ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÍNDICE DE CLARIDAD ATMOSFÉRICA PARA COLOMBIA EN EL PERIODO AÑOS 2008 AL 2013

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÍNDICE DE CLARIDAD ATMOSFÉRICA PARA COLOMBIA EN EL PERIODO AÑOS 2008 AL 2013

Stefanny Angel y Jorge Amaya
Febrero 2017.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de ingeniería
Proyecto Curricular Ingeniería Eléctrica
Bogotá, D.C.
2017

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÍNDICE DE CLARIDAD ATMOSFÉRICA PARA COLOMBIA EN EL PERIODO AÑOS 2008 AL 2013

STEFANNY ANGEL PINEDA
JORGE ANDRES AMAYA HERNANDEZ

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniería Eléctrica

Director:
Ph.D. DIEGO JULIAN RODRIGUEZ PATARROYO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ D. C
2017

A Dios,
por darnos salud, sabiduría y fuerza.
A nuestras familias,
por su amor, ayuda y apoyo incondicional.
A nuestro director de proyecto,
por su ayuda, guía y consejos.
A los compañeros, maestros y directivos,
que aportaron en nuestro camino y formación.
Stefanny Angel Pineda y Jorge A. Amaya Hernández

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____

_____
Firma del presidente del Jurado

_____
Firma del Jurado

_____
Firma del Jurado

Bogotá D.C., _____

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la oportunidad de realizarnos como personas y como profesionales.

A nuestras familias, por los valores que nos inculcaron, por estar siempre a nuestro lado sin dejarnos desfallecer, por su amor y fe en nosotros y nuestros presentes y futuros éxitos.

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por brindarnos la oportunidad de formarnos como personas y profesionales.

A nuestro director de proyecto, Diego J. Rodríguez, por creer en nosotros, por darnos su guía tanto académicamente como en la vida personal, por su confianza y ayuda.

Al profesor Mauricio Gordillo que nos ayudó y apoyó en los momentos más difíciles de nuestra vida académica.

A los docentes, que intervinieron de la mejor manera en muestro proceso de desarrollo como personas y como profesionales.

A mis hermanos Fabián, Iván y Luis por estar siempre a mi lado.

A nuestros amigos dentro y fuera de la Institución que nos apoyaron, aconsejaron y aportaron en nuestras vidas.

RESUMEN

En este trabajo se realiza el estudio estadístico del comportamiento de la radiación solar en Colombia con el objetivo de obtener mapas donde se visualicen el índice de claridad atmosférica (Kt), las variables estadísticas de asimetría y curtosis, separando a Colombia de acuerdo a los tipos de distribución de Badescu (Badescu, 2008) y la escala de Iqbal (Iqbal, 1983), permitiendo observar cuales son las zonas más viables y adecuadas para utilizar sistemas fotovoltaicos, tomando las medidas directas de radiación global de 94 estaciones radiométricas supervisadas por el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) IDEAM (IDEAM, 2014). El piranómetro, es la herramienta de medida del flujo de radiación solar que utilizan las estaciones objeto de este estudio, debido a que son los instrumentos de medición más comunes entre las estaciones en Colombia. Las mediciones están comprendidas en el periodo de tiempo del 1 de Enero del 2008 al 31 de Diciembre de 2013.

Debido al crecimiento y la importancia del uso de energías renovables no convencionales en el país, más específicamente los sistemas solares fotovoltaicos, se hace necesario conocer la viabilidad de la implementación de estos sistemas según el lugar de la instalación, lo cual se puede lograr por modelos matemáticos y estadísticos, entre los cuales se encuentra la escala de Iqbal donde se define el tipo de día basado en Kt (Índice de Claridad Atmosférica) y en momentos estadísticos en las distribuciones de Badescu se puede realizar una clasificación de las curvas de distribución basado en la asimetría y curtosis.

Para realizar el análisis de los datos y obtener los mapas deseados se desarrollan los siguientes pasos: En primer lugar se calculó los valores de la radiación solar extraterrestre (Ho), luego se realizó una adecuación de las mediciones obtenidas de las estaciones radiométricas, debido a que en algunas de ellas no se encontraban los datos por lapsos de tiempo, alterando los valores de la radiación solar terrestre (Hg). Una vez obtenidos los datos de Ho y Hg se calculó el valor del índice de Claridad Atmosférica (Kt). Posterior a esto se hizo un estudio estadístico de los valores y se obtuvieron las diferentes curvas de distribución, y así encontrar los valores de asimetría y curtosis. Cada uno de estos procedimientos se ejecutó para las 94 estaciones objeto de estudio.

Después se implementaron los mapas por medio del software ArcGIS para visualizar el comportamiento de radiación solar terrestre (Hg) y extraterrestre (Ho), índice de claridad atmosférica (Kt), curtosis y asimetría en las estaciones radiométricas y con la técnica de interpolación Kriging se logra estimar los valores de las zonas sin medidas, obteniendo mapas no solo de las estaciones si no de una considerable parte del territorio colombiano.

Por último se realiza una comparación de las estaciones con mayores y menores valores de los diferentes índices en estudio para determinar qué zonas son las más adecuadas para la implementación de los sistemas fotovoltaicos de acuerdo a los mapas obtenidos.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS..... 8

3. MARCO CONCEPTUAL..... 9

4. ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE Y TERRESTRE 17

4.1. CALCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE (Ho) 19

5. ANÁLISIS DEL INDICE DE CLARIDAD ATMOSFERICA Kt 41

5.1. KT PROMEDIO DIARIO 41
5.1. PROMEDIO MULTIANUAL KT..... ¡Error! Marcador no definido.
5.2. KT PROMEDIO MENSUAL ..... ¡Error! Marcador no definido.
5.3. KT PROMEDIO ANUAL 61

6. ANÁLISIS DE CURTOSIS Y ASIMETRÍA..... ¡Error! Marcador no definido.

6.1. ASIMETRIA 70
6.2. CURTOSIS 77
7. CONCLUSIONES..... 88

8. REFERENCIAS..... 92

9. APÉNDICE..... 94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Escala de Iqbal donde se define el tipo de día basado en Kt (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015)..... 12

Tabla 2. Clasificación de las curvas de distribución basada en la asimetría y curtosis. (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015)..... 16

Tabla 3 . Datos de longitud, latitud y altura en Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño)(b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena-Bogotá), (c).. 20

Tabla 4 . Tipo de Kriging utilizado para los mapas..... 25

Tabla 5 Radiación Solar Terrestre Hg Promedio Multianual de todas las Estaciones en Orden de Mayor a Menor..... 38

Tabla 6. Índice de Claridad Atmosférica Kt Promedio Multianual para cada Estación en Orden de Mayor a Menor 51

Tabla 7. Mapas de Kt Promedio para cada mese en Colombia durante el periodo del 2008 al 2013..... 60

Tabla 8. Valores Máximos y Mínimos de Asimetría..... 74

Tabla 9. Valores de Curtosis Máximos y Mínimos..... 80

Tabla 10. Tipo de Distribución para cada Estación Según Badescu..... 86

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Tipos de Distribuciones según su grado de Curtosis. (Martinez, 1997) (Wester, 2000) *13*

Ilustración 2 Estados de la Asimetría (Wester, 2000) (Martinez, 1997) *14*

Ilustración 3 Mapa de Colombia con las 92 Estaciones Radiométricas con Piranómetros como equipo de medición..... *18*

Ilustración 4 Comportamiento con respecto al tiempo, de la Radiación Solar Extraterrestre (Ho) promedio diario de los años 2008 al 2013 de las Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño)(b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), (c)..... *22*

Ilustración 5 Mapa de Radiación Solar Extraterrestre (Ho) Promedio Diario en Colombia... *22*

Ilustración 6 Comportamiento con respecto al tiempo, de la Radiación Solar Terrestre (Hg) promedio diario de los años 2008 al 2013 de las Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c)..... *31*

Ilustración 7.Radiación Solar Terrestre Hg, división de cada mes en tres partes. Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c)...... *33*

Ilustración 8 Radiación Solar Terrestre promedio Hg de todas las estaciones radiométricas en estudio de Colombia, en el periodo de 2008 al 2013...... *35*

Ilustración 9 Mapa de Radiación Solar Terrestre (Hg) Promedio Multianual en Colombia.. *39*

Ilustración 10 Índice de Claridad Atmosférica Kt Promedio diario en el periodo de 2008 al 2013, Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c)..... 43

Ilustración 11 Índice de Claridad Atmosférica Kt, división de cada mes en tres partes. Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c). 45

Ilustración 12. Índice de Claridad atmosférica Kt de todas las estaciones en Colombia en el periodo de 2008 a 2013. 48

Ilustración 13. Mapa de Índice de Claridad Atmosférica de Colombia..... 52

Ilustración 14. Mapa de Porcentaje de error normalizado de Índice de claridad atmosférica 54

Ilustración 15. Índice de Claridad Atmosférica Mensual en el periodo del 2008 al 2013, Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c). 57

Ilustración 16. Índice de Claridad Atmosférica Promedio Anual en el Periodo 2008 al 2013, Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c)..... 63

Ilustración 17. Histograma de Frecuencias y Resumen de Estadística del Índice de Claridad Atmosférica en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) 66

Ilustración 18 . Histograma de Frecuencias del Índice de Claridad atmosférica en el período de 2008 al 2013 en la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño).. 67

Ilustración 19. Histograma de Frecuencias del Índice de Claridad atmosférica en el período de 2008 al 2013 en la estación de Bogotá. 69

Ilustración 20. Valores Máximos y Mínimos del Coeficiente de Asimetría..... 70

Ilustración 21. Mapa de Asimetría en Colombia para el periodo de 2008 al 2013 76

Ilustración 22. Máximo y mínimo. Análisis de Curtosis 78

Ilustración 23. Mapa de Curtosis en Colombia para el periodo de 2008 al 2013 82

1. INTRODUCCIÓN

Debido a los planes de desarrollo y expansión del sistema eléctrico efectuado en Colombia por la (Unidad de Planeamiento Minero Energético) UPME se evidencian diferentes dificultades y problemáticas para la implementación de estos, por diferentes variables como lo son: Poca disposición de pago debido al aumento en los costos de crecimiento del servicio de energía eléctrica, consumo ineficiente de la energía, dudosa permanencia de las soluciones a desarrollar, fallas en la proyección del consumo y utilización de la energía a mediano y largo plazo por los entes territoriales, poca o nula información de los recursos energéticos de las áreas rurales. Lo que hace necesario que se busquen soluciones específicas y particulares, que sean viables técnica y económicamente (UPME, 2014).

La ley 1715 de 2014 la cual habla de:

“promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético”. (UPME, 2014)

Se crea con el fin de disminuir la emisión de CO_2, proveer una solución a la falta de suministro eléctrico en las ZNI (Zonas No Interconectadas), dar alternativas de suministro en épocas de crisis energética (Fenómeno del niño, daños en las generadoras, etc…) y promover el progreso en locaciones de bajos recursos mediante el suministro de energía.

Existen diferentes fuentes de energía, entre las cuales se encuentran las Renovables que se originan de forma imperecedera a escala humana. El sol es el principal origen de la mayoría de las energías renovables debido a que sus radiaciones generan en la Tierra las diferencias de presión que provocan los vientos, fuente de la energía eólica. El sol establece el ciclo del agua, que causa la evaporación, condensación y luego gotas de lluvia. Además del sol deriva la energía hidráulica. Asimismo el sol se utiliza directamente en las energías solares como la térmica y la fotovoltaica. Debido a que el Sol es la fuente primaria de casi todas las energías renovables es necesario conocer su interacción con los mismos desde puntos de vista prácticos, como puede ser a partir de la meteorología la cual estudia los fenómenos atmosféricos, las propiedades de la atmósfera y fundamentalmente la correlación con el tiempo atmosférico y la superficie de la tierra. Esto último es primordial para la selección e implementación de una adecuada fuente de energía.

Mediante las mediciones de variables meteorológicas como vientos, humedad, precipitaciones, presión atmosférica y radiación solar, entre otras, se establece la viabilidad y dimensionamiento de los diferentes sistemas de generación eléctrica a partir de fuentes

renovables no convencionales. Tomando la última variable, la radicación solar, como fuente principal de los Sistemas Fotovoltaicos, los cuales presentan cinco grandes ventajas, las cuales son: No emite CO_2 en su proceso de conversión de energía; su costo ha disminuido en los últimos años, permitiendo que más personas puedan acceder a esta tecnología; es modular, lo cual hace que su instalación se puede realizar sobre los tejados de las instalaciones donde se consume; generación distribuida, ya que tiene la capacidad de generar y consumir la energía en el mismo lugar, evitando perdidas de transporte; Y al ser el sol su fuente de generación, se podría identificar como un recurso casi inagotable. (REVE, 2012)

El objetivo central de este trabajo es estudiar el comportamiento de la radiación solar en el territorio colombiano, obteniendo mapas que visualicen las zonas adecuadas para la implementación de sistemas fotovoltaicos tomando como referencia los índices de claridad atmosférica, asimetría y curtosis. Por esto es necesario conocer el concepto de radiación solar, que es la emisión del sol al exterior a través de ondas electromagnéticas siguiendo la ley de Planck. La variable que determina la potencia por unidad de área de la radiación solar es la irradiación puesto que no toda la radiación alcanza a llegar a la tierra. Por otro lado, el Índice de Claridad Atmosférica es un valor que se obtiene de la división entre la radiación solar Ho que llega a la parte exterior de la atmósfera y la radiación que llega a la superficie terrestre Hg. Este índice nos permite conocer la cantidad de energía que se disipa y se transforma por el paso de la radiación a través de la atmósfera en diferentes procesos físicos.

También es importante entender la estadística como la ciencia que agrupa, cataloga y recuenta hechos que tienen una determinada característica en común, para con esto llegar a conclusiones a partir de índices o valores numéricos, entre estos están la curtosis, que es una medida que sirve para analizar el grado de concentración que presentan los valores de una variable analizada alrededor de la zona central de la distribución de frecuencias, y la asimetría que es la medida que indica la proporción de la distribución de una variable respecto a la media aritmética. El coeficiente de Asimetría indica si hay el mismo número de datos (tomando como referencia el promedio) negativos (a la izquierda) y positivos (a la derecha) del promedio. Teniendo en cuenta que lo que se busca es la viabilidad de la implementación de sistemas fotovoltaicos, es necesario entender que son un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica.

Este análisis se realizó tomando como referencia las mediciones directas de radiación solar por hora obtenidas de las estaciones radiométricas en el territorio colombiano pertenecientes al (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) IDEAM (IDEAM, 2014): 94 estaciones en total, que son las estaciones radiométricas que toman las medidas con el piranómetro para medir la radiación solar, debido a que son los instrumentos de medición más comunes. Estos datos se adecuaron, se efectuaran análisis estadísticos para así poder dividir la región de Colombia en la escala de Iqbal (Iqbal, 1983)

y Badescu (Badescu, 2008). Todo esto con el fin de obtener mapas de Colombia donde se evidencien, según estos índices, la viabilidad y dimensionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos por regiones, lo cual facilitara la selección y valoración de la ejecución de sistemas fotovoltaicos por las diferentes regiones del país.

A continuación se describe de manera breve el contenido de este proyecto de grado:

En el capítulo 1 se mostrará la introducción al trabajo, explicando la importancia del mismo y la consideración de las energías renovables.

En el capítulo 2 se plantean el objetivo general y los objetivos específicos que se buscan cumplir con este estudio estadístico de la radicación en Colombia.

En el capítulo 3 se explicarán los conceptos necesarios para el desarrollo de este proyecto de grado, como radiación solar, declinación, ángulo horario, radiación solar extraterrestre, radiación terrestre, índice de claridad atmosférica, asimetría y curtosis. Esto para que se entienda de una forma más sencilla el proceso y el objetivo del trabajo.

En el capítulo 4 Se hará el análisis matemático y estadístico de la Radiación Solar Terrestre y Extraterrestre, en cada una de las estaciones, dando a conocer el procedimiento para la obtención de las mismas. Se obtendrán graficas del comportamiento y los mapas que son

el objeto de este trabajo, para visualizar las regiones y el comportamiento de la radiación en estas.

En el capítulo 5 se describirá el procedimiento para el cálculo del Índice de Claridad Atmosférica. También se mostrará el análisis matemático y estadístico que se realizó en cada una de las estaciones, de las cuales se escogieron tres de estas como ejemplo: Estación Las Flores HB en Barranquilla, por ser la estación que tiene los valores más altos de Radiación Solar Terrestre e Índice de Claridad; Estación Cerro Páramo Puerres en Nariño, por ser la estación que tiene los valores más bajos de Radiación Solar Terrestre e Índice de Claridad y por último la Estación Ciudad Bolívar en Sierra Morena, Bogotá, para conocer también el comportamiento de estos en la ciudad de Bogotá. Se demostrará el paso a paso de los diferentes cálculos y procedimientos que se realizaron a cada una de las mediciones obtenidas de las estaciones. Se presentarán los mapas objeto de esta trabajo, desarrollados en el Software ArcGis, donde se muestran las distribuciones del Índice de Claridad Atmosférica promedio diario, promedio mensual, promedio anual y promedio multianual.

En el capítulo 6 se presentará el análisis estadístico de los índices de Asimetría y Curtosis de las distribuciones obtenidas de los cálculos del capítulo anterior para las estaciones objeto de este trabajo. Como en el capítulo anterior, se enseñarán las mismas tres estaciones como ejemplo, debido a que son las estaciones con los valores máximos y mínimos de los índices desarrollados y la estación de Bogotá por ser la capital del país. Se expondrá el paso a paso del procedimiento que se realizó a cada una de las estaciones, todo esto con el

objeto de presentar los mapas realizados con el Software ArcGis, en los que se plasman por zonas los valores de Asimetría y Curtosis en Colombia.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento de la radiación solar sobre el territorio colombiano, mediante mapas acorde a las zonas de Badescu y la escala de Iqbal, tomando como referencia los índices de claridad atmosférica, asimetría y curtosis, con el fin de conocer la viabilidad y dimensionamiento en la implementación de sistemas fotovoltaicos.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Caracterizar el comportamiento de la radiación solar en las estaciones radiométricas durante el periodo comprendido del 2008 al 2013, tomando como referencia los índices de claridad atmosférica, asimetría y curtosis.

- Diseñar los mapas de Colombia con la división de acuerdo a las zonas de Badescu y en la escala de Iqbal.

- Identificar las mejores zonas para la implementación de los sistemas fotovoltaicos a partir de los mapas y el análisis estadístico, basado en las zonas de Badescu y en la escala de Iqbal.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. RADIACIÓN SOLAR:

Es el flujo de energía emanada desde el Sol en forma de ondas electromagnéticas por todo el espacio, las cuales se desplazan a la velocidad de la Luz (299.792.458 m/s) (Ministerio de medio ambiente). Está compuesta por un rango de radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia llamado espectro luminoso, el cual va desde el infrarrojo, que son las ondas de menor frecuencia hasta el ultravioleta.

Se presentan dos tipos de radiación solar, la primera (Ho) llamada radiación solar extraterrestre y la segunda (Hg) que es la radiación solar terrestre.

3.2. RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE (HO)

Es la radicación solar diaria que toca horizontalmente la superficie exterior de la atmosfera terrestre. Para calcular su valor se debe tener en cuenta la constante solar, la relación de la distancia sol- tierra que cambia a lo largo del año. Este tipo de radiación se halla a través de la siguiente formula (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015):

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right) I_{sc}\, E_0 \cos(\varphi) \cos(\delta) \left[\sin(w_s) - \left(\frac{\pi}{180}\right) w_s \cos(w_s)\right] \quad (1)$$

Donde:

- Φ: Latitud del lugar donde se tomó la medición.

- δ: Declinación, que es la posición angular del sol al mediodía solar con respecto al plano ecuatorial, en dirección norte su rango de variación es -23.45° ≤ δ ≤ 23.45° se expresa como:

$$\delta = 23{,}45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + n)\right] \qquad (2)$$

Donde n = 1, 2. . . 365 es el número que caracteriza el día del año.

- ω: Ángulo horario, que es el ángulo formado en el polo norte por el cruce entre el meridiano del punto de medición y el meridiano formado por la trayectoria del sol, se expresa de la siguiente manera:

$$w_s = cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \ (3)$$

- ISC: Constante solar, es la energía equivalente del sol, por unidad de tiempo, recibida en una unidad de área de superficie, perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, a media distancia Sol-Tierra, en las afueras de la atmósfera. La constante solar ha sido adoptado como 1,94 cal / cm2 / seg ó 1.367 W / m2 (DUF fi e y Beckman 2006).

- E_0: Es el factor de corrección de la excentricidad de la órbita de la tierra.

3.3. LA RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE (HG)

Es la radiación promedio solar diaria que incide sobre una superficie horizontal en la superficie terrestre (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015). Estos valores son obtenidos principalmente por medición directa a través de piranómetros, aunque estos equipos solo miden irradiancia (W/m^2), se debe tener en cuenta que el valor de la radiación solar terrestre (Hg), es el valor del promedio diario de energía acumulada por unidad de área (Wh/m^2).

3.4. ÍNDICE DE CLARIDAD ATMOSFÉRICA (KT)

Al conocer los valores de radiación solar terrestre y extraterrestre se puede hallar el índice (o coeficiente) de claridad atmosférico (Kt) obteniéndolo a partir de la división entre la radiación solar terrestre Hg y la radicación solar extraterrestre, este índice nos muestra la energía que se pierde o se transforma por el recorrido de la radiación y del paso de esta a través de la atmosfera hasta alcanzar la superficie terrestre. (Forero, Meza, Martinez, Caicedo, & Gordillo, 2008). El índice de claridad atmosférica se da por la siguiente ecuación**:**

$$K_t = \frac{H_g}{H_0} \qquad (4)$$

Según el modelo de estimación solar de Iqbal (Iqbal, 1983) publicado en 1983, se postulan ciertos límites para definir los tipos de días, basado en Kt:

Índice de claridad	**Tipo de Día**
$K_t \geq 0{,}6$	Días Claros
$0.3 < K_t < 0{,}6$	Días parcialmente nublados
$K_t \leq 0.3$	Días Nublados

Tabla 1.Escala de Iqbal donde se define el tipo de día basado en Kt (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015)

Aunque esta división es arbitraria puede ser considerada para definir el tipo de día según el estado de su atmósfera. El modelo de Iqbal es muy similar al de Page y al de Liu-Jordán que busca también hallar la relación entre el promedio mensual diario de radiación difusa y el promedio diario mensual de radiación global recibido en una superficie horizontal. (Sanchez, Castillo, & Mendoza)

3.5. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE DISTRIBUCIÓN

Son valores numéricos calculados de las muestras y que sintetizan información de las mismas. Las medidas de distribución posibilitan determinar la forma en que se aglomeran los datos según su representación gráfica. Las medidas de forma Comparan la apariencia

que tiene la representación gráfica, del histograma o el diagrama de barras de la distribución, con la distribución normal, sus principales medidas son la Asimetría y la Curtosis.

3.5.1. CURTOSIS

La curtosis es una forma de cuantificar la forma del pico comparada con la distribución gaussiana (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015). Este coeficiente establece la cantidad de datos cercanos a la región central de la distribución, de manera que a mayor grado de curtosis, más inclinada será la forma de la curva. La curtosis se puede dividir en tres distribuciones como:

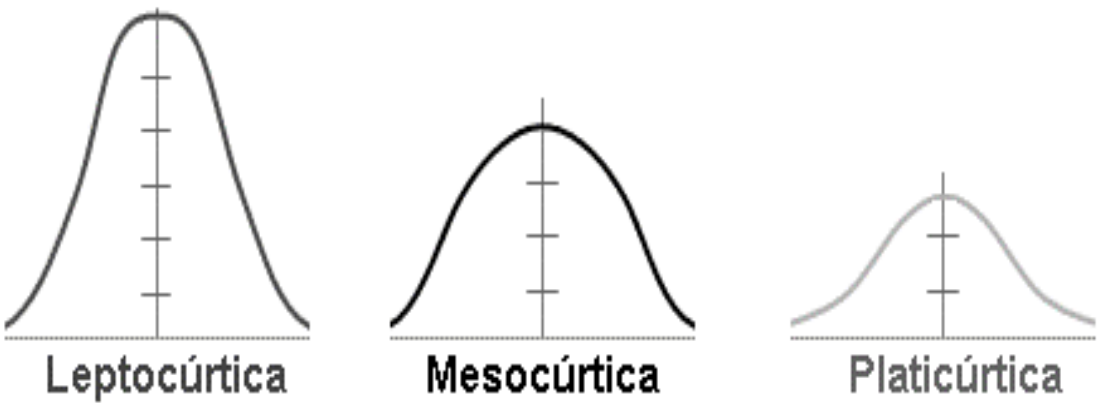


Ilustración 1 Tipos de Distribuciones según su grado de Curtosis. (Martinez, 1997) (Wester, 2000)

La distribución leptocúrtica se da cuando el valor de curtosis es mayor a 0, la distribución es Mesocúrtica cuando el valor de la curtosis es igual a 0 aunque es difícil encontrar una

curtosis igual 0 por lo que se aceptan valores cercanos a (± 0.5 aprox.) y por ultima se tiene la distribución Platicúrtica cuando el valor de curtosis es menor a 0.

3.5.2. LA ASIMETRÍA

La asimetría cuantifica el grado de simetría de una distribución (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015), posibilita identificar si los datos se aglomeran de forma uniforme alrededor del eje central. La asimetría se separa en tres estados dependiendo de la distribución de los datos de la siguiente manera:

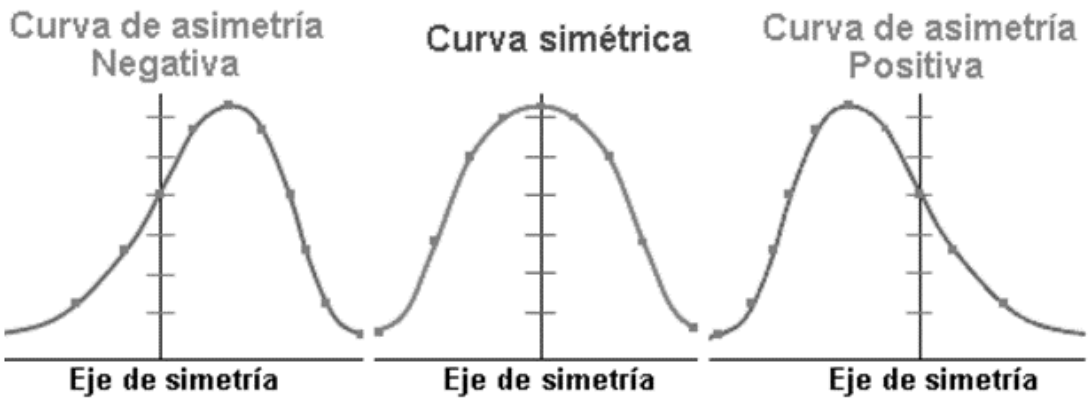


Ilustración 2 Estados de la Asimetría (Wester, 2000) (Martinez, 1997)

La curva es asimétricamente positiva cuando la gran cantidad de datos se tienden a reunir más en la parte izquierda de la media, la curva es Simétrica cuando los datos se distribuyen aproximadamente en la misma cantidad de valores en ambos lados de la media, este valor es difícil de obtener por lo cual se tiende a tomar valores cercanos, ya sean positivos o negativos (± 0.5) y la curva es asimétricamente negativa cuando la mayor parte de los datos tienden a reunir más en la parte derecha de la media. (Martinez, 1997) (Wester, 2000)

Basado en estos momentos estadísticos de las distribuciones Badescu (Badescu, 2008) propone la siguiente escala:

Distribución tipo	**Curva de distribución**	**Asimetría**	**Curtosis**
I	Normal	$-0{,}4 < A_s < 0{,}4$	$-0{,}8 < K < 0{,}8$
II	Casi normal con cola positiva	$A_s \geq 0{,}4$	$K \leq -0{,}8$
III	Pico estrecho con cola positiva	$A_s \geq 0{,}4$	$K \geq 0{,}8$
IV	Casi normal con cola negativa	$A_s \leq -0{,}4$	$-0{,}8 < K < 0{,}8$
V	Pico estrecho con cola negativa	$A_s \leq -0{,}4$	$K \geq 0{,}8$

VI	Bimodal, simétrica con pico plano	$-0{,}4 < A_s < 0{,}4$	$K \leq -0{,}8$

Tabla 2. Clasificación de las curvas de distribución basada en la asimetría y curtosis. (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015)

Los tipos de distribución según la escala anterior más convenientes para los sistemas de transformación de energía solar, en orden descendente son: V> III> IV> I> VI y II. Este orden se escoge de acuerdo al tipo de distribución de los datos, dado que si los valores son muy cercanos entre ellos, la curva de distribución es de forma angosta, lo demuestra que es un comportamiento óptimo, mostrando que durante el tiempo de estudio de la Radiación Solar, esta presenta un valor muy constante en sus datos. Cabe aclarar que la intensidad de la irradiación solar media en un sitio, ya sea global o directa, es el parámetro más común en el diseño de un sistema de conversión solar, pero la distribución de la intensidad de irradiación es también un parámetro relevante en el dimensionamiento. (Rodriguez Patarroyo, Hernandez, & Simbaqueva, 2015).

4. ANÁLISIS DE RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE Y TERRESTRE

En este capítulo se realiza la adecuación de los valores de radiación extraterrestre y radiación terrestre en Colombia, partiendo de las ecuaciones vistas en el capítulo anterior y la ubicación de las estaciones objeto de estudio.

Debido a que se van a realizar cálculos para locaciones específicas, en la Ilustración 3 se observa el mapa de Colombia con la ubicación de las 94 estaciones radiométricas, las cuales toman la medición a través de piranómetros. Estas estaciones son el objeto de estudio en este trabajo. Se identifica que en la parte occidental del país no hay estaciones radiométricas con piranómetros, por lo cual no se tendrá en cuenta inicialmente.

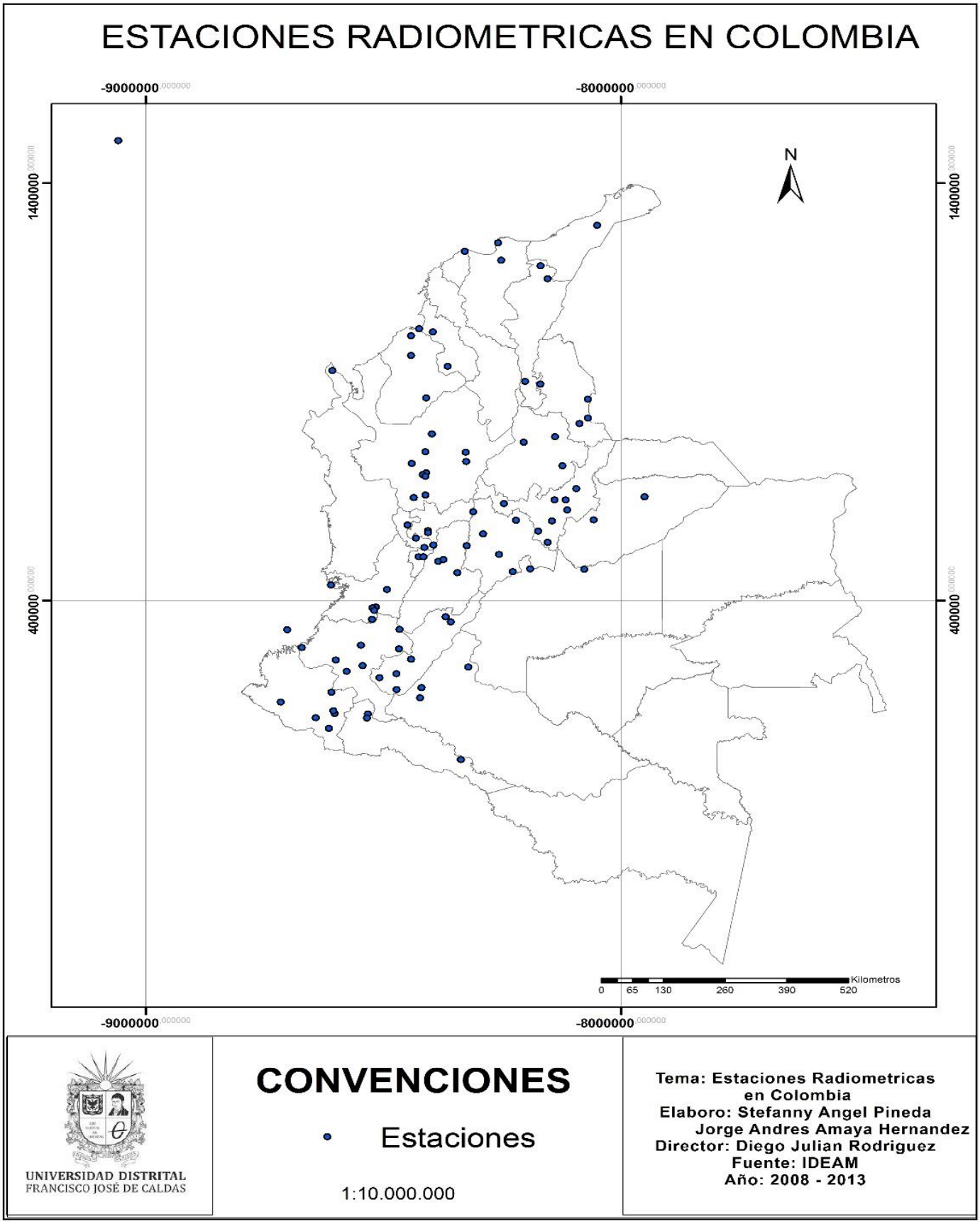


Ilustración 3 Mapa de Colombia con las 92 Estaciones Radiométricas con Piranómetros como equipo de medición.

