



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE ESTADÍSTICA**

**“MODELOS ESTADÍSTICOS PARA LA HOMOGENIZACIÓN DE  
VARIABLES METEOROLÓGICAS MONITOREADAS POR EL GEA”.**

**Trabajo de titulación**

**Tipo: Proyecto de investigación**

Presentado para obtener el grado académico de:

**INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

**AUTORA: ADRIANA ISABEL MATEO MANRIQUE**

**DIRECTORA: Ing. NANCY ELIZABETH CHARIGUAMÁN MAURISACA**

Riobamba – Ecuador

2021

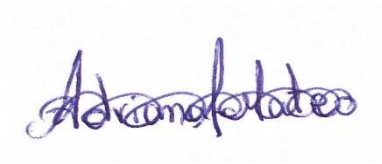
© 2021, **Adriana Isabel Mateo Manrique**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Adriana Isabel Mateo Manrique, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de éste son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de agosto de 2021



**Adriana Isabel Mateo Manrique**

**245080006-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE ESTADÍSTICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación, certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de investigación: **"MODELO ESTADÍSTICO PARA LA HOMOGENEIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS MONITOREADAS POR EL GEAA."**, de responsabilidad de la señorita Adriana Isabel Mateo Manrique, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>
<p>Dr. Arquímedes Xavier Haro Velastegui</p> <p><b>PRESIDENTE DE TRIBUNAL</b></p>	<p style="text-align: center;">ARQUIMIDES XAVIER HARO VELASTEGUI</p> <p style="font-size: small;">Firmado digitalmente por ARQUIMIDES XAVIER HARO VELASTEGUI Fecha: 2021.08.25 11:41:28 -05'00'</p>	2021-08-20
<p>Ing. Nancy Elizabeth Chariguamán Maurisaca</p> <p><b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACION</b></p>	<p style="text-align: center;">NANCY ELIZABETH CHARIGUAMA N MAURISACA</p> <p style="font-size: x-small;">C=EC, SERIALNUMBER=0603612458, SN=CHARIGUAMAN MAURISACA, CN=NANCY ELIZABETH CHARIGUAMAN MAURISACA, O=NANCY ELIZABETH, E=nai_ch@live.com, C=CHIMBORAZO, L=FRIGAMBALA, OU=Certificado de Clase 2 de Persona Física EC (FIRMA)</p>	2021-08-20
<p>Ing. Amalia Isabel Escudero Villa</p> <p><b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b></p>	<p style="text-align: center;">AMALIA ISABEL ESCUDERO VILLA</p> <p style="font-size: x-small;">Firmado digitalmente por AMALIA ISABEL ESCUDERO VILLA C=CHIMBORAZO, O=ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, OU=ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, CN=AMALIA ISABEL ESCUDERO VILLA, SN=AMALIA ISABEL ESCUDERO VILLA, E=amalia_escudero_villa@escuela-superior-politecnica-de-chimborazo.edu.ec, C=EC, D=Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, O=Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, OU=Certificado de Clase 2 de Persona Física EC (FIRMA), CN=Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, SN=Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, C=EC</p>	2021-08-20



## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo dedico principalmente a Dios por haberme dado la vida y así permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi ámbito profesional.

A mi padre Freddy Mateo y a mi madre Isabel Manrique, quiénes son mi pilar fundamental y fuentes de mi inspiración para superarme cada día pese a las adversidades que presenta la vida, les dedico con mucho cariño y amor, doy gracias a sus consejos durante todo este largo caminar supieron guiarme de la mejor manera, gracias infinitas por haber siempre creído en mí, por darme la enseñanza de buenos valores y por haberme permitido alzar el vuelo.

A mis hermanos David y Carlos, a mis cuñadas Mayra y Laura, a mis sobrinos Christian, Maite, Ximena y Nicolás, por haberme dado palabras de aliento para no declinar en el camino, que a pesar de la distancia siempre estuvieron presentes, por ser luz en mis días y enseñarme que cada meta trazada se puede cumplir.

Adriana

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta el final de la carrera, a mis padres por el amor, la dedicación y la paciencia que cada día me han brindado.

A mis hermanos, cuñadas y sobrinos por creer en mí y hacer que mis expectativas sigan creciendo y seguir preparándome como profesional y como persona.

A mis amigos, compañeros que fueron mi familia en este tiempo de estudio y formación profesional, especialmente a Franklin Valdez por haberme brindado su apoyo incondicional en la parte académica y en la vida diaria, recordándome porque elegí este camino.

A mis docentes Ing. Nancy Chariguamán y la Ing. Isabel Escudero, gracias infinitas por el compartir sus conocimientos y ser de gran ayuda para este proyecto de estudio.

Al Grupo de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la ESPOCH (GEAA), a la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y al INAMHI, por haberme facilitado la información necesaria para el presente trabajo.

Adriana

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIV
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	XV
RESUMEN .....	XVI
SUMMARY .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
JUSTIFICACIÓN .....	6
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos .....	7
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>8</b>
1.1. Definiciones Básicas.....	8
2.2. Homogeneización.....	11
2.2.1. <i>Homogeneización por factores:</i> .....	12
2.2.2. <i>Homogeneización Por Factores Mediante Pendientes</i> .....	12
2.3.1. <i>Regresión Ortogonal</i> .....	13
2.5. RStudio.....	13
2.5.1. <i>Climatol</i> .....	14
2.6. Construcción de las series de referencia .....	15
2.7. Detección de heterogeneidades .....	16
<b>CAPÍTULO II</b>	

<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2. Tipo y Diseño de la Investigación</b> .....	<b>17</b>
<i>3.2.1. Descripción del área de estudio</i> .....	<i>17</i>
<i>3.2.2. Tipo de investigación</i> .....	<i>18</i>
<i>3.2.3. Diseño de investigación</i> .....	<i>18</i>
<b>3.3. Población de Estudio</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4. Técnica de Recolección de Datos</b> .....	<b>18</b>
<b>3.5. Identificación de Variables</b> .....	<b>18</b>
<b>3.6. Operacionalización de Variables</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2. Análisis de Datos</b> .....	<b>20</b>
<i>4.2.1. Matriz de datos</i> .....	<i>20</i>
<i>4.2.2. Análisis exploratorio de datos</i> .....	<i>20</i>
<b>4.3. Estadísticas Descriptivas</b> .....	<b>20</b>
<i>4.3.1. Identificación de datos faltantes por horas</i> .....	<i>32</i>
<b>4.4. Homogeneización de Variables Meteorológicas</b> .....	<b>33</b>
<i>4.4.1. Estaciones para estudio</i> .....	<i>41</i>
<b>4.5. Resultados de Climatol</b> .....	<b>41</b>
<i>4.5.1. Ingreso de Datos a Climatol</i> .....	<i>41</i>
<i>4.5.2. Identificación de datos atípicos</i> .....	<i>42</i>
<i>4.5.3. Correlograma de las primeras diferencias de las series</i> .....	<i>45</i>
<i>4.5.4. Dendograma y Mapa de las estaciones</i> .....	<i>46</i>
<i>4.5.5. Estaciones con anomalías</i> .....	<i>48</i>
<i>4.5.6. Series Homogeneizadas y Relleno</i> .....	<i>53</i>
<i>4.5.7. Histogramas de anomalías normalizada</i> .....	<i>57</i>
<i>4.5.8. Histogramas de los valores máximos de SNHT</i> .....	<i>58</i>
<i>4.5.9. Gráficos de Calidad de las Series Finales</i> .....	<i>61</i>
<i>4.5.10. Bases de Datos Homogeneizadas</i> .....	<i>63</i>

<i>4.5.11. Comparación de las series originales con las series homogeneizada .....</i>	<b>64</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3.</b> Estaciones meteorológicas en la provincia de Chimborazo .....	17
<b>Tabla 2-3.</b> Operacionalización de las Variables.....	19
<b>Tabla 1-4.</b> Estadísticas Descriptivas de las variables.....	22
<b>Tabla 2-4.</b> Variables Meteorológicas con sus respectivas estaciones .....	40
<b>Tabla 3-4.</b> Coordenadas de las estaciones .....	41
<b>Tabla 4-4.</b> Índices de la variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1 y 2.....	58
<b>Tabla 5-4.</b> Índices de la variable Radiación Solar Global Grupo 1,2 y 3 .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Diagrama de Correlación - Dispersión.....	11
<b>Figura 2-1.</b> Dendograma .....	11
<b>Figura 3-1.</b> Diagrama de flujo del funcionamiento de Climatol .....	15
<b>Figura 1-3.</b> Mapa de ubicación de las estaciones.....	17
<b>Figura 1-4.</b> Base de Datos de la variable X1 .....	42
<b>Figura 2-4.</b> Matriz X1 .....	42
<b>Figura 3-4.</b> Base de Datos Homogeneizada.....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4.</b> Patrón de datos faltantes.....	32
<b>Gráfico 2-4.</b> Dendograma de las Variables X1 a la X6.....	34
<b>Gráfico 3-4.</b> Dendograma de las Variables X7 a la X12.....	35
<b>Gráfico 4-4.</b> Dendograma de las Variables X14 a la X19.....	36
<b>Gráfico 5-4.</b> Mapa de Estaciones de las Variables X1 a la X6 .....	37
<b>Gráfico 6-4.</b> Mapas de Estaciones de las Variables X7 a la X14.....	38
<b>Gráfico 7-4.</b> Mapa de Estaciones de las Variables X15 al X20 .....	39
<b>Gráfico 8-4.</b> Diagrama de Cajas de Datos Atípicos e Histogramas X1- Grupo 1 y Grupo 2 .....	43
<b>Gráfico 9-4.</b> Diagrama de Cajas de Datos Atípicos e Histogramas X5- Grupo 1,2 y 3.....	44
<b>Gráfico 10-4.</b> Correlograma de Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1 y 2.....	45
<b>Gráfico 11-4.</b> Correlograma de Radiación Solar Global Grupo 2 y 3 .....	45
<b>Gráfico 12-4.</b> Dendograma y Mapa de Temperatura de Suelo Por hora Grupo 1 .....	46
<b>Gráfico 13-4.</b> Dendograma y Mapa de Temperatura de Suelo Por hora Grupo 2 .....	47
<b>Gráfico 14-4.</b> Dendograma y Mapa de Radiación Solar Global Grupo 2 .....	47
<b>Gráfico 15-4.</b> Dendograma y Mapa de Radiación Solar Global Grupo 3 .....	48
<b>Gráfico 16-4.</b> Series con anomalías X1- Grupo 1.....	49
<b>Gráfico 17-4.</b> Series con anomalías X1- Grupo 2.....	50
<b>Gráfico 18-4.</b> Series con anomalías X5- Grupo 1.....	51
<b>Gráfico 19-4.</b> Series con anomalías X5- Grupo2.....	51
<b>Gráfico 20-4.</b> Series con anomalías X5- Grupo 3.....	52
<b>Gráfico 21-4.</b> Serie Homogeneizada e Imputada X1- Grupo 1.....	54
<b>Gráfico 22-4.</b> Serie Homogeneizada e Imputada X1- Grupo 2.....	54
<b>Gráfico 23-4.</b> Serie Homogeneizada e Imputada X5- Grupo 1.....	55
<b>Gráfico 24-4.</b> Serie Homogeneizada e Imputada X5- Grupo 2.....	55
<b>Gráfico 25-4.</b> Serie Homogeneizada e Imputada X5- Grupo 3.....	56
<b>Gráfico 26-4.</b> Histograma de Anomalías Normalizada X1- Grupo 1 y 2.....	57
<b>Gráfico 27-4.</b> Histograma de Anomalías Normalizada X5- Grupo1, 2 y 3.....	58
<b>Gráfico 28-4.</b> Histogramas de valores máximos de SNHT, X1- Grupo1 y 2.....	59
<b>Gráfico 29-4.</b> Histogramas de valores máximos de SNHT, variable X5- Grupo 1,2 y 3 .....	60
<b>Gráfico 30-4.</b> Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X1- Grupo 1.....	61
<b>Gráfico 31-4.</b> Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X1- Grupo 2.....	62
<b>Gráfico 32-4.</b> Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X5- Grupo 2.....	62
<b>Gráfico 33-4.</b> Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X5- Grupo 3.....	63
<b>Gráfico 34-4.</b> Comparación de las series originales y homogeneizadas X1-Grupo 1 .....	64



<b>Gráfico 35-4.</b> Comparación de las series originales y homogeneizadas X1-Grupo 2 .....	64
<b>Gráfico 36-4.</b> Comparación de las series originales y homogeneizadas X5-Grupo 2 .....	65
<b>Gráfico 37-4.</b> Comparación de las series originales y homogeneizadas X5-Grupo 3 .....	65

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Base de datos originales de la variable temperatura ambiental – Grupo 1

**ANEXO B:** Base de datos originales de la variable temperatura ambiental – Grupo 2

**ANEXO C:** Base de datos originales de la variable radiación solar global – Grupo 1

**ANEXO D:** Base de datos originales de la variable radiación solar global – Grupo 2

**ANEXO E:** Base de datos originales de la variable radiación solar global – Grupo 3

**ANEXO F:** Código de relleno y homogeneización de las variables

**ANEXO G:** Código de comparación de series originales con las series homogeneizadas

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

**CLÚSTERS:** Análisis de conglomerados, agrupar elementos o variables.

**GEAA:** Grupo de Energías Alternativas y Ambiente.

**INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

**MICROCLIMAS:** Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado.

**UMBRAL:** Intervalo del nivel de precipitación óptimo.

**SNHT:** Standard Normal Homogeneity Test for Shift Detection (Prueba de homogeneidad normal estándar para la detección de cambios).

## RESUMEN

Las variables meteorológicas son elementos caracterizadores del estado del tiempo, que permite conocer el comportamiento actual o futuro que presenta la atmosfera. El presente de trabajo de investigación tuvo por objetivo homogeneizar las variables meteorológicas, para el estudio se utilizaron los registros meteorológicos del Grupo de Energías Alternativas y Ambiente (GEAA). Estos datos fueron analizados y validados, donde se encontraron la ausencia de datos inconsistentes y adicionales datos faltantes. Se trabajó con las 14 mudables meteorológicas en las 11 estaciones perteneciente a los cantones de la provincia de Chimborazo, para eso se empleó el modelo de regresión ortogonal de tipo II, utilizando la librería climatol el mismo que está integrado al software estadístico R, se aplicó la técnica multivariante de dendograma, obteniendo 3 de las 14 variables, 3 grupos similares y en las 11 once variables, 2 grupos los cuales comparten características similares, se observó gran variabilidad en la información, consiguiendo la homogeneización y corrección de las series temporales, presentando histogramas de anomalías normalizadas, de esta manera los datos que superaron las 5 desviaciones estándar, fueron retirados, se generó histogramas de valores máximo de la prueba de homogeneidad normal estándar (SNHT), con el cual se encontró la alta repetición de valores bajos en las series temporales. Luego de realizase la homogeneización de las variables, se analizó la calidad que presenta, obteniendo así estaciones que presentan microclimas distintos Finalmente se obtiene bases de datos con variables correctamente homogeneizadas por intervalos de horas, también se realizó la comparación de las series originales con las series imputadas y homogeneizadas mediante Climatol, teniendo como efecto que se ajustan a su línea de tendencia. Se recomienda enfatizar en trabajos de investigación de este tipo, dado que en el país carecen de información acerca de los métodos y modelos de homogeneización.

