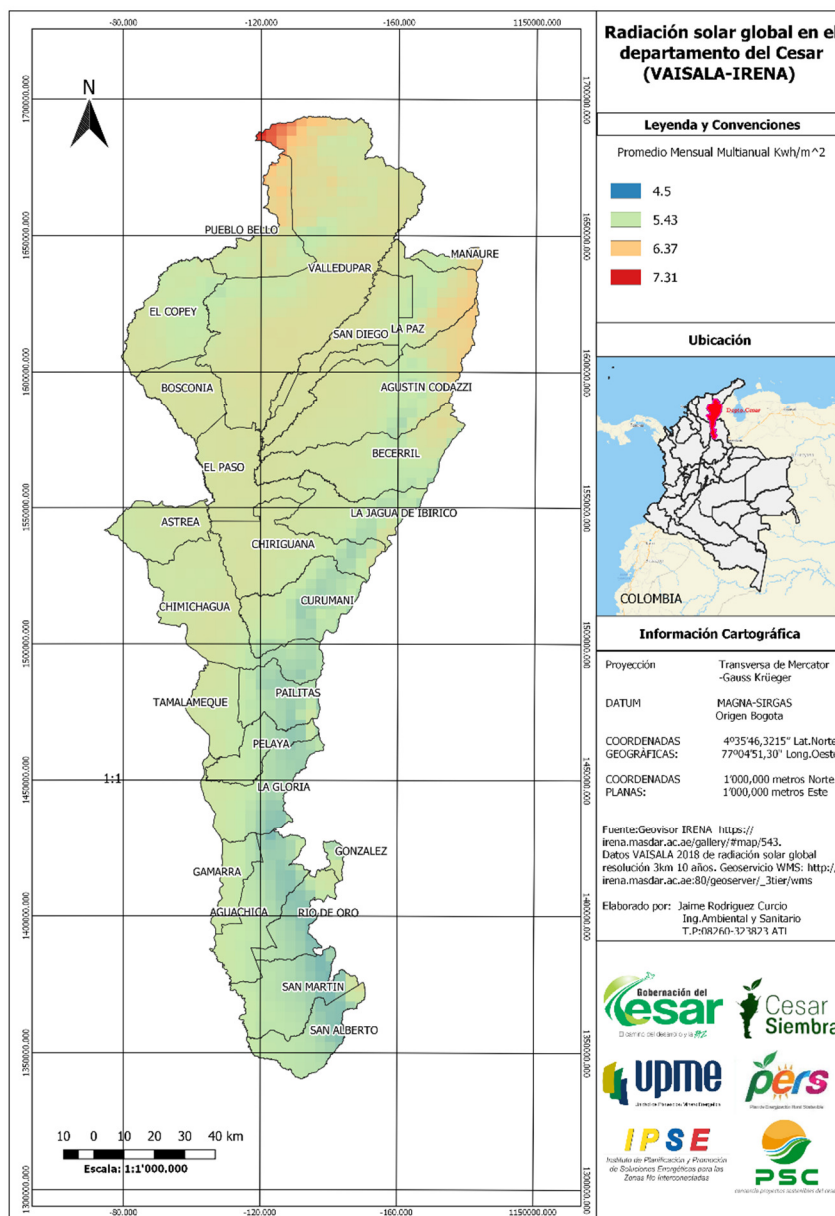
FIGURA 23. RADIACIÓN SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR PERIODO (1970-2000).



Fuente: tomado y modificado de WORLDCLIM 2.0 (Steve Fick & Robert Hijmans, 2017).

En la Figura 23 se puede apreciar la radiación solar a partir de la base de datos WorldClim para el periodo de (1970 – 2000); se pueden observar valores de 5,52 kWh/m² en la parte norte y 4,57 kWh/m² en la parte sur del departamento.

FIGURA 24. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR.



Fuente: tomado y modificado de (IRENA & VAISALA, 2018).

En la figura anterior se observa que la radiación solar en la parte norte del departamento es superior al sur, esto puede deberse a la influencia de la Serranía del Perijá; ya que vemos un comportamiento similar en la radiación desde el municipio de San Alberto hasta el municipio de la Jagua de Ibirico.