

EVALUACIÓN DE UN PERIODO ESPACIO-TEMPORAL PARA IDENTIFICAR
VARIACIONES EN EL COMPORTAMIENTO DE LA HELIOFANÍA EN EL
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA.

RICARDO EDILBERTO CEPEDA QUINTERO
CODIGO: 3101274

DIRECTOR: MSC. CAMILO LEÓN

ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

BOGOTÁ D.C

2016

EVALUACIÓN DE UN PERIODO ESPACIO-TEMPORAL PARA IDENTIFICAR VARIACIONES EN EL COMPORTAMIENTO DE LA HELIOFANÍA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA.

Ricardo Edilberto Cepeda Quintero, Ingeniero Topográfico
Correo electrónico: ricardocepeda27@hotmail.com
Proyecto de Geomática aplicada, Especialización en Geomática,
Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, 26 de Abril de 2016

RESUMEN

La creciente preocupación por los efectos adversos del cambio climático sobre el estilo de vida del hombre han ocasionado que gran cantidad de entidades públicas y privadas a nivel mundial se interesen en el estudio de diferentes variable y recursos energéticos alternativos. El presente proyecto se encarga del estudio del recurso solar mediante el modelamiento de uno de sus componentes (heliofanía) a lo largo de un periodo de tiempo continuo de 5 años en el departamento del Valle del cauca, para esto se utiliza el método de interpolación geoestadística de Krigging utilizando el software Arcgis y su extensión geoestadistical analyst. Finalmente se presentan los resultados mediante mapas anuales identificando cambios en el comportamiento.

Palabras clave: heliofanía, Krigging, geoestadística

ABSTRACT

The growing concern about the adverse effects of climate change on the lifestyle of man have caused that a large number of public and private entities in the world has interested in studying different variable and alternative energy resources. This project deals with the study of the solar resource by modeling one of its components (heliophany) over a sustained period of time in the department of Valle del Cauca, for this method of geostatistical interpolation Krigging used using ArcGIS software and its extension geoestadistical analyst. Finally the results are presented through annual maps identifying changes in behavior.

Keywords: heliophany, Krigging, geostatistics

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una preocupación latente por fenómenos como el cambio climático y el calentamiento global, esto se debe a que generan grandes alteraciones en la forma de vida de los seres humanos. Por tal motivo Instituciones expertas en el tema a nivel global como la World Meteorological Organization (WMO) y el Intergubernamental Panel On Climate Change (IPCC) se han anticipado a predecir los efectos del cambio climático, el (IPCC, 2011) asevera que “el cambio climático afectará, tanto en su extensión como en su distribución geográfica, al potencial técnico de las fuentes de energía renovables, aunque las investigaciones sobre la magnitud de esos posibles efectos apenas han comenzado”. Dado lo anterior y con la finalidad de mitigar los efectos de las variaciones climáticas gran cantidad de países se han interesado en las energías renovables, pues “se debe a que estas fuentes energéticas

contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como las emisiones de otros contaminantes locales, permiten disminuir la dependencia energética y contribuyen a la creación de empleo y al desarrollo tecnológico” André, Castro & Cerdá (2012).

En Colombia durante los últimos años se han adelantado relevantes investigaciones relacionadas con el tema por parte de instituciones públicas y privadas, ejemplo de lo anterior son los atlas de heliofanía¹ y radiación solar (IDEAM² & UPME³, 2005), viento y energía eólica (IDEAM & UPME, 2006) y biomasa residual (IDEAM, UPME & UIS⁴, 2010) cuya finalidad es conocer el potencial del país en materia de energías alternativas. Sin embargo dada la dificultad del proceso y la extensión del territorio Colombiano los modelos que se tienen de las distintas variables climatológicas y meteorológicas son pocos y en muchos casos insuficientes.

Lo anterior evidencia la necesidad de conocer los cambios y/o fluctuaciones de la distribución y comportamiento de las variables climáticas. Este proyecto surge para dar respuesta a dichos requerimientos, por lo cual se pretende identificar el comportamiento espacio temporal del recurso solar mediante el estudio de una de sus variables (heliofanía) en el departamento del Valle del Cauca en un periodo de estudio continuo, en el cual se analizan 5 años discriminados de acuerdo al ONI⁵. Se selecciona esta zona dada la privilegiada localización y la necesidad de los distintos sectores de la economía regional como el agrícola y de producción animal de conocer los efectos del cambio climático sobre el departamento y los microclimas de los cultivos.