**Palabras Clave:** <ESTADÍSTICA>, <MODELACIÓN>, <REGRESIÓN>, <HOMOGENEIZACIÓN>, <METEOROLOGÍA>

LUIS ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, I=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.04.13 12:17:23 -05'00'



0992-DBRAI-UTP-2021

## **SUMMARY**

Meteorological variables are elements that characterize the state of the weather, which allows us to know the current or future behavior of the atmosphere. The objective of this research work was to homogenize the meteorological variables, for the study the meteorological records of the Alternative Energies and Environment Group (AEEG) were used. These data were analyzed and validated, where the absence of inconsistent data and additional missing data were found. We worked with the 14 meteorological mutable in the 11 stations belonging to the cantons of Chimborazo province, for that the orthogonal regression model of type II was used, employing the climatol library which is integrated into the statistical software R, it was applied the multivariate dendrogram technique, obtaining 3 of the 14 variables, 3 similar groups and in the 11 eleven variables, 2 groups which share similar characteristics, great variability in the information was observed, achieving the homogenization and correction of the time series, presenting histograms of normalized anomalies, in this way the data that exceeded 5 standard deviations were withdrawn, histograms of maximum values of the standard normal homogeneity test (SNHT) were generated, with which the high repetition of low values was found in the temporal series. After the homogenization of the variables was carried out, the quality that it presents was analyzed, thus obtaining stations that present different microclimates. Finally, databases with variables correctly homogenized by intervals of hours were obtained, the comparison of the original series with the series was also carried out. imputed and homogenized by Climatol, with the effect that they conform to its trend line. It is recommended to emphasize research work of this type, given that the country lacks information about homogenization methods and models.

Keywords: <STATISTICS>, <MODELING>, <REGRESSION>, <HOMOGENIZATION>, <METEOROLOGY>

## INTRODUCCIÓN

El ser humano observa la naturaleza y el clima para aprender o extraer información relevante para la descripción de su estado actual o para la realización de predicciones. Si los procesos atmosféricos fueran constantes, o estrictamente periódicos, sería fácil describirlos matemáticamente. Sin embargo, la atmósfera exhibe variaciones y fluctuaciones que son irregulares, y con el fin de lograr su entendimiento se realizó la recopilación y el análisis de grandes conjuntos de datos meteorológicos (Mudelsee y Wegener, 2010; IDEAM 2018, p. 7).

La fuente de investigación de las series climáticas son los registros de las variables meteorológicas realizados a lo largo de sucesivos años. Si las circunstancias durante la época de observación han obligado a efectuar cambios en la localización de los aparatos de medida, del instrumental, y/o del procedimiento, o el entorno de dependencia ha sufrido modificaciones, la calidad de la serie puede verse afectada. A ello se une la existencia de “lagunas” en lapsos en que no se produjeron observaciones, o, al menos no se conservan (García y Pita, 2001, p. 2).

Según Rodríguez y Llasat en el año 1997 “Las series de variabilidades meteorológicas son señales temporales representativas de fenómenos físicos, como por ejemplo los valores mensuales, dependen de la variable a la que pertenezcan. La hipótesis de homogeneidad, constituyen una evaluación a priori de la componente transitoria, sin embargo la insistencia en su estacionalidad y aleatoriedad no está suficientemente justificada, el concepto de homogeneidad va ligado con la estacionalidad y por lo tanto, al mantenimiento del valor medio” (Rodríguez y Llasat 1997, p. 17).

Las variables meteorológicas son parámetros, elementos caracterizadores del estado y del tiempo medible a través de su comportamiento, estas permiten conocer cuál es la condición que presenta la atmósfera en su momento. Las más importantes a la hora de mostrar el estado de esa mezcla gaseosa que envuelve al planeta son la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, el viento, la radiación solar y la evaporación; a estas se le suman otras de mayor especificidad dependiendo el objetivo perseguido o el área de estudio de la meteorología en la que se enfoque (Vásquez, 2018, pp. 1-2).

“Una buena base de datos meteorológicos requiere series de variables climáticas suficientemente largas, que aseguren un análisis profundo de la misma. La Organización Meteorológica Mundial detalla directrices para la gestión de estos datos, entre las cuales recomienda estudios de variabilidad y homogeneidad de series temporales” (Gaona, et al., 2013: p. 2).

Las series de observaciones climatológicas son de fundamental importancia para la monitorización del clima, dentro del actual contexto de preocupación por el cambio atmosférico y sus impactos sobre las actividades humanas (Meteorológicos y Climáticos 2018, pp. 3-4) debido a que existen registros de datos que están contaminados por distintos factores, estos pueden alterar las series, por ello se debe aplicar métodos estadísticos de homogeneización para así eliminar las perturbaciones.

Las series de observaciones meteorológicas son de gran importancia para el estudio, estas se ven frecuentemente contaminadas por eventos ajenos a dicha variabilidad, teniendo errores en la medición o en su transmisión, en el cambio de los instrumentos utilizado, en la ubicación o en su entorno. Estas alteraciones, denominadas inhomogeneidades, enmascaran los verdaderos cambios del clima y hacen que las series conduzca a conclusiones erróneas (Guijarro, 2018, p. 22).

La homogeneidad en una serie meteorológica debe ser como el conjunto de valores cuyas variaciones únicamente dependen de las circunstancias naturales; las técnicas y herramientas para el análisis de una serie con estos datos que son diferenciadas. Dependiendo del tipo de variable a analizar, la calidad de la información (escala, temporalidad) o del uso que se vaya a dar a dicha investigación. Una de las metodologías empleadas es la Prueba de Racha. (Gaona et al., 2013a, p. 2).

Las variaciones espaciales responden a tendencias que pueden representarse con modelos estadísticos. Estos pueden ajustarse adecuadamente para estimar valores hacia sitios donde no se pueden hacer mediciones directas. El análisis de variación e interpolación espacial se puede realizar usando diversos métodos geoestadísticos y herramientas estandarizadas. Unos son menos sofisticados como, por ejemplo, Interpolación Ponderada por la Distancia Inversa (IPDI) o Interpolación por Curvatura Mínima (ICM) (Gaona et al., 2013b: p. 2).

Los métodos de homogeneización tratan de detectar estas discontinuidades en los datos y, si es posible, corregirlas para obtener una serie de información que refleje únicamente la señal climática. Estos métodos se pueden dividir en directos (o absolutos), cuando se analizan las series de forma individual, e indirectos (o relativos), cuando se compara con otras de la misma zona topo climáticas y con condiciones geomorfológicas semejantes, pues de otra forma no sería posible que existiera una buena correlación entre las mismas, condición necesaria para los métodos de homogeneización relativa (Guijarro, 2018, p. 22).

La PHNE ha sido incluida en Climatol, que es un paquete de métodos estadísticos en lenguaje R para homogeneización y llenado de datos faltantes en series meteorológicas. Los algoritmos incluidos en el paquete permiten encontrar la correlación entre la serie original.

La serie de referencia es construida mediante un por hora del valor de las estaciones más cercanas, ponderado por el inverso de la distancia. El procedimiento de llenado puede hacerse de varias maneras, entre las que se destacan los por horas simples y la interpolación espacial ponderada (Gaona et al., 2013c: p. 2).

Por ejemplo, la recopilación de datos en el Grupo de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la ESPOCH (GEAA) es usual encontrarse con varios problemas; como la escasez de reseñas y/o la carencia de homogeneidad, todo esto es debido a ciertos factores que influyen en las mediciones; en el entorno que se encuentra, en los equipos utilizados o en el modo de recolectar la respectiva información. Las variables para estudiar tienen diferencias de tiempo al que se recopilan.

Por lo tanto, el área de estudio para el siguiente trabajo de investigación, son las variables meteorológicas por horas monitoreadas por el GEAA, en las estaciones de Alao, Atillo, Cumandá, ESPOCH, Matus, Multitud, Quimiag, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina, en el periodo del 2014 al 2019, utilizando el modelo de Regresión Ortogonal, para la homogeneización de estas mudables.

Mediante esta guía se define trabajar con un paquete de R, llamado Climatol que tiene modelos y funciones para la homogeneización, control de calidad y relleno de datos ausentes de series climatológicas para así obtener los resultados estadísticos, por medio de este proceso se debe definir las variables aptas para el estudio, mediante sus dendogramas de las estaciones.



## ANTECEDENTES

Según Narváez en el año 2007, “La meteorología es una rama de la física, que estudia los fenómenos que ocurren en la atmósfera. Su importancia enmarca actividades: sociales, industriales, agrícolas, comerciales, de transporte, etc. La vida de los seres humanos está afectada directa o indirectamente por esta ciencia e influye en la toma de decisiones desde el principio de los tiempos; en conjunto con otros factores determinan la vida tal como se percibe. Existe también una estrecha relación con la ubicación altitudinal, formando ecosistemas de estratigrafía altitudinal ya sea ecológica, vegetal o agrícola” (Narváez, 2007)

“La variabilidad y el cambio climático cada día afectan de manera más evidente a la atmósfera actual y futuro. Por una parte, se define como una modificación del clima duradera y significativa con respecto a un historial, tanto a escala regional como global y sobre variados parámetros meteorológicos. Sus causas pueden ser naturales: procesos oceánicos, variaciones en la radiación solar recibida por la Tierra, la tectónica de placas y erupciones volcánicas, entre otras” (Serrano et al., 2012: pp. 23-47).

Una manera para poder comprender el estudio basadas en las históricas series meteorológicas es la evaluación e interacción de las mudables climáticas. Estos son datos de observación referentes al clima, al tiempo y a la atmósfera, recolectadas mediante las redes y sistemas de transmisión de las fichas y pronósticos (De y Meteorología, 2018, p.7).

Por la complicación que existe del método climático, y que no todas las variables son de rangos observadas, el valor espacial, temporal y el conocimiento de este será específico, existiendo un nivel de indecisión (Mudelsee, 2014).

Como expresa Marshall en el 2007, “Esto, no es un estado de "imprevisibilidad", o de "no información", como se piensa a veces. Por el contrario, el azar significa "no precisamente predecible o determinable". Por ejemplo, la cantidad de precipitación que ocurrirá mañana en un lugar particular es una cantidad aleatoria desconocida. Sin embargo, un simple análisis estadístico de los registros de precipitaciones climatológicas históricos en su ubicación produciría frecuencias relativas de las cantidades de precipitación que proporcionarían sustancialmente más información sobre la precipitación de mañana” (Marshall, 2007),

A nivel aeronáutico, además de la temperatura, la presión atmosférica, la humedad y el viento, también se incorporan otros parámetros medibles tanto instrumental como sensorialmente, tales como la visibilidad, el alcance visual en pista, la cantidad de nubes, la presencia de cortantes de

viento (wind shear), la temperatura y estado del mar y el estado de las pistas de aterrizaje; además de ello se debe hacer una notificación del fenómeno atmosférico que se observe en tiempo presente y, en algunas ocasiones, en pasado (Vásquez, 2018, pp. 1-2).

En Ecuador, uno de los problemas que presentan los registros de datos climáticos como precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros, es que tienden a estar incompletos y en muchos casos inconsistentes. Como solución a este problema que es ocasionado por errores humanos o informáticos, se ha creado una serie de técnicas, métodos, metodologías, procedimientos, modelos estadísticos y matemáticos que permiten completar los registros, a saber: (a) por hora aritmético, (b) proporción normal, (c) interpolación, (d) racional, (e) diferencial de masa, (f) doble ploteo de masa, (g) la racha, entre otro (Guevara y Cartaya 1991; IDEAM 2018, p. 113).

De acuerdo con Galarza en el año 2016, “ La medida de variables, fenómenos y condiciones meteorológicas, que han sido monitoreados en los últimos 50 años en la mayor parte del globo terrestre, determinan el clima de una región en particular que presenta una variabilidad en el tiempo. Donde los parámetros más estudiados son: temperatura del aire, humedad, presión atmosférica, viento, precipitaciones y radiación solar” (Galarza, 2016, p-1).

Los autores García y Pita en el año 2001 expresan que, “El método se fundamenta en la premisa de que es factible identificar y, en su caso, corregir inhomogeneidades de series meteorológicas por contraste entre periodos simultáneos de distintos observatorios, con la condición de estar globalmente bien correlacionadas. Se acepta a priori que todas las series son aceptablemente homogéneas, aunque ninguna con carácter absoluto y definitivo, y que las posibles inhomogeneidades provocadas artificialmente han sido fortuitas, por lo que no tienen que coincidir en el mismo instante en distintos observatorios” (García y Pita 2001, p. 2).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se busca identificar un modelo estadístico para la homogenización de variables meteorológicas monitoreadas por el GEAA que permita completar los registros necesarios como imputación de datos, usando el software R Studio.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El modelo estadístico identificado homogeniza de forma adecuada las variables meteorológicas monitoreadas por el GEAA?

## **JUSTIFICACIÓN**

Disponer de series diarias de variables climáticas con un periodo temporal suficientemente largo es necesario para un análisis profundo de la variabilidad natural, y fundamental en el análisis de extremos. No obstante, las inhomogeneidades y lagunas presentes en las series son un gran inconveniente requiriéndose para ello el uso de métodos de homogeneización y relleno de lagunas, la mayoría de ellos pensados para la escala mensual (Hernández et al. 2012, p. 409-419).

La homogenización de datos también es un tema muy importante ya que detecto si los datos con los que se trabajan se encuentran con valores atípicos, es decir que la información obtenida no se encuentren dentro de los valores correctos, poniendo en riesgo la investigación ya que no se podrá obtener resultados correctos (Quishpe 2020).

El método de homogeneización tiene gran funcionalidad en el campo estadístico, porque permite realizar más estudios a través de la relación entre variables, por tal motivo se busca establecer un modelo a través del software R-Studio que le permita al Grupo de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la ESPOCH (GEAA), mejorar el análisis de los datos recopilados en el área meteorológica.