4.1. CALCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE (Ho)

La radiación extraterrestre es aquella que se toma en la capa externa de la atmosfera, como se nombró anteriormente, este valor se debe calcular a partir de la ecuación (1) con la latitud de cada una de las estaciones radiométricas objeto de este estudio. Para simplificar la obtención de los datos se implementó el desarrollo de la ecuación (1) con el software MATLAB.

Esta ecuación toma la latitud de cada estación y devuelve el valor diario de Ho para cada una de ellas. En el Anexo 1, se muestra la tabla donde están los valores de Ho para cada estación.

Paso siguiente a la obtención de los valores de Ho, se realizaron gráficas para cada una de las estaciones donde se muestra el comportamiento de Ho en cada estación. Se escogió tres estaciones como ejemplo, la Estación Las Flores HB en Barranquilla, por ser la estación que presenta los valores más altos de Radiación Solar, la Estación Cerro Páramo Puerres en Nariño, por ser la estación que muestra los valores más bajos de radiación solar y por último la Estación Ciudad Bolívar en Sierra Morena, Bogotá para conocer el comportamiento en la capital del país, esto con el fin de realizar una comparación entre estaciones ubicadas en diferentes alturas sobre el nivel del mar.

ESTACIÓN LAS FLORES (BARRANQUILLA)	
LATITUD :	11.04
LONGITUD :	-74.82
ALTURA :	2

(a)

ESTACION CERRO PARAMO PUERRES (NARINO)	
LATITUD :	0.84
LONGITUD :	-77.39
ALTURA :	3577

(b)

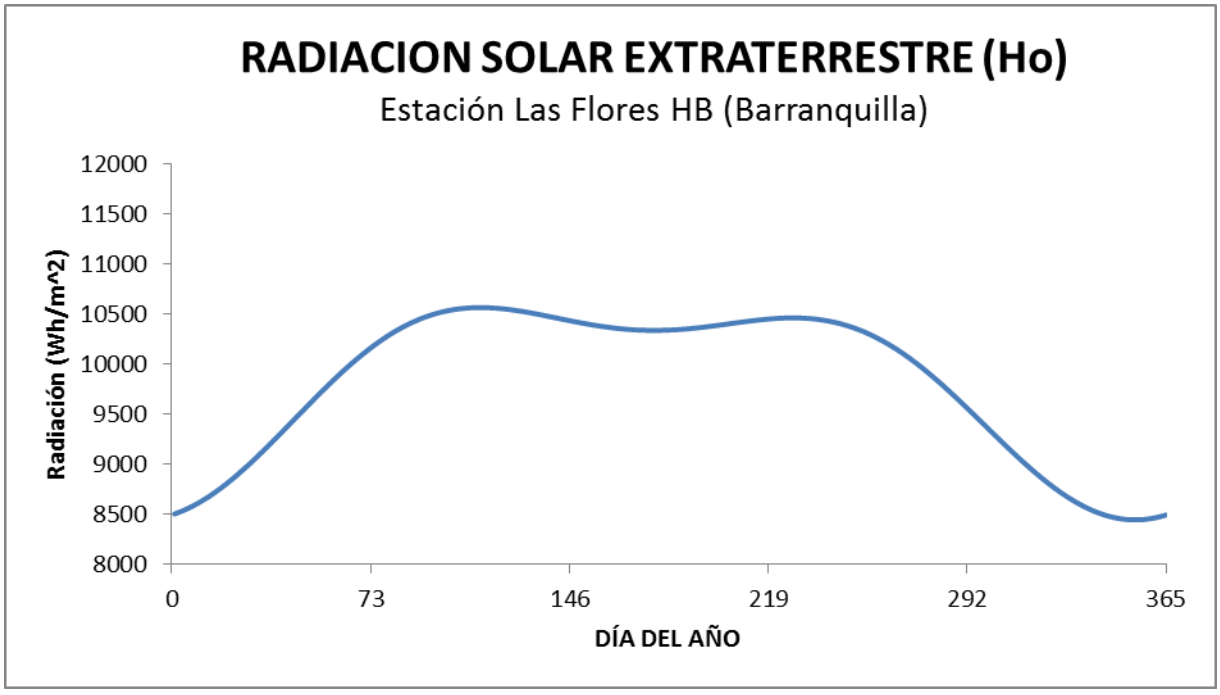
ESTACIÓN CIUDAD BOLIVAR (SIERRA MORENA)	
LATITUD :	4,58°
LONGITUD :	-74,17°
ALTURA :	2548

(c)

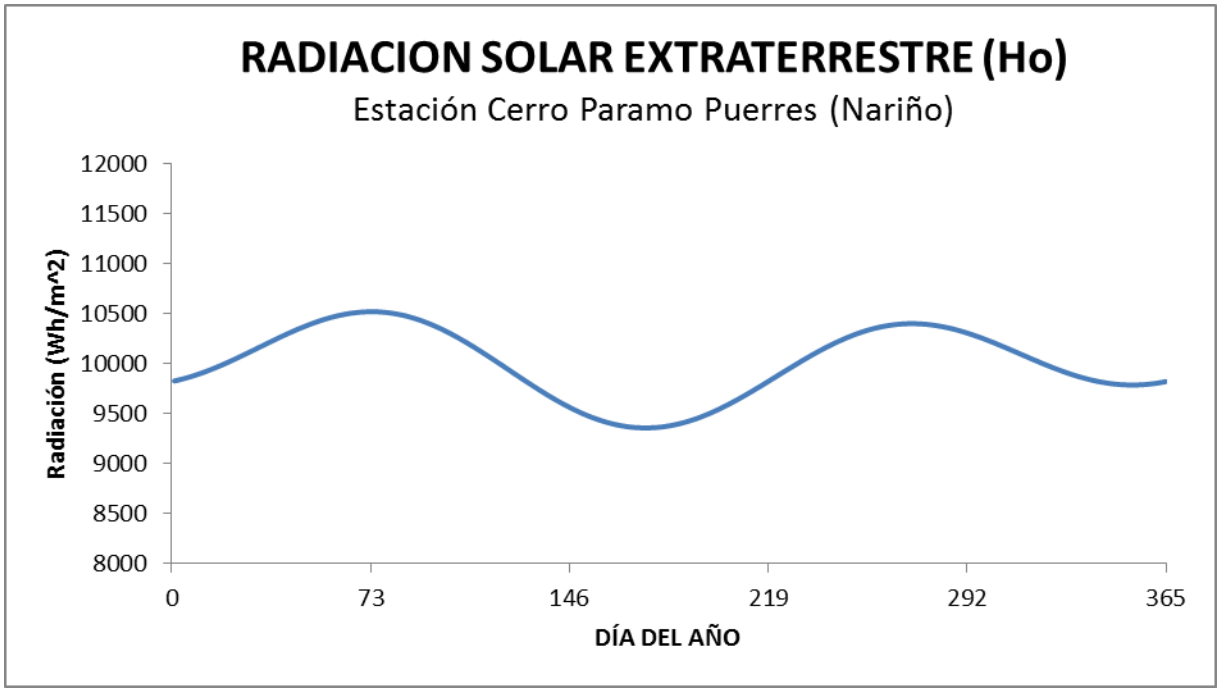
Tabla 3 . Datos de longitud, latitud y altura en Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño)(b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), (c).

En la Tabla 3 están los valores de latitud, longitud y altura de las estaciones: Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c). Estos datos son necesarios para calcular el valor de Ho en cada una de ellas teniendo en cuenta la ecuación (1).

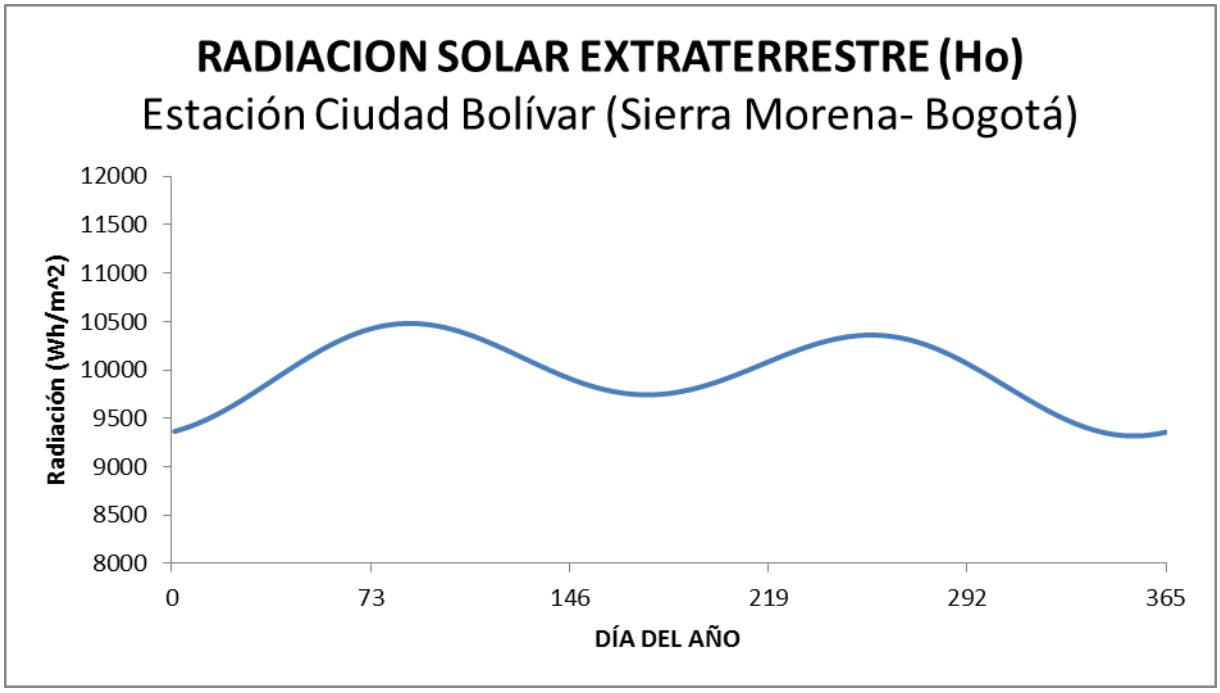
En las la Ilustración 4 se muestran las distribuciones del comportamiento de Ho promedio diario de la Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c), respectivamente.


RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE (Ho)
Estación Las Flores HB (Barranquilla)
Radiación (Wh/m^2)
12000
11500
11000
10500
10000
9500
9000
8500
8000
0
73
146
219
292
365
DÍA DEL AÑO

(a)


RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE (Ho)
Estación Cerro Paramo Puerres (Nariño)
Radiación (Wh/m^2)
12000
11500
11000
10500
10000
9500
9000
8500
8000
0
73
146
219
292
365
DÍA DEL AÑO

(b)



(c)

Ilustración 4 Comportamiento con respecto al tiempo, de la Radiación Solar Extraterrestre (Ho) promedio diario de los años 2008 al 2013 de las Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño)(b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), (c).

Como se observa en la Ilustración 4.a, la Radiación Solar Extraterrestre (Ho) en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) posee un comportamiento más constante en el periodo comprendido entre finales de Marzo a mediados de Septiembre, pero a principios y finales de año presenta valores bajos. Esto hace que su valor de Radiación Solar extraterrestre (Ho) promedio sea de 9818,17 Wh/m^2 , en comparación con la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) que presenta un valor de Ho promedio de 10004,49 Wh/m^2 mostrando valores altos en Marzo y Octubre y los valores bajos entre finales de Junio y principios de Julio. La Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), Ilustración 4b, presenta un valor de Ho promedio de 9969,41 Wh/m^2 y una variación de valores de Ho no tan significativos en el transcurso del año. Estos valores promedios concuerdan con la ecuación (1), del

cálculo de Ho: al estar la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) más cerca del paralelo del Ecuador su valor de Ho promedio es mayor que en la Estación Las Flores HB y Sierra Morena.

A partir de los valores calculados de Ho para cada estación, se implementó un mapa con el Software Arcgis 10.3 utilizando la herramienta de interpolación Kriging, donde se muestran en el mapa de Colombia. La interpolación realizada se basa en los parámetros y conclusiones obtenidas en el estudio **"Mapa de Radiación Solar para la Sabana de Bogotá Mediante Interpolación Estadística"** (Aldana, 2015)**.** El método de kriging es la interpolación de datos teniendo como objetivo analizar la distribución de los datos suponiendo que se ajustan a una distribución normal, debido a que en la realidad los datos no tiene un comportamiento que se asemeje a una distribución normal lo que se hace es aplicar a los datos una transformación ya se lineal, logarítmica, etc. Esto para que ayude a que los datos tengan una distribución lo más cerca de una distribución gausiana. A partir de (Aldana, 2015):

"La exploración de las propiedades estadísticas y espaciales del conjunto de datos realizada mediante ArcGIS, dio cuenta que aplicando una transformación logarítmica a los registros, éstos se ajustaban a una distribución aproximadamente normal. De la misma, forma se logró evidenciar que existe correlación entre ellos y por lo tanto es válido aplicar un método de interpolación estadística. (Aldana, 2015)

A partir del estudio y evaluación de las variaciones del método Kriging disponibles en ArcGIS (Ordinario, Simple y Universal), se determinó que la configuración más adecuada para la obtención de los mapas de radiación solar corresponde a Kriging Ordinario. Los mapas obtenidos mediante Este método cumplieron satisfactoriamente los criterios de evaluación estadísticos y climatológicos de la región de estudio, por lo tanto representan la realidad del territorio". (Aldana, 2015)

Y siguiendo estos criterios:

Criterios estadísticos.

Antes de producir la superficie final, el Asistente Geoestadístico realiza la validación cruzada. Esto se hace con el objetivo de determinar la calidad del modelo aplicado y seleccionar el que ofrezca las mejores predicciones. Los criterios estadísticos que permiten cuantificar la eficacia del modelo son (Aldana, 2015)*:*

Criterio 1. Promedio estandarizado cercano a cero

Criterio 2. Raíz media cuadrática pequeña

Criterio 3. Promedio estándar cercano a la raíz media cuadrática

Criterio 4. Raíz media cuadrática estandarizada cercana a uno". (Aldana, 2015)

gracias a que con estas medidas se obtiene un análisis estadístico acorde para este tipo de datos.

ANEXO 4: RESULTADO Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS INTERPOLACIONES POSIBLES PARA KRIGING ORDINARIO

STEP 2 OF 6_METHOD PROPERTIES					STEP 3 OF 6	STEP 4 OF 6						STEP 5	STEP 6 OF 6_CROSS VALIDATION				
			Dataset #1		General Properties	General	Model #1		View Settings			OF 6	Prediction Errors				
#	Kriging Type	Output Type	Transformation type	Order of trend removal	Exploratory Trend Surface Analysis	Variable	Type	Anisotropy	Show search direction	Angle	Tolerance	None	Mean	2. Root-Mean-Square	3. Mean Standardized	4. Root-Mean-Square Standardized	5. Average Standard Error
1	Ordinary	Prediction	Log	Second	0	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,3	62,1		4,115	902,022	-0,13709	1,573	795,504
2	Ordinary	Prediction	Log	First	0	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	25,6	68,1		-31,895	959,282	-0,0659	0,986	1016,42
3	Ordinary	Prediction	Log	Third	0	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,5	75,3		557,528	3245,83	-0,654	3,4602	1079,671
10	Ordinary	Prediction	Log	Constant	0	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	22	57,2		-80,49	1050,902	-0,1338	1,119	990,5681
1,1	Ordinary	Prediction	Log	Second	20	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,1	77,7		44,037	1249,985	-0,384	2,596	685,495
1,2	Ordinary	Prediction	Log	Second	40	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,5	72,3		163,125	1664,286	-0,544	3,782	693,825
1,3	Ordinary	Prediction	Log	Second	60	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,6	72		998,864	5647,871	-11,054	50,186	1013,369
1,4	Ordinary	Prediction	Log	Second	80	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,2	71,5		1119,777	6351,795	-16,433	74,201	849,88
1,5	Ordinary	Prediction	Log	Second	100	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	50,1	70,7		1355,823	7829,095	-25,1209	112,962	793,796
3,1	Ordinary	Prediction	Log	Third	20	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,1	77,2		3931,96	19186,51	-0,9806	6,515	3379,659
3,2	Ordinary	Prediction	Log	Third	40	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,1	73,7		3693,908	18048,83	-1,1874	7,4008	2896,75
3,3	Ordinary	Prediction	Log	Third	60	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,3	71,3		1836,726	9421,879	-2,20367,2	1056821	1428,703
3,4	Ordinary	Prediction	Log	Third	80	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,7	76,9		1,72E+18	8,24E+18	-1,21E+82	5,81E+82	9,85E+17
3,5	Ordinary	Prediction	Log	Third	100	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48	70		93492,66	391154,1	-3,22E+83	1,55E+83	17943,4
10,1	Ordinary	Prediction	Log	Constant	20	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	12,6	58,4		-79,9191	970,677	-0,122	1,1108	895,588
10,2	Ordinary	Prediction	Log	Constant	40	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,9	60,1		-74,46	941,296	-0,1475	1,3895	706,488
10,3	Ordinary	Prediction	Log	Constant	60	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	49,8	67,5		-86,404	903,082	-0,237	2,1003	481,381
10,4	Ordinary	Prediction	Log	Constant	80	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	49	75		-58,373	910,957	-0,3312	3,368	299,9246
10,5	Ordinary	Prediction	Log	Constant	100	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,3	69,9		-37,764	941,7273	-0,5754	6,0073	178,723
2,1	Ordinary	Prediction	Log	First	20	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48,1	77,8		-31,99	905,07	-0,0749	1,3021	741,97
2,2	Ordinary	Prediction	Log	First	40	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,5	79,7		-17,752	919,126	-0,1076	1,696	623,569
2,3	Ordinary	Prediction	Log	First	60	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	46,8	76,3		1,196	977,5502	-0,1496	2,237	496,6206
2,4	Ordinary	Prediction	Log	First	80	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	47,2	79,9		12,422	1104,735	-0,3906	3,595	356,522
2,5	Ordinary	Prediction	Log	First	100	Semivariogram	Spherical	TRUE	TRUE	48	64,3		44,272	1486,835	-1,3432	7,2474	243,625

Tabla 4 . Tipo de Kriging utilizado para los mapas

A continuación se muestran las convenciones válidas para los Anexos 4, 5 y 6.

	Satisface criterio 1
	Satisface criterio 2
	Satisface criterio 3

	Satisface criterio 4
	Satisface todos los criterios

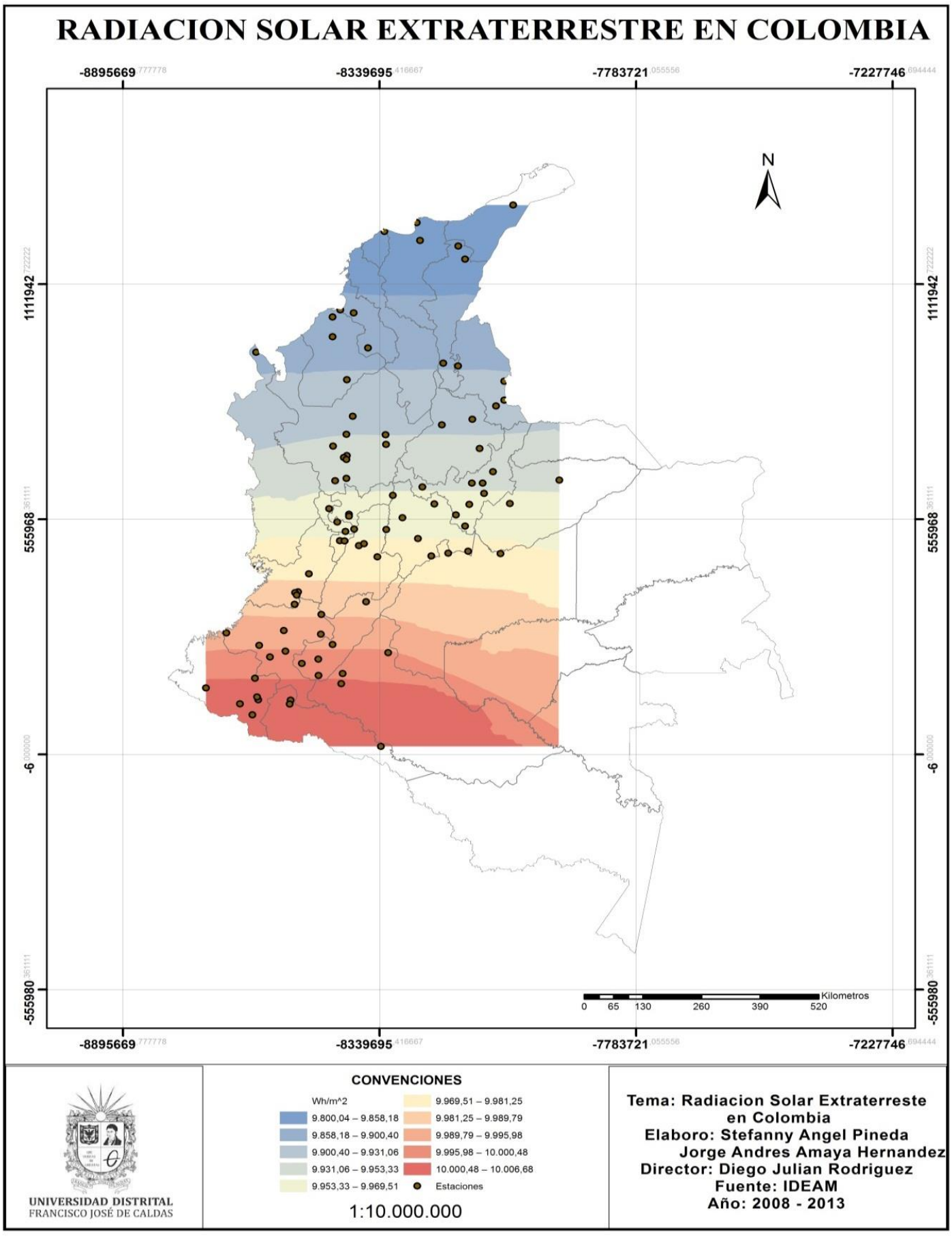


Ilustración 5 Mapa de Radiación Solar Extraterrestre (Ho) Promedio Diario en Colombia

La Ilustración 5 es el resultado de la interpolación realizada por el Software Arcgis 10.3, obteniendo el mapa para Colombia de la Radiación Solar Extraterrestre Promedio Diaria. En este se identifica que la parte que tiene un valor de Ho alto es la zona sur de Colombia, el valor más alto lo presenta la estación Parque Natural La Paya en el Putumayo, con un valor de Ho promedio de 10006,7 Wh/m^2, la cual está de color rojo en el mapa y la estación con el menor valor es la estación de Paici Granja ubicada en Uribía, en la Guajira con un valor promedio 9800,05 Wh/m^2, que en el mapa esta de color azul.

Los valores de Ho en las estaciones foco de este estudio, y por la interpolación que realiza el software, también presenta valores de Ho en las zonas donde no se tienen estaciones de medida, pero con valores que no son exactos ya que por no tener medidas en estos trozos de territorio, la interpolación expone valores con errores muy altos. De esta manera se logra obtener un Atlas de los valores de Ho promedio diario en una porción del territorio colombiano.

4.2. CÁLCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE (Hg)

Las estaciones radiométricas objeto de este estudio pertenecen al (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) IDEAM, el cual facilito la base de datos de las medidas directas de radiación de las 94 estaciones, las cuales son mediciones de

radiación solar terrestre directa hora a hora. Estas mediciones están comprendidas en el periodo de tiempo del 1 de Enero del 2008 al 31 de Diciembre de 2013.

Las mediciones que se tomaron en las estaciones se encontraban en medidas de radiación solar por horas. Se realizó la sumatoria de horas de radiación por días para obtener el promedio de la Radiación Solar Diaria (Hg). Esto se ejecutó en cada estación, para cada año.

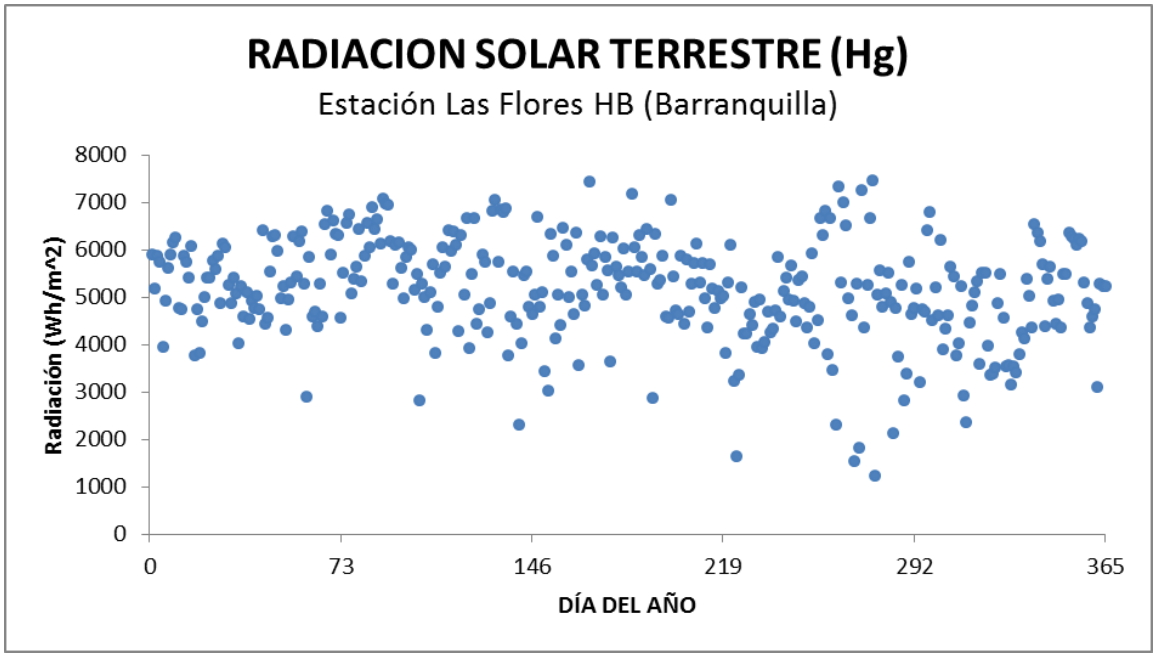
Debido a que no todas las estaciones contaban con las mediciones de todos los días y no todos los años, se establecieron criterios sobre las mediciones para minimizar el porcentaje error en los cálculos. Se establecieron las siguientes pautas de selección de los datos:

- Se eliminaron los datos con valores de radiación solar directa menores a 100 Wh/m^2 o iguales a cero. Esto significa que en esos días no se realizó la medición o hubo algún error en la misma alterando los promedios.

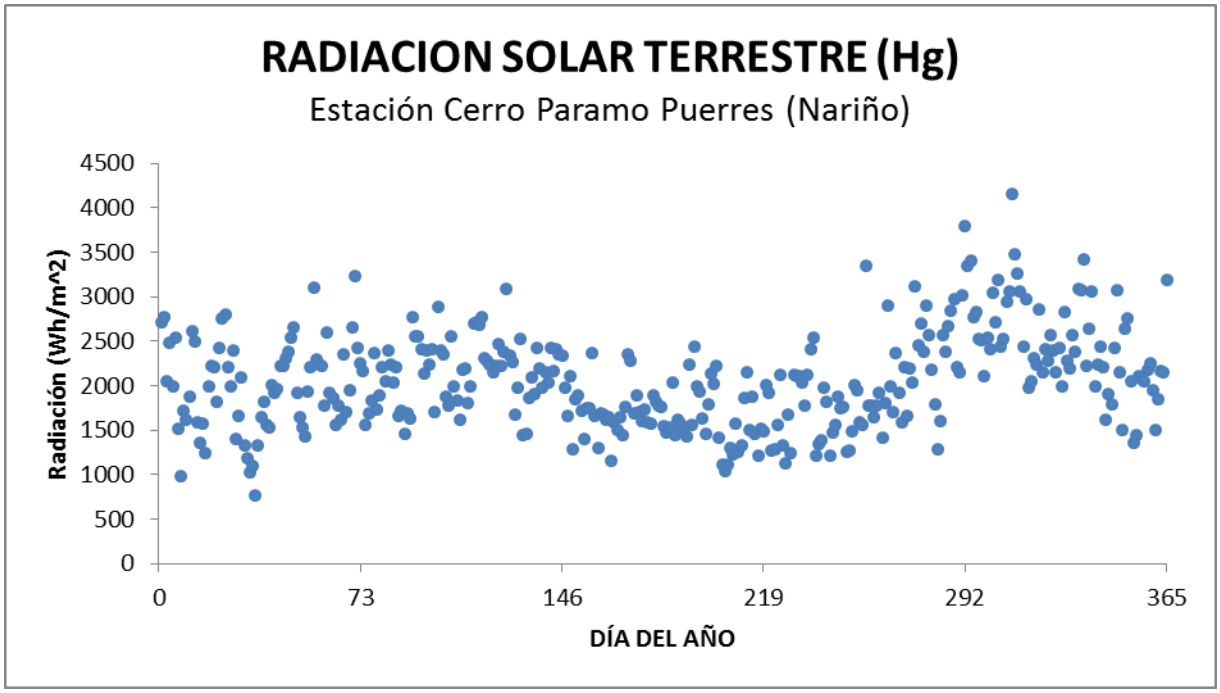
- Si a una estación le faltaba más del 30% de datos de los meses en promedio, la estación no entraba en el estudio, puesto que no posee datos suficientes para el análisis. La estación con esta característica que fue eliminada es Hd Manila, ubicada en el Huila. Esta estación no tenía mediciones en los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre en el periodo del 2008 al 2013.

- Se eliminó del estudio la estación de Providencia en el Archipiélago de San Andrés, debido a que se encuentra lejos del borde costero de Colombia, cambiando así sus condiciones geográficas y también a que no hay más estaciones cerca, provocando que no haya una buena correlación de datos, generando errores considerables.

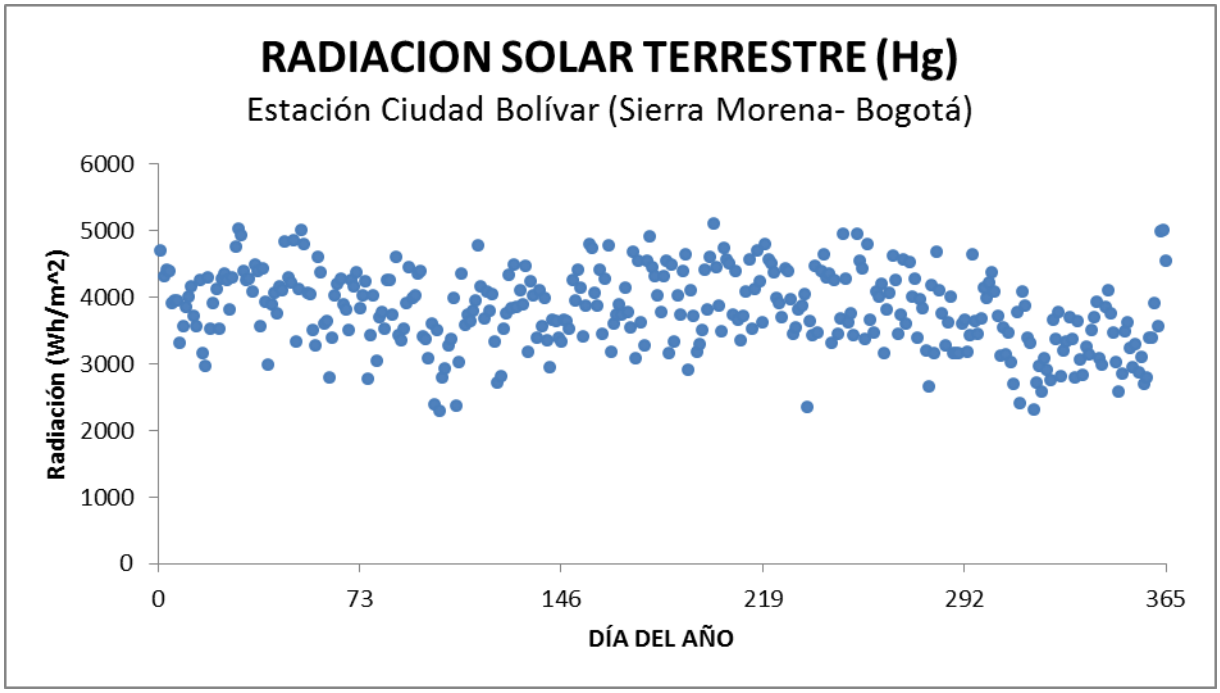
Posterior al procesamiento que se realizó a los datos, y luego de obtener los valores de Radiación Solar Terrestre (Hg) Diaria Promedio del periodo de estudio, se generaron las distribuciones del comportamiento de Hg para cada estación. De igual manera que para la Radiación Solar Extraterrestre, se escogieron las mismas tres estaciones como ejemplo: Estación Las Flores HB (Barranquilla), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena – Bogotá), para mostrar el comportamiento de Hg en estaciones con diferentes condiciones geográficas y con las particularidades de presentar los mayores y menores valores de Radiación Terrestre, para el caso de Las Flores HB y Cerro Puerres respectivamente.