2. DATOS Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó un periodo de estudio continuo de 5 años, en el cual se presentaron los fenómenos climatológicos del niño y de la niña así como un año neutro (NOAA⁶, 2016). La información adquirida corresponde a datos oficiales de heliofanía (promedio anual) proporcionados por el IDEAM, capturados a través de estaciones meteorológicas de tipo continuo dentro del departamento. Las características de las estaciones utilizadas para el modelamiento del brillo solar en el departamento del Valle del Cauca se presentan en la Tabla 1.

CODIGO_CAT	NOMBRE	TIPO	CLASE	CATEGORIA	ESTADO	FUENTE_GEN	DPTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	LATITUD	LONGITUD
53115010	APTO BUENAVENTURA	CON	MET	SP	ACT	IDEAM	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA	PACIFICO	3,82019	-76,99233
26075040	APTO A BONILLA	CON	MET	SP	ACT	IDEAM	VALLE DEL CAUCA	PALMIRA	GUACHAL	3,53333	-76,38558
26115040	CENT ADMO LA UNION	CON	MET	CP	ACT	IDEAM	VALLE DEL CAUCA	LA UNION	CAUCA	4,53128	-76,06217
26055070	UNIVERSIDAD DEL VALLE	CON	MET	CP	ACT	IDEAM	VALLE DEL CAUCA	CALI	MELENDEZ	3,37842	-76,53378

Tabla 1 Características estaciones de referencia IDEAM utilizadas.

¹ También denominada horas de brillo solar o insolación (Grossi, Raichijk & Righini, 2010)

² Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

³ Unidad de Planeación Minero Energética

⁴ Universidad Industrial de Santander

⁵ Índice Oceánico Del Niño: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

⁶ National Oceanic and Atmospheric Administration

La distribución espacial de las estaciones dentro del departamento se muestra mediante la Figura 1.

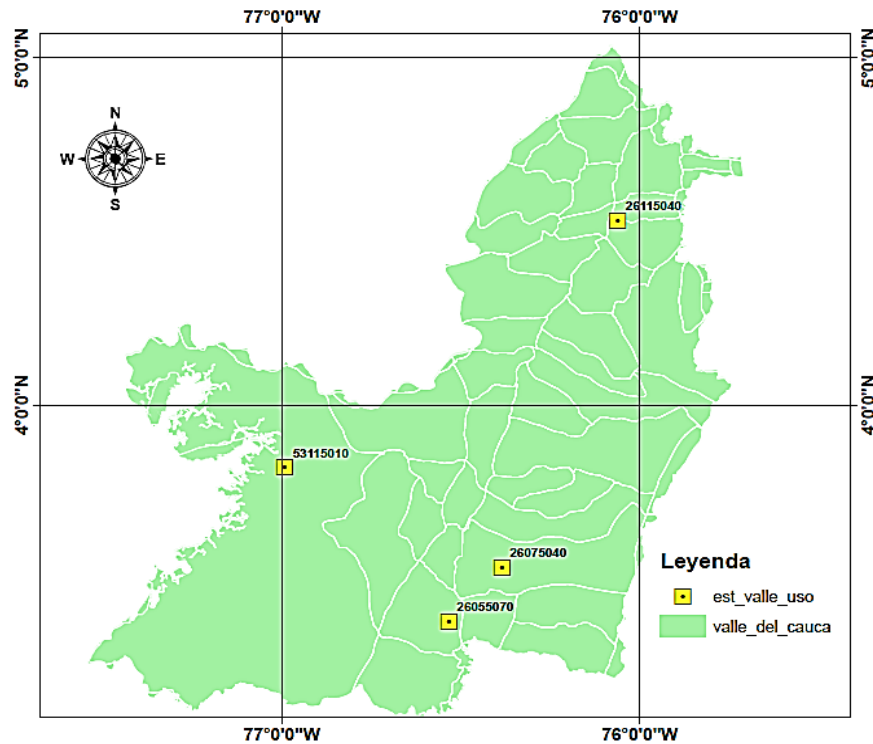


Figura 1 Distribución espacial de las estaciones de referencia utilizadas

Una vez obtenido los promedios anuales de brillo solar que se muestran en la Figura 2 se desarrolló el modelo correspondiente a la distribución espacial de la heliofanía. Con el fin de describir el comportamiento de la variable se utiliza la técnica Kriging⁷ de interpolación lineal por métodos geo-estadísticos cuyas aplicaciones en la interpolación de redes de observación radiométrica y producción de mapas de brillo solar han sido ampliamente comprobadas (Wright, 2003).