La necesidad de homogenizar las variables viene dada por la carencia de relación entre las mudables de estudio meteorológicas, por tal motivo se vuelve una necesidad para el GEAA establecer uniformidad, por este problema que es constante al momento de trabajar con los datos, se pretende encontrar un modelo de homogeneización que permitan eliminar o reducir al máximo estas alteraciones no deseadas.

Puesto que existe fallas al momento de recopilar la información ya sea por deficiencia humanas o defectos en los equipos de medición de las variables climáticas, independientemente de cuál sea

el factor, se pretende establecer u otorgar al GEAA, un modelo de homogeneización para así solventar esta carencia de datos que dañan la fiabilidad del monitoreo.

## **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

Homogenizar las variables meteorológicas que monitorea el GEAA, utilizando la librería Climatol del software R.

### **Objetivos Específicos**

- Definir las variables meteorológicas aptas para la homogeneización.
- Realizar la imputación de las variables meteorológicas del GEAA.
- Homogenizar las variables meteorológicas detallando el proceso matemático estadístico que realiza la librería Climatol, a través del software R-Studio.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Definiciones Básicas

**Meteorología:** es una rama de la geofísica, que permite analizar el tiempo y el clima., donde los métodos climáticos y físicos son su principal objetivo que determina la atmosfera. Los avances en el discernimiento de está, son de vital importancia para el desarrollo de cualquier país, en especial en los sectores rurales, energéticos, transportistas, para así conservar el medio ambiente (Rodríguez y Llasat, 1997, p. 353).

**Climatología:** analiza los fenómenos climáticos que acontecieron en el pasado, lo que está sucediendo ahora y lo que puede pasar en el futuro. Siendo una de las ramas de la geografía, está estudia en un largo periodo de tiempo, teniendo discrepancia con los fenómenos atmosférico que sucede en unas pocas horas (Meteorología, 2019).

**Clima:** es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en una región de la superficie terrestre (Spinelli, 1984, p. 1).

**Estaciones Meteorológicas:** es un punto de conexión donde se recolectan las distintas mudables atmosféricas, también se realizan los cálculos y la manipulación de las investigaciones de las diferentes medidas meteorológicas (Máximo y Sancho, 2014).

**Variables Meteorológicas:** son parámetros que caracterizan el estado del tiempo y elementos medibles, que mediante su comportamiento se percibe las condiciones atmosféricas en ese instante. Al momento de conocer el estado de la mezcla gaseosa, es que está se envuelva al planeta con sus 6 variables caracterizadoras (la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, el viento, la radiación solar y la evaporación); sumándosele otras dependiendo del área de estudio (Vásquez 2018, p. 1).

**Temperatura:** es una de las mudables más conocidas del tiempo y clima que mide el grado de lo frío o caliente, mientras no exista la fusión o ebullición, el cambio en el objeto producirá la misma transformación (Inzunza, 2006, p. 85).

**Temperatura Ambiental:** está establecida por la energía ondulatoria del sol, y es el elemento que define las características ambientales de cada zona o territorio (Herrera, 2014, p. 3).

**Humedad:** es el conjunto de gas que sujeta el aire, siendo esta no constante, por lo tanto dependerá de distintos factores, ejemplo: si ha llovido últimamente, si existen la presencia de plantas o si se encuentra cerca del mar (Climatología, 2004, p.29).

**Humedad Relativa:** es la cabida del aire para acumular agua, teniendo en cuenta que depende del punto de saturación juntamente con la temperatura específica (Raffino, 2020, pp. 1-2).

**Presión del Aire o Atmosférica:** es la relación entre la acción de una fuerza, sobre la unidad de medida (Renom, 2010, pp. 1-7).

**Radiación Solar:** Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2018 (p.113), “es la energía que emite y trasciende el sol, utilizando las ondas electromagnéticas para extenderse en distintas direcciones, siendo este la guía que establece los procesos meteorológicos y la dinámica climática”(IDEAM 2018, p. 113).

**Radiación Solar Difusa:** es el límite superior del aire, donde se dispersa en cualquier dirección, está relacionado con el tamaño su concentración (Jos y Silva 2013, p. 1).

**Temperatura del Suelo:** está relacionada con la temperatura atmosférica, debido que el suelo es un aislador del flujo de calor entre la tierra concreta y el aire (GLOBE, 2005, p. 1).

**Precipitación de Lluvia:** Según el autor Sánchez en el año 2015, “es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre” (Sánchez, 2015, p. 1).

**Recorrido del Viento:** consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura (Climatología, 2004, p. 20).

**Sensación Térmica:** Según Celemín en el año 2011, “es la temperatura que realmente siente nuestra piel cuando es enfriada por el viento”(Celemín, 2011, p. 20).

**Estadística Descriptiva:** “Recopila, analiza y define un conjunto de datos, con el fin de representar los tipos y procedimiento, mediante matrices de resumen e ilustraciones, siendo esta una de las ramas de la estadística” (Requena 2014a, p. 1).

**Variabes Estadísticas:** es una recopilación de valores de una determinada característica de la población, por ejemplo: edad, estatura, peso, las horas de trabajo del jefe en un mes, el por hora de notas de estudiantes, los egresos semestral de una empresa (Requena 2014b, p. 1).

**Serie de Tiempo:** es una sucesión de un proceso estocástico generado al obtener una y solo una observación de cada una de las variables aleatorias que definen el proceso estocástico. Estas son tomadas a intervalos de tiempo o de distancia iguales, según lo indica el índice que genera el proceso. (Hernandez et al., 2008, p. 31-36).

$$Y = T * C * E * I \quad (1)$$

Donde:

T=Tendencia

C=Fluctuaciones Cíclicas

E= Variaciones Estacionales

I=Variaciones Irregulares

**Serie Temporal o Cronológica:** es una sucesión de observaciones de una variable tomadas en el transcurso del tiempo, de manera que los valores que toma la mudable aparecen ordenados en el tiempo. Está se refleja el comportamiento de estas en el tiempo. Idealmente el análisis se toma en intervalos regulares de períodos (Fernández, 2017, p.2).

Una serie temporal es la secuencia de N observaciones (datos) ordenadas y equidistantes cronológicamente sobre una característica (serie univariante o escalar) o sobre varias características (serie multivariante o vectorial) de una unidad observable en diferentes momentos (Corres et al. 2009, p. 21-33).

$$y_1, y_2, \dots, y_N; (y_t)_{t=1}^N \quad (2)$$

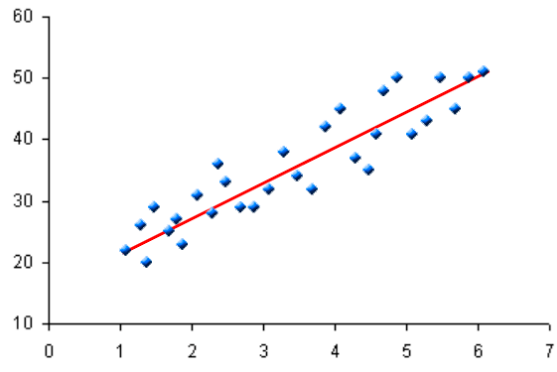
Donde:

$y_t$  = Es la observación n° t ( $1 \leq t \leq N$ ) de la serie

N = Es el número de observaciones de que consta la serie completa (el tamaño o la longitud de la serie)

Las N observaciones  $y_1, y_2, \dots, y_N$ , pueden recogerse en un vector columna  $y = [y_1, y_2, \dots, y_N]'$  de orden Nx1.

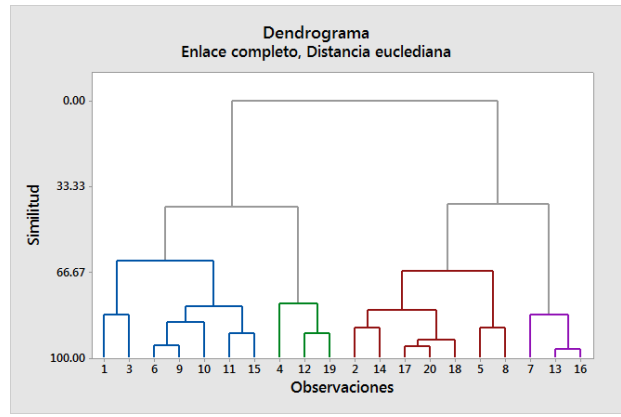
**Diagrama de Correlación-Dispersión:** es una herramienta gráfica que permite indicar la relación existente entre dos clases de datos y cuantificar la intensidad de dicha relación. Se utiliza para conocer si efectivamente existe una correlación entre dos magnitudes o parámetros de un problema y, en caso positivo, de qué tipo es la correlación (Domenech, 2010b, p.1).



**Figura 1-1.** Diagrama de Correlación - Dispersión

Fuente: Gehisy Hernández Medrano.

**Dendograma:** es un diagrama de árbol que muestra los grupos que se forman al crear conglomerados de observaciones en cada paso y sus niveles de similitud. El nivel de semejanza se mide en el eje vertical (alternativamente se puede mostrar el nivel de distancia) y las diferentes observaciones se especifican en el eje horizontal (Yepes, 2020, p. 1).



**Figura 2-1.** Dendograma

Fuente: Minitab.

**Valores Faltantes:** se definen como datos no disponibles que serían útiles o significativos para el análisis de los resultados. Hay muchos tipos de faltantes y muchas razones por las cuales pueden ocurrir. Estos dos factores son decisivos al enfrentar la ausencia de datos en el momento de analizar los resultados, donde lo principal es decidir si la pérdida es aleatoria, es decir, afecta por igual a todos los individuos, o bien puede ser debida a una razón o razones específicas que pueden introducir sesgos que invaliden los resultados (Dagnino 2014, p. 1).

**2.2. Homogeneización**

Es el proceso de reducir el tamaño de las partículas en un fluido, de modo que estas se dispersen, dándole una consistencia uniforme (Tesauro, 2013).

La homogeneización de series climáticas es un procedimiento que se lleva a cabo sobre los datos



de mudables meteorológicas para reducir estas a un conjunto de valores exclusivamente climáticos Ejemplo de inhomogeneidades de datos de temperatura (Villanueva, 2018,p. 3).

**2.2.1. Homogeneización por factores:** este método busca que los activos hallados en la muestra se puedan comparar adecuadamente, para no terminar, como se dice coloquialmente, comparando peras con manzanas. Por lo tanto, lo primero que se debe encontrar es qué variables determinan el valor del tipo de activo analizado; para la comparación de estos con la muestra, para así lograr que las magnitudes de las diferentes variables puedan ser comparadas. Por esto es necesario efectuar un adecuado análisis de las relaciones entre la variable dependiente y las independientes (D'Amato, 2013).

$$Vlb = Vli * \left(\frac{Fcb}{Fci}\right) \quad (3)$$

Donde:

Vli = Valor observado i

Vlb= Valor observado base

Fci= Factor i (en la ecuación de ajuste de la curva)

Fcb= Factor de la base (en la ecuación de ajuste de la curva)

**2.2.2. Homogeneización Por Factores Mediante Pendientes:** mediante la utilización de la pendiente de cada recta que representa la relación entre una mudable explicativa del activo a evaluar con la dependiente. Su objetivo principal es hallar el mínimo coeficiente de variación (CV) de los comparativos de mercado, se obtienen los factores de homogeneización óptimos para la muestra analizada (D'Amato, 2013b: pp. 7-9).

- Al analizar la muestra aleatoria se encuentra un coeficiente de variación de la muestra (CVm)
- Al analizar los datos que se han homogeneizado se obtiene el coeficiente de variación de esa porción de datos (CVh).
- Al ser los datos homogeneizados seleccionados en forma subjetiva de los datos de muestra, estos sean más parecidos entre sí y se cumpla que:  $CVh < CVm$  (D'Amato, 2013, p.13)

### 2.3. Modelo Estadístico

Es una ecuación matemática que reproduce los fenómenos que observa de la forma más exacta posible. Para ello tiene en cuenta los datos suministrados y la influencia que el azar tiene en estas

observaciones (Ocaña 2014). En algunos casos, las técnicas de modelado estadístico pueden proporcionar modelos adecuados de forma rápida. Incluso en el caso de problemas en los que las técnicas más flexibles de aprendizaje de las máquinas (como redes neuronales) pueden ofrecer a la postre mejores resultados, es posible usar algunos modelos estadísticos como modelos predictivos de línea base para juzgar el rendimiento de técnicas más avanzadas (Knowledge, 2013, p. 4).

**2.3.1. Regresión Ortogonal:** También conocida como regresión de Deming, para determinar si dos instrumentos o métodos proveen mediciones comparables. Esta examina la relación lineal entre dos variables continuas: una respuesta (Y) y un predictor (X), contienen error de medición. (Guijarro, 2018, p. 22).

$$\hat{y} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} w_j x_j}{\sum_{j=1}^{j=n} w_j} \quad (4)$$

Donde:

$\hat{y}$  = Dato estimado

n = Número de Datos

$w_j$  = Peso asignado

$x_j$  = Paso temporal

Determinando el rango en el cual los datos normalizados de una variable son homogéneos de acuerdo con la media y la desviación estándar.

## 2.4. Software R

Es un programa dirigido a los estadísticos y programadores, en su aspecto externo, es similar a S, siendo esta es completa, agregando así nuevos métodos para su programación.

Su programación es más complicada y compleja que SPSS o Statgraphics, teniendo primicias sobre estos, debido que es un software libre y diversos usuarios pueden usar, explorar o colaborar todas sus funciones (Hidalgo y Lara, 2016: pp. 1-2).

## 2.5. RStudio

Como expresa Hidalgo y Lara en el año 2016, “Es una interacción que admite de forma natural la fortaleza o potencia de R, su principal propósito es seguir desarrollando herramientas y librerías que resistan todas las instrucciones y técnicas para el estudio de calidad, garantizando la confianza necesario, siendo de esta manera sencilla, que los nuevos usuarios y los frecuentes tengan siempre un entorno familiar” (Hidalgo y Lara, 2016, pp. 1-2).

### 2.5.1. *Climatol*

Según Guijarro en el año, “la librería de R, proporciona funciones, para el análisis del control de calidad, la homogeneización de mudables meteorológicas o climáticas, así mismo con el relleno de datos ausentes, obteniendo como resultados los resúmenes estadísticos, gráficos de las series, contando con las rosas de vientos y los diagramas de Walter y Leith. Su enlace para la descarga en el CRAN de R es el siguiente (<https://CRAN.R-project.org/package=climatol>)” (Guijarro, 2018).