RADIACION SOLAR TERRESTRE (Hg)
Estación Las Flores HB (Barranquilla)
Radiación (Wh/m^2)
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0
73
146
219
292
365
DÍA DEL AÑO

(a)


RADIACION SOLAR TERRESTRE (Hg)
Estación Cerro Paramo Puerres (Nariño)
Radiación (Wh/m^2)
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
73
146
219
292
365
DÍA DEL AÑO

(b)

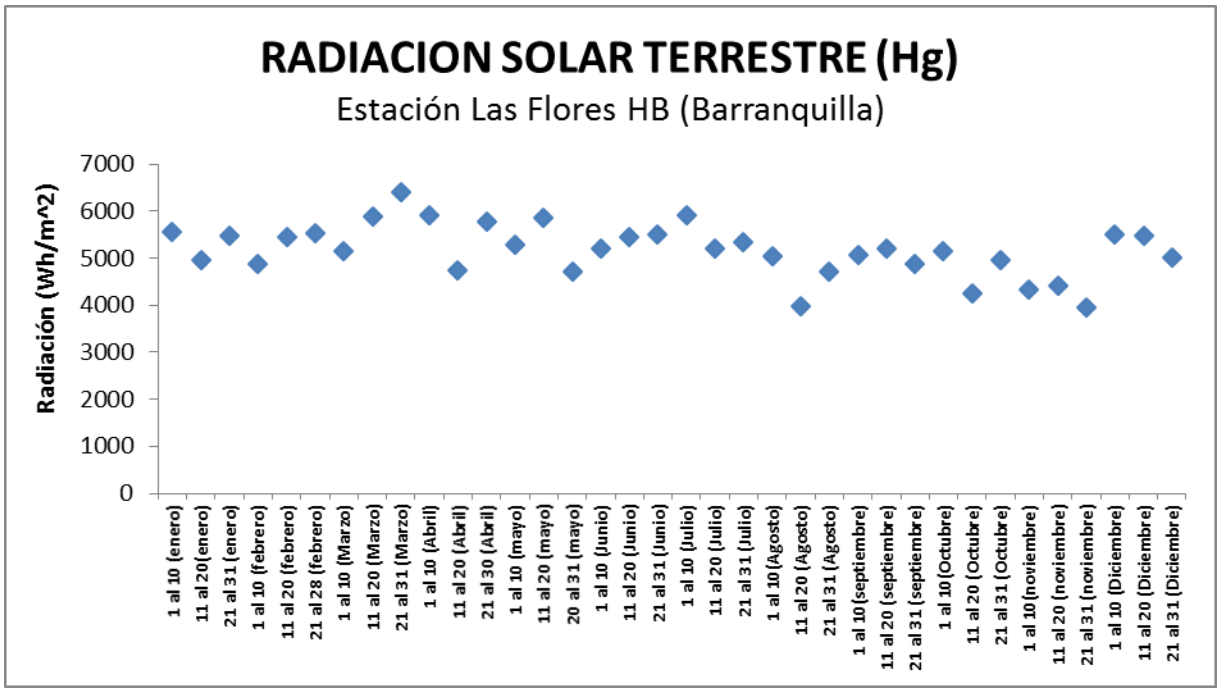


(c)

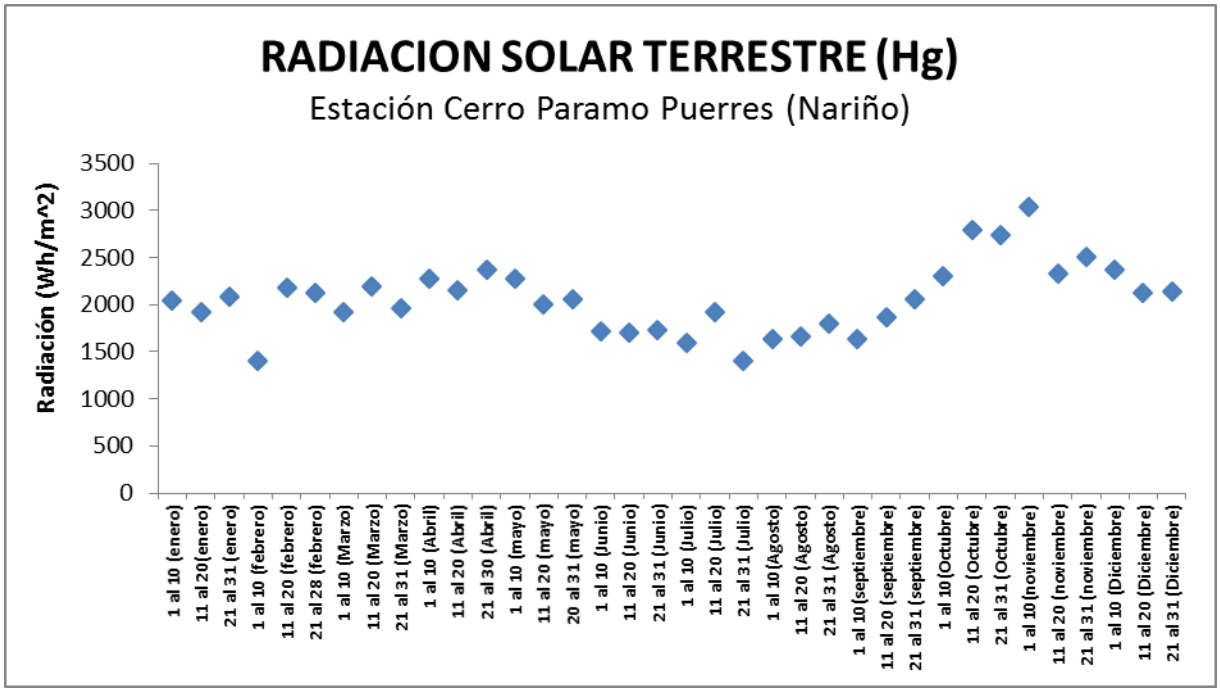
Ilustración 6 Comportamiento con respecto al tiempo, de la Radiación Solar Terrestre (Hg) promedio diario de los años 2008 al 2013 de las Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c).

En la Ilustración 6.a se muestra la distribución del comportamiento de Radiación Solar Terrestre (Hg) promedio diario en el periodo del 2008 al 2013 en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) con un valor de radiación promedio 5170,98 Wh/m^2, en la Ilustración 6.b se observa la distribución de la Radiación Solar Terrestre (Hg) promedio diario en el periodo del 2008 al 2013 en la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño)con un valor de radiación promedio 2055,57 Wh/m^2, y en la Ilustración 6.c se observa la distribución de la Radiación Solar Terrestre (Hg) promedio diario en el periodo del 2008 al 2013 en la Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), con un valor de radiación promedio de 3810,20 Wh/m^2.

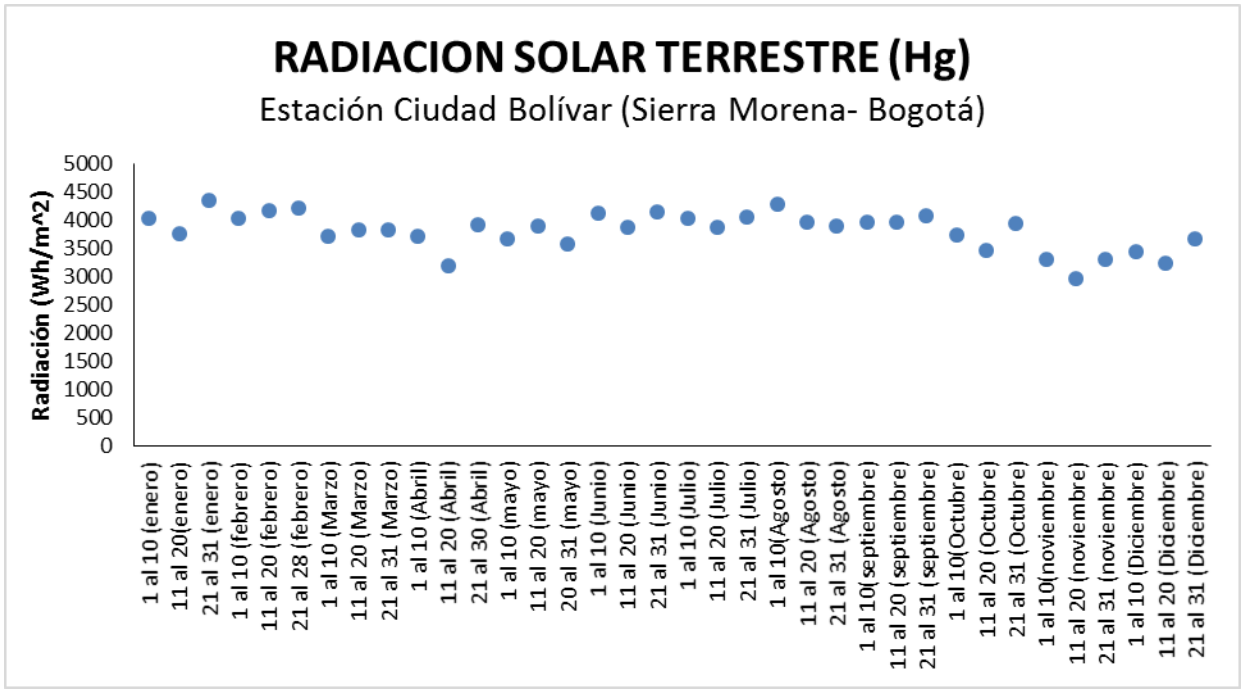
Se procedió a verificar para estos ejemplos, los días del año con mayor radiación solar, tomando divisiones de diez días (dividiendo cada mes en tres columnas):



(a)



(b)



(c)

Ilustración 7.Radiación Solar Terrestre Hg, división de cada mes en tres partes. Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c).

En la Ilustración 7 se observa que el valor de Radiación Solar Extraterrestre más alta en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) está en el periodo entre el 21 al 31 de Marzo con un valor de 6292,09 Wh/m^2. En la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) el periodo con mayor valor de radiación Hg es del 1 al 10 Noviembre con un valor de 2996,36 Wh/m^2 y en la Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) el periodo con mayor valor de Hg es del 21 al 31 de enero con un valor de 4341,61 Wh/m^2.

Se graficó el valor del promedio multianual de la Radiación Solar Terrestre Hg de todas las estaciones, para identificar cuáles son las estaciones que tienen el mayor y menor valor de Hg:

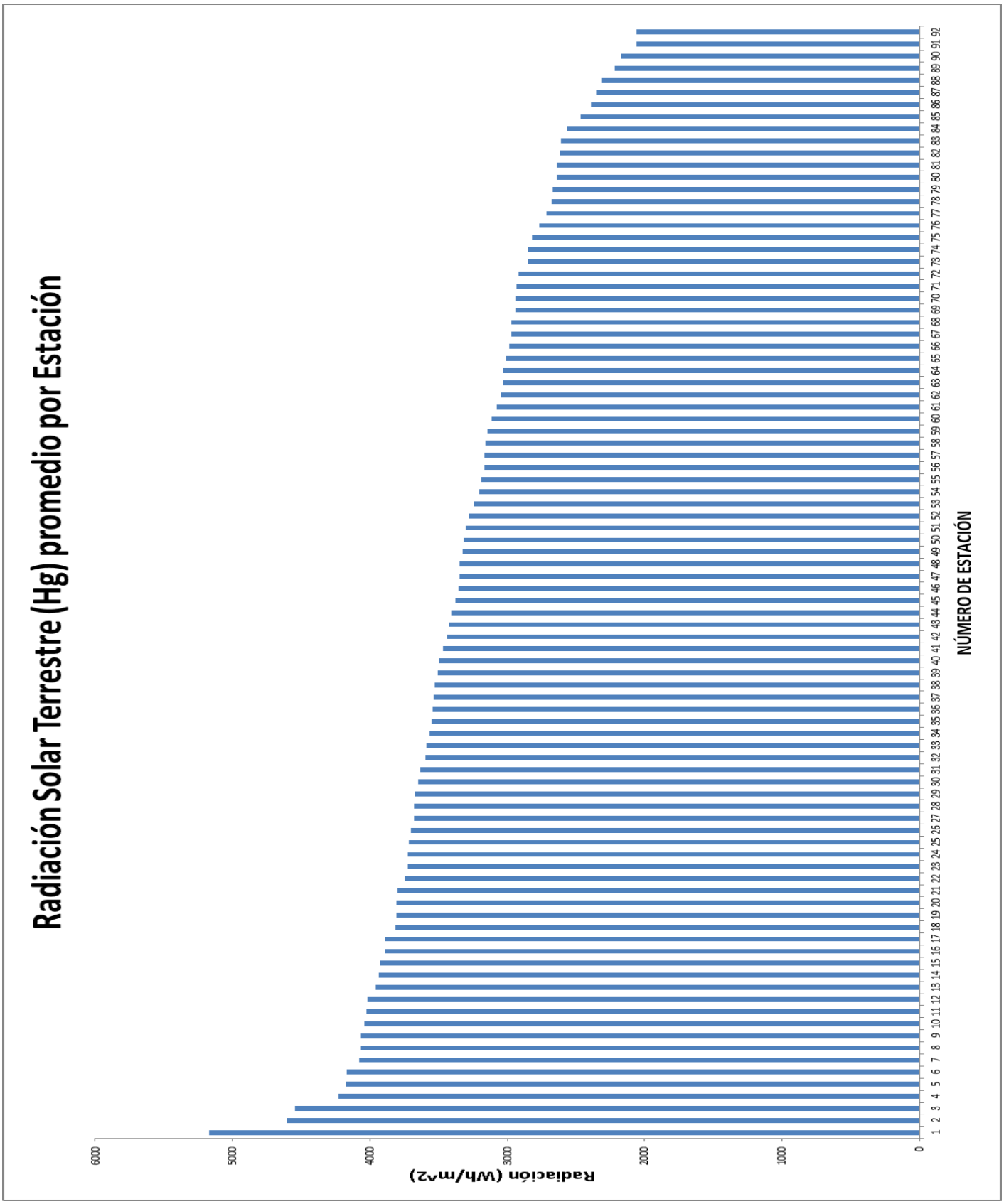


Ilustración 8 Radiación Solar Terrestre promedio Hg de todas las estaciones radiométricas en estudio de Colombia, en el periodo de 2008 al 2013.

No.	ESTACIÓN	Hg (Wh/m^2)
1	__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	5170,981507
2	__Fedearroz_(Valledupar)_HB_(2013)	4603,527808
3	__Granja-Paicí_(Uribía-Guajira)_LB_(2013)	4544,547397
4	__Base_Palanquero_LB_(2013)	4230,549543
5	__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	4179,294658
6	__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	4167,330815
7	__Hacienda_Pajonales_(2013)	4080,504247
8	__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	4072,51863
9	__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	4067,547443
10	__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	4037,015297
11	__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	4024,42517
12	__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	4020,76895
13	__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	3959,149543
14	__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	3938,546932
15	__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	3929,609589
16	__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	3892,91232
17	__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	3889,909726
18	__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	3815,803819
19	__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	3810,205616
20	__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	3809,440363
21	__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	3796,443881
22	__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	3748,166986
23	__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	3724,509635
24	__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	3722,582192
25	__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	3717,85381
26	__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	3697,819178
27	__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	3679,1121
28	__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	3675,515068
29	__Univalle_B_(Cali)_(2013)	3667,680868
30	__Estacion_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	3649,90013
31	__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	3633,171689
32	__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	3597,948858
33	__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	3590,064521
34	__Estacion_Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	3566,600665
35	__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	3549,675616
36	__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	3542,171212
37	__Villanueva_Medellin_H_(2013)	3533,757078
38	__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	3531,444521
39	__La_Boyera_L_(2012)	3508,784338
40	__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	3501,107671

41	__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	3464,05242
42	__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	3438,755936
43	__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	3423,902971
44	__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	3409,143607
45	__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	3375,962968
46	__Nataima_LB_(Tolima)_2013	3355,783883
47	__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	3348,833562
48	__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	3348,092603
49	__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	3325,220274
50	__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	3313,606621
51	__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	3305,274977
52	__La_Laguna-Cajibio_(2011)	3278,665254
53	__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	3243,54242
54	__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	3205,147078
55	__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	3188,915683
56	__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	3166,964384
57	__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	3163,342557
58	__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	3162,388676
59	__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	3144,909224
60	__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	3114,339452
61	__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	3076,960183
62	__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	3045,572648
63	__Inza_(Cauca)_L_(2013)	3031,297626
64	__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	3031,099087
65	__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	3006,948402
66	__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	2987,309132
67	__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	2970,221248
68	__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	2969,889635
69	__Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L_(2013)	2940,469406
70	__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	2940,469406
71	__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	2935,76848
72	__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	2919,522655
73	__Estacion_Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	2851,60405
74	__Purace_(Huila)_LB_(2013)	2851,220896
75	__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	2823,315928
76	__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	2769,664012
77	__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	2711,883562
78	__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	2677,189909
79	__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	2668,241142

80	__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	2642,359315
81	__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	2641,800365
82	__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	2617,10621
83	__La_Plata_L_(Huila)(2013)	2607,773653
84	__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	2560,058265
85	__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	2465,733059
86	__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	2386,739011
87	__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	2352,548209
88	__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	2312,458082
89	__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	2217,581735
90	__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	2174,016621
91	__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	2061,948995
92	__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	2055,57653

Tabla 5 Radiación Solar Terrestre Hg Promedio Multianual de todas las Estaciones en Orden de Mayor a Menor

En la tabla 4 se visualizan las estaciones organizadas de mayor a menor valor de radiación solar terrestre, las mismas se graficaron en la ilustración 8 donde se puede identificar que la estación con mayor valor de Radiación Solar Terrestre Hg es Las Flores HB en Barranquilla, con un valor de 5170,98 Wh/m^2 y la estación con el valor más bajo de Hg es Cerro Páramo Puerres en Nariño con un valor de 2032,92 Wh/m^2.

Al obtener todos los valores de Radiación Solar Terrestre (Hg) Promedio Multianual de todas las estaciones durante el periodo de tiempo en estudio, se procedió de igual manera que con la Radiación Solar Extraterrestre (Ho), a implementar los mapas con el Software ArcGis 10.3, para poder identificar en el territorio colombiano los valores de Hg en las estaciones.

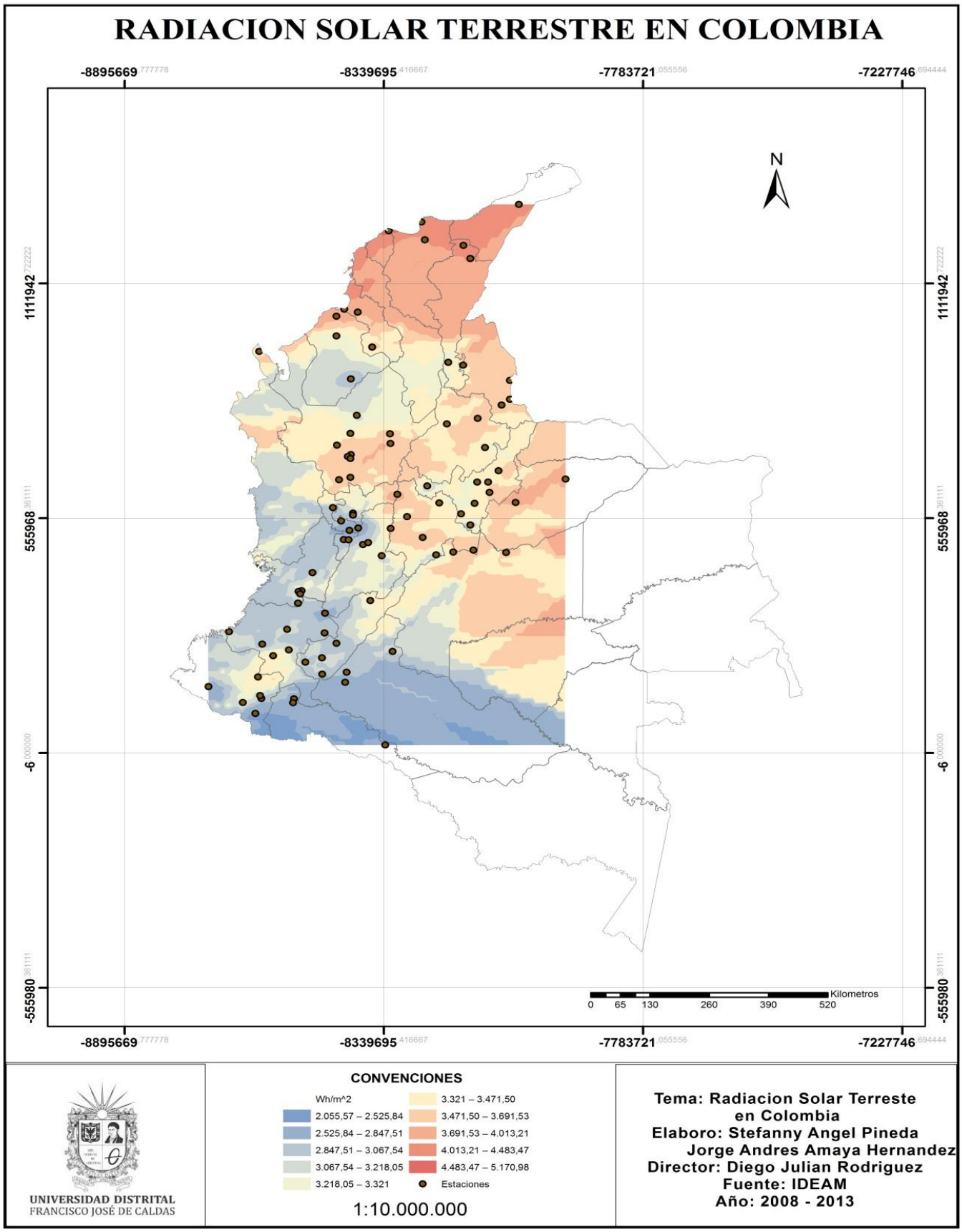


Ilustración 9 Mapa de Radiación Solar Terrestre (Hg) Promedio Multianual en Colombia

En el mapa de la Ilustración 9, se puede identificar que la mayoría de las estaciones con los valores más altos de Radiación Terrestre (Hg), pertenecen a la zona norte del país, entre las cuales están Las Flores HB en Barranquilla, Fedearroz en Valledupar, Granja Paicí en la Guajira y UTM en Santa Marta.

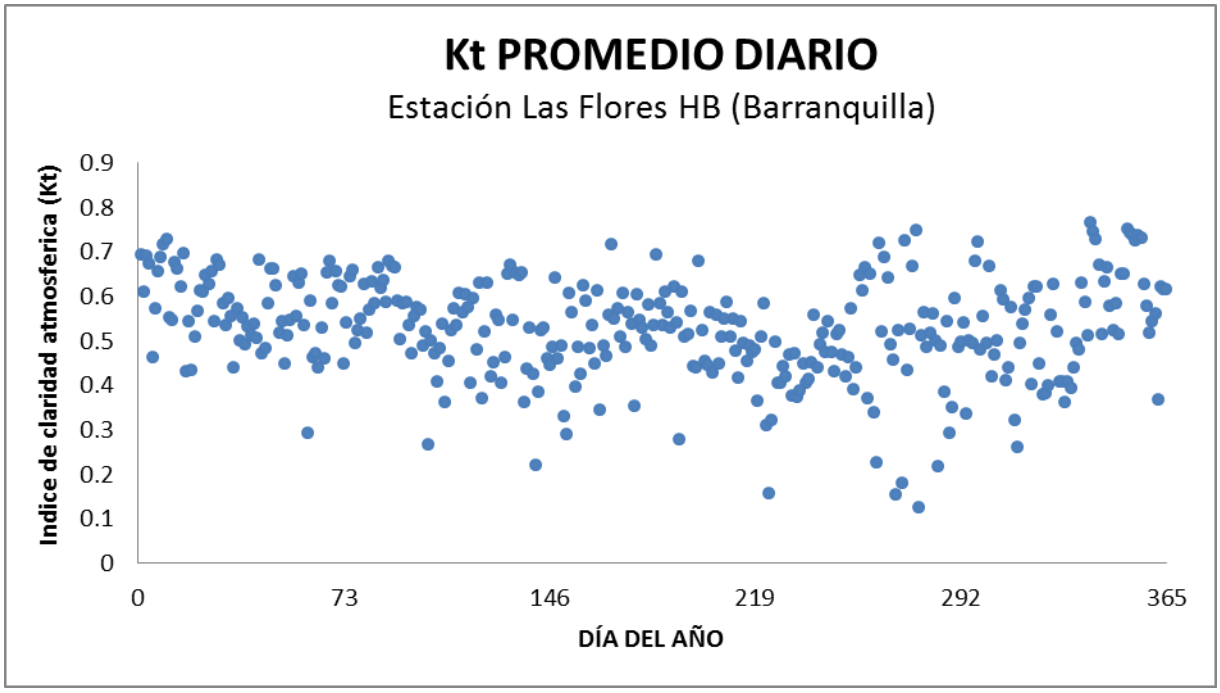
5. ANÁLISIS DEL INDICE DE CLARIDAD ATMOSFERICA Kt

Al obtener los valores de Hg y Ho en cada estación durante el periodo de tiempo en estudio, y de acuerdo a la ecuación (4), se procedió a obtener los valores del Índice de Claridad Atmosférica (Kt). Para visualizar mejor el comportamiento del Kt, se calculó para cada una de las estaciones (94 estaciones), para cada día del año (365 días) y luego se halló el promedio diario, mensual y anual de Kt.

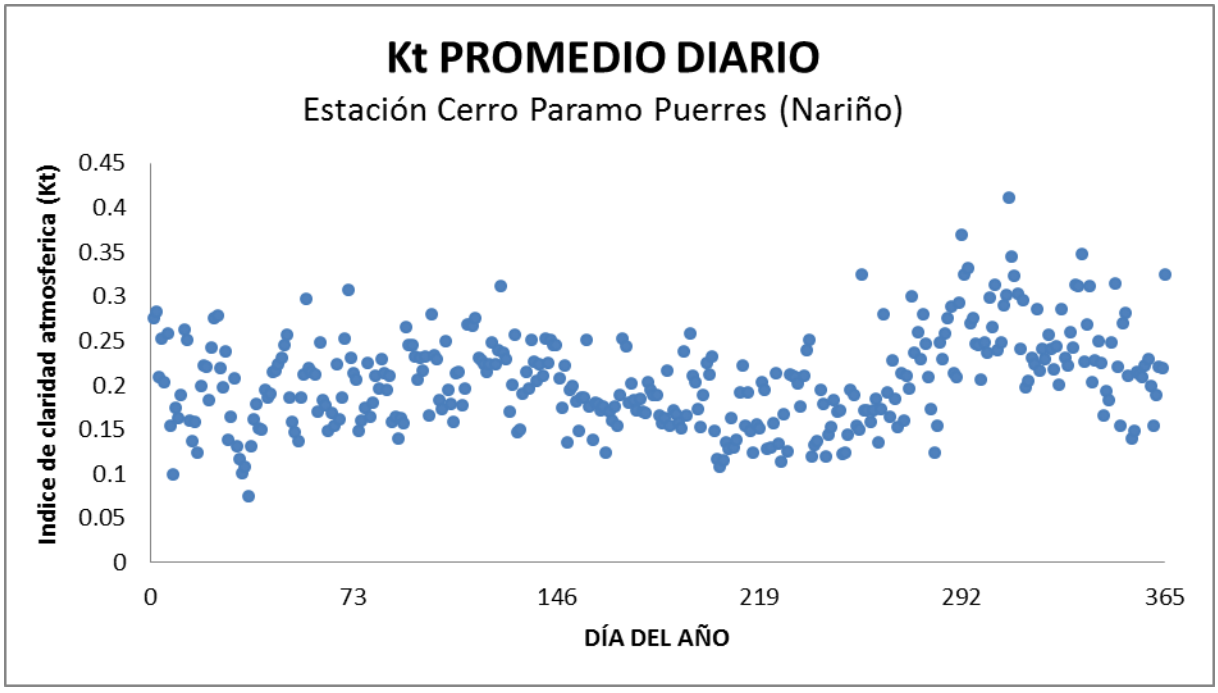
Por medio del Kt se pueden establecer los tipos de días, de acuerdo a la escala que propone Iqbal (Iqbal, 1983) en su modelo de estimación solar, tabla (1). Los valores de Kt y los mapas generados por medio de Arcgis se utilizaran para identificar el tipo de día según Iqbal en el territorio colombiano.

5.1. KT PROMEDIO DIARIO

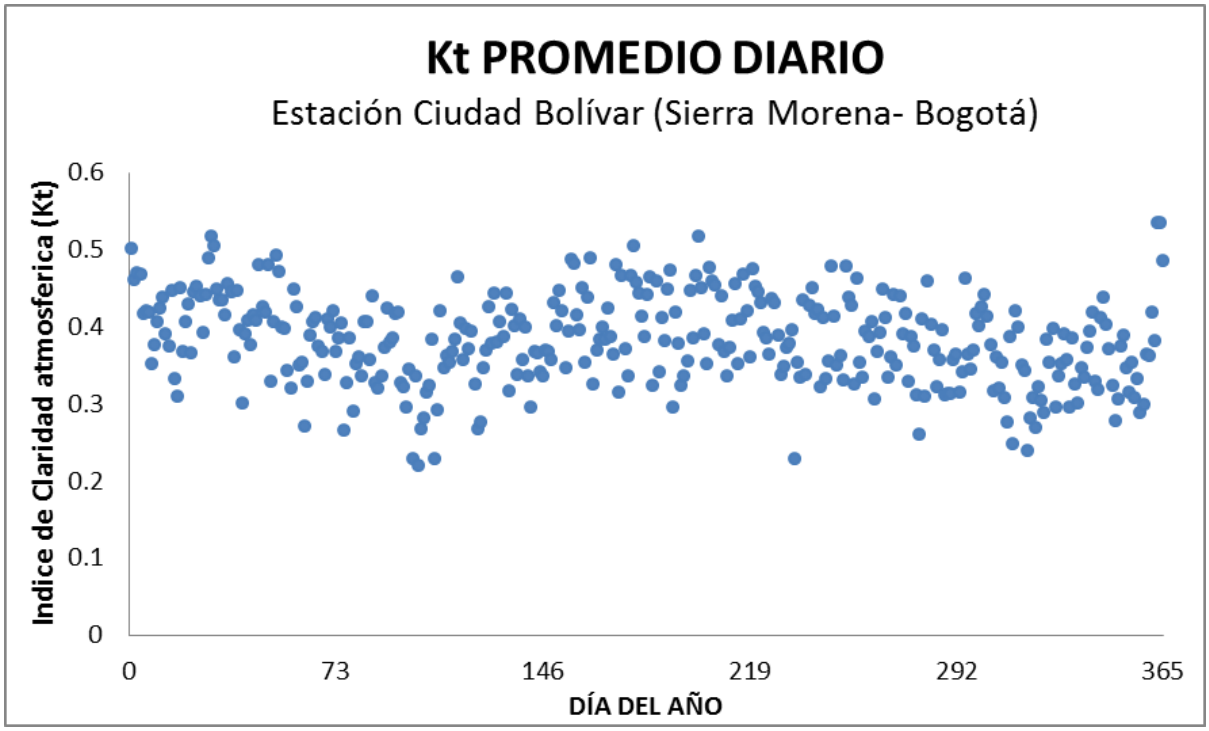
Debido al movimiento de la Tierra alrededor del Sol, la distancia Sol-Tierra varía según el día del año, esto sucede por la órbita elíptica que presenta la tierra en su trayectoria, esto influye en las mediciones de la radiación lo cual observamos en la ecuación (1) de radiación solar extraterrestre Ho, es por esta razón que se decidió visualizar por cada estación como es el valor promedio de Kt para cada día del año. El valor del Índice de claridad atmosférica (Kt) promedio diario, es el promedio de los valores de Kt del mismo día de cada año, durante el periodo de estudio (2008 al 2013).