7 Es una técnica de estimación espacial desarrollada por G. Matheron en los sesentas a partir de los trabajos de D. G. Krige quién fue pionero en el uso de la correlación espacial para propósitos de predicción (Díaz & Casar, 2009)

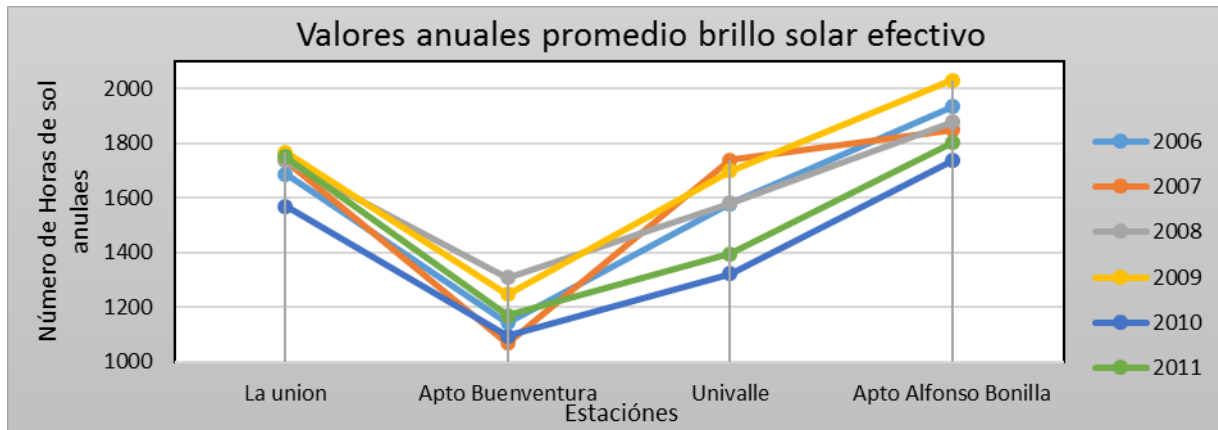


Figura 2 Valores anuales promedio brillo solar efectivo en horas

La metodología adoptada para el desarrollo del proyecto se encuentra estructurada en 3 fases dentro de las cuales se abarcan la investigación inicial, la implementación y la publicación y análisis de resultados tal y como se observa en la Figura 3.