#### 2.5.1.1. *Metodología de Climatol*

“En sus inicios, estaba enfocado a rellenar los datos ausentes mediante estimas calculadas a partir de las series más próximas. Para ello se adaptó el método de Paulhus y Kohler (1952) para rellenar precipitaciones diarias mediante por horas de valores de alrededor, normalizados por medio de división. Este método se escogió por su simplicidad y por permitir el uso de series próximas, aunque no dispongan de un periodo común de observación, donde no se permitiría ajustar modelos de regresión” (Guijarro, 2018a, p. 2).

Para normalizar los datos a través de su coeficiente de los valores medios, Climatol ofrece hacerlo restando las medias o una estandarización completa. Así, denominando  $m_X$  y  $s_X$  a la media y desviación típica de una serie  $X$  (Guijarro, 2018b, p. 4).

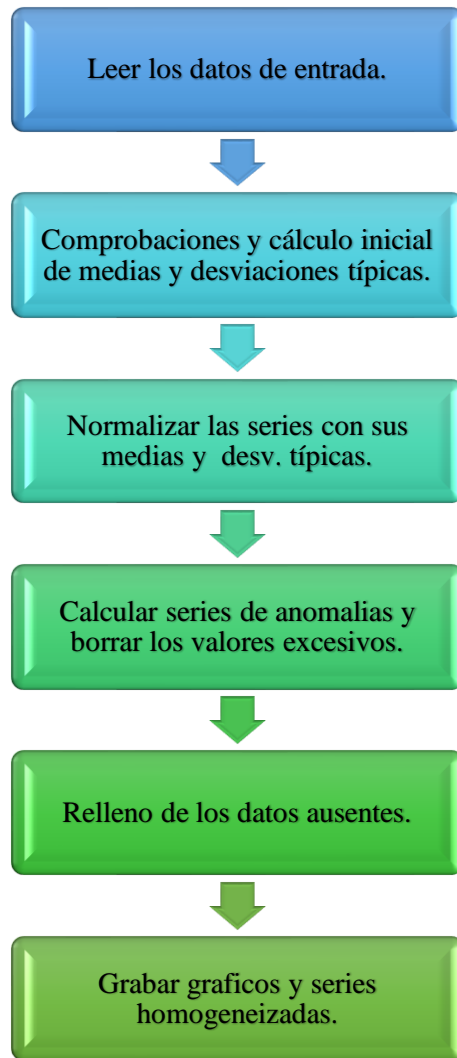
- Restar la media:  $x = X - m_X$
- Dividir por la media:  $x = \frac{X}{m_X}$
- Estandarizar:  $x = (X - m_X)/s_X$

Se afirma que “las series estimadas a partir de las demás sirven como referencias para sus correspondientes sucesiones observadas, de forma que el siguiente paso es obtener series de anomalías restando los valores estimados a los observados (siempre en forma normalizada) (Guijarro, 2018c, p. 4). Estas van a permitir:

- Controlar la calidad de las series y eliminar aquellas anomalías que superen un umbral prefijado.
- Comprobar su homogeneidad mediante la aplicación del Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)”

#### 2.5.1.2. *Proceso y Metodología de Climatol*

Para el proceso de homogeneización en climatol, se ordenaron las matrices de cada variable en su determinado periodo. Se presenta a continuación el diagrama de flujo mostrándose los pasos de funcionamiento de la librería.



**Figura 3-1.** Diagrama de flujo del funcionamiento de Climatol

Realizado por: Mateo Adriana.2021.

Cuando alguna media cambia, se repetir el proceso a partir de la normalización de las series.

## 2.6. Construcción de las series de referencia

La construcción de series de referencia se la realiza mediante varias series de estaciones que se encuentran próximas o que estén bien correlacionadas. Esta serie, se obtiene como la media de los valores de cada estación, mediante la Interpolación Ponderación Inversa a la Distancia (IDPI), asignando mayor peso a las estaciones mejor correlacionadas (Guijarro, 2015, p. 15).

$$V_r = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \left( \frac{1}{1 + \frac{d_i^2}{h^2}} \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{1 + \frac{d_i^2}{h^2}} \right)} \quad (5)$$

Donde  $V_r$  es el registrado calculado para la serie de referencia,  $V_i$  son todos los registros de las estaciones consideradas en el análisis,  $d$  es la distancia en km de la estación de análisis y la estación del registro considerado y  $h$  es la distancia en km donde el peso de ponderación es la mitad del peso de una segunda estación ubicada en lo que se considera la misma localidad.

## 2.7. Detección de heterogeneidades

“La detección de heterogeneidades se realizó con el método de Homogeneidad normal estándar (SNHT) para tendencias de Alexandersson y Moberg” (Guijarro, 2015).

$$\begin{aligned}
 H_0: Z_i &\in N(0,1) \quad i \in \{1, \dots, n\} \\
 H_1: &\left\{ \begin{array}{l} Z_i \in N(\mu_1, 1) \quad i \in \{1, \dots, a\} \\ Z_i \in N(\mu_2, 1) \quad i \in \{a + 1, \dots, n\} \end{array} \right\}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

donde N denota la distribución normal con sus parámetros (valor medio y desviación estándar).

- La hipótesis nula, es el caso ideal (se asume homogeneidad)
- La hipótesis alternativa dice que en algún momento desconocido el valor medio cambia abruptamente.

**El estadístico  $T_a^S$  se define como:**

$$T_{max}^S = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{T_a^S\} = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{a\bar{z}_1^2 + (n-a)\bar{z}_2^2\}
 \tag{7}$$

El valor  $T_a^S$  compara el promedio de los primeros  $a$  años registrados con los últimos  $(n-a)$ .

## CAPÍTULO II

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.2. Tipo y Diseño de la Investigación

##### 3.2.1. Descripción del área de estudio

El estudio se ejecutó en el Grupo de Energía Alternativa y Ambiente “GEAA” de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. El mismo que cuenta con 11 estaciones meteorológicas ubicada en: Alao, Atillo, Epoch, Matus, Multitud, Quimiag, Cumandá, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina.



**Figura 1-3.** Mapa de ubicación de las estaciones

Realizado por: Mateo A.2021.

**Tabla 1-3.** Estaciones meteorológicas en la provincia de Chimborazo

N.º	Cantón	Parroquias	Estaciones
1	Riobamba	Pungalá	Alao
2	Guamote	Cebadas	Atillo
3	Cumandá	Cumandá	Cumandá
4	Riobamba	Lizarzaburo	Epoch
5	Penipe	Matus	Matus
6	Alausí	Multitud	Multitud
7	Riobamba	Quimiag	Quimiag
8	Riobamba	San Juan	San Juan
9	Alausí	Tixán	Tixán
10	Riobamba	Licto	Tunshi
11	Guano	San Andrés	Urbina

Fuente: GEAA

Realizado por: Mateo Adriana.2021.

### **3.2.2. Tipo de investigación**

La investigación según:

- La naturaleza de datos es cuantitativas debido a que las variables a utilizar son: Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Presión del Aire o Atmosférica, Radiación Solar Difusa, Radiación Solar Global, Temperatura de Suelo, Precipitación de lluvia, Recorrido del viento, Dirección del Viento, Dirección de la Racha de Viento, Hora de la Racha de Viento, Minuto de la Racha de Viento, Velocidad de Viento Sensación Térmica.
- El grado de abstracción es de tipo aplicada, debido a que tiene como objetivo homogenizar las variables en función de la metodología de climatología de R.
- El periodo es transversal, considerando que se manejan los datos en un tiempo de 6 años.
- El método de estudio es inductivo, debido que se pretende ajustar a un modelo de homogeneización de las variables meteorológicas.

### **3.2.3. Diseño de investigación**

En la manipulación de las variables es no experimental, debido que los datos se adquirieron de los registros del Grupo de Energía Alternativa y Ambiente “GEAA”, ya que se realiza el estudio sin la manipulación de las mudables, basándose en las observaciones de los fenómenos en su ambiente natural, para luego proceder analizarlos.

### **3.3. Población de Estudio**

El estudio se realizó con los 52.584 datos registrados por hora de las 20 variables, durante el periodo 2014-2019 de las 11 estaciones meteorológicas acentuadas en la provincia de Chimborazo.

### **3.4. Técnica de Recolección de Datos**

En el Grupo de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente (GEAA), los datos de las 20 variables se transmiten en L2 hora, L1 minuto y L0 segundo, para nuestro trabajo de investigación se utilizan los datos recolectados por hora, almacenándose en una tarjeta de memoria que se encuentran en una datalogger (un grabador independiente típicamente que monitorea y registra datos en tiempo real, tales como voltaje, temperatura y corriente), el software que se utiliza para la configuración de las estaciones es Vaisala, todos estos datos son proporcionados por el GEAA.

### **3.5. Identificación de Variables**

Para el estudio de investigación se planeó trabajar con las variables meteorológicas monitoreadas por el GEAA, siendo estas: temperatura ambiental, humedad relativa, presión del aire o atmosférica, radiación solar difusa, radiación solar global, temperatura de suelo en sus 6 niveles,

precipitación de lluvia, recorrido del viento, dirección del viento, dirección de la racha del viento, velocidad de viento, sensación térmica, debido a la importancia de conocer el comportamiento de dichas variables para aplicarle el proceso de homogeneización, para así aportar a los diversos proyectos de investigación.

### 3.6. Operacionalización de Variables

**Tabla 2-3.** Operacionalización de las Variables

Variable	Tipo	Unidad de Medidas	Descripción
Temperatura Ambiental	Cuantitativa Continua	K (kelvin)	Estado del ambiente que se manifiesta en el aire y en los cuerpos en forma de calor.
Humedad Relativa	Cuantitativa Continua	%	Es la relación entre la presión parcial del vapor del agua y la presión de vapor de equilibrio.
Presión del Aire o Atmosférica	Cuantitativa Continua	Pa	Es el peso de la columna de aire que hay sobre cualquier punto o lugar de la tierra.
Radiación Solar Difusa	Cuantitativa Continua	J/m <sup>2</sup>	Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.
Radiación Solar Global	Cuantitativa Continua	W/m <sup>2</sup>	Alcanza la superficie de la atmósfera de la Tierra se dispersa de su dirección original a causa de moléculas en la atmósfera.
Temperatura de Suelo	Cuantitativa Continua	°C	Pueden ser relativamente bajas en verano o relativamente altas en invierno
Precipitación de lluvia	Cuantitativa Continua	m <sup>2</sup>	Precipitación es cualquier forma de hidrometeoro
Recorrido del viento	Cuantitativa Continua	m/s	Al moverse desde las altas a las bajas presiones, no sigue una trayectoria rectilínea como en un principio se puede pensar, sino en forma espiral.
Dirección del Viento	Cuantitativa Continua	°C	La dirección mide la componente horizontal de la velocidad del tiempo.
Dirección de la racha de viento	Cuantitativa Continua	m/s	Son desviaciones transitorias en la velocidad del viento respecto a su media.
Hora de la racha de viento	Cuantitativa Continua	m/s	Son desviaciones transitorias en la velocidad del viento respecto a su media.
Minuto de la racha de viento	Cuantitativa Continua	m/s	Son desviaciones transitorias en la velocidad del viento respecto a su media.
Velocidad de viento	Cuantitativa Continua	m/s	Mide la unidad del lanzamiento del aire en un punto y en un momento fijo.
Sensación térmica	Cuantitativa Continua	Tst	A la sensación de frío o calor que siente una persona según una combinación de parámetros meteorológicos.

Fuente: GEAA

Realizado por: Mateo Adriana.2021.



## CAPÍTULO III

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.2. Análisis de Datos

Se analizaron 52.584 datos por hora de las 14 variables, en las 11 estaciones, con el previo estudio de las estadísticas descriptivas, el porcentaje de los datos faltantes, utilizando el software R con la librería Climatology, para la imputación y la homogeneización de estas, siendo este paquete óptimo para el proceso de estudio.

##### 4.2.1. Matriz de datos

Para este trabajo de investigación se utilizó las variables; Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Presión del Aire o Atmosférica, Radiación Solar Difusa, Radiación Solar Global, Temperatura de Suelo, Precipitación de lluvia, Recorrido del viento, Dirección del Viento, Dirección de la Racha de Viento, Hora de la Racha de Viento, Minuto de la Racha de Viento, Velocidad de Viento Sensación Térmica., organizados por grupo de estaciones debido a la similitud de sus características.

##### 4.2.2. Análisis exploratorio de datos

Se presenta el análisis exploratorio mediante, estadísticas descriptivas para identificar la estructura, contenido y posibles anomalías en los datos de las 14 variables de estudio de las 11 estaciones.

#### 4.3. Estadísticas Descriptivas

Bajo el estudio realizado se pudo identificar que la estación ubicada en el cantón Cumandá tuvo registros altos en por horas para diez variables: temperatura ambiental (X1), humedad relativa(X2), temperatura del suelo por hora a nivel 1 (X6), temperatura del suelo por hora a nivel 2 (X7), temperatura del suelo por hora a nivel 3 (X8), temperatura del suelo por hora a nivel 4 (X9), temperatura del suelo por hora a nivel 5 (X10), temperatura del suelo por hora a nivel 6 (X11), temperatura del suelo por hora a nivel 7 (X12) y sensación térmica (X20), es decir, que en este cantón existe una mayor temperatura ambiental como del suelo, una humedad relativa y una sensación térmica mucho más alta a diferencia de las demás estaciones, mientras que, en la estación ubicada en la parroquia Multitud se tuvo registros altos en por horas para las variables, presión del aire (X3) y radiación solar difusa (X4) y solo en la estación ubicada en la parroquia Atillo presentó registros altos en por horas para la variable recorrido del viento (X14). La estación

ubicada en la parroquia Matus presentó registros altos en por horas para las variables, dirección del viento (X15) y minuto de la recha del viento (X18) y en la estación ubicada en la ESPOCH se presentó registros altos en por horas para las variables, dirección de la racha del viento (X16) y radiación solar global (X5), mientras que, en la estación ubicada en la parroquia de Alao se presentó registros altos en por horas para las variables, hora de racha del viento (X17) y velocidad del viento (X19), cabe mencionar que solo para la variable precipitación de lluvia no se obtuvo información por lo cual no se pudo realizar el análisis sobre esta variable.