Kt PROMEDIO DIARIO
Estación Las Flores HB (Barranquilla)
Indice de claridad atmosferica (Kt)
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
73
146
219
292
365
DÍA DEL AÑO

(a)


Kt PROMEDIO DIARIO
Estación Cerro Paramo Puerres (Nariño)
Indice de claridad atmosferica (Kt)
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
73
146
219
292
365
DÍA DEL AÑO

(b)

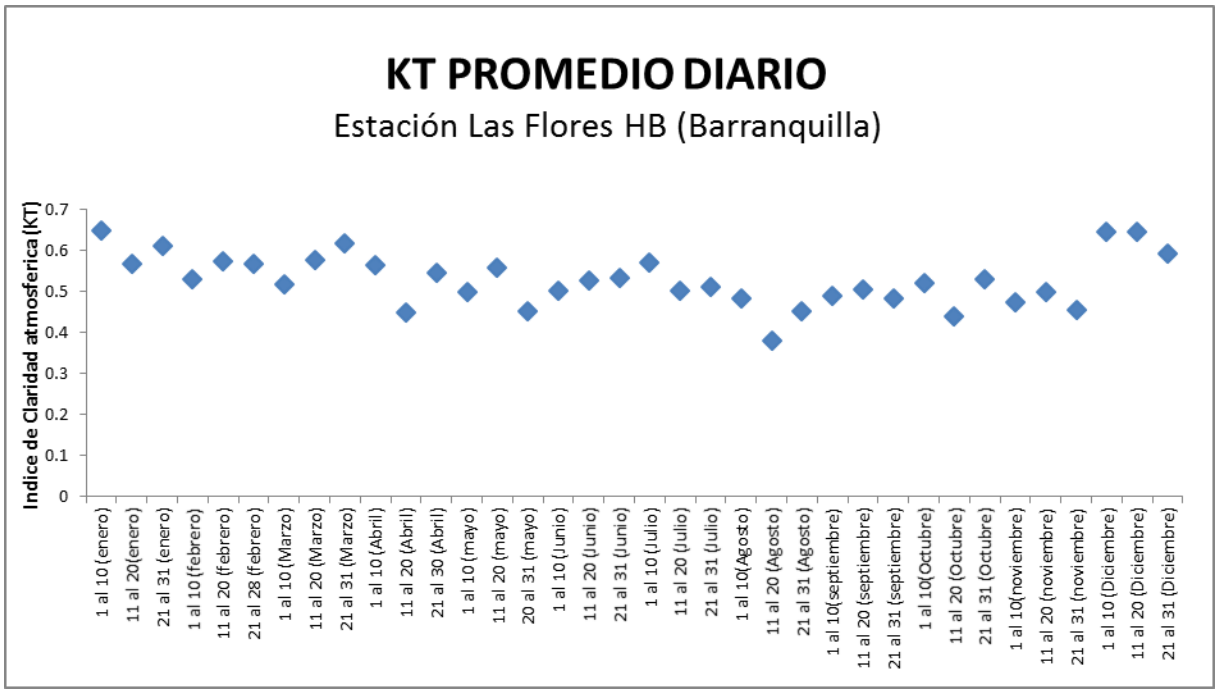


(c)

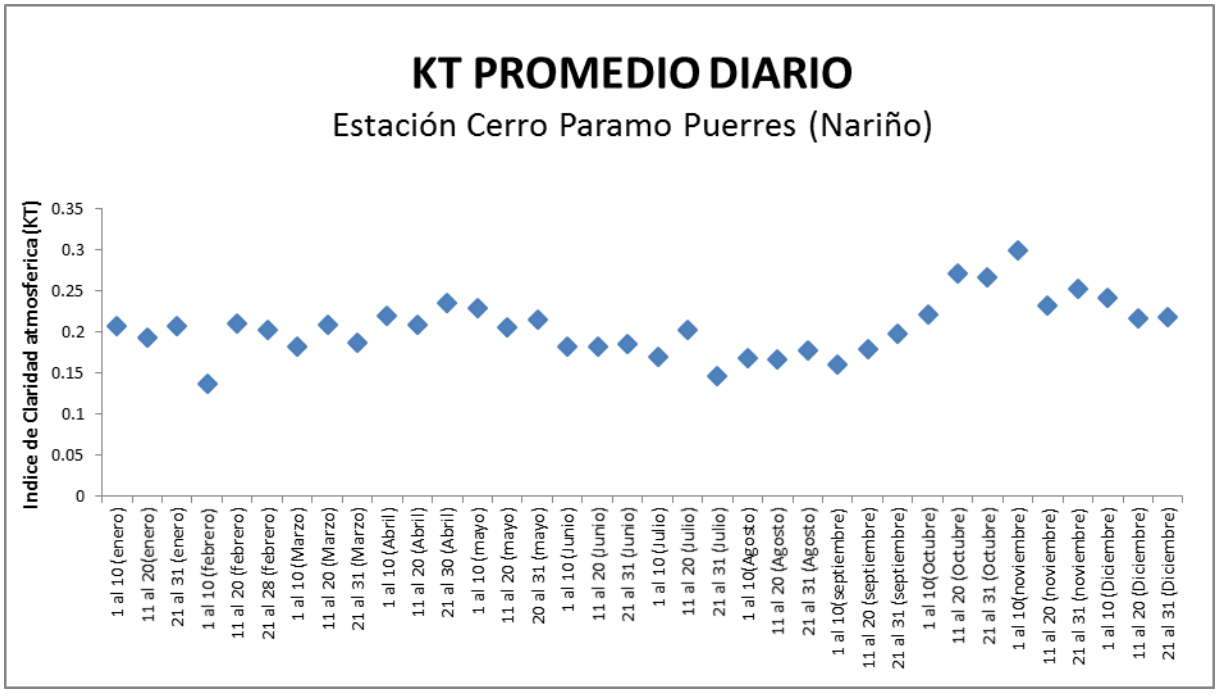
Ilustración 10 Índice de Claridad Atmosférica Kt Promedio diario en el periodo de 2008 al 2013, Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c).

En la Ilustración 10.a se muestra la gráfica del comportamiento del Índice de Claridad Atmosférica (Kt) Promedio Diario en el periodo desde 2008 al 2013 en la Estación Las Flores HB de Barranquilla, la cual tiene un valor promedio de Kt de 0,528. La Ilustración 10.b de la Estación Cerro Páramo Puerres en Nariño, muestra un valor de Kt de 0,205 y en la Ilustración 10.c se ve la gráfica de los valores de Kt para la Estación Ciudad Bolívar en Sierra Morena, Bogotá, la mayoría de los datos se concentran en el intervalo de 0,3 a 0,5, con valor del Kt promedio de 0,38.

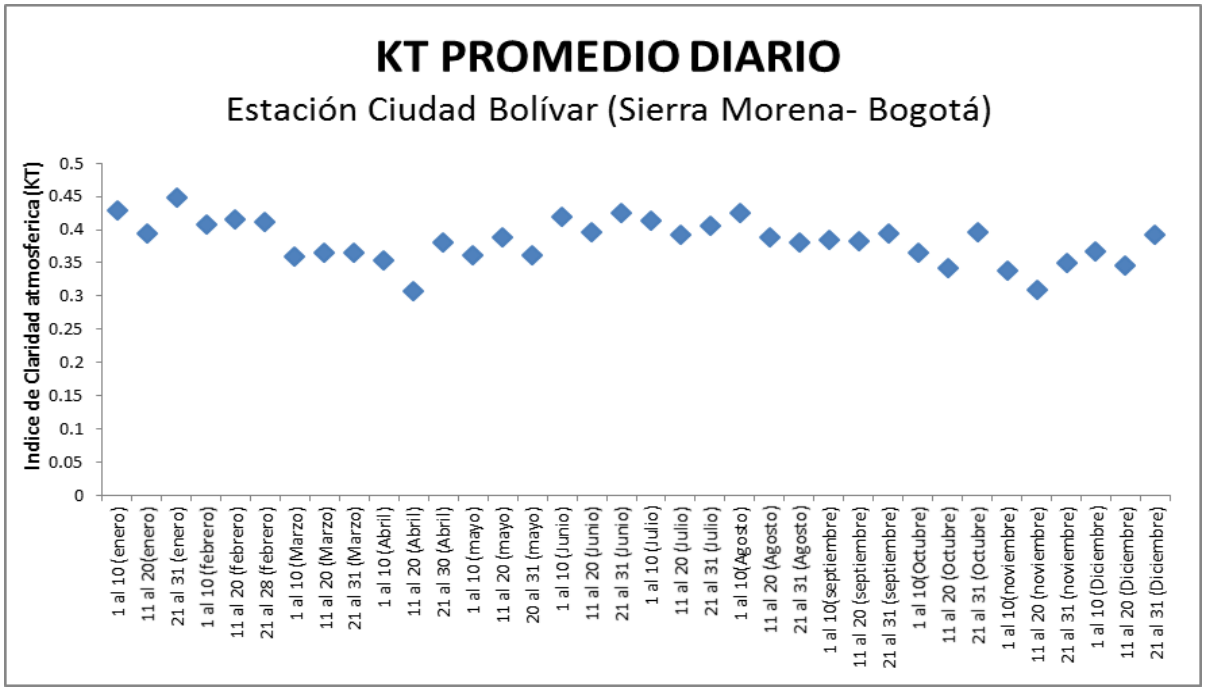
Se procedió a verificar para estos ejemplos, los días del año con mayor Índice de Claridad Atmosférica (Kt) promedio diario, tomando divisiones de diez días (dividiendo cada mes en tres columnas).



(a)



(b)



(c)

Ilustración 11 Índice de Claridad Atmosférica Kt, división de cada mes en tres partes. Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c).

En la Ilustración 11.a se ve que el mayor valor del Kt en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) es en el periodo de 21 al 31 de Diciembre con un valor de 0,65 y el menor valor de índice Kt es en el periodo de 11 al 20 de Agosto con un valor de 0,42. El valor más alto de Kt es en el periodo del 1 al 10 de Noviembre en la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) con un valor de 0,29 y el menor valor es en el periodo del 1 al 10 de Febrero con un valor de 0,14. Para la Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) el valor más alto del Índice de Claridad Atmosférica es en el periodo del 11 al 20 de Enero con un valor de 0,43 y el menor valor del índice Kt es en el periodo del 1 al 10 de Abril con un valor de 0,28.

Esta división se realiza teniendo en cuenta los episodios climáticos mensuales que presenta el territorio colombiano, los cuales tienen una duración promedio de 10 días.

5.1.PROMEDIO MULTIANUAL KT

Para efectos prácticos de la presentación de la información, es necesario obtener un valor más concreto y especifico de lo que se está analizando, por lo que se efectuó el cálculo de un valor Promedio Multianual del Índice de Claridad Atmosférica Kt. Se promedió los valores de Kt promedio diario, de todos los años, para cada estación, obteniendo un valor Multianual de Kt por estación.

Después de tener los valores de Kt Multianual por estación, se identificaron las estaciones con el valor más alto y más bajo, y de igual manera se implementó el mapa con el Software ArcGis 10.3, para poder visualizar en el territorio colombiano los valores de Kt promedio Multianual en las estaciones y de las zonas donde no hay estaciones, mediante la interpolación Kriging, teniendo en cuenta que los valores visualizados donde no hay estaciones presentan un error bastante alto debido a la falta de información en dichas zonas. La forma de disminuir este error, es lograr tomar medidas en los territorios donde no hay estaciones radiométricas, logrando así, que se disminuyan las áreas sin datos, debido a que el Krigin toma valores cercanos para la interpolación de estos, haciendo que entre más datos haya en una misma zona, el error se disminuya. La única manera de lograr esto, es la implementación de más estaciones radiométricas a lo largo del país.

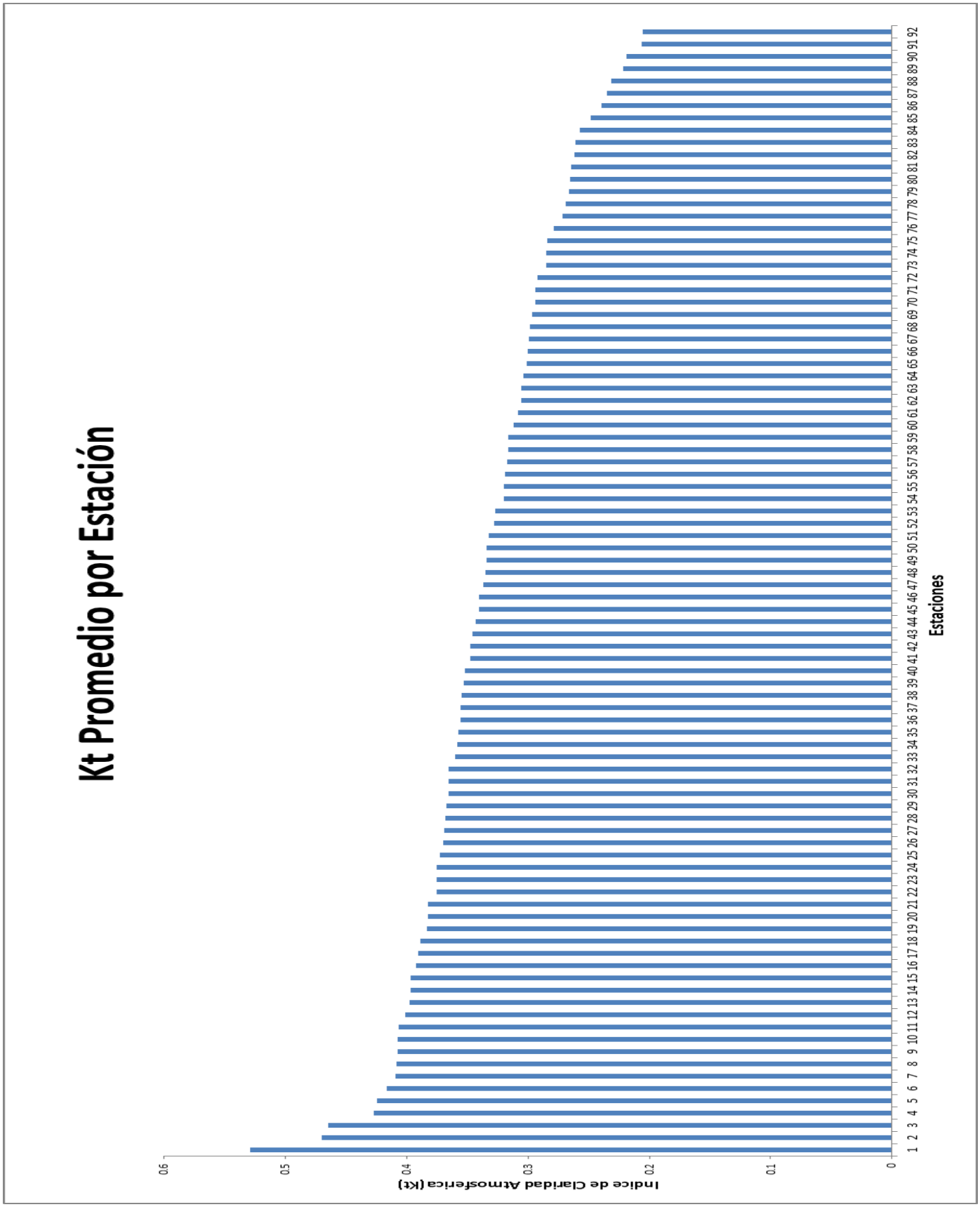


Ilustración 12. Índice de Claridad atmosférica Kt de todas las estaciones en Colombia en el periodo de 2008 a 2013.

No.	ESTACION	Kt
1	__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	0,528830871
2	__Fedearroz_(Valledupar)_HB_(2013)	0,469736383
3	__Granja-Paicí_(Uribía-Guajira)_LB_(2013)	0,464866572
4	__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	0,427425908
5	__Base_Palanquero_LB_(2013)	0,424762038
6	__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	0,416842327
7	__Hacienda_Pajonales_(2013)	0,409638203
8	__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	0,408150696
9	__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	0,407166811
10	__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	0,407093856
11	__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	0,406192686
12	__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	0,401688241
13	__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	0,398012418
14	__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	0,396800606
15	__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	0,396633835
16	__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	0,39192236
17	__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	0,390532926
18	__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	0,388867817
19	__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	0,38369881
20	__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	0,382390579
21	__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	0,382147746
22	__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	0,375504875
23	__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	0,3750835
24	__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	0,374933389
25	__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	0,372999209
26	__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	0,370242113
27	__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	0,368895085
28	__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	0,36858854
29	__Univalle_B_(Cali)_(2013)	0,367425334
30	__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	0,365759254
31	__Estacion_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	0,365606207
32	__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	0,365299006
33	__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	0,360532816
34	__Estacion_Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	0,358584386
35	__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	0,357218326
36	__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	0,355862492
37	__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	0,355639154
38	__Villanueva_Medellin_H_(2013)	0,354792543
39	__La_Boyera_L_(2012)	0,352661868
40	__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	0,351820766
41	__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	0,348045814

42	__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	0,347173462
43	__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	0,345772216
44	__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	0,343370286
45	__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	0,340514031
46	__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	0,340137969
47	__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	0,336842694
48	__Nataima_LB_(Tolima)_2013	0,335063965
49	__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	0,333924118
50	__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	0,333745129
51	__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	0,332604334
52	__La_Laguna-Cajibio_(2011)	0,328064186
53	__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	0,326595937
54	__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	0,320272646
55	__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	0,319789703
56	__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	0,318574274
57	__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	0,316791365
58	__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	0,31659393
59	__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	0,316479674
60	__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	0,311759219
61	__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	0,308030292
62	__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	0,305597056
63	__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	0,305444245
64	__Inza_(Cauca)_L_(2013)	0,303481294
65	__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	0,300991224
66	__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	0,299791331
67	__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	0,299112034
68	__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	0,298598613
69	__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	0,296387693
70	__Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L_(2013)	0,293948273
71	__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	0,293688238
72	__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	0,292267744
73	__Estacion_Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	0,28538738
74	__Purace_(Huila)_LB_(2013)	0,285214985
75	__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	0,283798459
76	__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	0,278738893
77	__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	0,271456187
78	__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	0,268543479
79	__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	0,266314131
80	__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	0,26525327

81	__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	0,264397497
82	__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	0,262074496
83	__La_Plata_L_(Huila)(2013)	0,261153867
84	__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	0,257346069
85	__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	0,248592332
86	__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	0,239589673
87	__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	0,235366344
88	__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	0,231340709
89	__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	0,221373944
90	__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	0,218863195
91	__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	0,206621012
92	__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	0,205255223

Tabla 6. Índice de Claridad Atmosférica Kt Promedio Multianual para cada Estación en Orden de Mayor a Menor

En la Ilustración 12 se visualizan las estaciones organizadas de mayor a menor de acuerdo al valor del Índice de Claridad Atmosférica (Kt) Promedio Multianual. En esta se evidencia que la estación con mayor valor es la Estación de Las Flores HB (Barranquilla) con un valor de Kt de 0,528 y la estación con el menor valor Kt es la Estación Cerro Páramo Puerres en Nariño, con 0,205.

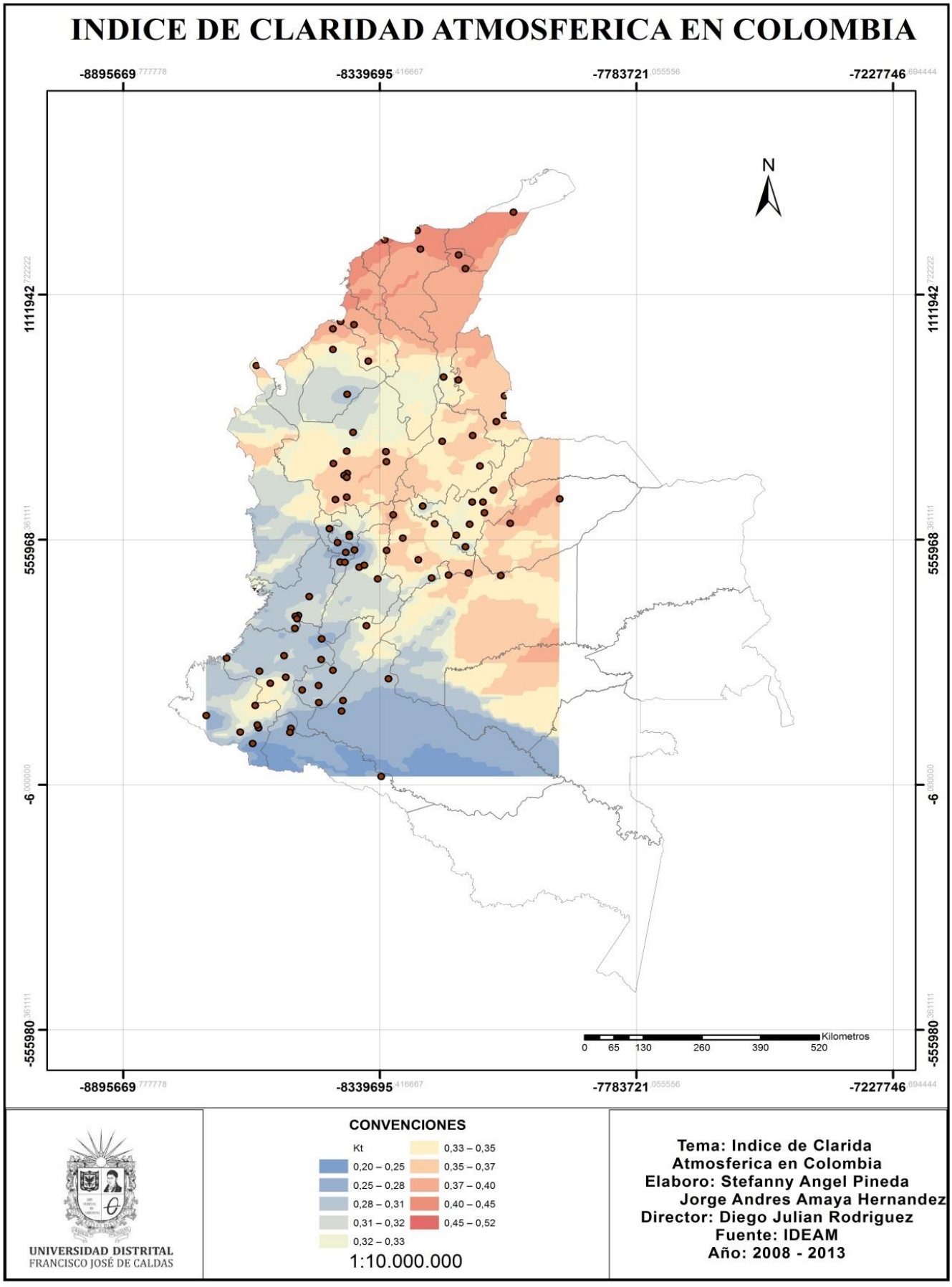


Ilustración 13. Mapa de Indice de Claridad Atmosférica de Colombia

En el mapa de la Ilustración 13 se observa que los valores más altos del Índice de Claridad Atmosférica Kt en Colombia, se encuentran en la Costa Atlántica principalmente, con valores de Kt entre 0,39 a 0,52. En la región de Yopal y Medellín, también se identifican valores de Kt alrededor de 0,39. El 43,47% del territorio en estudio, que en el mapa se muestran de color naranja y color rojo, demuestran valores de Kt $\geq$ 0,35. Tomando de referencia la escala de Iqbal estas zonas presentan "Días Parcialmente Nublados". Además, en el Litoral Pacífico y la zona de Caquetá y Putumayo, los valores de Kt son muy bajos comprendiendo rangos entre 0,2 a 0,28, que según Iqbal, describen "Días Nublados", lo que tiene sentido de acuerdo al "Atlas Climatológico de Colombia 1981 – 2010" del IDEAM (IDEAM, 2014), donde se evidencia que estas zonas son de altas precipitaciones, con niveles mayores de 3000 mm de lluvia al año.

Luego de realizar el mapa de la Ilustración 13, el software Acrgis permite ver el porcentaje de error de los valores al desarrollar la interpolación de datos:

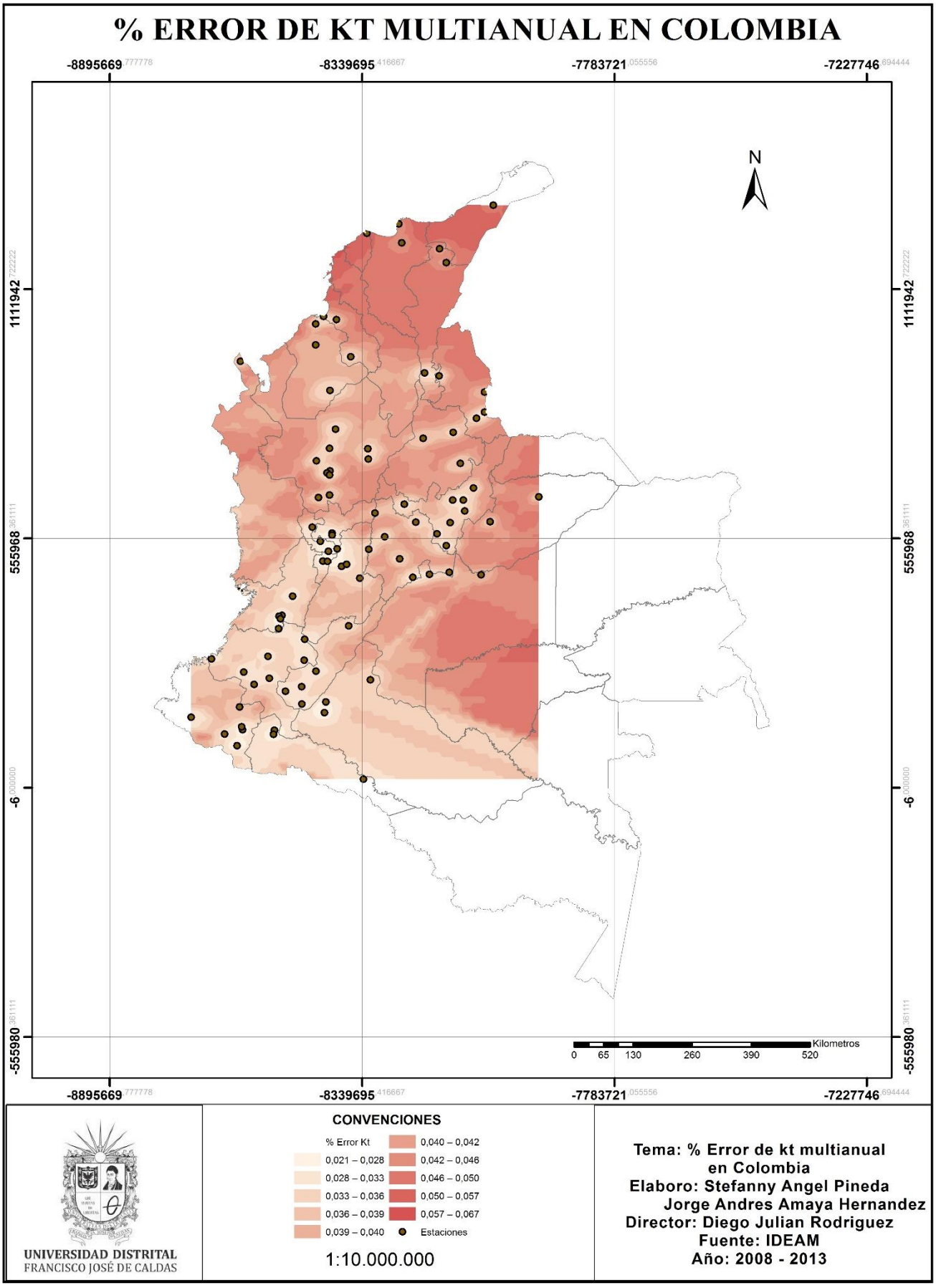
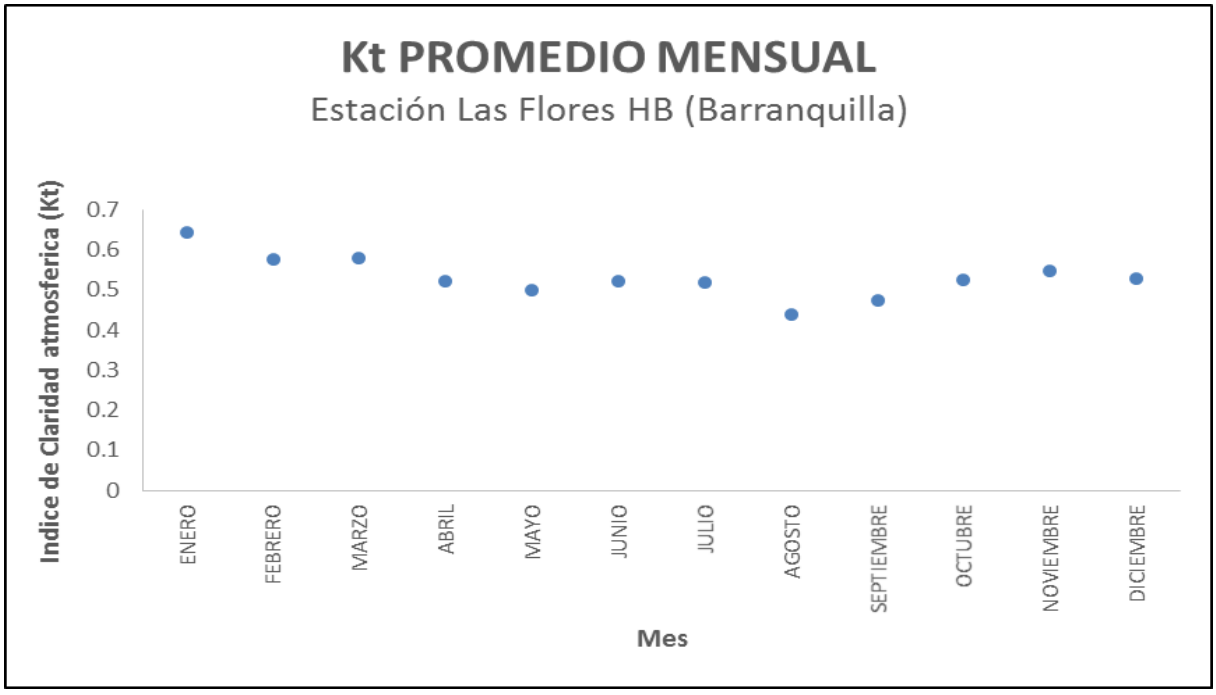


Ilustración 14. Mapa de Porcentaje de error normalizado de Índice de claridad atmosférica

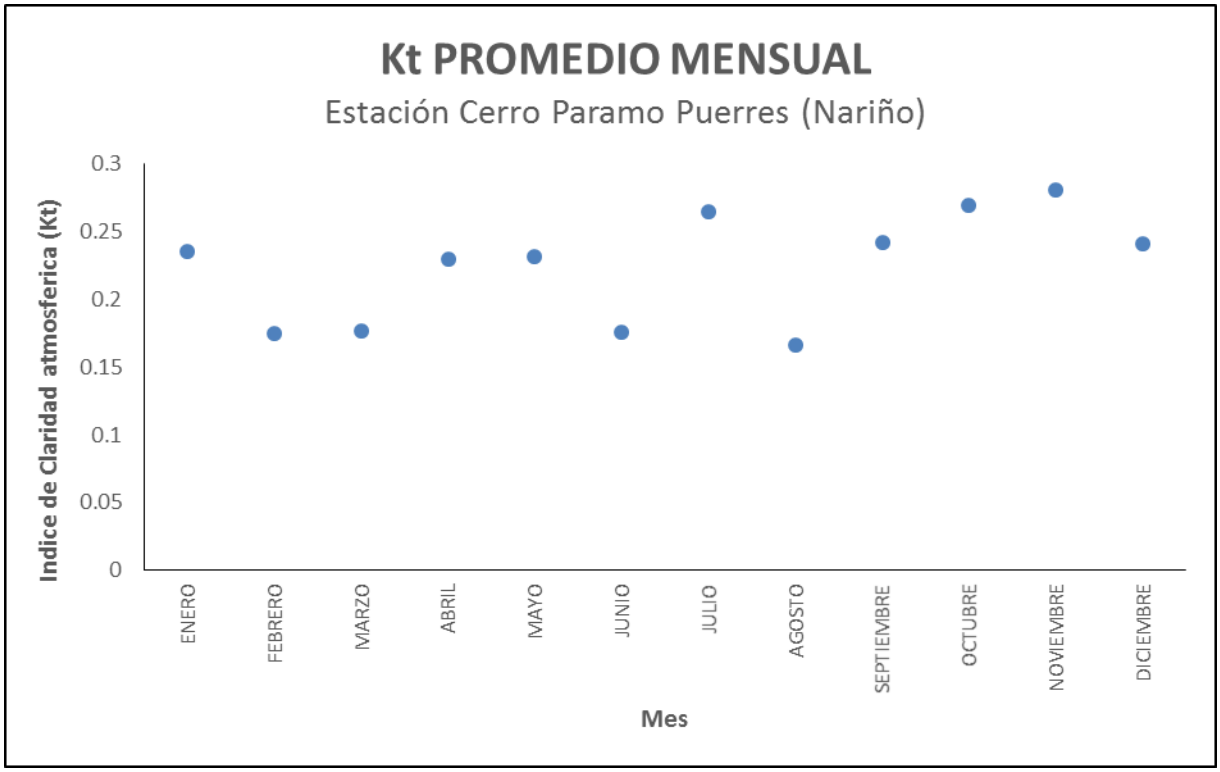
El mapa de la Ilustración 14 presenta el porcentaje de error generado en la interpolación para el mapa "Índice de Claridad Atmosférica de Colombia" de ilustración 13. Esta muestra que el error más alto es de un 6,7% y lo que demuestra es que en las zonas donde hay pocas o no hay estaciones, el error es más alto por la falta de datos, en contraste con las zonas donde hay mayor número de estaciones donde el porcentaje de error es del 2%.