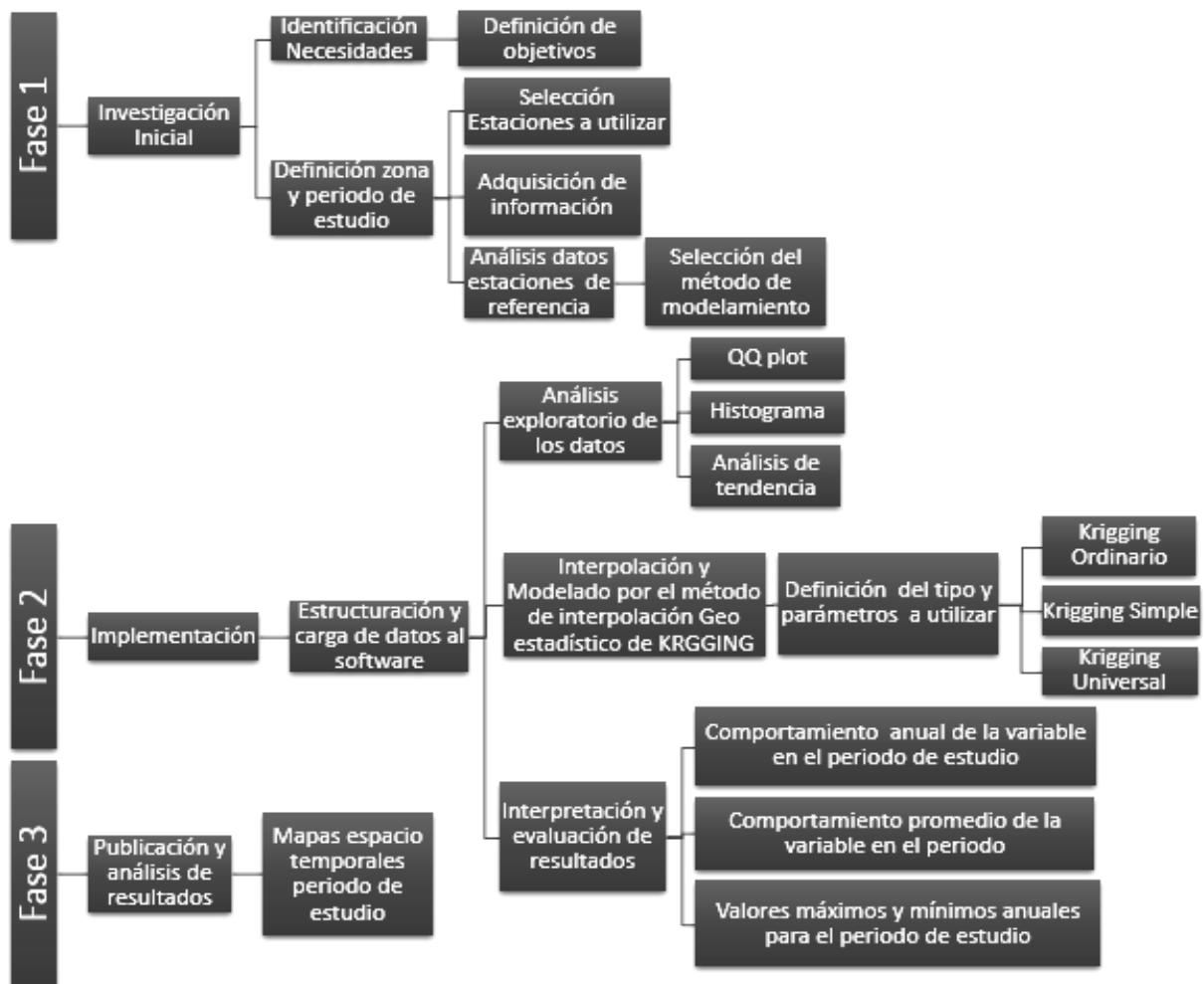


Figura 3 Metodología adoptada para el desarrollo del proyecto.

El primer paso antes de realizar el análisis estadístico es el análisis exploratorio de datos, este permite familiarizarse con la naturaleza de los datos, estudiar las principales características de la distribución de las variables, establecer relaciones entre variables y detectar valores atípicos (Rojo, 2006).

Una vez culminado el análisis exploratorio de datos se procede a desarrollar la interpolación con Kriging: La estimación del valor del campo y en una localidad x_0 , puede obtenerse por la combinación lineal entre las mediciones de los valores en las localidades x_i (donde x representa las coordenadas de un punto) (Wright, 2003).

$$y^*(x_0) = \sum_i^l w_i Y(x_i)$$

Ecuación 1 Variable Y Kriging

La técnica kriging se basa en la idea de seleccionar los pesos w_i para que el error del estimador $Y^*(x_0)$ sea mínimo con respecto al valor actual $Y(x_0)$. Este proceso requiere conocer información sobre la estructura espacial del campo, la cual lo provee la función estructural del variograma (Wright, 2003).

$$\gamma(d) = [Y(x) - Y(x+h)]^2$$

Ecuación 2 Variograma

El variograma γ describe la expectación de la diferencia cuadrática de los valores del campo separados una distancia h . Por simplicidad, asumimos que el campo es isotrópico; asimismo, consideramos que el variograma γ depende únicamente del valor absoluto de h . En la práctica esta función es estimada con una base de datos, agrupando pares de estaciones en clases de distancias y calculando para cada clase el valor medio de la diferencia cuadrática (Wright, 2003). Para cálculos subsecuentes, el variograma generalmente se ajusta por medio de funciones analíticas, las cuales reflejan las características esperadas por el variograma (Wright, 2003).

Finalmente se procede a identificar los valores de heliofanía para cada periodo y realizar una comparación de los mismos que permita establecer cambios en el comportamiento de la variable.

3. RESULTADOS

La información correspondiente a los valores mínimos y máximos de número de horas de sol por año se presentan en la Tabla 2.

Año estudio	Número de Horas de sol anuales		Observación
	Mínimo	Máximo	
Promedio 2006-2011	1405,61	2246,28	-----
2011	1168	1802,4	Niña
2010	1094,25	1737,4	Niña
2009	1245,8	2031	Neutro-Niño
2008	1308,5	1877,3	Niña- Neutro
2007	1067,4	1850	Neutro-Niña
2006	1144,1	1933,3	Neutro

Tabla 2Valore máximos y mínimos cantidad de horas de sol anuales

Con el fin de obtener los modelos óptimos de la variable desde el año 2006 hasta el 2011, se desarrollaron 30 modelos en total (5 para cada año) .Mediante un análisis comparativo se establecieron los mejores ajustes que se muestran en la Figura 4.