**Tabla 1-4.** Estadísticas Descriptivas de las variables.

<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Na's</b>	<b>% Na's</b>
X1	Alao	11.12	10.46	9.37	3.48	12.13	-0.23	-1.14	22.88	24	0.05%
	Atillo	8.1	7.93	7.76	3.15	9.95	124.78	-70	35.84	402	0.77%
	Cumandá	23.31	22.93	22.36	2.41	5.79	-0.1	17.12	32.09	6180	11.9%
	EsPOCH	13.56	12.65	11.59	3.59	12.89	-0.44	1.15	25.1	577	1.11%
	Matus	12.75	11.87	11.54	3.42	11.73	14.36	0.35	60	108	0.21%
	Multitud	15.26	14.91	14.1	1.76	3.09	3.71	10.55	27.56	2168	4.17%
	Quimiag	12.9	12.11	11.28	3.3	10.86	0.09	-1.73	25.43	32	0.06%
	San Juan	10.61	10.07	8.71	3.45	11.89	-0.28	-1.12	22.47	33	0.06%
	Tixán	8.5	7.91	7.28	2.79	7.81	-0.16	-2.54	18.5	3700	7.12%
	Tunshi	13.25	12.44	11.43	3.42	11.68	-0.27	1.02	25.25	2423	4.67%
Urbina	7.86	7.1	6.46	3.21	10.31	1.51	-1.01	23.71	27	0.05%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Na's</b>	<b>% Na's</b>
X2	Alao	80.34	85.75	92.18	15.12	228.75	-0.11	10.46	99.67	24	0.05%
	Atillo	85.3	89.61	4	14.66	214.91	7.54	4	99.93	402	0.76%
	Cumandá	90.89	95.7	99.87	10.59	112.14	0.93	25.33	99.93	6181	11.75%
	EsPOCH	75.89	80.23	99.81	18.65	347.87	-0.88	0	99.84	577	1.1%
	Matus	88.23	93.6	99.89	12.41	153.91	1.17	11.17	99.9	1	0,00%
	Multitud	90.34	97.02	99.86	15.11	228.46	11.75	4	99.92	1617	3.08%
	Quimiag	84.38	90.24	99.82	14.56	212.13	0.2	10.14	99.87	32	0.06%
	San Juan	79.63	82.44	99.73	15.33	235.15	-0.35	11.43	99.79	38	0.07%
	Tixán	81.1	83.41	99.81	14.84	220.2	0.23	10.35	99.85	3704	7.04%
	Tunshi	80.46	85.18	97.45	15.47	239.22	-0.25	12.06	99.71	2418	4.6%
Urbina	90.5	95.57	99.94	12.32	151.76	3.42	14.43	99.96	32	0.06%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Na's</b>	<b>% Na's</b>

X3	Alao	708.84	708.95	709.15	1.37	1.88	-0.07	703.48	713.41	648	1.23%
	Atillo	675.96	675.99	675.63	1.23	1.5	28.87	655.95	702.79	9680	18.41%
	Cumandá	975.5	975.44	975.94	3.05	9.29	7.13	957.29	1001.14	10347	19.68%
	Espoch	729.13	729.29	729.57	1.53	2.34	0.02	723.14	733.91	4396	8.36%
	Matus	742.22	742.33	742.74	1.51	2.3	-0.05	736.56	747	11116	21.14%
	Multitud	795.99	796.02	796.16	1.24	1.54	-0.16	791.04	800.48	11331	21.55%
	Quimiag	739.63	739.78	740.76	1.59	2.53	-0.05	733.54	744.47	7953	15.12%
	San juan	695.28	695.37	695.95	1.31	1.72	-0.15	690.57	699.65	713	1.36%
	Tixán	668.66	668.68	668.63	1.08	1.16	-0.2	664.6	672.28	13727	26.1%
	Tunshi	738.16	738.32	738.3	1.61	2.59	0	731.86	743.12	9027	17.17%
	Urbina	669.78	662.85	663.05	22.13	489.74	5.65	658.51	742.16	5886	11.19%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Na's</b>	<b>% Na's</b>
X4	Alao	133.61	1.84	0	205.47	42218.61	4.18	0	1363.04	648	1.23%
	Atillo	134.44	0.67	0	206.21	42524.25	4.01	0	1237.16	8856	16.84%
	Cumandá	82.34	3.9	0	131.05	17172.82	6.95	0	1009.74	10347	19.68%
	Espoch	152.51	0.01	0	237.51	56410.97	2.83	0	1550.56	4431	8.43%
	Matus	147.35	2.45	0	227.65	51825.55	2.86	0	1236.85	11116	21.14%
	Multitud	73.55	0	0	136.85	18728.89	12.19	0	1100.09	13620	25.9%
	Quimiag	136.63	5.09	0	203.19	41288.01	3.39	0	1245.46	7953	15.12%
	San juan	130.37	0.04	0	198.29	39318	3.57	0	1226.41	713	1.36%
	Tixán	143.59	1.8	0	221.32	48984.12	3.79	0	1284.9	13727	26.1%
	Tunshi	159.14	8.24	0	235.14	55292.75	2.49	0	1236.55	9027	17.17%
	Urbina	142.29	3.56	0	213.6	45626.02	3.24	0	1259.18	5886	11.19%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X5	Alao	174.76	2.02	0	259.52	67350.61	1.75	0	1383.88	648	1.23%
	Atillo	173.52	0.7	0	261.73	68504.92	2.07	0	1290.21	8856	16.84%

	Cumandá	112.18	5	0	180.22	32479.83	4.32	0	1125.04	10348	19.68%
	Espoch	214.06	0.01	0	312.41	97602.36	0.51	0	1566.3	5105	9.71%
	Matus	199.96	2.89	0	297.78	88673.28	0.91	0	1295.28	11116	21.14%
	Multitud	87.05	2.84	0	162.95	26551.75	7.75	0	1105.25	11991	22.8%
	Quimiag	194.71	5.68	0	279.77	78273.92	1.02	0	1282.78	7954	15.13%
	San juan	167.29	0.03	0	250.3	62649.78	1.67	0	1254.76	713	1.36%
	Tixán	206.89	1.98	0	298.65	89189.13	0.81	0	1312.98	13727	26.1%
	Tunshi	216.67	9.13	0	306.15	93728.75	0.49	0	1277.89	9027	17.17%
	Urbina	181.98	3.91	0	267.36	71478.89	1.54	0	1298.22	5886	11.19%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X6	Alao	15.87	10.58	0.01	16.11	259.42	11.25	-3.08	98.8	2431	4.62%
	Atillo	9.64	8.05	0.02	6.07	36.83	0.38	-14.34	31.58	8859	16.85%
	Cumandá	24.22	23.08	21.77	4.95	24.54	3.35	-20.9	46.62	19246	36.6%
	Espoch	15.85	13.55	10.62	7.89	62.26	-0.21	-6.75	41.9	16211	30.83%
	Matus	14.99	12.25	11.23	6.99	48.88	0.14	-4.36	40.06	11116	21.14%
	Multitud	16.64	15.46	14.75	4.52	20.45	3.84	0.11	43.92	12716	24.18%
	Quimiag	11.98	11.15	0	9.37	87.7	-0.13	-6.81	47.23	9690	18.43%
	San juan	11.49	9.55	0.14	7.21	51.96	-0.13	-2.94	37.82	2082	3.96%
	Tixán	7.33	6.09	0	7.04	49.52	0.55	-6.3	36.66	16191	30.79%
	Tunshi	15.75	12.49	11.61	8.25	68.06	1	-40	50	25599	48.68%
Urbina	10.04	7.61	5.85	6.8	46.29	0.8	-40	49.58	25023	47.59%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X7	Alao	13.28	11.5	0.01	6.23	38.83	1.2	-2.68	41.72	2428	4.62%
	Atillo	10.28	9.22	0.02	5.34	28.54	0.6	-11.95	30.62	8859	16.85%
	Cumandá	24.51	23.38	22.85	4.85	23.52	3.33	-15.57	49.01	19277	36.66%
	Espoch	16.73	14.92	11.41	8.04	64.57	0.01	-6.82	46.9	16228	30.86%

	Matus	15.79	13.05	11.23	7.2	51.84	0.43	-4.28	43.63	11116	21.14%
	Multitud	17.21	16.3	15.98	4.16	17.3	4.56	0.15	47.7	12715	24.18%
	Quimiag	12.28	11.99	0	9.15	83.69	-0.1	-15.85	46.76	9693	18.43%
	San juan	11.88	10.03	0.19	7.27	52.81	0.12	-2.96	41.85	2085	3.97%
	Tixán	7.52	6.31	0	7.1	50.4	0.77	-6.3	39.38	16201	30.81%
	Tunshi	16.74	13.93	12.36	7.43	55.21	0.51	-36.81	50	19148	36.41%
	Urbina	10.78	8.77	6.75	7.05	49.71	1.44	-40	49.36	20443	38.88%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X8	Alao	13.97	13.31	0.01	4.22	17.84	2.58	-0.16	33.08	2429	4.62%
	Atillo	11.12	11.05	0.03	3.41	11.64	2.08	-0.34	23.47	8859	16.85%
	Cumandá	25.07	24.29	23	4.36	19.04	7.23	-40	48.88	19275	36.65%
	EsPOCH	18.16	17.47	14.33	7.03	49.36	1.04	-40	43.07	16220	30.85%
	Matus	17.15	15.45	12.74	5.94	35.23	0.75	0	46.43	11116	21.14%
	Multitud	17.72	17.26	16.43	2.75	7.58	8.57	0.18	40.83	12714	24.18%
	Quimiag	12.7	14.07	0	8.22	67.55	-0.37	-12.15	44.37	9689	18.43%
	San juan	12.65	11.85	0.21	6.32	39.91	0.65	-1.81	42.12	2092	3.98%
	Tixán	8.61	8.24	0	6.89	47.41	0.63	-4.39	41.16	16243	30.89%
	Tunshi	17.59	16.32	50	4.82	23.28	4.75	-37.46	50	19027	36.18%
Urbina	11.87	10.69	9.11	5.35	28.63	4.5	-36.57	50	20353	38.7%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X9	Alao	14.18	14.04	0.01	3.29	10.82	5.87	-0.16	27.72	2428	4.62%
	Atillo	11.33	11.61	0.03	2.69	7.25	6.52	0	18.89	8859	16.85%
	Cumandá	25.41	25.19	25.16	3.15	9.9	13.04	-23.35	43.78	19266	36.64%
	EsPOCH	18.72	18.88	18.98	5.55	30.79	4.16	-35.12	36.41	16197	30.8%
	Matus	17.59	16.78	15.26	4.06	16.49	0.39	0.01	34.73	11116	21.14%
	Multitud	17.89	17.61	17.43	1.7	2.88	5.24	0.21	30.08	12713	24.18%

	Quimiag	12.68	15.15	0	7.46	55.61	-0.55	-5.32	37.59	9687	18.42%
	San juan	13.15	13.25	0.21	5	25.04	1.83	-1.08	36.31	2094	3.98%
	Tixán	9.35	10.41	0	5.95	35.38	-0.56	-4.38	28.42	16247	30.9%
	Tunshi	18.07	17.54	16.01	3.43	11.75	12.61	-28.97	50	18815	35.78%
	Urbina	13.63	11.38	50	7.88	62.1	10.3	-40	50	18926	35.99%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X10	Alao	14.22	14.52	0.01	2.65	7.03	14.49	-0.17	20.91	2429	4.62%
	Atillo	11.41	11.94	0.03	2.38	5.65	12.18	0	15.14	8859	16.85%
	Cumandá	25.47	25.57	25.23	2.12	4.48	44.16	-21.34	47.56	19278	36.66%
	Espoch	19.01	19.67	19.81	4.57	20.9	10.15	-7.52	28.31	16162	30.74%
	Matus	17.78	17.65	17.12	2.17	4.69	1.18	0.01	27	11116	21.14%
	Multitud	17.91	17.72	17.55	0.98	0.96	4.42	0.23	22.87	12713	24.18%
	Quimiag	12.92	16.29	0	7.17	51.4	-0.46	-5.43	31.19	9694	18.43%
	San juan	13.45	14.21	0.19	4.01	16.06	5.99	-0.29	22	2098	3.99%
	Tixán	9.73	11.97	0	5.49	30.18	-0.54	-4.38	23.69	16250	30.9%
	Tunshi	18.1	17.88	17.66	2.89	8.36	124.61	-40	50	18984	36.1%
Urbina	10.47	11.7	-40	10.66	113.67	15.03	-40	50	18932	36,00%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X11	Alao	14.1	14.57	0.02	2.41	5.83	20.73	-0.18	29.88	2434	4.63%
	Atillo	11.28	11.82	12.37	2.2	4.83	16.71	0	13.45	8858	16.85%
	Cumandá	25.58	25.56	25.55	0.98	0.96	14.76	15.03	33.89	30070	57.18%
	Espoch	19.16	19.78	19.53	4.18	17.49	15.64	-7.59	35.2	16158	30.73%
	Matus	17.34	17.33	16.86	1.13	1.28	13.1	0.01	20.66	11115	21.14%
	Multitud	17.9	17.78	17.56	0.61	0.37	18.61	0.25	20.57	12691	24.13%
	Quimiag	13.08	16.6	0	7.22	52.14	-0.43	-5.26	26.64	9667	18.38%
	San juan	13.39	14.35	14.29	3.91	15.32	7.1	-0.28	28.41	5023	9.55%

	Tixán	9.8	12.37	0	5.38	28.92	-0.41	-2.29	23.95	16237	30.88%
	Tunshi	18.22	18.08	17.09	2.23	4.96	51.56	-4.64	50	19005	36.14%
	Urbina	12.66	11.97	12.17	3.47	12.05	41.94	-40	50	20328	38.66%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X12	Alao	13.78	14.25	15.06	2.23	4.99	25.78	-0.19	31.2	2434	4.63%
	Atillo	11.08	11.52	11.98	2.07	4.28	20.24	0	12.61	8858	16.85%
	Cumandá	25.36	25.48	25.45	1.35	1.83	139.5	-30.84	46.25	300.7	0.57%
	Epoch	19.03	19.76	19.96	4.09	16.74	17.03	-7.77	49.06	16158	30.73%
	Matus	16.94	17	17.19	0.86	0.75	32.1	0.01	18.7	11115	21.14%
	Multitud	17.75	17.7	17.61	0.36	0.13	137.75	0.26	20.08	12691	24.13%
	Quimiag	12.98	16.58	0	7.15	51.11	-0.42	-4.57	32.25	9667	18.38%
	San Juan	13.47	14.37	14.19	3.77	14.18	8.24	-0.39	27.56	5023	9.55%
	Tixán	9.86	12.51	0	5.32	28.26	-0.32	-2.52	26.28	16237	30.88%
	Tunshi	18.13	18.07	16.97	2.19	4.79	71.49	-3.46	50	19005	36.14%
Urbina	12.5	11.79	11.79	3.39	11.48	42.82	-40	50	20328	38.66%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X13	Alao	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Atillo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Cumandá	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Epoch	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Matus	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Multitud	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Quimiag	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	San Juan	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Tixán	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Tunshi	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA



	Urbina	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X14	Alao	28.36	25.03	0.68	21.39	457.4	-0.35	0.68	112.94	12872	24.48%
	Atillo	51.51	50.16	31.86	29	840.94	-0.72	0	169.2	12591	23.94%
	Cumandá	8.73	7.72	0.68	6.84	46.77	0.99	0.12	55.34	18238	34.68%
	Epoch	29.55	21.22	0.68	23.94	573.27	0.59	0	124.02	7531	14.32%
	Matus	24.98	18.34	11.4	16.67	277.8	-0.07	3.26	87.05	17421	33.13%
	Multitud	7.34	7.18	0.68	5.18	26.83	8.06	0.3	66.97	22640	43.05%
	Quimiag	29.16	23.43	0.68	19.95	397.81	-0.72	0.52	96.64	16249	30.9%
	San juan	29.33	25.71	0.68	22.03	485.13	0.37	0.3	161.88	6671	12.69%
	Tixán	52.57	47.55	0.68	38.34	1470.24	-0.1	0.68	269.69	15913	30.26%
	Tunshi	24.86	15.23	0.68	27.02	730.04	0.95	0.34	174.53	12440	23.66%
Urbina	55.59	57.03	0.68	30.04	902.68	-0.69	0.34	174.53	6092	11.59%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X15	Alao	204.52	135	360	102.37	10480.4	-1.58	1	360	12871	24.48%
	Atillo	139.24	108	101	74.19	5503.52	0.96	1	360	12592	23.95%
	Cumandá	230.35	251	360	107.93	11648.2	-1.17	1	360	18238	34.68%
	Epoch	137.83	123	360	75.09	5639.09	0.78	1	360	7600	14.45%
	Matus	271.62	318	343	88.84	7892.57	-0.07	1	360	17421	33.13%
	Multitud	211.75	206	360	117.52	13809.86	-1.35	1	360	22615	43.01%
	Quimiag	98.4	64	360	91.95	8454.62	2.45	1	360	16244	30.89%
	San juan	218.18	164	360	107.64	11585.79	-1.67	1	360	16244	30.89%
	Tixán	150.29	101	360	116.22	13506.54	-0.85	1	360	6665	12.67%
	Tunshi	240.61	285	360	127.96	16374.27	-0.93	1	360	12176	23.15%
Urbina	162.11	97	360	155.22	24092.79	-1.8	1	360	6092	11.59%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>

X16	Alao	200.78	144	360	104.41	10901.52	-1.51	1	360	12895	24.52%
	Atillo	133.94	105	90	76.37	5831.84	1.14	1	360	12592	23.95%
	Cumandá	221.93	252	360	113.1	12791.04	-1.28	1	360	18264	34.73%
	Espoch	130.96	118	360	77.76	6046.11	0.64	1	360	2206	4.2%
	Matus	188.42	184	1	143.91	20709.98	-1.73	0	360	17421	33.13%
	Multitud	182.1	182	360	124.77	15568.28	-1.31	1	360	22619	43.01%
	Quimiag	104.22	63	360	101.25	10250.91	1.27	1	360	16245	30.89%
	San juan	197.76	144	360	106.6	11362.76	-1.5	1	360	15641	29.74%
	Tixán	161.81	118	360	113.1	12791.13	-0.98	1	360	15914	30.26%
	Tunshi	235.79	285	360	131.58	17313.83	-1.09	1	360	12616	23.99%
	Urbina	178.64	190	360	155.16	24073.17	-1.84	1	360	6115	11.63%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X17	Alao	51.25	15	1	88.46	7825.45	3.82	0	360	12873	24.48%
	Atillo	33.84	14	11	58.91	3470.08	10.92	0	360	12592	23.95%
	Cumandá	11.58	12	16	6.89	47.47	-1.19	0	24.97	18238	34.68%
	Espoch	11.49	11	16	6.92	47.85	-1.2	0	23	2195	4.17%
	Matus	11.5	11	8	6.92	47.91	-1.2	0	23	17421	33.13%
	Multitud	11.51	12	16	6.92	47.9	-1.2	0	23	22815	43.39%
	Quimiag	11.51	12	16	6.91	47.75	-1.2	0	23	16268	30.94%
	San juan	11.5	12	11	6.92	47.9	-1.2	0	23	6665	12.67%
	Tixán	11.51	12	18	6.93	47.99	-1.21	0	23	15908	30.25%
	Tunshi	11.52	12	8	6.9	47.59	-1.19	0	23	12176	23.15%
	Urbina	13.01	12	2	10.01	100.24	4.63	0	59	6087	11.58%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X18	Alao	23.93	20	0	18.35	336.82	-1.1	0	59	12871	24.48%
	Atillo	27.99	27	0	19.05	362.97	-1.34	0	59	12591	23.94%

	Cumandá	27.36	26	0	18.6	345.84	-1.29	0	59	18238	34.68%
	Espoch	29.25	29	0	17.98	323.17	-1.25	0	59	2195	4.17%
	Matus	28.39	28	0	18.79	353.22	-1.34	0	59	17421	33.13%
	Multitud	28.28	27	0	18.18	330.61	-1.25	0	59	22610	43,00%
	Quimiag	28.02	27	0	18.77	352.2	-1.33	0	59	16244	30.89%
	San juan	27.6	27	0	19.07	363.71	-1.33	0	59	6665	12.67%
	Tixán	27.6	27	0	18.88	356.28	-1.32	0	59	15908	30.25%
	Tunshi	26.24	24	0	18.16	329.71	-1.23	0	59	12105	23.02%
	Urbina	27.59	27	0	19.32	373.31	-1.36	0	59	6092	11.59%
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X19	Alao	7.31	2	0.05	13.96	194.94	4.82	0	59	12871	24.48%
	Atillo	3.34	3.31	0.44	2.1	4.43	-0.81	0	11.54	12591	23.94%
	Cumandá	0.49	0.38	0.05	0.48	0.23	379.73	0	24.65	18238	34.68%
	Espoch	2.26	1.56	0.05	1.84	3.4	0.8	0	10.8	2195	4.17%
	Matus	1.45	1.06	0.53	1.17	1.36	-0.12	0	5.65	17421	33.13%
	Multitud	0.37	0.27	0.05	1.51	2.29	1024.45	0	49.81	24985	47.51%
	Quimiag	1.79	1.42	0.05	1.36	1.86	-0.77	0.01	6.39	16244	30.89%
	San juan	1.74	1.45	0.05	1.51	2.28	0.39	0	10.92	6665	12.67%
	Tixán	3.43	3.05	0.05	2.65	7.02	-0.09	0	18.63	15908	30.25%
	Tunshi	1.22	0.81	0.05	1.27	1.61	1.97	0	9.67	12516	23.8%
Urbina	3.68	3.84	0.05	2.15	4.63	-0.81	0	11.98	6092	11.59%	
<b>Variable</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>NA'S</b>	<b>% NA'S</b>
X20	Alao	9.85	9.61	8.72	3.12	9.72	1.01	-8.12	22.47	13645	25.95%
	Atillo	4.64	5.18	7.14	3.19	10.15	0.13	-8.65	16.09	12868	24.47%
	Cumandá	23.38	22.98	21.72	2.39	5.73	-0.04	16.91	32.08	18226	34.66%
	Espoch	11.51	11.10	10.59	2.45	6.00	0.62	2.26	23.51	2191	4.17%

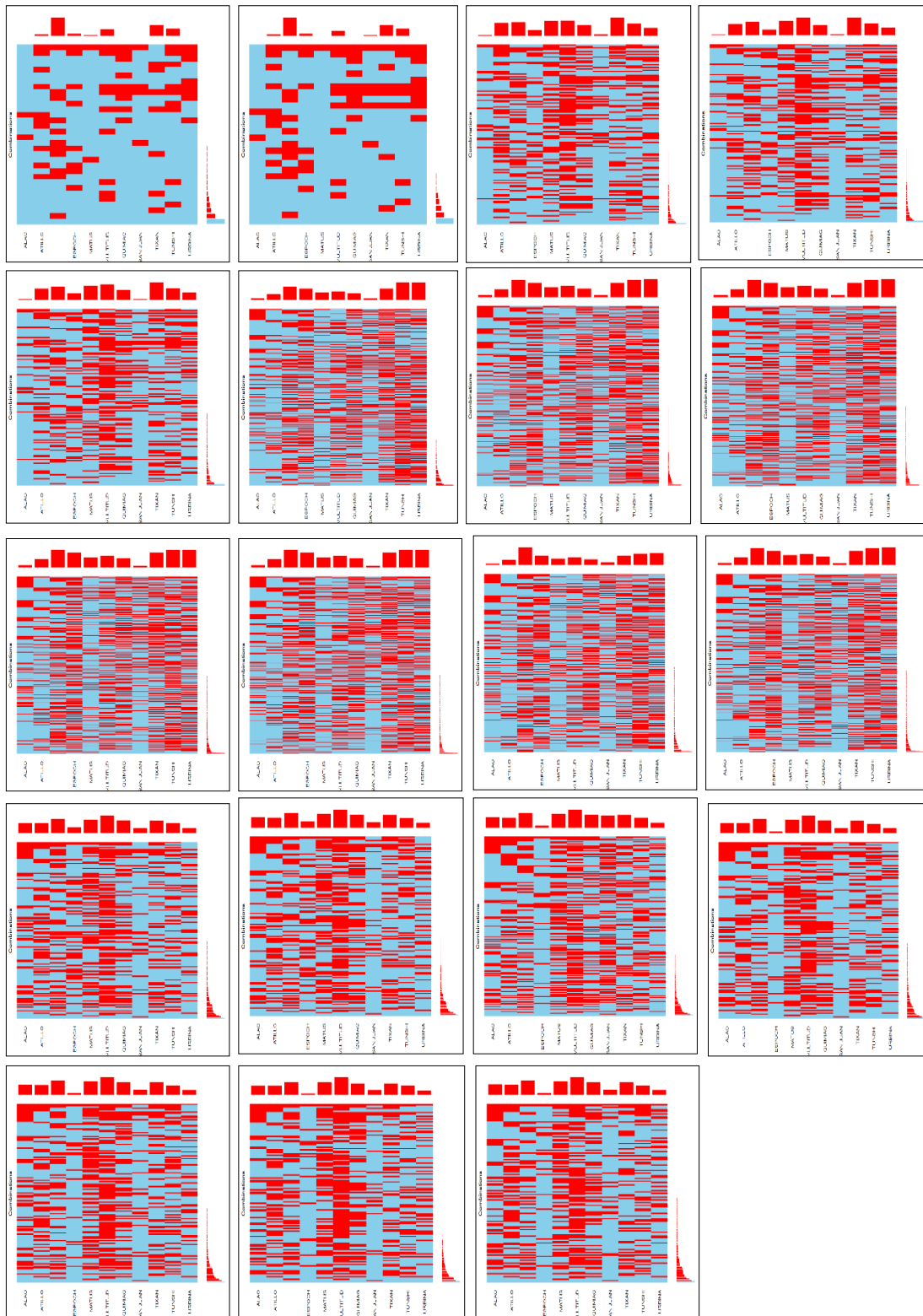
	Matus	11.96	11.51	11.27	2.75	7.57	0.87	0.33	32.92	17548	33.37%
	Multitud	15.12	14.78	14.41	1.74	3.04	4.26	3.71	26.88	22615	43.01%
	Quimiag	11.84	11.27	10.66	2.85	8.11	0.91	-1.73	24.33	16237	30.88%
	San juan	9.25	9.24	9.08	3.60	12.93	2.02	-11.55	21.41	6664	12.67%
	Tixán	4.87	5.41	6.96	3.62	13.08	0.40	-11.44	16.92	15899	30.23%
	Tunshi	12.74	12.18	11.70	3.01	9.07	0.29	1.02	24.25	12101	23.01%
	Urbina	3.64	3.00	1.28	4.54	20.57	0.44	-8.87	23.15	6090	11.58%

Fuente: GEAA

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### 4.3.1. Identificación de datos faltantes por horas

Se identificó mediante los estadísticos descriptivos en la sección anterior y también mediante el gráfico de patrón de datos faltantes.