5.2.KT PROMEDIO MENSUAL

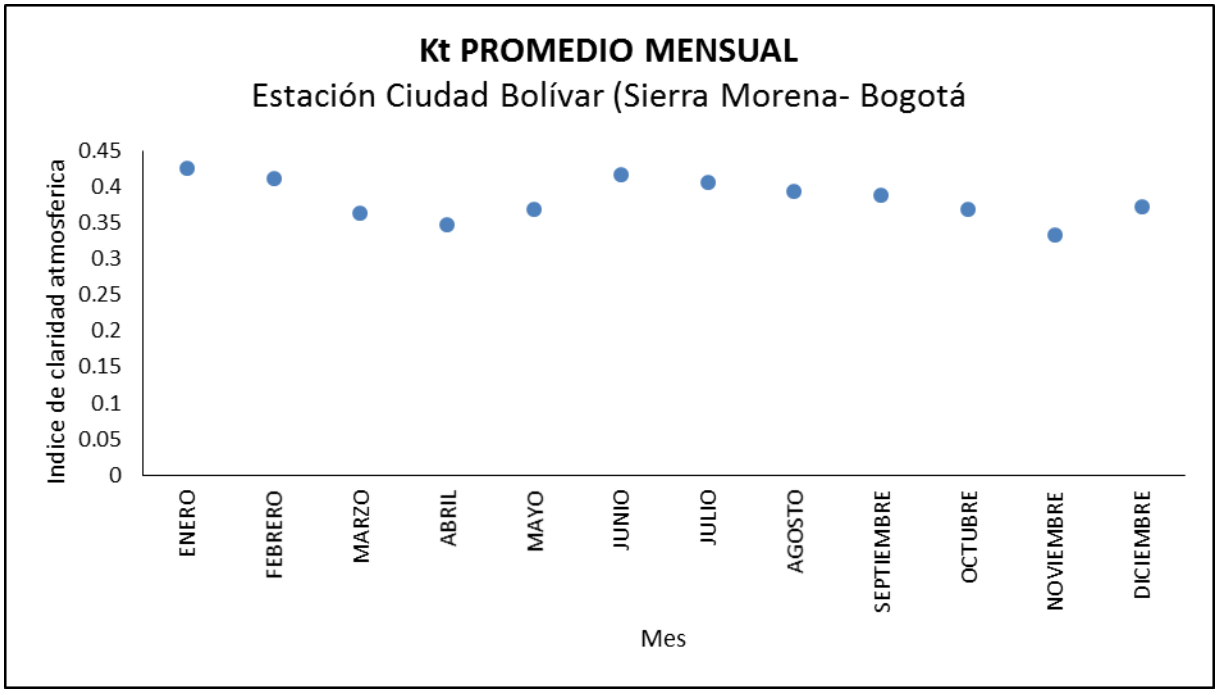
Para poder realizar un análisis no tan especifico y más enfocado en el comportamiento mensual del Índice de Claridad Atmosférica, se procedió a realizar un análisis de la siguiente manera: primero, se calculó el promedio mensual, que es el valor de Kt promedio por cada uno de los meses (enero, febrero,…, diciembre) el cual se hizo en cada uno de los años del periodo de estudio (2008 al 2013) y de esta manera se obtuvo el valor del Índice de Claridad Atmosférica (Kt) Promedio Mensual de cada uno de los años; luego se realizó este procedimiento para cada una de las 94 estaciones en estudio. En el anexo 2 se presenta el valor de Kt promedio mensual de cada estación para el periodo del 2008 al 2013.


Kt PROMEDIO MENSUAL
Estación Las Flores HB (Barranquilla)
Indice de Claridad atmosferica (Kt)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
ENERO
FEBRERO
MARZO
ABRIL
MAYO
JUNIO
JULIO
AGOSTO
SEPTIEMBRE
OCTUBRE
NOVIEMBRE
DICIEMBRE
Mes

(a)


Kt PROMEDIO MENSUAL
Estación Cerro Paramo Puerres (Nariño)
Indice de Claridad atmosferica (Kt)
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
ENERO
FEBRERO
MARZO
ABRIL
MAYO
JUNIO
JULIO
AGOSTO
SEPTIEMBRE
OCTUBRE
NOVIEMBRE
DICIEMBRE
Mes

(b)



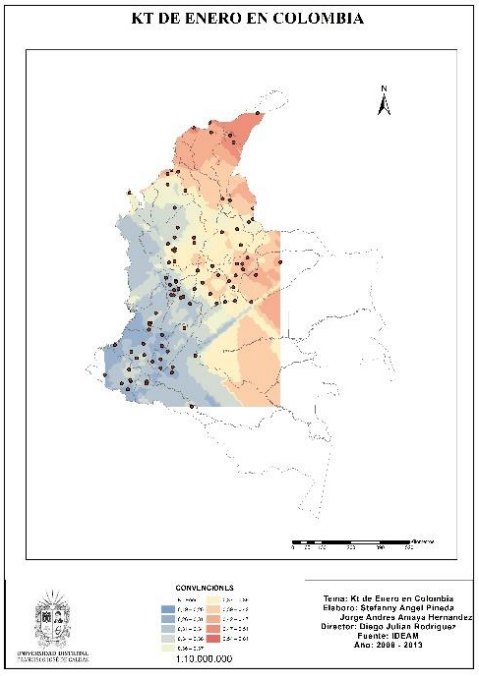
(c)

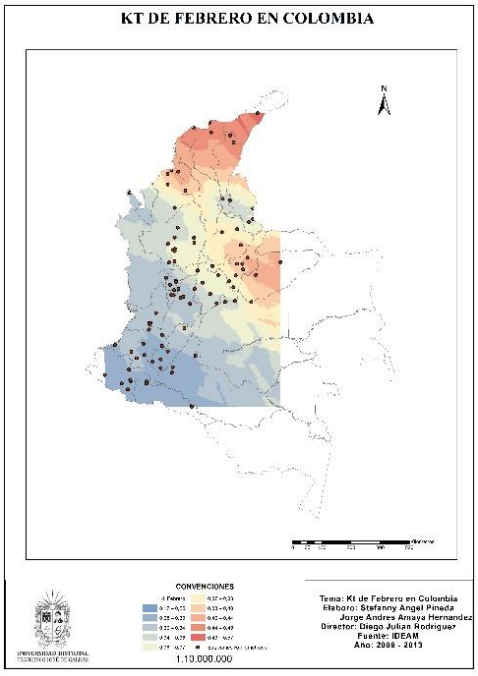
Ilustración 15. Índice de Claridad Atmosférica Mensual en el periodo del 2008 al 2013, Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c).

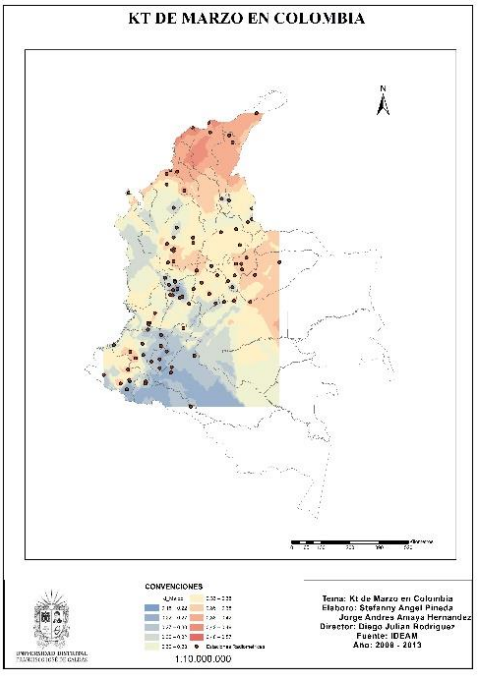
En la Ilustración 15.a se observa que el mes que tiene un valor mayor de Kt promedio en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) es Enero, con un valor de 0,64. Según la Tabla 1 de Iqbal este mes presenta "Días Claros". El mes con menor valor de Kt promedio es Agosto, con un valor de 0,43 mostrando, de acuerdo con Iqbal, "Días Parcialmente Nublados". En comparación, en la Ilustración 15.b, la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño), el mes con mayor valor de Kt es Noviembre con un valor de 0,28. Según Iqbal este mes es de "Días Nublados", y el mes de menor valor de Kt es Agosto, con un valor de 0,166, igualmente de "Días Nublados". En la Ilustración 15.c, la Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), el mes con mayor valor de Kt es Enero con un valor de 0,42 y

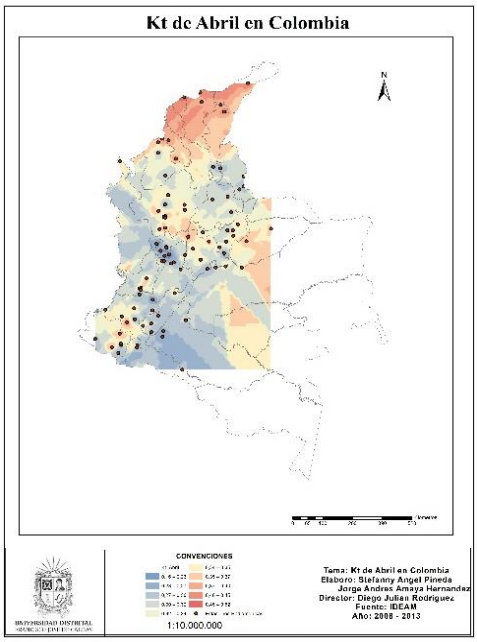
según la escala de Iqbal, es un mes de “Días Parcialmente Nublados”. El mes de menor Kt es Noviembre con un valor de 0,33 mostrando “Días Parcialmente Nublados”.

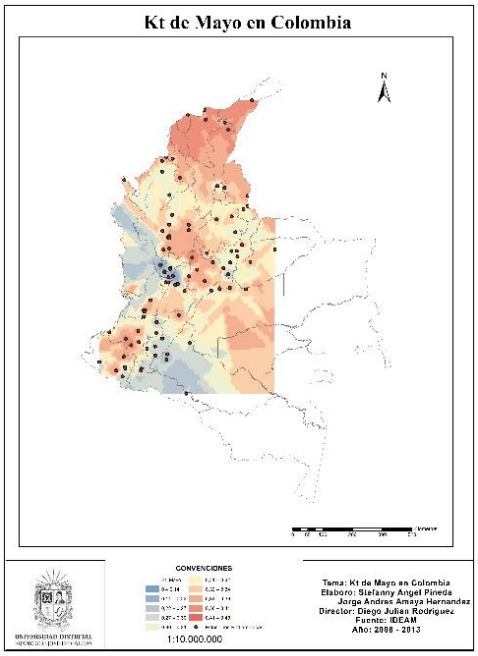
Después de calcular todos los valores de Kt promedio mensual por cada mes y para cada estación, se procedió a implementar los mapas con el Software ArcGis 10.3, para poder identificar en el territorio colombiano los valores de Kt en las estaciones mediante la interpolación Kriging.

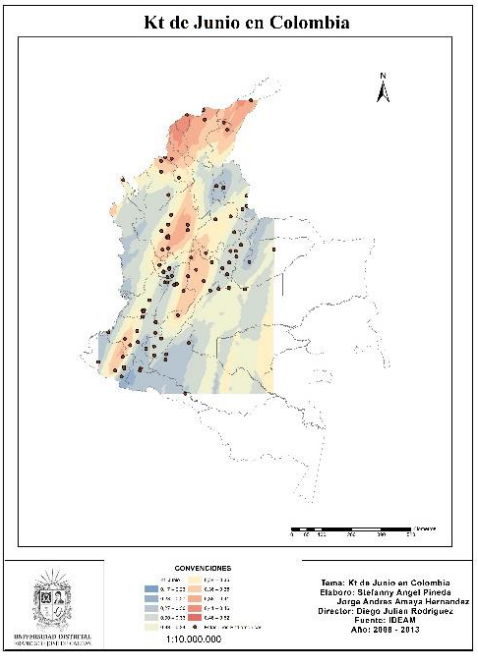


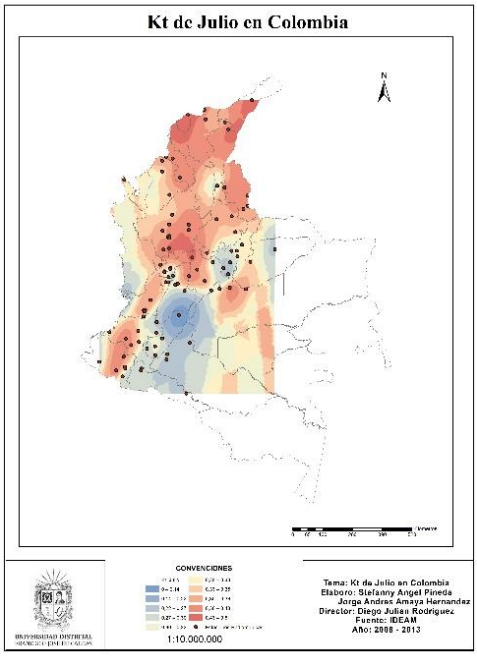


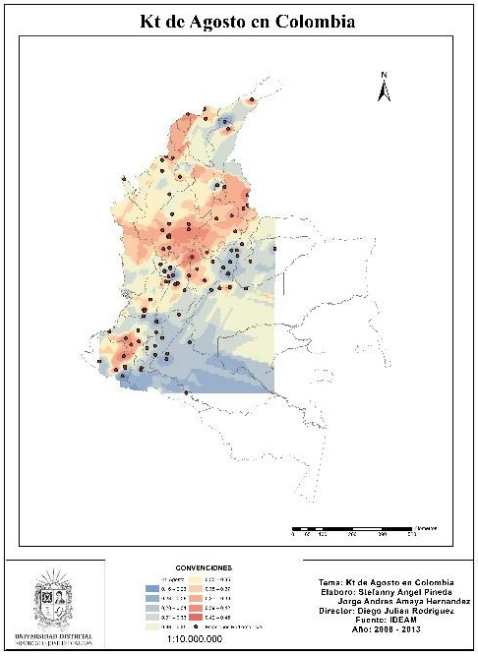


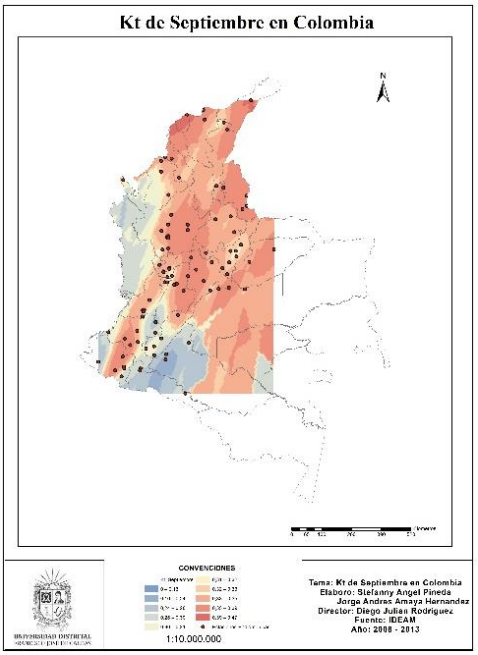

Kt de Abril en Colombia
CONVENCIONES
1:10.000.000
Tema: Kt de Abril en Colombia
Elaboro: Stefanny Angel Pineda
Jorge Andres Amaya Hernandez
Director: Diego Julian Rodriguez
Fuente: IDEAM
Año: 2008 - 2013


Kt de Mayo en Colombia
CONVENCIONES
1:10.000.000
Tema: Kt de Mayo en Colombia
Elaboro: Stefanny Angel Pineda
Jorge Andres Amaya Hernandez
Director: Diego Julian Rodriguez
Fuente: IDEAM
Año: 2008 - 2013


Kt de Junio en Colombia
CONVENCIONES
1:10.000.000
Tema: Kt de Junio en Colombia
Elaboro: Stefanny Angel Pineda
Jorge Andres Amaya Hernandez
Director: Diego Julian Rodriguez
Fuente: IDEAM
Año: 2008 - 2013


Kt de Julio en Colombia
CONVENCIONES
1:10.000.000
Tema: Kt de Julio en Colombia
Elaboro: Stefanny Angel Pineda
Jorge Andres Amaya Hernandez
Director: Diego Julian Rodriguez
Fuente: IDEAM
Año: 2008 - 2013


Kt de Agosto en Colombia
CONVENCIONES
1:10.000.000
Tema: Kt de Agosto en Colombia
Elaboro: Stefanny Angel Pineda
Jorge Andres Amaya Hernandez
Director: Diego Julian Rodriguez
Fuente: IDEAM
Año: 2008 - 2013


Kt de Septiembre en Colombia
CONVENCIONES
1:10.000.000
Tema: Kt de Septiembre en Colombia
Elaboro: Stefanny Angel Pineda
Jorge Andres Amaya Hernandez
Director: Diego Julian Rodriguez
Fuente: IDEAM
Año: 2008 - 2013

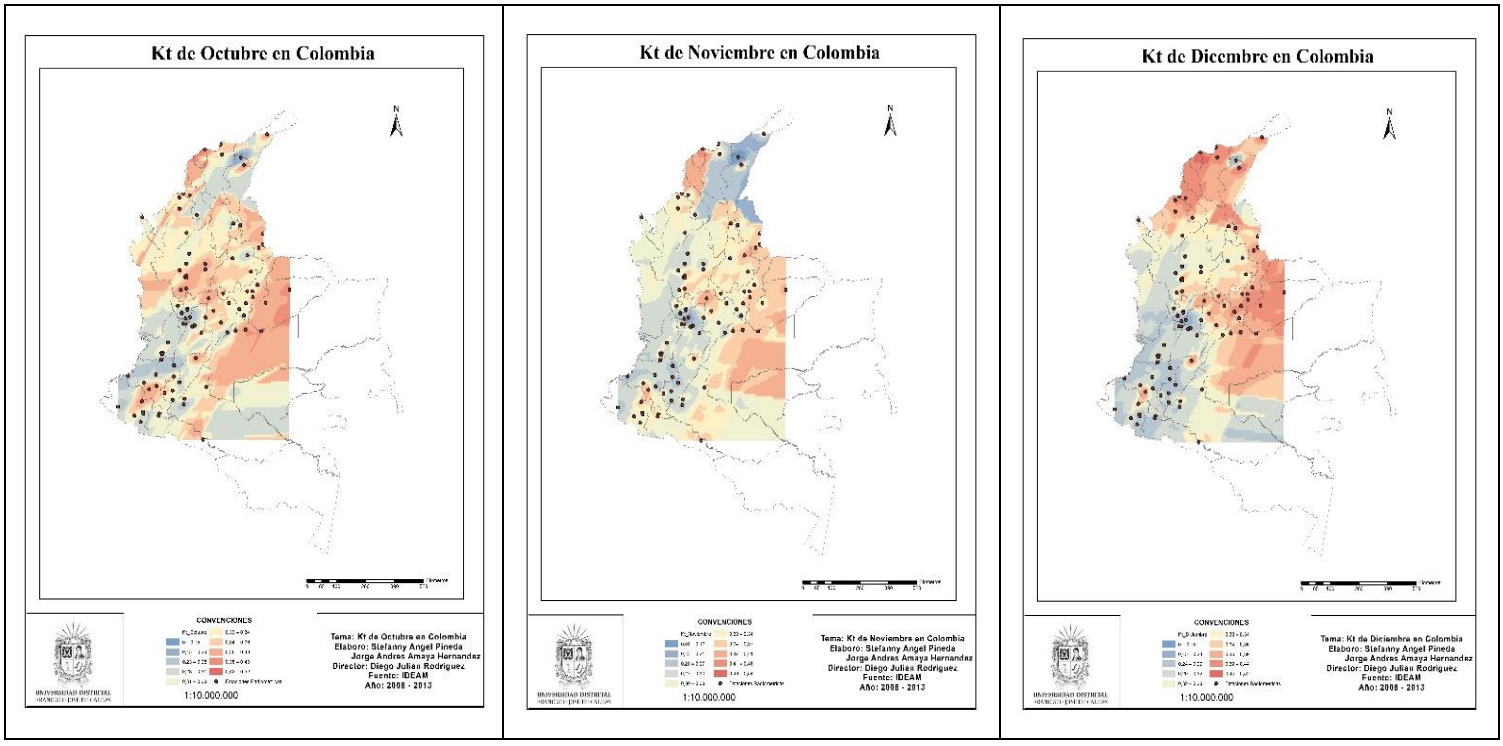


Tabla 7. Mapas de Kt Promedio para cada mese en Colombia durante el periodo del 2008 al 2013.

En la Tabla 6 se puede observar los mapas generados a partir de los valores de los Índices de Claridad Atmosférica (Kt) promedio Mensual de las estaciones. De esta manera su puede identificar el comportamiento de Kt en cada uno de los meses. Se puede evidenciar que en el primer semestre inclusive contando al mes de Julio, la Región Caribe presenta los valores más altos de Kt, mostrando una tendencia constante. Esto es congruente al identificar que los valores más altos en la mayoría de los meses los tiene la estación de Las Flores en Barranquilla. También se identifica que durante el mes de Septiembre, se muestra una homogeneidad de los valores de Kt en la mayor parte del territorio en estudio. Aunque sus valores no son tan altos, si se observa la homogeneidad de estos. Durante los meses de

Noviembre y Octubre que son considerados meses lluviosos, se evidencia que a lo largo de la zona de estudio los valores de Kt son en promedio bajos.

Comparando los mapas obtenidos del Índice de Claridad Atmosférica (Kt) promedio mensual, con los mapas mensuales del "Atlas Climatológico de Colombia 1981-2010" del IDEAM (IDEAM, Atlas de climatológico de Colombia, 2010), se evidencian claras similitudes, entre las zonas con precipitaciones bajas con las zonas con valores de Kt altos, y de igual manera, las zonas lluviosas del país como lo es la Región Pacifica, con un promedio de valores de Kt bajos.

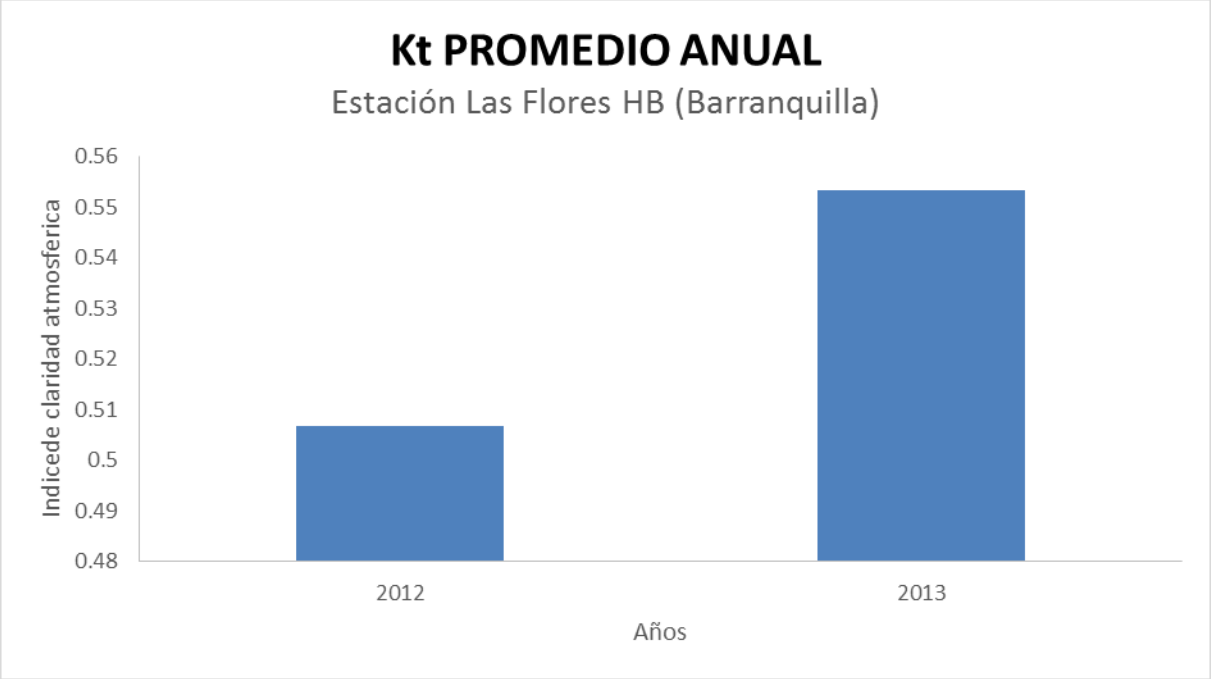
4.1. KT PROMEDIO ANUAL

Es importante tener una perspectiva más amplia del comportamiento del Índice de Claridad Atmosférica (Kt), por lo que se realizó el análisis de Kt promedio anual, el cual se calculó tomando el promedio de todos los valores de Kt promedio diario de cada año, por el periodo de estudio (2008 al 2013), para cada una de las 94 estaciones objeto de estudio.

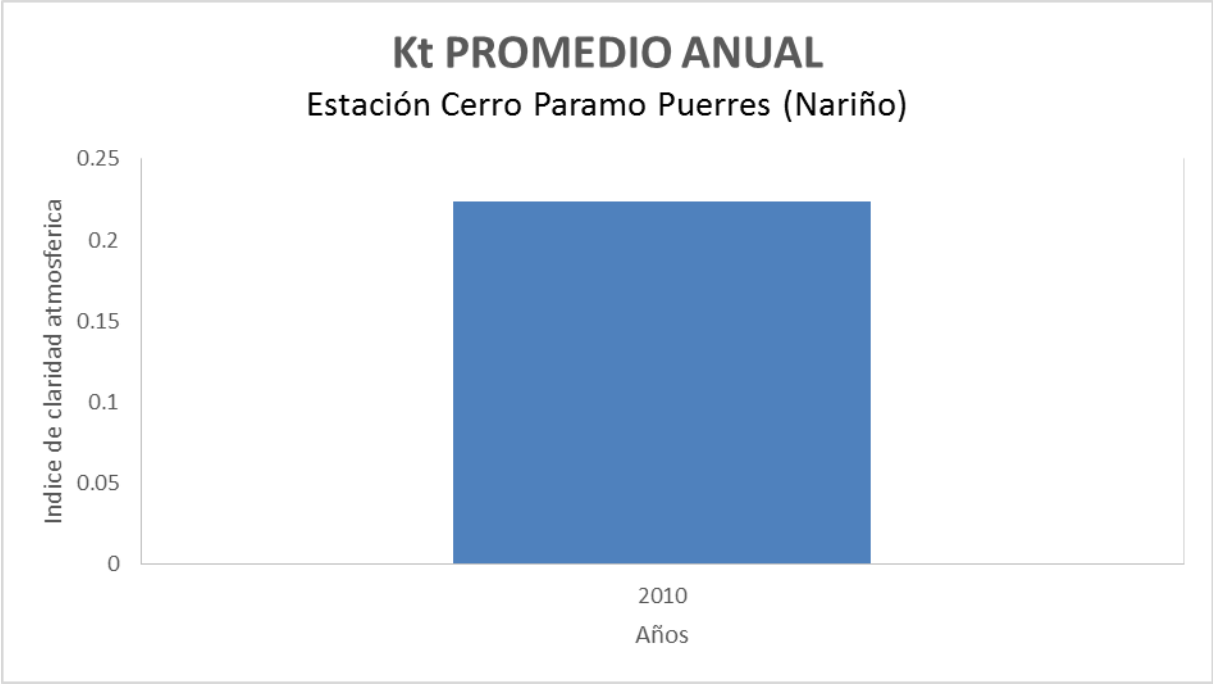
Se tuvieron criterios de filtrado de los datos para disminuir el porcentaje de error en los valores calculados. Los criterios fueron:

- Si el valor del índice de claridad atmosférica (Kt) promedio de cada mes tenía un valor menor al 0.2 durante un rango de tres meses consecutivos, no se toma ese año para los cálculos. Este criterio se toma, teniendo en cuenta los periodos climatológicos que se presentan en Colombia, los cuales tienen un promedio de duración de tres meses.

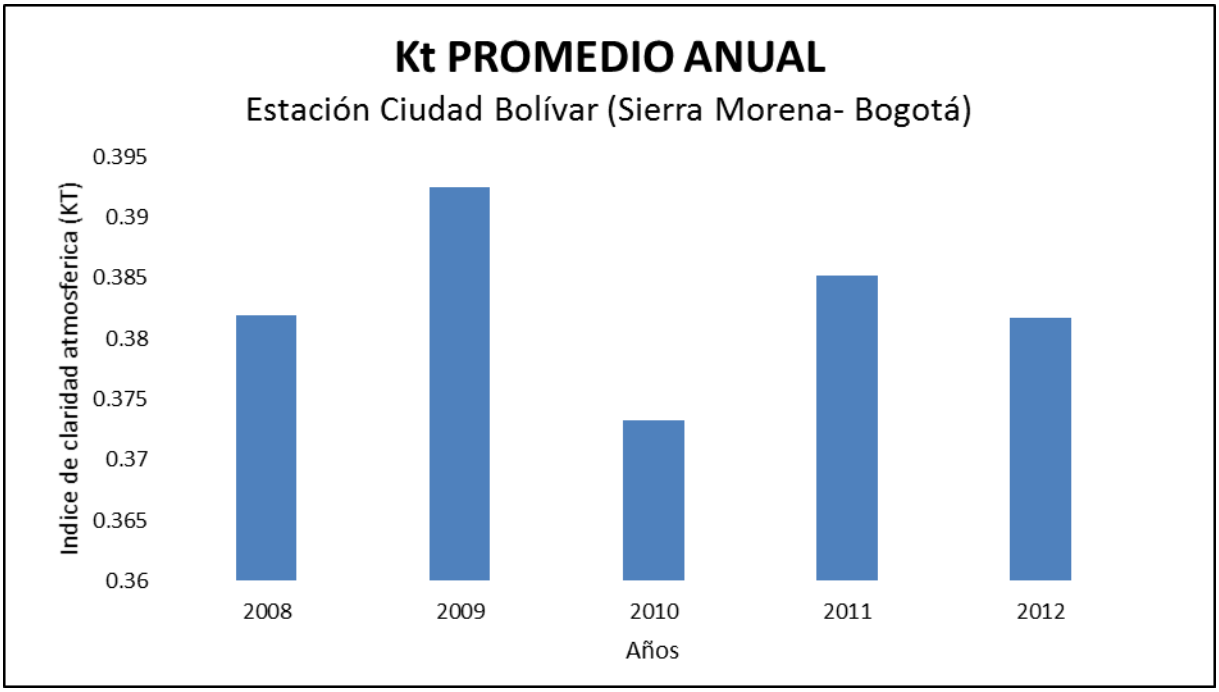
- Si a una estación le faltaba más del 30% de datos de los meses en promedio, el año no entraba en el estudio, pues no posee datos suficientes para el análisis.