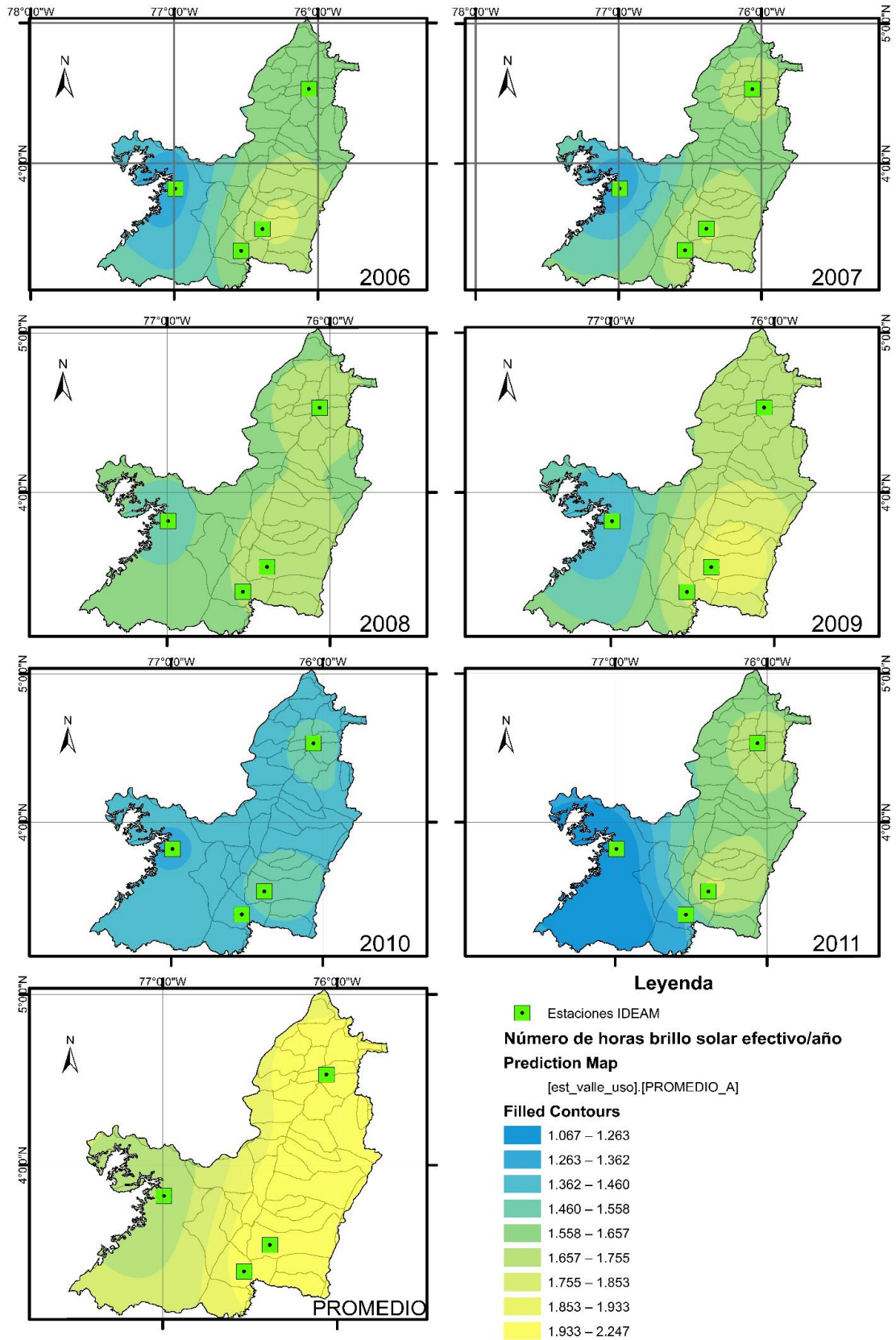


Figura 4 Modelos 2006-2010 Cantidad de brillo solar en horas por año.

4. DISCUSIÓN

-En Colombia dada la complejidad de la geografía, el clima y el difícil acceso a las distintas zonas en donde se encuentran ubicados los distintos instrumentos de medición del recurso solar con los que cuenta IDEAM (Heliógrafos, piranómetros, entre otros) dificulta la obtención de registros continuos y certificados en la mayoría de estaciones. Ejemplo de lo anterior en el del departamento del Valle del Cauca la densificación de estaciones hacia la zona sur occidental es reducida, por lo cual el monitoreo del recurso solar en esta zona no es óptimo.