**Gráfico 1-4.** Patrón de datos faltantes

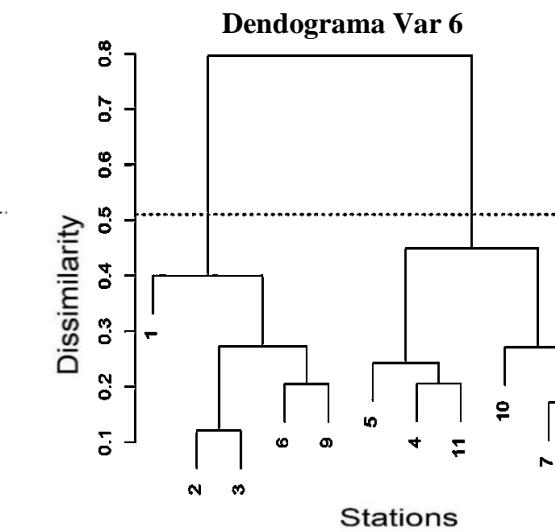
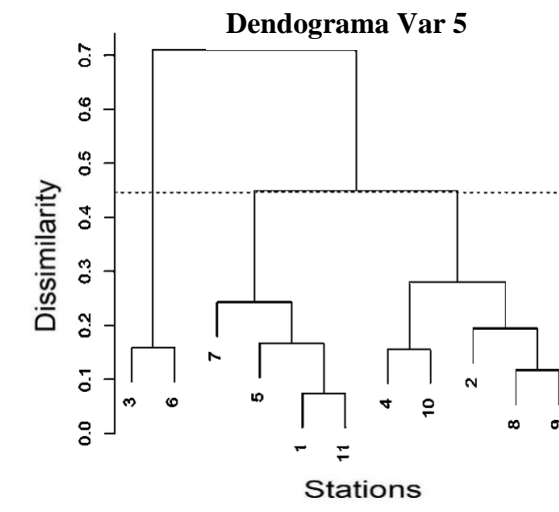
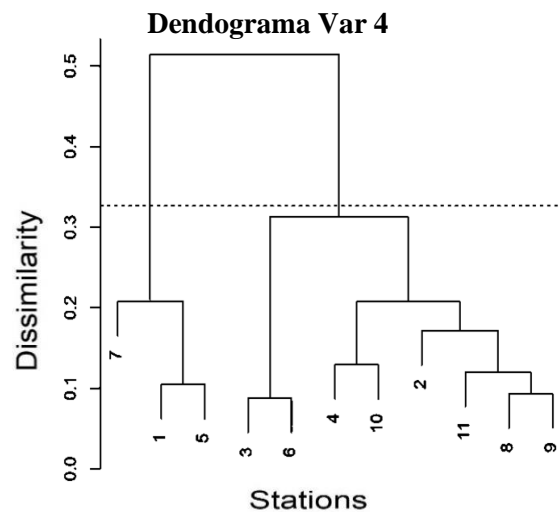
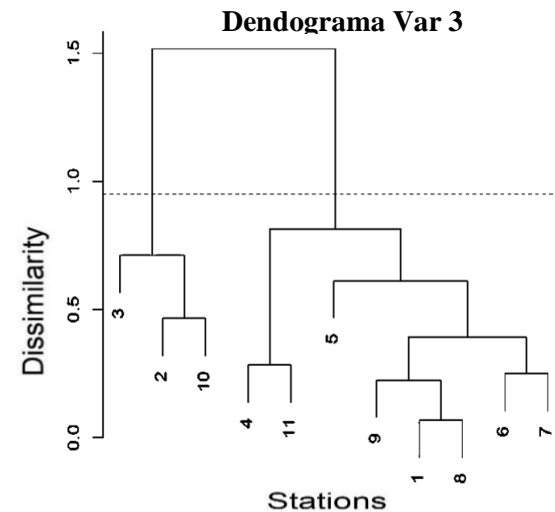
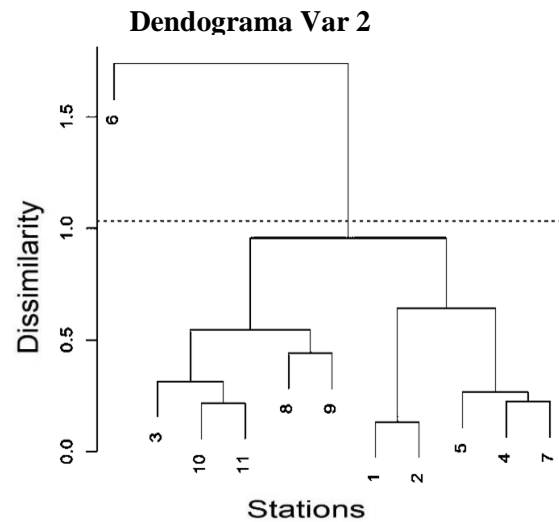
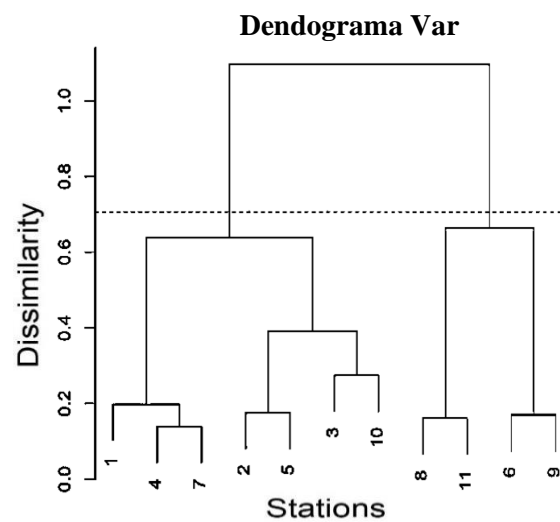
Realizado por: Mateo Adriana.2021

En donde las variables y las estaciones con mayores datos faltantes fueron; Temperatura de Suelo Por hora nivel 1y nivel 6: en Cumandá, Espoch, Tixán, Tunshi y Urbina. Recorrido, Dirección y Velocidad del Viento en Cumandá, Matus, Multitud, Quimiag y Tixán. En cuanto a la mudable Precipitación de Lluvia, sus carente fueron en un 100%.

#### **4.4. Homogeneización de Variables Meteorológicas**

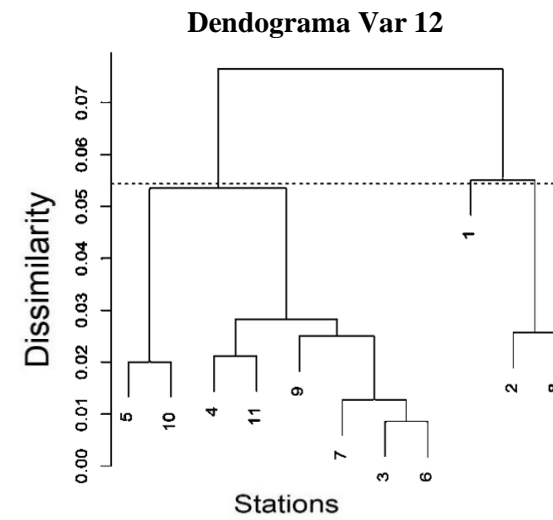
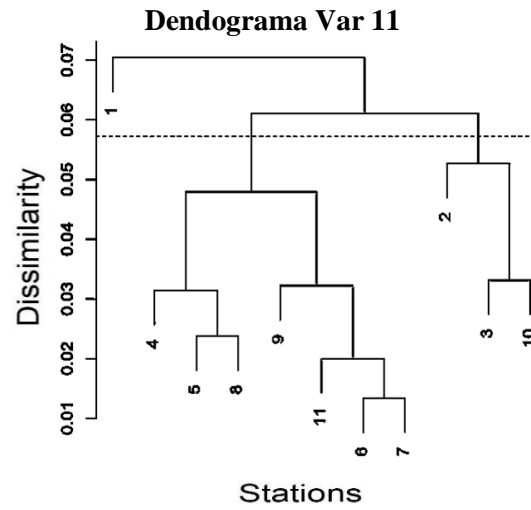
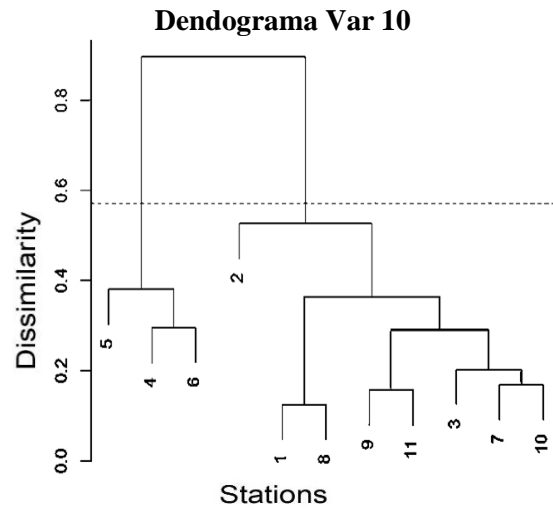
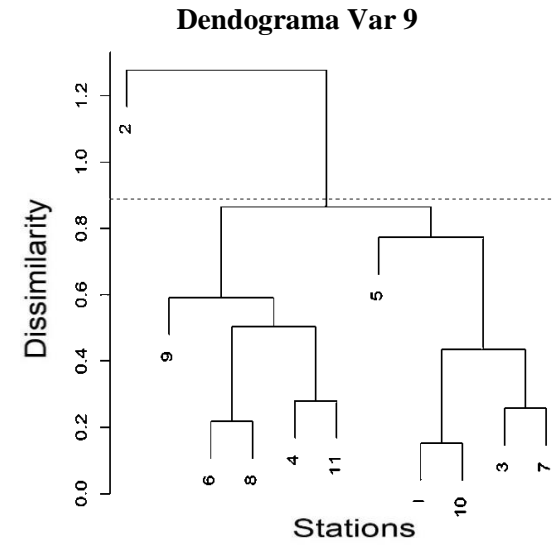
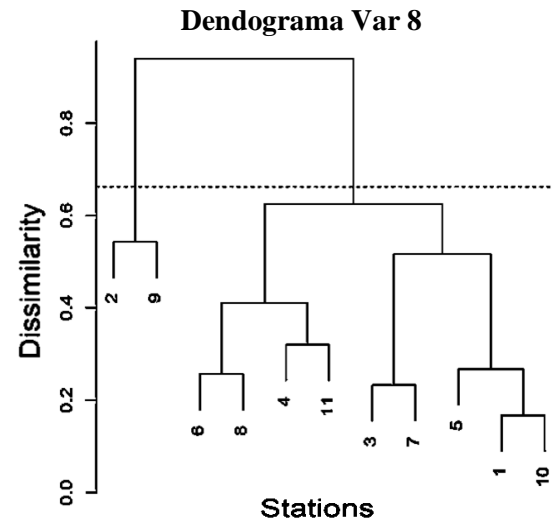
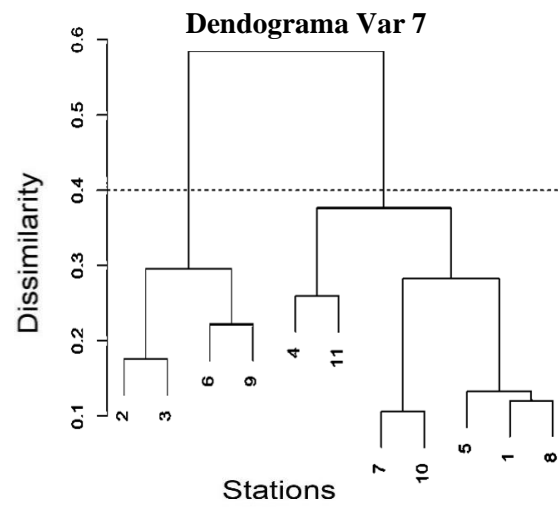
Debido a que las estaciones meteorológicas están ubicadas en zonas estratégicas con características geográficas distintas, se realizó dendogramas como se observa en los (Gráficos 2-4), (Gráfico 3-4) y (Gráfico 4-4), por variable con el fin de identificar las estaciones con comportamientos similares y en función de dichas características agruparlas para optimizar la homogenización.

Como se muestra en los (Gráficos 5-4), (Gráfico 6-4) y (Gráfico 7-4), también se realizó mapas de estaciones, que ayudan a identificar con mayor factibilidad los grupos de estaciones con comportamientos similares por cada variable.



**Gráfico 2-4.** Dendrograma de las Variables X1 a la X6

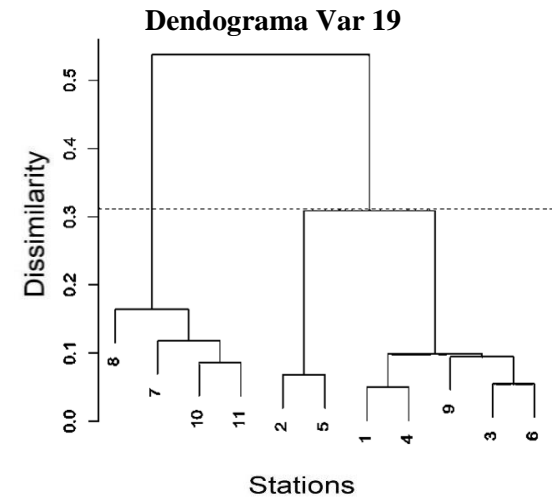
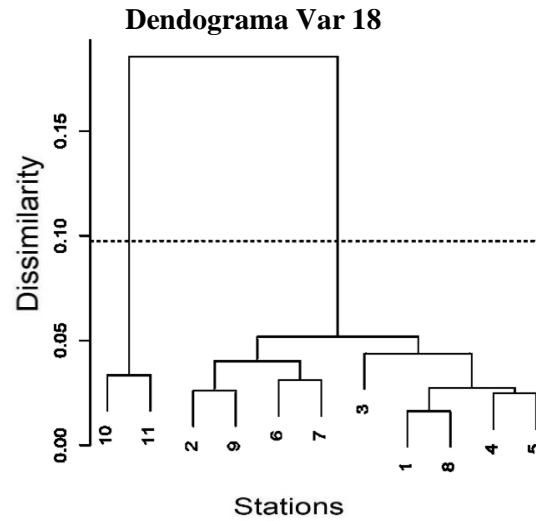
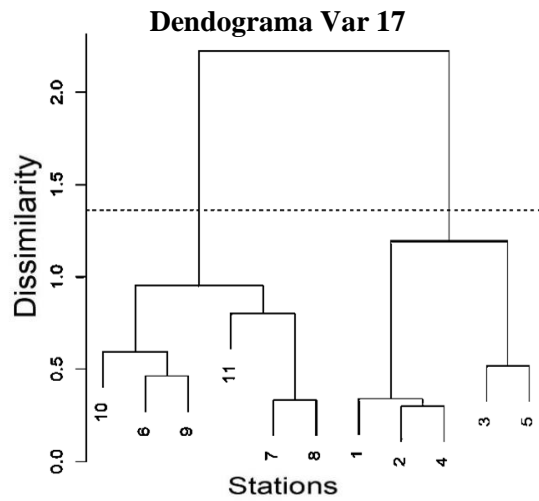
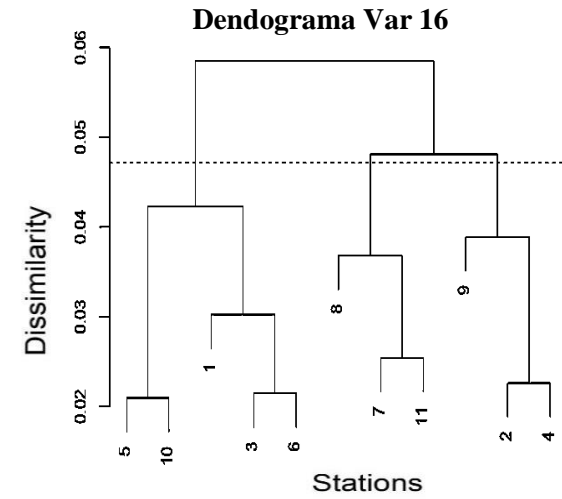
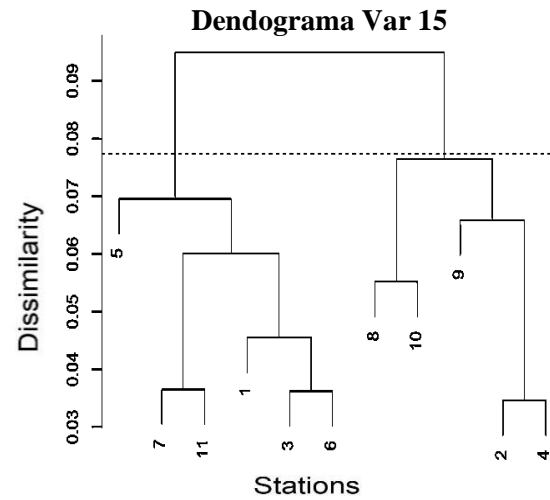
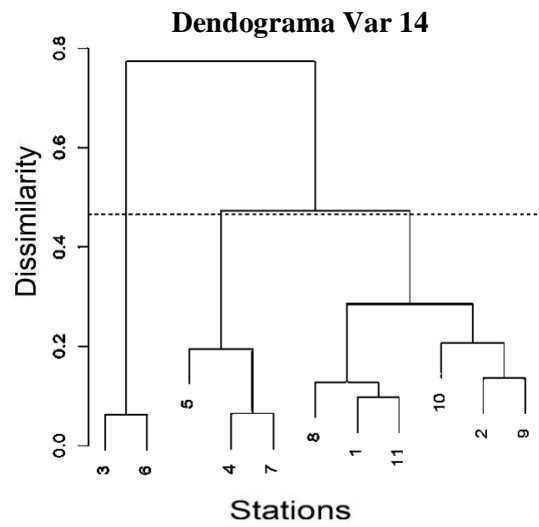
Realizado por: Mateo Adriana.2021