(a)



(b)



(c)

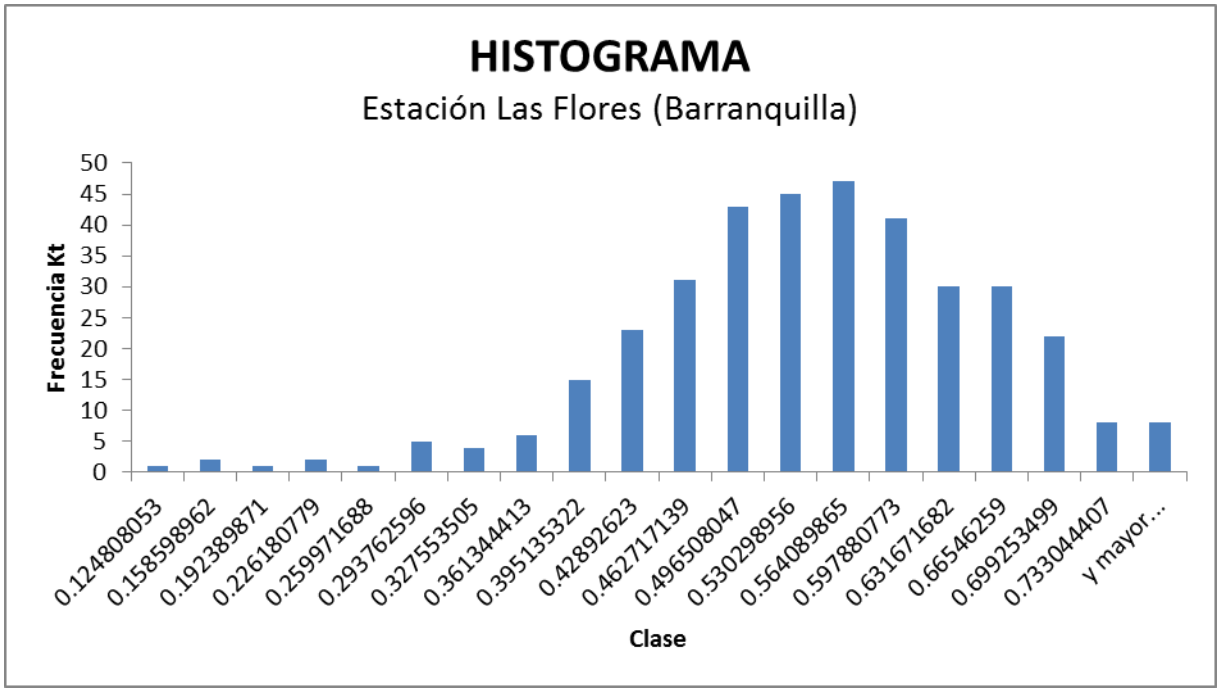
Ilustración 16. Índice de Claridad Atmosférica Promedio Anual en el Periodo 2008 al 2013, Estación Las Flores HB (Barranquilla) (a), Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño) (b) y Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá) (c).

En la Ilustración 16 se presentan los valores del Kt Promedio Anual, en estos se puede observar que el año con mayor valor de Kt en la Estación Las Flores HB (Barranquilla) fue el año 2013 con un valor de Kt de 0,55. En la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño), Ilustración 16.b, solo se tiene el valor del año 2010 con un Kt de 0,22 y en la Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena- Bogotá), Ilustración 16.c, el año que tiene mayor Kt es el 2009 con un valor de 0,392.

5. ANÁLISIS DE CURTOSIS Y ASIMETRÍA

Badescu propone que se puede realizar el análisis de las características de la radiación solar mediante el tratamiento estadístico, más específicamente del Índice de Claridad Atmosférica Kt (Badescu, 2008). Las medidas descriptivas de distribución “Asimetría y Curtosis”, son utilizadas en el modelo de Badescu, para proponer una escala de tipos de distribuciones (Tabla 2), los cuales presentan un orden para los diferentes estilos de curvas de distribución (Martinez, 1997).

Como se explicó en el capítulo anterior, se calculó el Kt promedio diario, para cada estación, en el periodo de estudio comprendido del 2008 al 2013. Estos valores se cuantificaron en tablas de Excel, y por medio de este se implementaron Histogramas de Frecuencias, a los cuales se les desarrolló una estadística descriptiva para obtener los coeficientes de Asimetría y Curtosis.

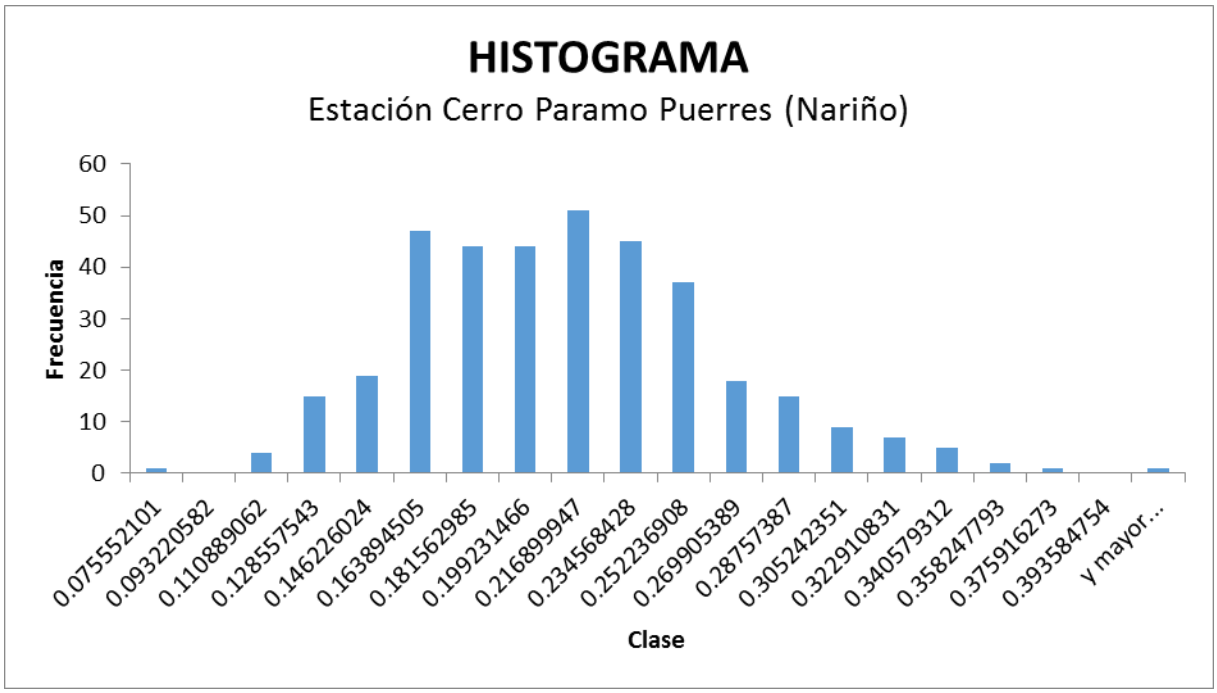


ESTADISTICA	
Media	0.52883087
Mediana	0.53458295
Desviación estándar	0.11181636
Varianza de la muestra	0.0125029
Curtosis	0.6886431
Coeficiente de asimetría	-0.53749664

Ilustración 17. Histograma de Frecuencias y Resumen de Estadística del Índice de Claridad Atmosférica en la Estación Las Flores HB (Barranquilla)

Como ejemplo, en la ilustración 17 se presenta el histograma de la Estación Las Flores HB (Barranquilla), en donde se observa el diagrama de frecuencia de los valores de Kt promedio diario. Se evidencia que el valor de Kt de 0,564 se repite 47 veces a largo del año. Luego se desarrolló el análisis estadístico con el cual se obtuvo un valor de Curtosis de 0,6886, lo cual indica que la curva es de forma “Leptocúrtica”. También se calculó el

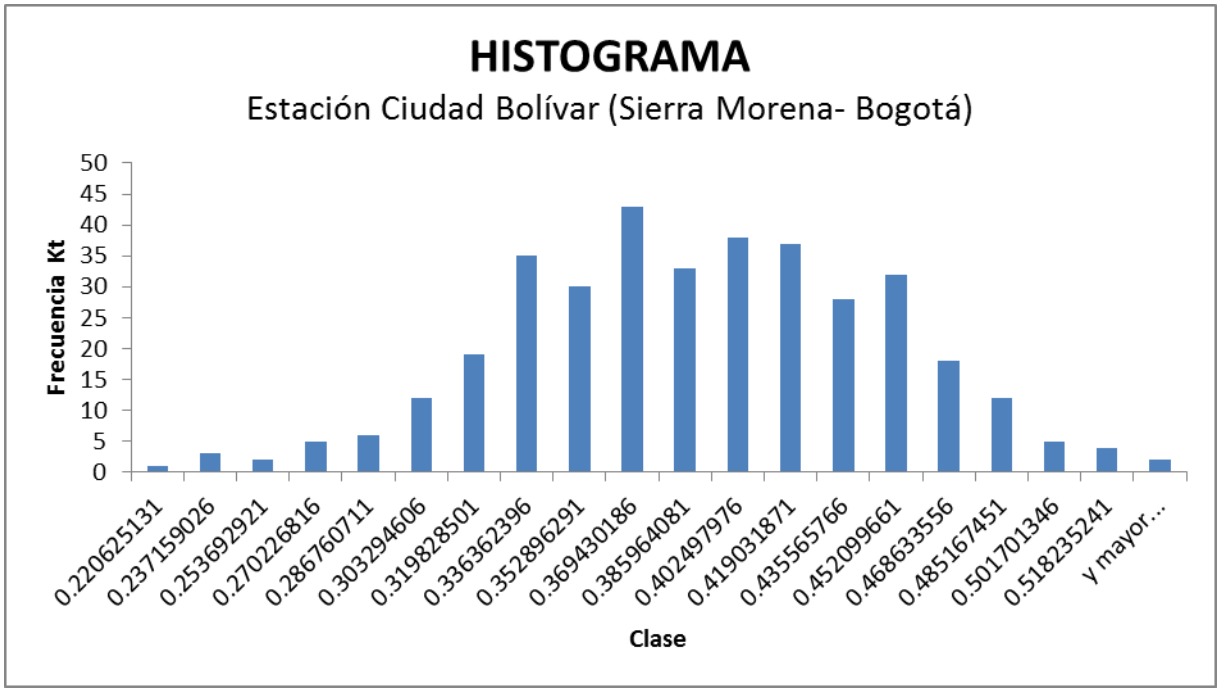
coeficiente de Asimetría, obteniendo un valor de -0,5374, que indica que la curva es de tipo “Asimétrica Negativa”. Con estos dos valores y tomando de referencia la escala de Badescu, se puede afirmar que la Distribución es “Tipo IV” y expresa un tipo de Curva de Distribución “Casi normal con cola negativa”.



ESTADISTICA	
Media	0.20525522
Mediana	0.20376735
Desviación estándar	0.05198487
Varianza de la muestra	0.00270243
Curtosis	0.36598683
Coeficiente de asimetría	0.499379

Ilustración 18 . Histograma de Frecuencias del Índice de Claridad atmosférica en el período de 2008 al 2013 en la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño).

En la ilustración 18 el histograma de la Estación Cerro Páramo Puerres (Nariño). En esta se ve el diagrama de frecuencia de los valores de Kt promedio diario, donde se evidencian que el valor de Kt de 0,2169 se repite 51 veces a través del año. Luego se desarrolló el análisis estadístico con el cual se obtuvo un el valor del Coeficiente de Curtosis de 0,3659 que indica que la curva de frecuencias es de tipo "Leptocúrtica". De igual manera se calculó el valor del Coeficiente de Asimetría de 0,4993, que especifica una clase de curva de tipo "Asimétrica Positiva". Al referirnos a la escala de Badescu, esta zona presenta un caso particular en el cual no se puede especificar en una escala ya que presenta un valor de Curtosis $-0,8<K<0,8$ y un valor de Asimetría $As \geq 0,4$, lo cual no está estipulado en ningún tipo de distribución en la tabla 2. Lo cual nos plantea la necesidad de realizar un estudio más específico para el territorio Colombiano, debido a que se evidencian unos comportamientos de datos y de distribuciones de los mismos, que no se presentan en Europa donde se desarrollaron estas escalas, de esta menara se podría generar una escala propia para Colombia basada en las distribuciones de Badescu.



ESTADISTICA	
Media	0.38239058
Error típico	0.00304354
Mediana	0.38372024
Desviación estándar	0.05814678
Varianza de la muestra	0.00338105
Curtosis	-0.19163075
Coeficiente de asimetría	-0.07527767

Ilustración 19. Histograma de Frecuencias del Índice de Claridad atmosférica en el período de 2008 al 2013 en la estación de Bogotá.

En la ilustración 19 se enseña al igual que las estaciones anteriores, el histograma de la Estación Ciudad Bolívar (Sierra Morena) en Bogotá. En esta se ve el diagrama de

frecuencia de los valores de Kt promedio diario, y se evidencian que el valor de Kt de 0,369 se repite 43 veces a través del año. Luego se desarrolló el análisis estadístico con el cual se obtuvo el valor del Coeficiente de Curtosis de -0,19 que indica que la curva de frecuencias es de tipo “Platicurtica”. De igual manera se calculó el valor del Coeficiente de Asimetría de -0,0752, que especifica una clase de curva de tipo “Asimétrica Negativa”. Al remitirnos a la escala de Badescu, esta zona presenta una Curva de Distribución de “Tipo I” y una Curva de Distribuion “Normal”.

6.1. ASIMETRÍA

Se realizó un ejercicio para identificar cuáles de las estaciones objeto de este estudio estadístico presentan el mayor y menor valor del coeficiente de Asimetría:

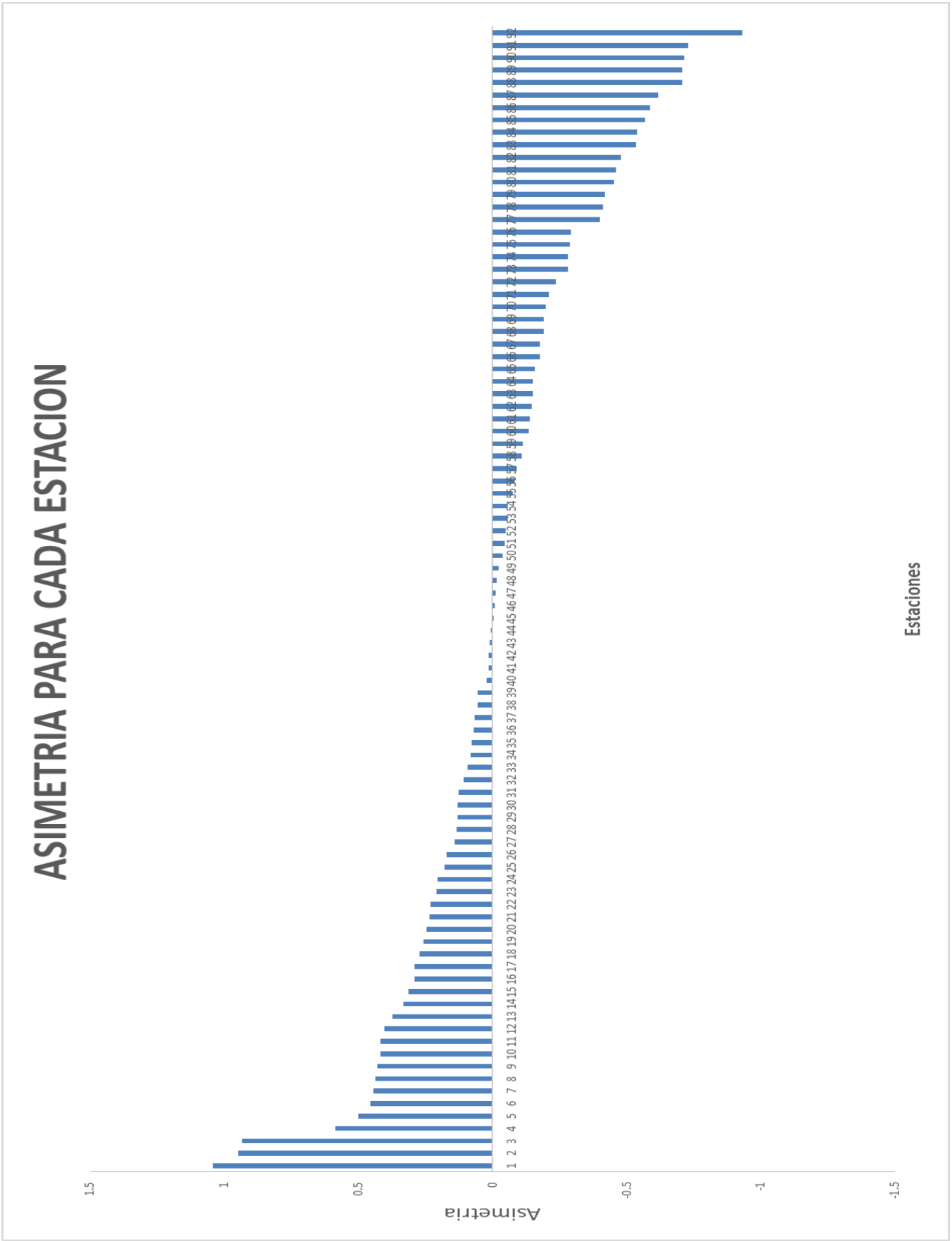


Ilustración 20. Valores Máximos y Mínimos del Coeficiente de Asimetría.

No.	ESTACION	Asimetría
1	__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	1.039196434
2	__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	0.946500627
3	__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	0.933944063
4	__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	0.582971569
5	__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	0.499379003
6	__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	0.455538193
7	__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	0.444010162
8	__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	0.43603775
9	__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	0.426047571
10	__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	0.417569601
11	__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	0.415819883
12	__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	0.400380005
13	__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	0.370177188
14	__La_Boyera_L_(2012)	0.330223926
15	__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	0.312240966
16	__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	0.290948062
17	__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	0.290345873
18	__Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	0.271090792
19	__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	0.2564053
20	__Inza_(Cauca)_L_(2013)	0.243664723
21	__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	0.232523322
22	__Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	0.229508527
23	__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	0.206316266
24	__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	0.205365059
25	__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	0.178940755
26	__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	0.168057089
27	__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	0.13936271
28	__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	0.131646746
29	__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	0.129158511
30	__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	0.127617379
31	__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	0.124059583
32	__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	0.10706261
33	__La_Plata_L_(Huila)(2013)	0.09178064
34	__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	0.080467701
35	__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	0.07695697
36	__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	0.068363085
37	__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	0.063470304

38	__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	0.054782541
39	__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	0.053671493
40	__Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L_(2013)	0.022036708
41	__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	0.014537625
42	__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	0.014497425
43	__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	0.007955959
44	__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	0.006392558
45	__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	-0.005143504
46	__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	-0.009215137
47	__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	-0.012202827
48	__Purace_(Huila)_LB_(2013)	-0.016317295
49	__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	-0.02620357
50	__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	-0.03774517
51	__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	-0.047249438
52	__La_Laguna-Cajibio_(2011)	-0.051419327
53	__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	-0.058884772
54	__Fedearroz_(Valleduparr)_HB_(2013)	-0.058908473
55	__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	-0.075277674
56	__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	-0.085343047
57	__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	-0.090419405
58	__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	-0.108899421
59	__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	-0.115191345
60	__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	-0.137622642
61	__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	-0.138885135
62	__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	-0.148363859
63	__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	-0.150893859
64	__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	-0.15283756
65	__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	-0.158017164
66	__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	-0.176438242
67	__Villanueva_Medellin_H_(2013)	-0.178130461
68	__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	-0.192481449
69	__Hacienda_Pajonales_(2013)	-0.192833507
70	__Univalle_B_(Cali)_(2013)	-0.198989814
71	__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	-0.209557574
72	__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	-0.235895635
73	__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	-0.281182401
74	__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	-0.282709004
75	__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	-0.289749435

76	__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	-0.293223016
77	__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	-0.399989463
78	__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	-0.411452211
79	__Granja-Paicí_(Uribia-Guajira)_LB_(2013)	-0.419621783
80	__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	-0.455083992
81	__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	-0.46326313
82	__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	-0.479621723
83	__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	-0.537496638
84	__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	-0.539795778
85	__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	-0.570850444
86	__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	-0.588067951
87	__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	-0.62026958
88	__Nataima_LB_(Tolima)_2013	-0.708298564
89	__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	-0.710033619
90	__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	-0.715757328
91	__Base_Palanquero_LB_(2013)	-0.731681026
92	_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	-0.933022597

Tabla 8. Valores Máximos y Mínimos de Asimetría.

En la ilustración 20 se muestran los valores del Coeficiente de Asimetría Promedio Multianual para cada una de las estaciones en estudio, organizadas de mayor a menor. Se evidencia que la estación con el valor más alto de Asimetría es la estación de Calarcá (Quindío) LB con un valor de 1,039, y la estación que tiene el menor valor es la estación de Guatapuri (Cesar) LB con un valor de Asimetría de -0.933.

Para identificar las zonas de Colombia de acuerdo a la Escala de Badescu de una manera más visual, se implementaron mapas a partir de los datos obtenidos de los Coeficientes de Asimetría y Curtosis. Para efectos prácticos se desarrollaron mapas separados de Asimetría y de Curtosis. Por esta razón se necesitan de ambos para clasificar las zonas de acuerdo a

la escala de Badescu. De nuevo, por medio del Software ArcGis 10.3 y mediante la herramienta de interpolación Kriging se efectuaron los mapas de Colombia de Asimetría Promedio Multianual y de Curtosis Promedio Multianual.

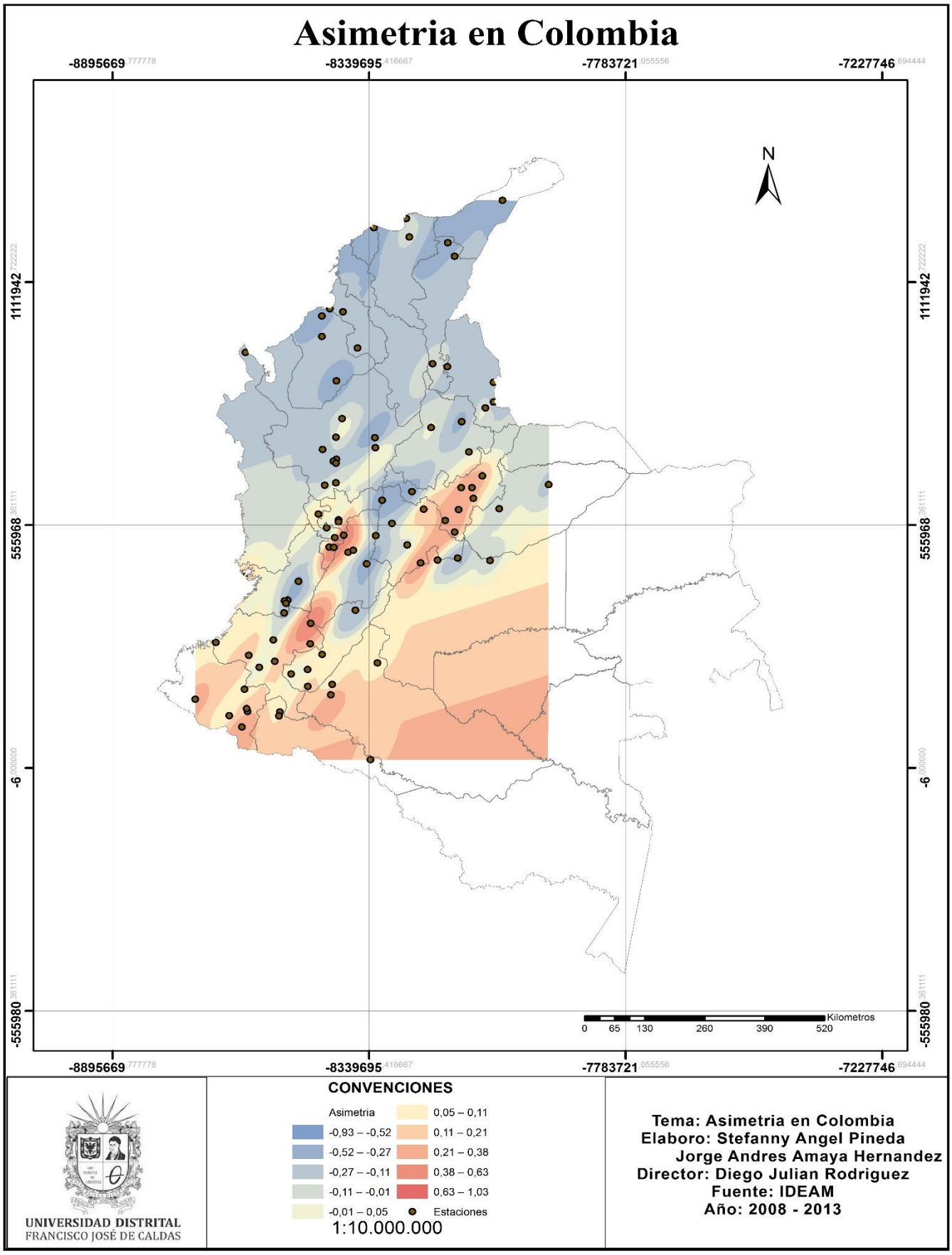


Ilustración 21. Mapa de Asimetría en Colombia para el periodo de 2008 al 2013

En la ilustración 21 se observa en el mapa los valores de Asimetría en Colombia, donde los valores de Asimetría entre -0,11 y 0,11 expresan una curva Simétrica. Verificando el mapa, el 17,39% de las estaciones presentan esta tipo de curva. Los valores entre -0,93 a -0,11 presentan un tipo de curva Asimétrica Negativa donde en el mapa, el 41,30% de las estaciones son de este tipo. Por último los valores de Asimetría entre 0,11 a 1,03 muestran una curva Asimétrica Positiva, y el 44,56% de las estaciones presentan esta característica.

6.2. CURTOSIS

Se realizó un ejercicio para identificar cuáles de las estaciones objeto de este estudio estadístico presentan el mayor valor de coeficiente de Curtosis:

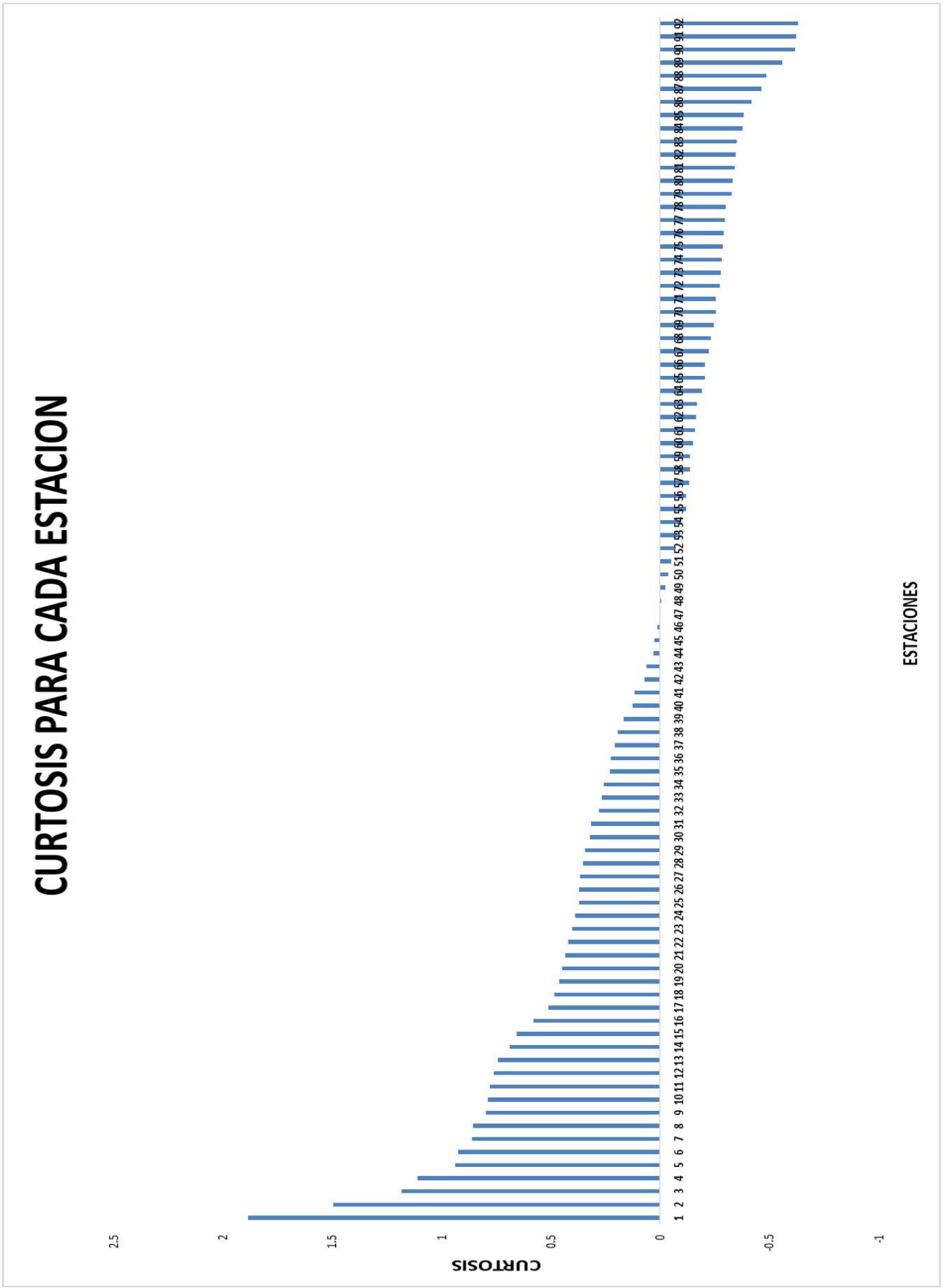


Ilustración 22. Máximo y mínimo. Análisis de Curtosis

No.	ESTACION	Curtosis
1	__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	1.886003636
2	__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	1.497104697
3	__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	1.182922301
4	__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	1.110815269
5	__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	0.938704867
6	__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	0.925677487
7	__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	0.85995687
8	__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	0.857832697
9	__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	0.798515277
10	__Estacion_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	0.790258992
11	__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	0.778608305
12	__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	0.762302942
13	__Nataima_LB_(Tolima)_2013	0.74349581
14	__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	0.688643096
15	__Base_Palanquero_LB_(2013)	0.658737359
16	__Estacion_Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	0.580386708
17	__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	0.51090185
18	__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	0.483403352
19	__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	0.460428951
20	__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	0.447697311
21	__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	0.432434964
22	__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	0.422091307
23	__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	0.402307236
24	__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	0.390433026
25	__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	0.37041082
26	__Inza_(Cauca)_L_(2013)	0.368891964
27	__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	0.365986835
28	__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	0.351078307
29	__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	0.341950811
30	__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	0.319758047
31	__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	0.317816881
32	__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	0.279906395
33	__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	0.265792245
34	__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	0.259483015
35	__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	0.228748157
36	__La_Boyera_L_(2012)	0.226961449
37	__La_Laguna-Cajibio_(2011)	0.207383433
38	__Estacion_Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	0.194453488
39	__Univalle_B_(Cali)_(2013)	0.166108552
40	__Villanueva_Medellin_H_(2013)	0.126224459
41	__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	0.118584575
42	__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	0.071205228
43	__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	0.062092386
44	__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	0.031880082
45	__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	0.024492017
46	__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	0.014496889
47	__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	0.002068122
48	__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	-0.007157576
49	__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	-0.02552789
50	__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	-0.038144244
51	__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	-0.052756371
52	__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	-0.06861401
53	__Granja-Paicí_(Uribía-Guajira)_LB_(2013)	-0.091985812
54	__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	-0.092302036
55	__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	-0.117679375

56	__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	-0.117700393
57	__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	-0.131912947
58	__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	-0.136036856
59	__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	-0.138624577
60	__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	-0.14991558
61	__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	-0.159160464
62	__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	-0.16515433
63	__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	-0.167459162
64	__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	-0.191630751
65	__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	-0.204462427
66	__Fedearroz_(Valledupar)_HB_(2013)	-0.206168899
67	__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	-0.22319832
68	__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	-0.231530093
69	__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	-0.245311974
70	__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	-0.252379434
71	__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	-0.255273616
72	__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	-0.273202442
73	__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	-0.277032444
74	__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	-0.282896291
75	__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	-0.28410639
76	__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	-0.28865061
77	__Hacienda_Pajonales_(2013)	-0.295969899
78	__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	-0.299684346
79	__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	-0.325175593
80	__Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L_(2013)	-0.332181778
81	__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	-0.339543869
82	__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	-0.343705732
83	__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	-0.34785462
84	__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	-0.375424073
85	__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	-0.383055257
86	__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	-0.418820969
87	__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	-0.46363163
88	__La_Plata_L_(Huila)(2013)	-0.486393513
89	__Purace_(Huila)_LB_(2013)	-0.559379912
90	__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	-0.616195753
91	__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	-0.62255214
92	__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	-0.630815841

Tabla 9. Valores de Curtosis Máximos y Mínimos.