-Con el fin de mejorar las aproximaciones obtenidas podría optarse por solicitar colaboración de otras instituciones públicas como la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC- y privadas como los ingenios ubicados en la zona, para obtener información adicional de los instrumentos de medición del recurso solar que poseen.

-En estudios próximos es recomendable que se involucren otras variables climatológicas, meteorológicas y, geográficas y topográficas como la nubosidad y los modelos digitales de elevación de la zona, con el fin de establecer de manera más exacta el comportamiento de la heliofanía y si hay o no dependencia hacia otras variables tal y como señalan (Jaramillo, Arcila, Montoya, Pulgarin & Quiroga, 2006)

5. CONCLUSIONES

Modelando el comportamiento de la heliofanía para el periodo de tiempo comprendido entre el 2006 y el 2011 se establece que los valores máximos y mínimos de horas de brillo efectivas son 2246,28 y 1405,61.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Orozco, F. (Junio de 2012), México. Variación espacio-temporal de la temperatura y precipitación en la cuenca del Río Querétaro. [Online, Recuperado: 23/02/2016], Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de ingeniería, Maestría en ciencia en Recursos Hídricos y Ambiental. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/457/1/RI000116.pdf>

[2] André, Castro & Cerdá, (2012). Las Energías Renovables en el ámbito internacional. Universidad Complutense de Madrid. Cuadernos económicos de ICE, Número 83. [Online, Recuperado: 23/02/2016]. Disponible en: http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_83__810091ECBB9FFCF682FD9E12C77FAB6D.pdf

[3] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) &Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), (2005).Atlas de Radiación Solar de Colombia, Segunda Edición. [Online, Recuperado: 23/02/2016]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/0-Primera_Parte.pdf,

[4] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) &Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), (2006).Atlas de viento y energía eólica de Colombia, [Online, Recuperado: 01/03/2016]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Atlas_Viento.htm

[5] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) & Universidad Industrial de Santander (UIS) (2010).Atlas del potencial energético de la Biomasa de Colombia, ISBN: 978-958-8504-59-9 [Online, Recuperado: 01/03/2016]. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/article/1768/files/Atlas%20de%20Biomasa%20Residual%20Colombia_.pdf

[6] IPCC, 2011: "Resumen para responsables de políticas", en el Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático del IPCC [edición a cargo de O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S.

Schlömer, C. von Stechow], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de América. , Afganistán. Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ISBN 978-92-9169-331-3. [Online, fecha de consulta: 28/01/2016.]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

[7] Wright, J. (2003). Estudio de la variabilidad espacial y temporal de la heliofanía relativa en Costa Rica. Departamento de física Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. [Online, fecha de consulta: 28/01/2016.]. Disponible en: <http://cro.ots.ac.cr/rdmcnfs/datasets/biblioteca/pdfs/nbina-7158.pdf>

[8] Rojo, J. (2006). Análisis descriptivo y exploratorio de datos. Laboratorio de estadística. Instituto de Economía y Geografía, Consejo superior de Investigaciones científicas. Madrid [Online, fecha de consulta: 28/01/2016.]. Disponible en: <http://www.uv.es/friasnav/SPSSAnalisisdescriptivo.pdf>

[9] Díaz & Casar, (2009). Estimación espacial. Geoestadística aplicada. Universidad Nacional Autónoma de México. [Online, fecha de consulta: 28/01/2016.]. Disponible en: http://mmc2.geofisica.unam.mx/cursos/geoest/Presentaciones/CG6_2009.pdf

[10] Grossi, Raichijk & Righini, 2010. Algunos aspectos de la climatología solar de Uruguay. GERSolar, Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Lujan, Lujan, Buenos Aires, Argentina. Revista Brasileira de Meteorología, v.25, n.4, 479 - 486, 2010 [Online, fecha de consulta: 26/04/2016]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n4/07.pdf>

[11] Jaramillo-R,A.,J. Arcila-P.,E. Montoya-R.&F.Quiroga-Z.2006: La radiación solar; consideraciones para su estudio en plantaciones de café (coffea arabica L.).Meteorol.colomb.10:10-22.ISSN 0124—6984. Bogotá D.C-Colombia. [Online, Recuperado: 23/02/2016].Disponible en:http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero10/10_02.pdf