De igual manera que con la Asimetría, en la ilustración 22, se muestran los valores del Coeficiente de Curtosis Promedio Multianual para cada una de las estaciones en estudio, organizadas de mayor a menor. Se identifica que la estación que tiene el mayor valor de Curtosis es la estación Calarcá en Quindío con un valor de 1,886, y la que tiene el menor

valor de es la estación de Jericó en Antioquia, con un valor de Curtosis de -0,631. De acuerdo a la escala de Badescu (Tabla 2) la región de la estación de Calarcá en Quindío presenta una Curva de Distribución de “Tipo III” y una Curva de Distribución de “Pico Estrecho con Cola Positiva”, lo cual expresa que en esta zona es adecuado, implementar sistemas fotovoltaicos a gran escala. La zona de la estación de Jericó en Antioquia, según la escala de Badescu, muestra una Curva de Distribución de “Tipo I” y una Curva de Distribución “Normal”. Esto quiere decir que esta región es una zona para implementar sistemas fotovoltaicos a escala y dimensionamiento “Medio”.

En el anexo 1 se encuentran los valores de los Coeficientes de Asimetría y Curtosis de cada una de las estaciones objeto de estudio, elaboradas a partir del resumen estadístico realizado a las curvas de distribuciones del Kt diario promedio en el periodo de estudio. Para poder identificar qué Tipo de Curva de Distribución de acuerdo a la Escala de Badescu, se deben observa los valores de Asimetría y Curtosis, y ubicarlos de acuerdo a la tabla (2) de las distribuciones de Badescu.

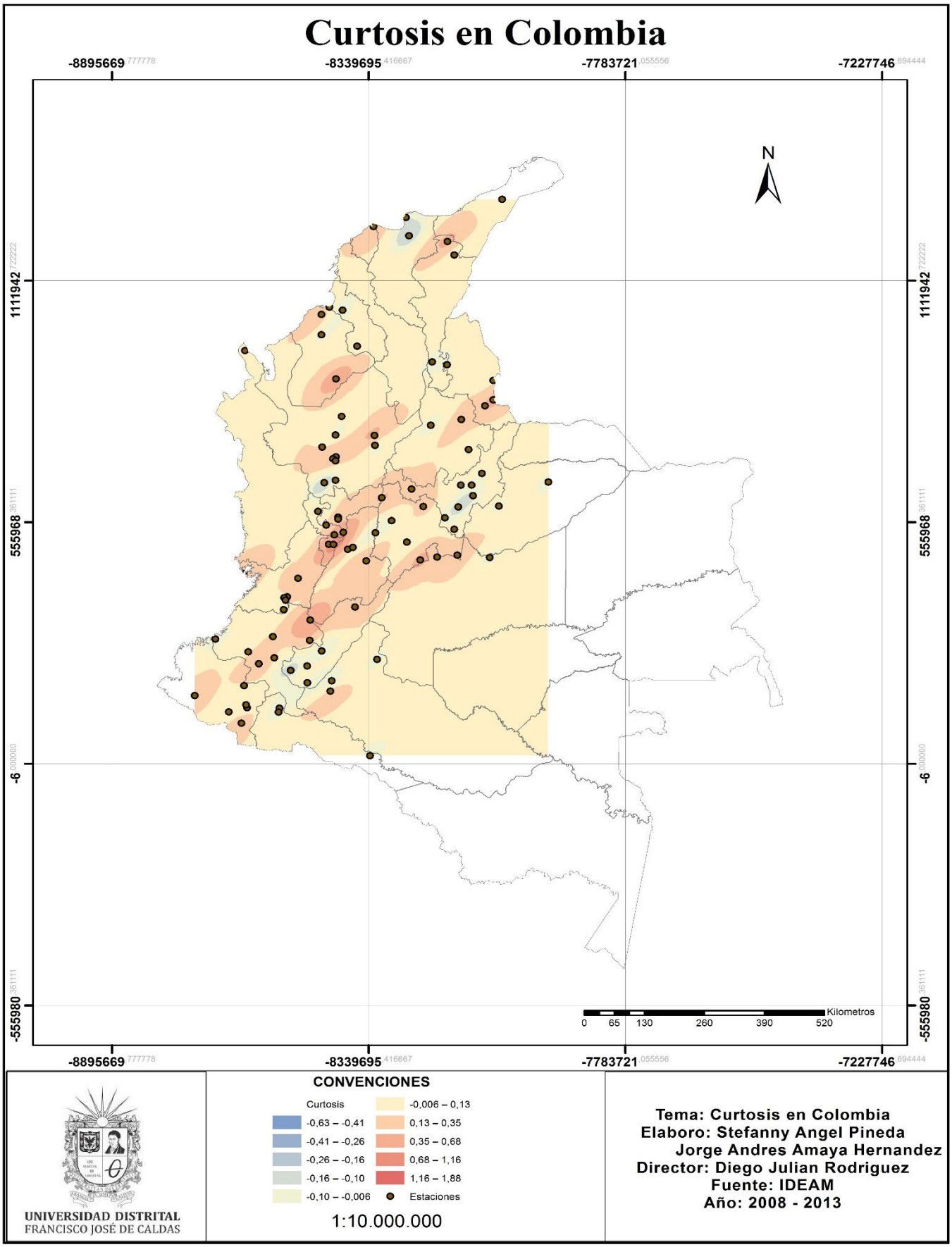


Ilustración 23. Mapa de Curtosis en Colombia para el periodo de 2008 al 2013

En el mapa de la ilustración 23 se observan los valores de Curtosis en el país. Los valores de Curtosis entre - 0,10 y 0,13 exponen una curva de tipo Normal (Mesocurtica). Este tipo de curva se presenta en un 34,78% de las estaciones. Los valores en el rango de -0,63 a -0,10 muestran una curva Platicurtica, donde el 38,04% de las estaciones tienen este tipo de curva y los valores de Curtosis entre 0,13 a 1,88 su curva es de tipo Leptocurtica, donde el 30,43% de las estaciones objeto de estudio tienen esta característica.

Para poder saber qué tipo de distribución presentan las estaciones se adjunta en el anexo 1 la tabla en la cual están los valores de Asimetría y Curtosis para cada una de ellas. Si se comparan estos valores con la tabla (2) de distribuciones de Badescu, se pueden clasificar las estaciones entre los tipos de Distribución de Badescu. Al tomar como ejemplo la Estación Cerromatoso en Córdoba, que tiene un valor de Asimetría 1,1108 y un valor de Curtosis -0,620, se observa que pertenece a la Distribución Tipo "V"de la tabla de Badescu, y que tiene una Curva de Distribución de "Pico Estrecho con Cola Negativa". Así mismo se pueden analizar una a una todas las estaciones. La siguiente tabla muestra la clasificación por Tipo de Distribución, de las estaciones objeto de estudio, de acuerdo a la tabla de Badescu:

ESTACION	Curtosis	Asimetría	Tipo de Distribución
Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L	-0.332181778	0.022036708	1
Aeropuerto_(Yopal)_HB	-0.22319832	-0.137622642	1
Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB	-0.383055257	0.131646746	1
Aguachica_(Cesar)_L	-0.343705732	0.07695697	1
Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L	-0.131912947	-0.150893859	1
Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L	0.938704867	-0.411452211	5

Aquitania_(Boyacá)_LB	-0.28865061	0.232523322	1
Aragón_(Antioquia)_LB	-0.245311974	0.129158511	1
Armenia_(Quindío)_LB	0.483403352	0.43603775	N/A
Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB	0.432434964	-0.588067951	4
Base_Palanquero_LB	0.658737359	-0.731681026	4
Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB	0.317816881	-0.085343047	1
Biotopo_(Nariño)_LB	0.390433026	0.415819883	N/A
Calarca_(Quidío)_LB	1.886003636	1.039196434	3
Capurgana_(Chocó)_L	-0.092302036	-0.148363859	1
Cerromatoso_(Córdoba)_L	1.110815269	-0.62026958	5
Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H	-0.204462427	0.417569601	N/A
Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB	0.365986835	0.499379003	N/A
Coveñas_(Sucre)_LB	-0.277032444	-0.176438242	1
Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)	0.798515277	-0.710033619	4
El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L	1.497104697	0.933944063	3
El_Diamante_(Casanare)_L	-0.339543869	-0.281182401	1
El_Diviso_(Cauca)_LB	-0.02552789	0.2564053	1
El_Paraiso_L_(Nariño)	0.031880082	0.006392558	1
El_Pepino_(Putumayo)_LB	-0.159160464	0.10706261	1
El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB	-0.282896291	-0.293223016	1
El_Vinculo_(Valle)_L	0.341950811	-0.46326313	4
EMAS_(Caldas)_L	0.351078307	0.127617379	1
Estrecho_Patia_(Cauca)_L	1.182922301	-0.15283756	N/A
Fedearroz_(Valleduparr)_HB	-0.206168899	-0.058908473	1
Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB	-0.418820969	-0.047249438	1
Gorgona_(Cauca)_LB	-0.62255214	0.124059583	1
Granja-Paicí_(Uribia-Guajira)_LB	-0.091985812	-0.419621783	4
Guatapuri_(Cesar)_LB	0.265792245	-0.455083992	4
Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L	-0.295969899	-0.192833507	1
Hacienda_Pajonales	-0.255273616	-0.192481449	1
Incoder_L_(Montería-Córdoba)	0.368891964	0.243664723	1
Inza_(Cauca)_L	-0.630815841	-0.108899421	1
Jericó_(Antioquia)_LB	-0.231530093	0.053671493	1
Juanchaco_(Valle)_L	0.226961449	0.330223926	1
La_Botana_(Nariño)_LB	-0.117700393	0.455538193	N/A
La_Boyera_L	-0.616195753	0.063470304	1
La_Capilla_(Boyacá)_LB	0.071205228	-0.209557574	1
La_Gran_Vía_(Magdalena)_L	0.207383433	-0.051419327	1
La_independencia_(Valle)_L	-0.252379434	-0.158017164	1

La_Laguna-Cajibio	-0.486393513	0.09178064	1
La_Palomera_HB_(meta)	0.228748157	0.014497425	1
La_Plata_L_(Huila)	-0.136036856	0.206316266	1
La_Primavera_(Huila)_L	0.925677487	0.946500627	3
La_Sierra_(Cauca)_LB	0.688643096	-0.537496638	4
Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L	0.762302942	-0.570850444	4
Las_Flores_HB_(Barranquilla)	-0.273202442	0.168057089	1
Lorica-Ita_(Córdoba)_LB	0.402307236	0.370177188	1
Los_Guacharos_(Huila)_L	-0.34785462	0.178940755	1
Macagual-Florencia_(Caqueta)_L	0.118584575	-0.090419405	1
Marceo_(Antioquia)_LB	0.85995687	-0.282709004	N/A
Marsella_(Risaralda)_L	-0.16515433	-0.005143504	1
Metromedellín_(Medellín)_HB	0.74349581	-0.708298564	4
Mogotes_HB_(Santander)	0.460428951	-0.479621723	4
Nataima_LB_(Tolima)	0.259483015	-0.03774517	1
Neomundo_(Bucaramanga)_L	-0.46363163	0.068363085	1
Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L	0.51090185	-0.289749435	1
PNN_La_Paya(Putumayo)_L	-0.559379912	-0.016317295	1
PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L	0.279906395	-0.02620357	1
Purace_(Huila)_LB	-0.052756371	-0.115191345	1
Salinas_de_Upin_(Meta)_LB	0.37041082	-0.539795778	4
San_Marcos_(Sucre)_LB	-0.28410639	0.007955959	1
San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L	0.062092386	0.014537625	1
San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L	-0.06861401	0.205365059	1
Santa_Barbara_(Antioquia)_LB	-0.007157576	-0.009215137	1
Santa_Emilia_(Risaralda)_L	0.014496889	0.400380005	N/A
Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L	-0.191630751	-0.075277674	1
Santa_María_(Boyacá)_LB	-0.167459162	-0.058884772	1
Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L	-0.117679375	0.312240966	1
Siloe_(Cali)_H	0.002068122	0.444010162	N/A
Socha_(Boyacá)_LB	-0.038144244	0.426047571	N/A
Sogamoso_(Boyacá)_LB	0.422091307	0.290345873	1
Tunguavita_(Boyacá)_LB	0.166108552	-0.198989814	1
Uninariño_(Nariño)_L	0.447697311	-0.399989463	1
Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)	0.024492017	-0.235895635	1
Univalle_B_(Cali)	-0.299684346	-0.012202827	1
Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)	0.857832697	-0.715757328	5
Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB	-0.14991558	0.080467701	1
UTM_HB_(Santa_Marta)	0.319758047	0.13936271	1

Vegachí_(Antioquia)_LB	0.778608305	0.582971569	N/A
Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)	-0.138624577	-0.138885135	1
Villamaría_(Caldas)_L	-0.325175593	0.054782541	1
Villanueva_Medellin_H	-0.375424073	0.290948062	1
Villateresa_E_(Sumapaz)	0.126224459	-0.178130461	1
Villeta_H_(Cundinamarca)	0.790258992	-0.933022597	4
Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB	0.580386708	0.271090792	1
Zetaquira_(Boyacá)_LB	0.194453488	0.229508527	1

	Estaciones que no se pueden clasificar según Badescu.

Tabla 10. Tipo de Distribución para cada Estación Según Badescu.

La tabla 9 muestra el Tipo de Distribución que tienen cada una de las estaciones objeto de estudio de acuerdo a la tabla 2 (Badescu, 2008), la cual de acuerdo a los valores de Asimetria y Curtosis les asigna un Valor en una escala de uno a cinco, y de acuerdo a este valor identificar el dimensionamiento adecuado en la implementación de Sistemas Fotovoltaicos. Se evidencia que las estaciones que están en el Tipo Cinco son: Cerromatoso en Córdoba, con valor de Asimetría -0,620 y de Curtosis 1,1108; Alcaldía de Herrán en Norte de Santander, con un valor de Asimetría de -0,411 y de Curtosis de 0,9387; Estación Vegachí en el departamento de Antioquia, con valor de Asimetría de -0,715 y de Curtosis de 0,857. También se tiene que las estaciones clasificadas en el Tipo Tres son: Calarcá en Quindío, con un valor de Asimetría de 1,039 y de Curtosis de 1,8860; El Diablo en Planadas Tolima, con un valor de Asimetría de 0,933 y de Curtosis 1,497; Laguna de Otun en Risaralda, con un valor de Asimetría de 0,946 y de Curtosis 0,925. Los Tipos de distribución Cinco y tres, en ese orden de importancia, son los niveles ideales para implementar Sistemas Fotovoltaicos a gran escala, ya que presentan un tipo de distribución

con pico estrecho, lo que nos muestra que durante el tiempo de estudio presentan un valor muy constante en sus datos, haciendo más eficaz el dimensionamiento del sistema. De igual manera se evidencia que hay 11 estaciones que no se pueden clasificar en ningún tipo de distribución de Badescu, por lo que se demuestra que es necesario seguir con este tipo de estudios, para poder obtener una escala más adecuada para Colombia, como se planteó anteriormente. Estudios, para poder obtener una escala más adecuada para la región latinoamericana.

6. CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización de la radiación medida en cada estación. Se identificó que la Radiación Solar Extraterrestre (Ho) depende mayormente de la latitud, declinación, y ángulo horario, lo cual se evidencia según la formula (1). Debido a esto, la zona sur de Colombia, que se encuentra más cerca al paralelo del ecuador (Badescu, 2008), se evidencia, gracias a la interpolación Krigin y la obtención de los mapas, que es la zona con valores más altos de Ho del país.

Los mayores valores de Radiación Solar Terrestre (Hg) se tienen en la zona norte del país (Costa Atlantica), demostrando así que es una zona óptima para la implementación de sistemas fotovoltaicos, dimensionados a una gran escala para el mejor aprovechamiento del recurso solar. El 44,56% de las estaciones tienen un valor de Radiación Terrestre mayor de 3471,50 Wh/m^2

Al igual que con Hg, los valores más elevados del Índice de Claridad Atmosférica (Kt)se dan en la Costa Atlántica, con estaciones que presentan “Días Claros”, según la escala de Iqbal (tabla 1), como lo es la estación “Las Flores HB” en Barranquilla, que en el mes de Enero muestra un valor de Kt de 0,643, lo cual reafirma que esta zona es la adecuada para la implementación de sistemas fotovoltaicos a gran escala. El 43,47% de las estaciones en estudio, presentan valores de Kt mayores a 0,35, los cuales de acuerdo a la escala de Iqbal (tabla 1) presentan días “Parcialmente Nublados”. Esto muestra que en casi la mitad de las

estaciones del estudio es adecuada la implementación de los sistemas fotovoltaicos, revisando apropiadamente sus dimensionamientos y potencias.

Debido a la falta de toma de datos en las estaciones, por distintas razones, hay meses en los cuales no se tiene información suficiente de las medidas de radiación Solar Terrestre, lo cual hacen que los resultados no sean tan exactos, teniendo en cuenta que los valores nulos o muy extremos afectan considerablemente los promedios, por esta razón es necesario dar criterios de selección de datos para evitar estas situaciones.

Se evidenció que al realizar un análisis por meses del Índice de Claridad Atmosférica, se presenta una relación directa con el comportamiento de las temporadas de lluvia en las distintas zonas del territorio colombiano. De acuerdo a esta información se tiene que el mes en el que hay valores de Kt altos es Enero, en la parte Norte del país. También se pudo demostrar que el mes que muestra un comportamiento más homogéneo del Índice de Claridad Atmosférica es Septiembre, en el que aunque no se tienen valores altos de Kt, si se evidencia que en la mayoría de las estaciones se presentaron valores muy cercanos entre sí.

Para la realización de los mapas de Curtosis no se pudo utilizar el mismo método de Kriging que se utilizó para el resto de los mapas, debido a que la distribución de los datos de Asimetría y Curtosis no es de tipo logarítmica, porque tiene valores iguales a 0 y menores

a este, se tuvo que realizar otro tipo de configuración que se acoplara y fuera más acorde a los datos que se obtuvieron en el análisis de las estaciones.

De acuerdo a la Tabla de Tipo de distribución de Badescu, se evidencia que las estaciones que están en el Tipo Cinco son: Cerromatoso en Córdoba, con valor de Asimetría -0,620 y de Curtosis 1,1108; Alcaldía de Herrán en Norte de Santander, con un valor de Asimetría de -0,411 y de Curtosis de 0,9387; Estación Vegachí en el departamento de Antioquia, con valor de Asimetría de -0,715 y de Curtosis de 0,857. También se tiene que las estaciones clasificadas en el Tipo Tres son: Calarcá en Quindío, con un valor de Asimetría de 1,039 y de Curtosis de 1,8860; El Diablo en Planadas Tolima, con un valor de Asimetría de 0,933 y de Curtosis 1,497; Laguna de Otun en Risaralda, con un valor de Asimetría de 0,946 y de Curtosis 0,925. Los Tipos de distribución Cinco y tres, en ese orden de importancia, son los niveles ideales para implementar Sistemas Fotovoltaicos a gran escala.

Se identifica que hay 11 estaciones objeto de estudio estadístico que no se pueden clasificar en ningún Tipo de Distribución de Badescu, por lo que se hace necesario seguir con este trabajo, para poder obtener una escala más adecuada para la región latinoamericana.

En este proyecto se realizó el análisis de datos para obtener los mapas de Colombia donde se muestran los valores de: Radiación Solar Terrestres y Extraterrestre, Indice de Claridad Atmosférica y los Indices de Asimetría y Curtosis, logrando con estos dar más criterios para identificar el dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaico en diferentes zonas del

territorio objeto de este estudio. De igual manera se demuestra que no solo por uno de estos criterios se puede designar la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos, sino que es necesario realizar una comparación entre los mismos, debido a que cada uno de ellos ofrece información distinta para el análisis de la radiación solar desde una característica propia, entiéndase desde la radiación disipada en la atmosfera, hasta el comportamiento de la misma en periodos de tiempo estipulados.

7. REFERENCIAS

Aldana, U. A. (2015). Mapa de radiación para la sabana de Bogotá. *Mapa de radiación para la sabana de Bogotá*. Bogotá.

Badescu, V. (2008). *Modeling solar radiation at the earth's surface.* Berlin: Springer.

Davila, P., Salazar, L., & Sanchez, C. T. (1990). Introduccion al estudio de la transparencia atmosférica en salamanca. *Revista de meteorología A.M.E.*, 13-18.

Forero, N. L., Meza, W., Martinez, M. A., Caicedo, L. M., & Gordillo, G. (Abril de 2008). Estimación del Valor Medio Mensual del Índice de Claridad Atmosférico. *Revista Colombiana de Física, 40*(1), 167-169.

IDEAM. (2010). *Atlas de climatologico de Colombia*. Obtenido de http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html

IDEAM. (2010). *IDEAM*. Obtenido de http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html

IDEAM. (2014). Obtenido de http://www.ideam.gov.co/

Iqbal, M. (1983). *An introduction to solar radiation.* Toronto: Academic Press.

Jaramillo, A., Arcila , J., Montoya , E., & Quiroga, F. (2006). La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café. *Meteorología Colombiana*, 12-22.

Martinez, C. (1997). *Estadistica y muestreo.* Bogotá: Ecoe editores.

Ministerio de medio ambiente, y. m. (s.f.). *Agencia estatal de metereologia (aemet).* Obtenido de http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf

Narvaez, J. R., Dielman, G., & Gordillo, G. (2008). Estudio del Potencial de Radiaciòn Solar y de la Temperatura. *Revista Colombiana de Física*, 392-395.

REVE. (2012). Cinco beneficios de la energía solar fotovoltaica. *REVE(Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico)*, http://www.evwind.com/2012/10/11/cinco-beneficios-de-la-energia-solar-fotovoltaica.

Rodriguez Patarroyo, D. J., Hernandez, j., & Simbaqueva, O. (2015). Análisis Estadístico Del Índice De Claridad Atmosférica Para La Ciudad De Bogotá. *Revista Cientifica*, 65-70.

Rodriguez, D. J., Avila, M., & Benitez, J. A. (2015). Solar Radiation Atlas for the region CundiboyacenseColombia. *13th LACCEI Annual International Conference: "Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?"* (pág. 8). Santo Domingo, Dominican Republic : LACCEI.

Rodriguez, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería, 8*, 84-89.

Sanchez, C., Castillo, P. D., & Mendoza, I. (s.f.). Validación y ajuste de modelos de radiación solar directa para la ciudad de Bogotá a partir de datos experimentales tomados en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Grupo de Energías Alternativas, Universidad Distrital, Colombia*.

Simbaqueva, I. (15 de 1 de 2009). *repository.lasalle.edu.co.* Recuperado el 20 de Agosto de 2016, de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17050/T42.09%20S42m.pdf?sequence=1

tuveras. (s.f.). *tuveras*. Obtenido de http://www.tuveras.com/estadistica/estadistica02.htm

UPME. (2014). *UPME.* Obtenido de http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf

Vanegas, M., Villicaña, E., & Arrieta, L. (2015). Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de. *Prospect, 13*(2), 54-63.

Wester, A. (2000). *Estadistica para administradores.* Bogotá: McGraw-Hill.

Wrigth, J. (1996). Estudio experimental de la radiación global ultravioleta en San Jose. *UNICIENCIA, 13*, 35-43.

8. APÉNDICE

ANEXO 1

VALORES PROMEDIO MULTIANUAL PARA CADA ESTACION

VALORES PROMEDIO MULTIANUAL PARA CADA ESTACION								
ESTACION	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Ho (W*h/m^2)	Hg (W*h/m^2)	Kt	Curtosis	Asimetría
__Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L_(2013)	1.15	-76.65	660	10003.0587	2940.469406	0.29394827	-0.332181778	0.022036708
__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	5.32	-72.38	330	9957.89142	3892.91232	0.39192236	-0.22319832	-0.137622642
__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	2.578	-77.898	17	9993.00767	2970.221248	0.29638769	-0.383055257	0.131646746
__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	8.28	-73.676	120	9896.74426	2940.469406	0.29911203	-0.343705732	0.07695697
__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	8.22	-73.39	1700	9898.22209	3542.171212	0.35563915	-0.131912947	-0.150893859
__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	7.5	-72.49	2040	9915.18865	3438.755936	0.34804581	0.938704867	-0.411452211
__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	5.533	-72.883	3058	9954.29505	3722.582192	0.37493339	-0.28865061	0.232523322
__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	6.78	-75.56	530	9930.73573	3348.092603	0.33684269	-0.245311974	0.129158511
__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	4.531	-75.69	1458	9970.12375	3464.05242	0.34717346	0.483403352	0.43603775
__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	3.45	-76.5	975	9984.09322	2919.522655	0.29226774	0.432434964	-0.588067951
__Base_Palanquero_LB_(2013)	5.492	-74.658	190	9954.99701	4230.549543	0.42476204	0.658737359	-0.731681026
__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	4.43	-75.32	1200	9971.56563	3675.515068	0.36858854	0.317816881	-0.085343047
__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	1.408	-78.298	512	10001.661	2352.548209	0.23536634	0.390433026	0.415819883
__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	4.53	-75.6	2248	9970.13816	2642.359315	0.26525327	1.886003636	1.039196434
__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	8.51	-77.32	20	9890.98813	3162.388676	0.3197897	-0.092302036	-0.148363859
__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	7.93	-75.55	61.75	9905.2264	2465.733059	0.24859233	1.110815269	-0.62026958
__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	4.47	-75.22	1947	9970.99794	2711.883562	0.27145619	-0.204462427	0.417569601

__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	0.84	-77.39	3577	10004.494	2055.57653	0.20525522	0.365986835	0.499379003
__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	9.4	-75.68	0	9867.35555	4020.76895	0.40709386	-0.277032444	-0.176438242
__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	3.24	-75.18	459	9986.43235	4024.42517	0.40168824	0.798515277	-0.710033619
__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	2.97	-76.05	4100	9989.26057	2386.739011	0.23958967	1.497104697	0.933944063
__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	5.816	-71.416	160	9949.32351	3938.546932	0.39680061	-0.339543869	-0.281182401
__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	2.311	-77.258	1750	9995.31633	2641.800365	0.2643975	-0.02552789	0.2564053
__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	1.07	-77.636	3030	10003.4546	3748.166986	0.3750835	0.031880082	0.006392558
__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	1.066	-76.666	738	10003.4707	2217.581735	0.22137394	-0.159160464	0.10706261
__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	9.333	-75.422	167.59	9869.20972	3717.85381	0.37299921	-0.282896291	-0.293223016
__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	3.83	-76.29	948.5	9979.55058	2935.76848	0.29368824	0.341950811	-0.46326313
__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	5.09	-75.51	2207	9961.63449	2987.309132	0.29979133	0.351078307	0.127617379
__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	2.068	-77.052	646	9997.24585	4167.330815	0.41684233	1.182922301	-0.15283756
__Fedearroz_(Valledupar)_HB_(2013)	10.46	-73.25	183.7	9836.39929	4603.527808	0.46973638	-0.206168899	-0.058908473
__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	1.716	-75.633	625.7	9999.74635	3205.147078	0.32027265	-0.418820969	-0.047249438
__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	2.962	-78.174	4	9989.34131	2668.241142	0.26631413	-0.62255214	0.124059583
__Granja-Paicí_(Uribía-Guajira)_LB_(2013)	11.59	-72.316	14.87	9800.04983	4544.547397	0.46486657	-0.091985812	-0.419621783
Estacion_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	10.73	-73.383	1315	9827.92302	3649.90013	0.36560621	0.790258992	-0.933022597
__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	6.53	-75.82	2600	9935.80141	3590.064521	0.36053282	0.265792245	-0.455083992
__Hacienda_Pajonales_(2013)	4.767	-74.783	255	9966.64483	4080.504247	0.4096382	-0.295969899	-0.192833507
__Hda_Manila_(Huila)_L_(2009-F)	3.133	-75.081	566.8	9987.57731	4190.795322	0.41582127	0.792258419	-0.629812735
__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	8.833	-75.833	37	9882.66084	3348.833562	0.34013797	-0.255273616	-0.192481449
__Inza_(Cauca)_L_(2013)	2.55	-76.06	1896	9993.25904	3031.297626	0.30348129	0.368891964	0.243664723
__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	5.8	-75.78	3207	9949.61045	3815.803819	0.38369881	-0.630815841	-0.108899421
Estacion_Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	3.925	-77.349	12.99	9978.35252	2851.60405	0.28538738	0.580386708	0.271090792
__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	1.16	-77.28	2820	10003.0079	3076.960183	0.30803029	-0.231530093	0.053671493

__La_Boyera_L_(2012)	5.31	-73.85	2610	9958.05719	3508.784338	0.35266187	0.226961449	0.330223926
__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	5.08	-73.43	1917	9961.79394	3549.675616	0.35721833	-0.117700393	0.455538193
__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	10.85	-74.13	30	9824.24358	3796.443881	0.38886782	-0.616195753	0.063470304
__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	3.184	-76.569	997	9987.03553	2617.10621	0.2620745	0.071205228	-0.209557574
__La_Laguna-Cajibio_(2011)	2.63	-76.78	1850	9992.53507	3278.665254	0.32806419	0.207383433	-0.051419327
__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	4.26	-72.56	196	9973.92899	3889.909726	0.39053293	-0.252379434	-0.158017164
__La_Plata_L_(Huila)(2013)	2.33	-75.83	2114	9995.15858	2607.773653	0.26115387	-0.486393513	0.09178064
__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	2.02	-76.11	1925	9997.60764	3163.342557	0.31647967	0.228748157	0.014497425
__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	2.19	-76.75	1930	9996.29754	3188.915683	0.31857427	-0.136036856	0.206316266
__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	4.78	-75.41	157	9966.44875	2174.016621	0.2188632	0.925677487	0.946500627
__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	11.04	-74.82	2	9818.17265	5170.981507	0.52883087	0.688643096	-0.537496638
__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	9.25	-75.833	59.9	9871.4897	3597.948858	0.36575925	0.762302942	-0.570850444
__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	1.675	-76.106	1970	10000.0202	3006.948402	0.30099122	-0.273202442	0.168057089
__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	1.499	-75.661	256.9	10001.1239	2061.948995	0.20662101	0.402307236	0.370177188
__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	6.57	-74.79	1112	9935.00245	3633.171689	0.36529901	-0.34785462	0.178940755
__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	4.93	-75.74	1649	9964.15238	3045.572648	0.30559706	0.118584575	-0.090419405
__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	6.33	-75.55	1456	9939.73042	4037.015297	0.40619269	0.85995687	-0.282709004
__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	6.48	-72.97	1673.9	9936.79398	3305.274977	0.33260433	-0.16515433	-0.005143504
__Nataima_LB_(Tolima)_2013	4.19	-74.96	416	9974.87894	3355.783883	0.33506397	0.74349581	-0.708298564
__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	7.1	-73.11	970.7	9924.00139	3423.902971	0.34577222	0.460428951	-0.479621723
__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	6.29	-75.61	1964	9940.50304	3313.606621	0.33374513	0.259483015	-0.03774517
__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	0.17	-74.89	194	10006.6858	2823.315928	0.28379846	-0.46363163	0.068363085
__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	4.73	-75.58	1881	9967.2004	2312.458082	0.23134071	0.51090185	-0.289749435
__Providencia_(San_Andrés)_LB_(2013))	13.37	81.37	0	9735.82689	3045.572648	0.31463648	0.358145164	0.140053552

__Purace_(Huila)_LB_(2013)	1.93	-76.43	2004	9998.26883	2851.220896	0.28521499	-0.559379912	-0.016317295
__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	4.27	-73.58	330	9973.79216	3679.1121	0.36889508	0.279906395	-0.02620357
__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	8.6	-75.14	27	9888.69643	3929.609589	0.39663384	-0.052756371	-0.115191345
__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	5.67	-74.08	741.6	9951.91583	2769.664012	0.27873889	0.37041082	-0.539795778
__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	2.16	-74.75	275	9996.53459	3114.339452	0.31175922	-0.28410639	0.007955959
__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	5.85	-75.56	1677	9948.71136	3959.149543	0.39801242	0.062092386	0.014537625
__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	5.21	-75.9	2004	9959.69976	2677.189909	0.26854348	-0.06861401	0.205365059
__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	7.16	-75.44	567	9922.70742	3144.909224	0.31679136	-0.007157576	-0.009215137
__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	4.84	-73.25	1300	9965.53767	2560.058265	0.25734607	0.014496889	0.400380005
__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	4.58	-74.17	2548	9969.41408	3810.205616	0.38239058	-0.191630751	-0.075277674
__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	3.43	-76.56	1234	9984.32125	3697.819178	0.37024211	-0.167459162	-0.058884772
__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	5.99	-72.71	2492	9946.15738	3531.444521	0.35586249	-0.117679375	0.312240966
__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	5.75	72.91	2495	9950.50263	3375.962968	0.34051403	0.002068122	0.444010162
__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	5.75	-73.12	2470	9950.50263	3243.54242	0.32659594	-0.038144244	0.426047571
__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	1.22	-77.3	2626	10002.6977	3166.964384	0.31659393	0.422091307	0.290345873
Estacion_Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	7.38	-72.65	2362	9917.87854	3566.600665	0.35858439	0.194453488	0.229508527
__Univalle_B_(Cali)_(2013)	3.378	-76.53	992	9984.90897	3667.680868	0.36742533	0.166108552	-0.198989814
__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	4.31	-73.19	313.79	9973.24215	4067.547443	0.4081507	0.447697311	-0.399989463
__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	7.9	-72.49	311	9905.93784	3724.509635	0.37550487	0.024492017	-0.235895635
__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	11.22	-74.19	7	9812.33131	4179.294658	0.42742591	-0.299684346	-0.012202827
__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	6.77	-74.8	554.47	9930.94166	3809.440363	0.38214775	0.857832697	-0.715757328
__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	1.616	-77.34	1005	10000.3956	4072.51863	0.40716681	-0.14991558	0.080467701
__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	5.05	-75.51	1898	9962.27059	3325.220274	0.33392412	0.319758047	0.13936271

_Villanueva_Medellin_H_(2013)	6.25	-75.56	1589	9941.27124	3533.757078	0.35479254	0.126224459	-0.178130461
__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	4.21	-73.91	3624	9974.6089	2969.889635	0.29859861	0.778608305	0.582971569
__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	5.02	-74.47	880	9962.74474	3501.107671	0.35182077	-0.138624577	-0.138885135
__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	6.98	-73.705	128.83	9926.55964	3409.143607	0.34337029	-0.325175593	0.054782541
__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	5.3	-73.17	1434	9958.22272	3031.099087	0.30544425	-0.375424073	0.290948062

	ESTACIONES QUE NO HACEN PRTE DEL ESTUDIO

ANEXO 3

VALORES DE KT PROMEDIO MENSUAL PARA CADA ESTACION

VALORES DE KT PROMEDIO MENSUAL PARA CADA ESTACION												
ESTACION	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**
__Acueducto_Moca_(putumayo)_L_(2013)	0.37991514	0.306878377	0.319232871	0.311548855	0.283213825	0.253114384	0.258761732	0.289797639	0.290423438	0.311715621	0.358539093	0.308559859
__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	0.475296147	0.444957545	0.380770917	0.376264612	0.333755983	0.245633206	0.342490954	0.359923629	0.351541566	0.37031108	0.309022184	0.411377588
__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	0.284382164	0.279036876	0.295173542	0.331221156	0.308255138	0.297633786	0.32885533	0.327915488	0.322838917	0.275955074	0.228504332	0.259549869
__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	0.37015838	0.286261704	0.293130222	0.282018889	0.259034103	0.231562164	0.265840498	0.270025101	0.266157528	0.289558873	0.365685939	0.336861399
__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	0.477565514	0.325305375	0.298906041	0.251116852	0.320616136	0.229830182	0.414316659	0.384644203	0.406962021	0.351930825	0.301612608	0.379201214
__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	0.419584535	0.362185771	0.300996243	0.240546545	0.314396722	0.223203335	0.370867872	0.356133726	0.373898053	0.352640774	0.314867236	0.389582854
__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	0.446111865	0.461727495	0.393907127	0.366212653	0.337550023	0.364009127	0.340644226	0.317587867	0.318168252	0.353454228	0.358876485	0.441164674
__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	0.363498716	0.360442312	0.311661177	0.267326415	0.325603176	0.377067878	0.38700813	0.35861192	0.365871031	0.322425627	0.265982324	0.309021339
__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	0.331264908	0.332699154	0.351970006	0.345147776	0.344949514	0.338362332	0.366312352	0.399728728	0.379802911	0.335346689	0.323090966	0.282796836
__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	0.373761806	0.34850339	0.352058036	0.356888815	0.368289242	0.370352247	0.377156179	0.380839531	0.344877934	0.321889006	0.297394226	0.336328009
__Base_Palanquero_LB_(2013)	0.380964926	0.386649905	0.378210934	0.40870401	0.439270632	0.462638424	0.470687764	0.469806774	0.424738779	0.403342433	0.433295136	0.398189336
__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	0.400865168	0.378021874	0.355085323	0.354992433	0.364587302	0.390283155	0.346276096	0.404727195	0.37882328	0.355335216	0.348717639	0.350154458
__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	0.236056349	0.227287898	0.253529661	0.25503138	0.254390219	0.252011434	0.269735636	0.263485604	0.179739472	0.187768183	0.180042898	0.220643875

__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	0.316905824	0.25419428	0.26465749	0.232516951	0.24450662	0.256895574	0.279170541	0.283900208	0.277671397	0.240634069	0.211434724	0.217702692
__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	0.301217393	0.287318435	0.280029723	0.308561886	0.319946021	0.324466683	0.344171142	0.337304705	0.283028278	0.331964971	0.291811604	0.280477786
__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	0.337052421	0.325260988	0.299910405	0.305788853	0.28845774	0.273916911	0.33563511	0.34833539	0.311491095	0.348544677	0.33125837	0.345541206
__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	0.260810419	0.247862564	0.233908175	0.222768067	0.217061104	0.297895667	0.33263071	0.35735526	0.344233604	0.263943357	0.188452761	0.22576712
__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	0.23523806	0.174899299	0.17611931	0.229125893	0.231214079	0.175903109	0.26460633	0.166342638	0.241981317	0.26890495	0.280153953	0.240503044
__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	0.428339738	0.460677602	0.458255304	0.439334402	0.392826633	0.399750443	0.402333477	0.406817191	0.413187034	0.384756353	0.40033102	0.424015219
__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	0.423775598	0.442655423	0.370668584	0.391308487	0.401704889	0.432822581	-	0.35509107	0.372212961	0.411976987	0.380634492	0.429016936
__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	0.262781197	0.254327091	0.23370361	0.212094134	0.236198255	0.292701148	0.249057486	0.233480131	0.205818529	0.186066526	0.23467845	0.24253496
__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	0.503507677	0.449847497	0.40319569	0.382287551	0.30611887	0.349005252	0.248754623	0.263921507	0.405158643	0.44425391	0.403183126	0.456082442
__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	0.335198498	0.33498541	0.378262881	0.318235331	0.413249642	0.429464001	0.45307034	0.452247608	0.395782194	0.372228764	0.383982563	0.339166255
__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	0.392885327	0.385022871	0.433580448	0.41418529	0.401961927	0.488680064	0.45173522	0.443484736	0.411786435	0.358697798	0.359128103	0.355824823
__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	0.323356337	0.329452808	0.29357638	0.335878019	0.301701142	0.297386631	0.291817117	0.287091588	0.278985391	0.357537569	0.3371092	0.269389661
__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	0.317824687	0.47159726	0.446633132	0.40683803	0.309914267	0.47828854	0.393128942	0.369501453	0.356114243	0.335425873	0.271921006	0.441484524
__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	0.354504291	0.354667827	0.369983287	0.382848972	0.35689961	0.35863856	0.384491776	0.371051615	0.356587786	0.335562423	0.309454191	0.306071854
__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	0.319994519	0.310056472	0.300662202	0.286043645	0.281564689	0.306527844	0.313153333	0.307995129	0.314717558	0.297019677	0.286122452	0.288352517
__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	0.348923284	0.388329139	0.433896886	0.443801164	0.412584401	0.399192403	0.368747375	0.384297005	0.422209901	0.419865343	0.394513938	0.447466608
__Fedearroz_(Valledupar)_HB_(2013)	0.538802093	0.535397723	0.453123146	0.471838659	0.44794907	0.439504867	0.478646596	0.436943968	0.415505627	0.442497958	0.448564497	0.508143024
__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	0.371801673	0.342050886	0.29283857	0.243186997	0.237663331	0.276391279	0.273462945	0.305008042	0.354837599	0.363323118	0.340944875	0.376383178
__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	0.196105274	0.313807823	0.329492137	0.326714145	0.293385276	0.280733456	0.285627678	0.292722209	0.276265381	0.208153761	0.207132138	0.213427017
__Granja-Paicí_(Uribía-Guajira)_LB_(2013)	0.561629082	0.549426126	0.454019713	0.506525739	0.436374051	0.484713439	0.480189064	0.466313327	0.438187904	0.427840966	0.411033012	0.493960747
Estacion_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	0.466856488	0.421895338	0.400953177	0.328923956	0.347824054	0.390637426	0.335981958	0.164251829	0.257589576	0	0.01299297	0
__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	0.332272959	0.368192521	0.366431903	0.381250287	0.312086172	0.371292609	0.382538298	0.38146543	0.337934263	0.359121716	0.323310141	0.305270876
__Hacienda_Pajonales_(2013)	0.379419911	0.382896564	0.337116723	0.335159778	0.346946137	0.427426975	0.454756551	0.407404945	0.371197468	0.368018678	0.333863703	0.335812224
__Hda_Manila_(Huila)_L_(2009-F)	0.424416081	0.447973687	0.402141644	0.408518683	0.408931427	0	0	0	0	0.384680364	0	0
__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	0.391615782	0.376686114	0.324103469	0.294973949	0.316576894	0.328390839	0.317705377	0.338145547	0.313384819	0.349730352	0.350519592	0.373774592

__Inza_(Cauca)_L_(2013)	0.303572041	0.298391077	0.311177054	0.322053813	0.330316915	0.341481048	0.316077617	0.33432196	0.321134697	0.369637465	0.261242092	0.219208104
__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	0.385752236	0.37649864	0.331018226	0.377571264	0.383435923	0.372689339	0.4168453	0.44320095	0.211481577	0.432330103	0.302528611	0.363502926
Estacion_Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	0.323067732	0.329536041	0.300171071	0.296522561	0.257359163	0.260666995	0.21558705	0.262202419	0.2749431	0.277584269	0.240394672	0.273600816
__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	0.309951027	0.266368555	0.287839106	0.301895134	0.321512124	0.335213652	0.33864866	0.350205375	0.319980638	0.292271809	0.296815735	0.267239214
__La_Boyera_L_(2012)	0.448497528	0.409454764	0.360093588	0.367886301	0.356040858	0.358059158	0.284884644	0.331792299	0.328981619	0.331645924	0.281580762	0.340676917
__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	0.400722768	0.418065065	0.351939793	0.338279361	0.322985397	0.303901509	0.284409451	0.298864109	0.365667751	0.324868834	0.309501362	0.44562767
__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	0.485879795	0.453629835	0.380619707	0.356169633	0.357640532	0.366821858	0.371061007	0.353738483	0.339414801	0.338470754	0.375435615	0.440895444
__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	0.265466714	0.270773811	0.260510099	0.259431386	0.253067422	0.246746063	0.270409567	0.275008423	0.280805732	0.244483948	0.249280321	0.268932511
__La_Laguna-Cajibio_(2011)	0.313971836	0.328318769	0.334870535	0.375095559	0.370035264	0.381909928	0.337567804	0.342548916	0.317623384	0.272530944	0.255748282	0.319530063
__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	0.434656918	0.437349397	0.384723416	0.361763997	0.363529735	0.37349075	0.365225096	0.325991191	0.309229746	0.39215105	0.355956817	0.357004508
__La_Plata_L_(Huila)(2013)	0.267179473	0.290688855	0.246086031	0.259619807	0.289892359	0.311507728	0.309194168	0.277398546	0.278900323	0.295217751	0.235601238	0.260610445
__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	0.328265433	0.29066088	0.268983516	0.342922873	0.287426304	0.350431992	0.324311764	0.332284081	0.348041622	0.326245826	0.277633608	0.266237742
__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	0.395813647	0.283210723	0.274789474	0.270736594	0.321641098	0.284084723	0.344846504	0.392734608	0.325990055	0.361218001	0.243477062	0.269681989
__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	0.319792805	0.220378771	0.20185744	0.163100175	0	0.231267005	0.24198213	0.220317808	0.241600432	0.207956193	0.141848967	0.073955415
__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	0.643244935	0.575444846	0.57879134	0.520373749	0.498231605	0.520376003	0.519302122	0.439783707	0.471852857	0.525691517	0.547609956	0.528658905
__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	0.459950284	0.432737006	0.368908653	0.349623025	0.305508962	0.385976806	0.372499981	0.32674776	0.298361368	0.308640166	0.316419651	0.406482457
__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	0.285701962	0.263873517	0.273499566	0.303777747	0.289437324	0.354022517	0.312504431	0.305855712	0.328644506	0.318058026	0.261057647	0.287808759
__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	0.215596452	0.2423329	0.166981958	0.175747329	0.239133345	0.27339304	0.259440286	0.203216094	0	0.227236361	0.228715762	0.274735883
__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	0.367786512	0.354156152	0.331243417	0.331646568	0.340912766	0.400579492	0.405680969	0.398706745	0.414973211	0.361759627	0.309565324	0.350209031
__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	0.354879806	0.338256589	0.314396803	0.257500618	0.222819005	0.317841926	0.335561167	0.335651432	0.328069199	0.299491824	0.247553443	0.290674545
__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	0.412943412	0.398570073	0.388437025	0.38901156	0.395961728	0.430590065	0.442360731	0.426093539	0.419947904	0.397068272	0.402164908	0.420143343
__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	0.341235549	0.366295395	0.31132846	0.314381933	0.286472771	0.308983978	0.33903494	0.355501455	0.330588057	0.347921674	0.310605905	0.33384425
__Nataima_LB_(Tolima)_2013	0.259546319	0.401031478	0.365322466	0.340882013	0.336720754	0.353309239	0.293877212	0.326362038	0.403676621	0.356710518	0.290014209	0.280293983
__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	0.389438047	0.394052393	0.337954409	0.323392098	0.324275333	0.366167415	0.378120329	0.38785609	0.290670132	0.274756956	0.396538002	0.305585347
__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	0.386224121	0.364348588	0.32775058	0.29537893	0.306363383	0.333857787	0.338078843	0.339604046	0.340619292	0.326792398	0.301887378	0.338578346

__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	0.424930886	0.318902293	0.319407465	0.32537437	0.288803007	0.281661745	0.298370811	0.353646426	0.304365039	0.360143806	0.380054408	0.319262866
__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	0.297537778	0.253329653	0.244705715	0.231550209	0.226269836	0.299946999	0.321681005	0.347117435	0.316527136	0.233158967	0.197204829	0.228469589
__Providencia_(San_Andrés)_LB_(2013))	0.377061345	0.37707845	0.341012434	0.28690214	0.22022293	0.319866324	0.334298082	0.348108336	0.345246661	0.330225136	0.282916776	0.332094493
__Purace_(Huila)_LB_(2013)	0.263198897	0.25879609	0.271424839	0.329507576	0.301240511	0.271735576	0.267426947	0.30352204	0.307428385	0.35598363	0.326345163	0.324249236
__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	0.340259372	0.327015652	0.332940575	0.334868454	0.343236103	0.370490452	0.322081214	0.366572057	0.379687539	0.35359339	0.349343657	0.349906272
__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	0.41060174	0.437543351	0.434179898	0.435171074	0.398939669	0.353673245	0.444568104	0.382262761	0.341100638	0.330132955	0.317930843	0.356377477
__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	0.334759074	0.332448351	0.312272752	0.309915363	0.303960747	0.354789677	0.369527177	0.368999732	0.346105704	0.338326633	0.338423729	0.358406397
__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	0.360589862	0.299361695	0.251186053	0.306035481	0.297082196	0.297924788	0.27477546	0.303117691	0.331501987	0.335309801	0.327626623	0.326868838
__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	0.439597806	0.36348715	0.427721713	0.372925339	0.379265609	0.45665466	0.48913593	0.3991664	0.403058267	0.394528005	0.399256816	0.388108404
__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	0.275931988	0.308517015	0.301321436	0.214834044	0.130393871	0.356768948	0.35578103	0.343346064	0.352988978	0.34049589	0.355733678	0.347250986
__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	0.305036676	0.311445267	0.293700248	0.346499503	0.280435712	0.309938784	0.325937837	0.333922771	0.335769652	0.327362685	0.290069535	0.340462699
__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	0.322566744	0.283216552	0.263391134	0.241291497	0.228554926	0.233166638	0.221742806	0.256012072	0.31634939	0.298999521	0.278921183	0.310638637
__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	0.425783384	0.411848101	0.363928371	0.347069415	0.368907945	0.417225503	0.405200831	0.394079529	0.388428624	0.368059055	0.332230629	0.37235725
__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	0.363482377	0.366449188	0.36485944	0.352677763	0.367881529	0.355405385	0.417441799	0.400024876	0.378927337	0.371724882	0.340752967	0.349980963
__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	0.440817964	0.441072511	0.386570287	0.346272461	0.342325373	0.311960599	0.315863725	0.343761655	0.319641112	0.350597608	0.328732182	0.377232902
__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	0.420916724	0.403183501	0.330210764	0.312113149	0.296113953	0.308578871	0.328050063	0.296407915	0.305412422	0.331313964	0.340098557	0.401586552
__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	0.437239855	0.405829925	0.363411042	0.294441224	0.291270212	0.313544751	0.299298123	0.295579931	0.327930258	0.343054247	0.300001377	0.351161193
__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	0.36131599	0.298652636	0.315493139	0.317351564	0.265596593	0.335615173	0.327814943	0.315016361	0.313965575	0.309942036	0.308910449	0.243962489
Estacion_Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	0.269050557	0.324774976	0.333095596	0.320013582	0.3120803	0.392309275	0.391638608	0.412239112	0.387212607	0.367643203	0.394038508	0.426399556
__Univalle_B_(Cali)_(2013)	0.361878646	0.353715185	0.354634343	0.339158403	0.329004676	0.385005598	0.404539523	0.40086441	0.319359068	0.334357549	0.335735925	0.334494454
__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	0.421354307	0.347322329	0.386723151	0.375156335	0.389022781	0.422307787	0.43987938	0.39539057	0.417164119	0.399674173	0.391648345	0.397625272
__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	0.362840624	0.352141478	0.308823865	0.333347126	0.368809576	0.421386392	0.39811927	0.445505458	0.443807597	0.406685953	0.370220775	0.353346687
__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	0.452273255	0.438122029	0.404189943	0.450799759	0.360267467	0.375250897	0.402810849	0.385724533	0.378695502	0.363161542	0.370579366	0.452109695
__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	0.419111363	0.403008003	0.363147461	0.370009326	0.388565747	0.453960699	0.459199825	0.387193884	0.366524578	0.391844606	0.252493387	0.284026299

__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	0.433504174	0.365827066	0.394110192	0.405112039	0.390989317	0.409127506	0.41109868	0.453196798	0.443072297	0.40692947	0.385132973	0.387568756
__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	0.387309204	0.377555741	0.342242127	0.322534061	0.302861031	0.318206849	0.313741393	0.345880638	0.334890933	0.321363272	0.294231938	0.361958634
_Villanueva_Medellin_H_(2013)	0.370170766	0.371593432	0.345980342	0.345082039	0.337649443	0.3783313	0.397105452	0.36996697	0.374855433	0.358459698	0.29452224	0.299701088
__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	0.383566203	0.342167767	0.279654555	0.235389211	0.290146609	0.313531689	0.309260188	0.283514832	0.271905591	0.269346489	0.253976996	0.334642293
__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	0.439433331	0.387566102	0.357272707	0.36335857	0.364831634	0.367729794	0.369456013	0.357266791	0.369825451	0.361998948	0.365720707	0.384434168
__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	0.379667759	0.395068407	0.353630534	0.325318612	0.338045092	0.347699583	0.348432057	0.348218233	0.314994384	0.332781804	0.296167936	0.31174299
__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	0.38077337	0.349712847	0.318709741	0.321076623	0.296069577	0.285399221	0.250692483	0.275432318	0.300908569	0.335345443	0.357323453	0.391827152

	ESTACIONES QUE NO HACEN PRTE DEL ESTUDIO

ANEXO 4

VALORES DE KT PROMEDIO ANUAL PARA CADA ESTACION

VALORES DE KT PROMEDIO ANUAL PARA CADA ESTACION						
ESTACION	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
__Acueducto_Mocoa_(putumayo)_L_(2013)	--	--	--	0.315987394	0.263153309	0.341432401
__Aeropuerto_(Yopal)_HB_(2013)	--	--	--	0.397360343	0.287615553	0.415360457
__Aeropuerto_Guapi_(Cauca)_LB_2011	--	0.28471464	0.29436467	0.347975729	--	--
__Aguachica_(Cesar)_L_(2009-F)	--	--	--	0.322617448	0.270165257	0.2904528
__Aguas_de_la_Virgen_(Nte._de_Santander)_L_(2011)	0.33896715	0.35215822	0.28287598	--	--	--
__Alcaldía_de_Herrán_(Nte._de_Santander)_L_(2013)	0.33216753	0.34454347	0.27702724	--	0.345527801	0.370967864
__Aquitania_(Boyacá)_LB_(2013)	0.41103703	0.39556716	0.39434909	0.360872716	0.330131252	0.371216234
__Aragón_(Antioquia)_LB_(2013)	0.33957042	0.35738557	0.35813863	0.321177264	0.321160459	0.323542969
__Armenia_(Quindío)_LB_(2013)	0.35991707	0.31786788	0.33220272	0.362679388	0.321408504	0.302524702
__Base_Aerea_MFS_(Cali)_LB_(2013)	0.35446934	0.38140586	0.36256201	0.332442419	0.312465512	0.388085733

__Base_Palanquero_LB_(2013)	--	0.44154867	0.38762808	0.436392032	0.41614073	0.439090332
__Batallón_Rooke_(Ibagué)_LB_(2012)	0.37045346	--	0.34984439	0.383295009	0.360891546	--
__Biotopo_(Nariño)_LB_(2013)	0.23626717	0.21527073	0.2317512	--	--	--
__Calarca_(Quidío)_LB_(2013)	0.25854212	0.25208305	0.26146476	0.256994117	0.221777104	0.282987553
__Capurgana_(Chocó)_L_(2013)	0.33718813	0.31715107	0.27624723	0.305965912	0.205049876	0.353257681
__Cerromatoso_(Córdoba)_L_(2012-F)	0.37195451	0.33218289	0.33267819	0.280892463	0.236101246	
__Cerros_Noroccidentales_(Ibague)_H_(2013)	0.24033904	0.29495987	0.27639932	0.24705476	0.213950134	0.314118382
__Cerros_Páramo_Puerres_(Nariño)_LB_(2013)	--	--	0.22374933	--	--	--
__Coveñas_(Sucre)_LB_(2013)	0.41179926	0.42273225	0.38212716	0.414140213	--	0.459956386
__Desierto_de_La_Tatacoa_L_(Huila)_(2009)	0.40522008	0.3982967	--	--	--	--
__El_Diablo_(Planadas_Tolima)_L_(2012)	0.24910499	--	--	0.245364476	0.224775295	--
__El_Diamante_(Casanare)_L_(2013)	0.35133702	0.41863356	0.34876871	--	--	0.34866537
__El_Diviso_(Cauca)_LB_(2013)	--	--	--	0.395797524	0.375351957	0.385745908
__El_Paraiso_L_(Nariño)_(2013)	--	0.47113113	0.42532799	0.445978347	0.267335317	0.316431203
__El_Pepino_(Putumayo)_LB_(2013)	0.33115983	0.31578535	--	--	0.274394457	0.298605406
__El_Tesoro_Ideam_(Sucre)_LB_(2013)	--	--	0.27665012	--	--	0.411792738
__El_Vinculo_(Valle)_L_(2013)	0.36726755	0.37531176	0.34542137	0.373348345	0.295399141	0.38640538
__EMAS_(Caldas)_L_(2013)	0.29757201	0.31299811	0.28513792	0.305762285	0.29386806	0.312804288
__Estrecho_Patia_(Cauca)_L_(2013)	0.37909921	--	0.37379588	--	0.304329638	0.498846018
__Fedearroz_(Valledupar)_HB_(2013)	0.49771278	0.49148487	0.43268001	0.465616036	0.488646732	0.446960926
__Florencia_Deslizamiento_(Caqueta)_LB_(2013)	0.29113298	0.32821595	0.31225187	0.302299809	0.333122759	0.322853023
__Gorgona_(Cauca)_LB_(2013)	0.28903813	0.16652413	0.26697213	0.311359913	--	0.26523517
__Granja-Paicí_(Uribía-Guajira)_LB_(2013)	0.45361611	0.46989871	--	0.466500199	0.467471799	0.512053494
Estacion_Guatapuri_(Cesar)_LB_(2010)	0.33604731	--	0.31444401	--	--	--

__Hacienda_Cotove_(Antioquia)_L_(2013)	0.29789735	0.36330312	0.36211868	0.388848617	0.302202334	0.393409623
__Hacienda_Pajonales_(2013)	0.43493714	0.39175501	0.31110008	--	0.213950134	0.457078774
__Hda_Manila_(Huila)_L_(2009-F)	0.41277698	--	--	--	--	--
__Incoder_L_(Montería-Córdoba)_(2013)	0.3928472	0.3512753	0.28830348	0.352281332	0.323712634	0.348270852
__Inza_(Cauca)_L_(2013)	0.30367559	--	0.33085991	0.345661937	0.271284053	0.292035719
__Jericó_(Antioquia)_LB_(2009-F)	0.33919375	0.40019938	--	--	--	--
Estacion_Juanchaco_(Valle)_L_(2013)	0.31515764	0.27646856	0.24009699	--	--	0.263378469
__La_Botana_(Nariño)_LB_(2013)	0.29023423	0.30817578	0.32147019	0.315369572	0.279395376	0.32927653
__La_Boyera_L_(2012)	0.36886398	0.3664295	0.36537774	0.425322673	0.270186084	--
__La_Capilla_(Boyacá)_LB_(2013)	0.33067133	0.33445753	0.33951226	--	--	0.378514812
__La_Gran_Vía_(Magdalena)_L_(2013)	--	0.41676596	0.35844742	0.334178609	0.38364796	0.419192791
__La_independencia_(Valle)_L_(2013)	0.26781242	0.26131262	0.2454473	0.272241194	--	0.26710779
__La_Laguna-Cajibio_(2011)	0.32241813	0.36060515	--	--	--	--
__La_Palomera_HB_(meta)_(2013)	0.39493932	0.36981387	--	0.439445375	0.289605891	0.303230618
__La_Plata_L_(Huila)(2013)	--	0.2607665	0.26571186	0.292565062	0.267523895	0.306446829
__La_Primavera_(Huila)_L_(2013)	0.30378118	0.32637443	0.28361341	0.297330251	0.308203163	0.34103308
__La_Sierra_(Cauca)_LB_(2012)	--	0.34425798	0.25574618	0.325789698	0.382196682	--
__Laguna_de_Otun_(Risaralda)_L_PENDIENTE_(2013)	--	--	--	0.209628492	--	0.200888062
__Las_Flores_HB_(Barranquilla)_(2013)	--	--	--	--	0.506750584	0.553231262
__Lorica-Ita_(Córdoba)_LB_(2010-F)	0.39703562	0.37153674	0.29439763	--	--	--
__Los_Guacharos_(Huila)_L_(2013)	0.28832879	--	--	--	0.291205587	0.314602794
__Macagual-Florencia_(Caqueta)_L_(2013)	--	0.20398953	0.27442997	--	--	--
__Marceo_(Antioquia)_LB_(2013)	0.37131264	0.3722585	0.37421974	0.350715297	0.323397256	0.375428791
__Marsella_(Risaralda)_L_(2013)	0.33025573	0.32627072	0.24539516	0.337458888	0.254407111	0.337052461
__Metromedellín_(Medellín)_HB_(2013)	0.39305388	--	--	0.418958209	0.421118253	0.417766657

__Mogotes_HB_(Santander)_(2013)	0.31977266	--	0.27804882	0.335766769	0.300762885	0.37201328
__Nataima_LB_(Tolima)_2013	0.39036136	0.3426401	0.30186846	--	0.256969456	0.385943925
__Neomundo_(Bucaramanga)_L_(2013)	--	--	--	0.300162434	0.339214574	0.392942706
__Pajarito_(Medellín-Antioquia)_L_(2012-F)	0.3604919	0.34117349	0.32068188	0.321012793	0.323091483	--
__PNN_La_Paya(Putumayo)_L_(2012)	0.3535377	--	--	0.315987394	--	--
__PNN_Quimbaya_(Risaralda)_L_(2013)	0.23931191	0.29495987	0.27639932	0.24705476	0.213950134	0.314118382
__Providencia_(San_Andrés)_LB_(2013))	0.33604393	0.32962184	--	0.346519083	0.261916646	0.349038894
__Purace_(Huila)_LB_(2013)	0.28357745	0.28523056	0.32825596	--	--	0.302419727
__Salinas_de_Upin_(Meta)_LB_(2013)	0.36998504	--	0.35010052	0.383223218	0.360943656	0.254467939
__San_Marcos_(Sucre)_LB_(2013)	--	0.43014448	0.41027264	0.364398141	0.341661369	--
__San_Pablo_de_Borbur_(Boyacá)_L_(2013)	0.36970822	0.27211458	0.30989348	0.382470456	0.31785002	0.371982443
__San_Vicente_del_Caguan_(Caqueta)_L_(2013)	--	0.33920585	0.29694926	0.328799081	0.30890118	0.29551135
__Santa_Barbara_(Antioquia)_LB_(2013)	--	--	0.40200957	0.417343498	0.364829101	0.437662373
__Santa_Emilia_(Risaralda)_L_(2013)	0.24696979	0.34903889	0.34903889	0.349038894	0.233319056	0.349038894
__Santa_Isabel_Valdivia_(Antioquia)_L_(2013)	0.32239323	0.30389135	0.31670147	0.329790376	0.314763725	0.314763725
__Santa_María_(Boyacá)_LB_(2013)	0.28117386	0.27059255	0.27126247	0.261190977	--	0.27547123
__Sierra_Morena_HB_(Bogotá)_L_(2012)	0.38195664	0.39244493	0.37329246	0.385180346	0.381758395	--
__Siloe_(Cali)_H_(solo_2007_a_2009)	0.3598139	0.3905164	--	--	--	--
__Socha_(Boyacá)_LB_(2013)	0.39249053	0.31679697	0.3643834	0.352692063	0.313259379	0.386127746
__Sogamoso_(Boyacá)_LB_(2013)	0.32117194	0.34746833	0.34488747	0.331333539	0.291902281	0.386488079
__Tunguavita_(Boyacá)_LB_(2013)	0.39312761	0.39312761	0.36608342	0.361764356	0.277685187	0.219592891
__Uninariño_(Nariño)_L_(2013)	0.3207414	0.3207414	0.34328549	0.341831113	0.301277532	0.271986959
Estacion_Unipamplona_L_(Nte._de_Santander)_(2013)	--	--	--	0.347473375	--	0.368508772
__Univalle_B_(Cali)_(2013)	0.36996868	0.38493731	0.35288078	0.38009594	0.253727832	0.357998403

__Universidad_de_Cundinamarca_EB_(Girardot)_(2012)	0.42857907	0.32200433	0.38512924	0.438617724	0.422300464	--
__Universidad_Fco._de_Paula_(Nte._Santander)_LB_(2013)	0.40555501	0.40555501	0.37082103	0.376281161	0.369134647	0.355170536
__UTM_HB_(Santa_Marta)_(2013)	0.30872721	0.46356099	0.33452372	0.373016822	0.442284997	0.47003352
__Vegachí_(Antioquia)_LB_(2012-F)	0.39526307	0.41217728	0.35478926	0.363005889	0.363005889	--
__Viento_Libre_LB_(Taminango-Nariño)_(2013)	--	0.44368569	0.42524276	0.428280375	0.334532218	0.410089952
__Villamaría_(Caldas)_L_(2013)	--	0.34818515	0.36550572	0.335878199	0.315080474	0.311507052
Estacion_Villanueva_Medellin_H_(2013)	0.38550373	0.32798549	--	--	0.32567237	0.360492716
__Villateresa_E_(Sumapaz)_(2012)	0.30650327	0.29817628	0.3044099	0.300389225	0.276813989	--
__Villeta_H_(Cundinamarca)_(2012)	0.39549745	0.38795739	0.37532691	0.334515944	--	--
__Vizcaina-La_Lizama_(Santander)_LB_(2013)	0.4014135	0.39394174	0.33111311	0.305948583	0.276682609	--
__Zetaquira_(Boyacá)_LB_(2013)	0.3339165	0.30508055	0.32092929	0.303116323	--	0.341432401

	ESTACIONES QUE NO HACEN PRTE DEL ESTUDIO