**Gráfico 3-4.** Dendrograma de las Variables X7 a la X12

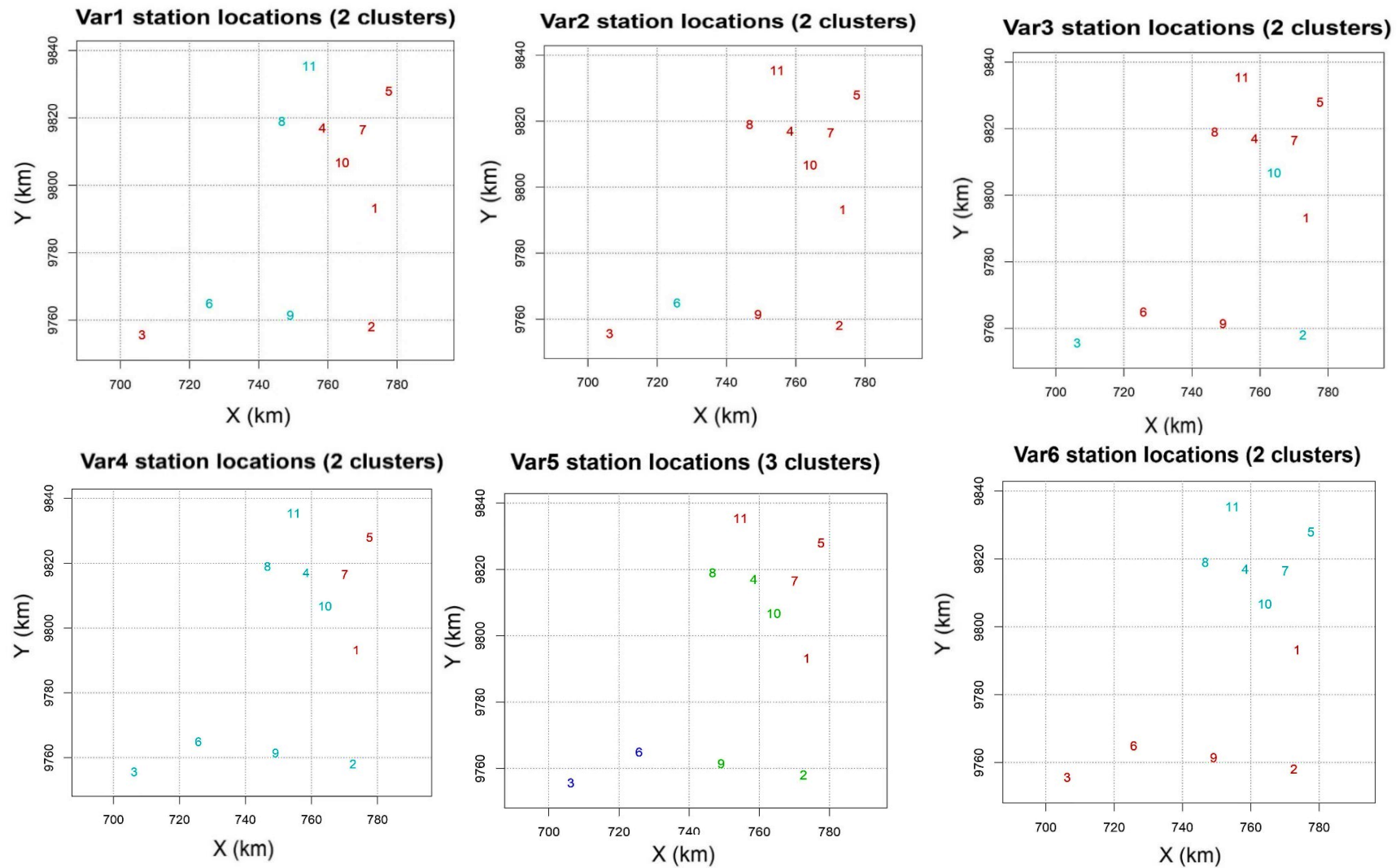
Realizado por: Mateo Adriana.2021



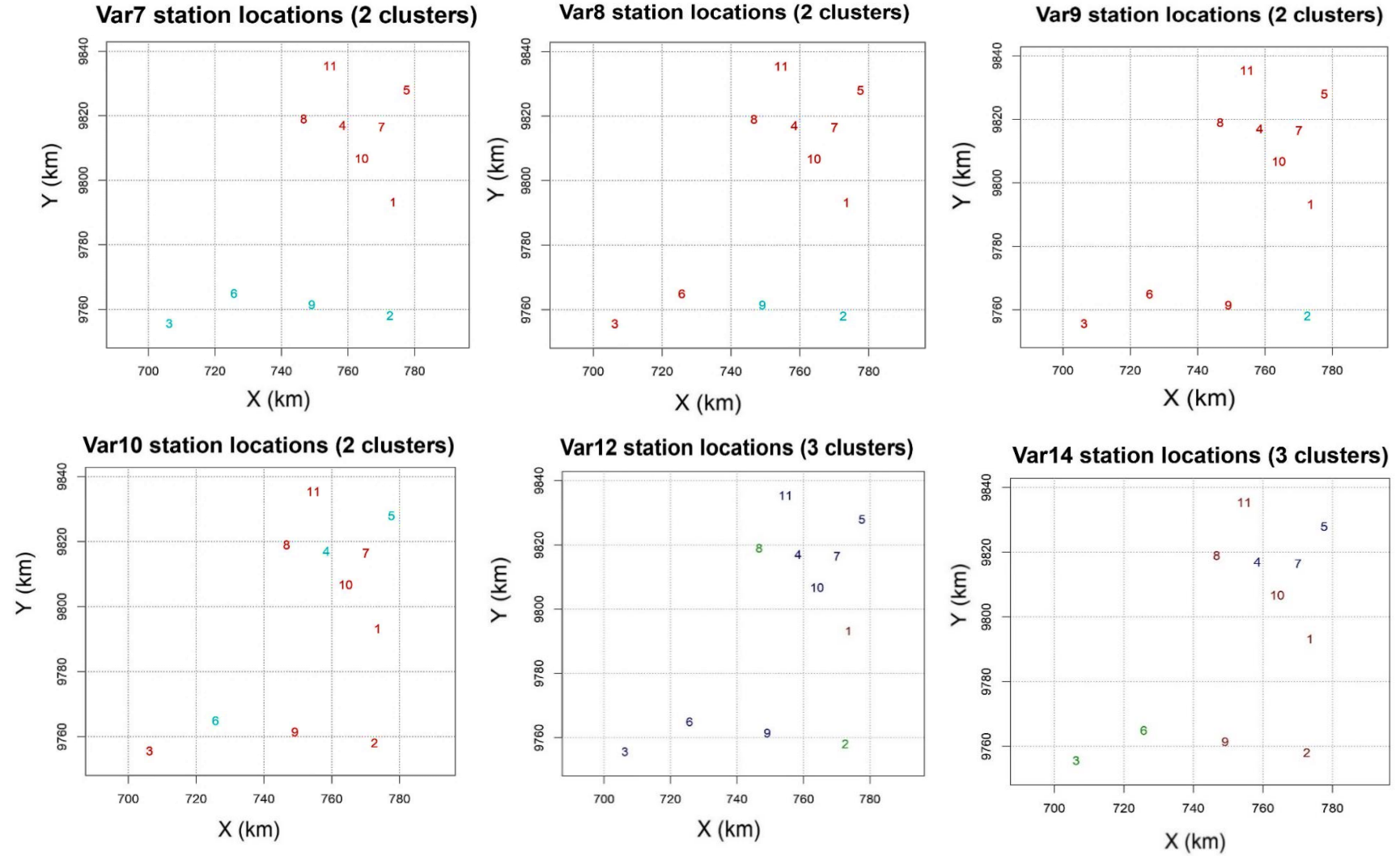


**Gráfico 4-4.** Dendrograma de las Variables X14 a la X19

Realizado por: Mateo Adriana.2021

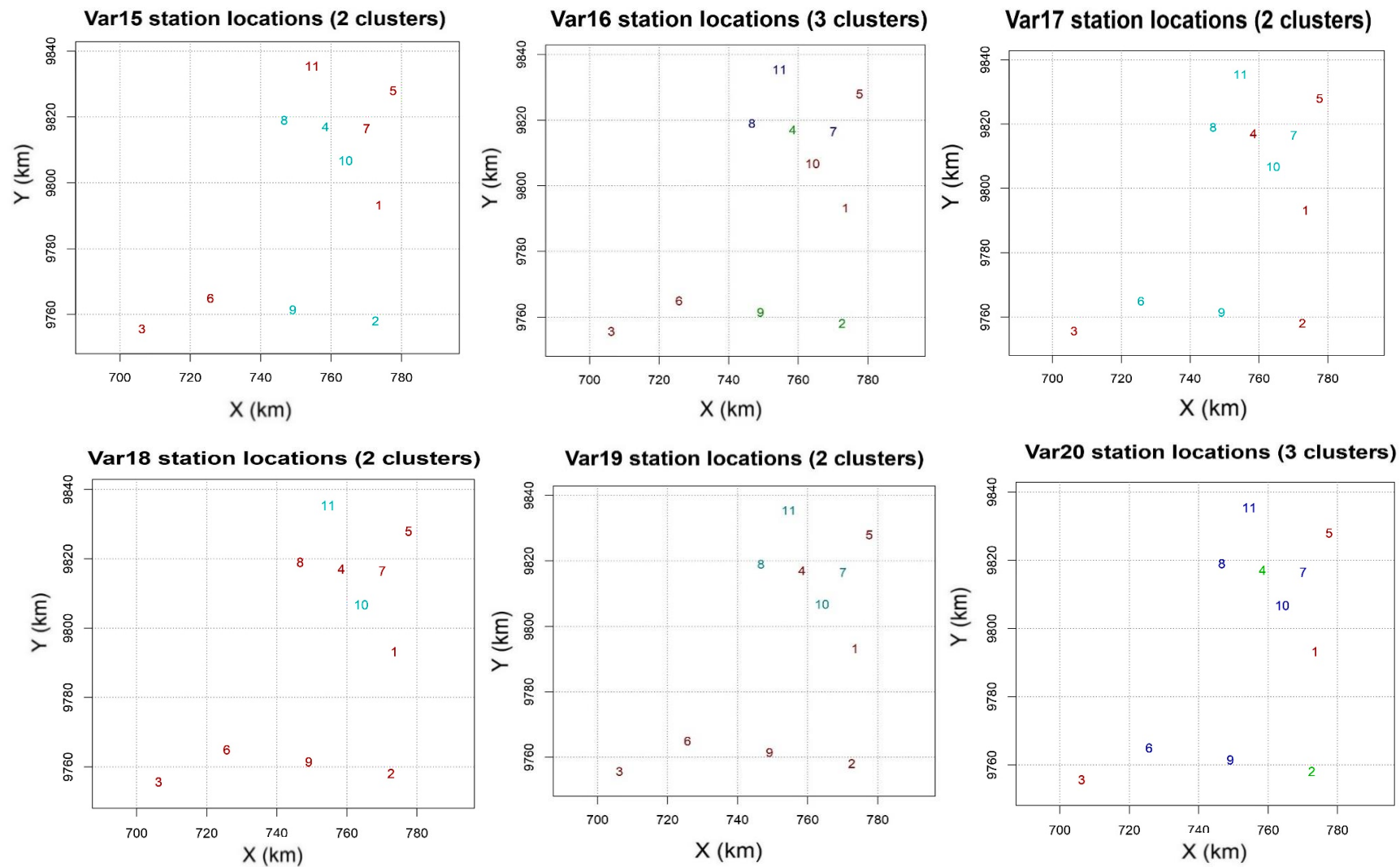


**Gráfico 5-4.** Mapa de Estaciones de las Variables X1 a la X6  
 Realizado por: Mateo Adriana.2021



**Gráfico 6-4.** Mapas de Estaciones de las Variables X7 a la X14

Realizado por: Mateo Adriana.2021



**Gráfico 7-4.** Mapa de Estaciones de las Variables X15 al X20

Realizado por: Mateo Adriana.2021

En función de los dendogramas y en los mapas de estaciones, presentados en los (Grafico 5-4), (Grafico 6-4), (Grafico 7-4), se concluye que se homogeneizará las variables en función de los siguientes grupos, como se observa en la (Tabla 4-2)

**Tabla 2-4.** Variables Meteorológicas con sus respectivas estaciones

<b>Variab les Meteorológicas</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
Temperatura Ambiental	Alao, Atillo, Cumandá, Espoch, Matus Quimiag, y Tunshi	Multitud, San Juan, Tixán y Urbina	
Humedad Relativa	Cumandá, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina	Alao, Atillo, Espoch, Matus, Quimiag	
Presión del Aire o Atmosférica	Atillo, Cumandá, Tunshi	Alao, Espoch, Matus, Multitud, Quimiag, San Juan, Tixán, Urbina.	
Radiación Solar Difusa Por hora	Alao, Matus, Quimiag	Atillo, Cumandá, Espoch, Multitud, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina.	
Radiación Solar Global	Cumandá, Multitud	Alao, Matus, Quimiag, Tunshi	Atillo, Espoch, San Juan, Tixán, Urbina
Temperatura de Suelo Por hora	Alao, Atillo, Cumandá, Multitud y Tixán.	Espoch, Matus, Quimiag, San Juan, Tunshi y Urbina.	
Recorrido del Viento	Espoch, Matus y Quimiag	Cumandá y Multitud	Alao, Atillo, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina.
Dirección del Viento	Alao, Cumandá, Matus, Multitud, Quimiag, Urbina.	Atillo, Espoch, San Juan, Tixán y Tunshi.	
Dirección de la Racha de Viento	Quimiag, San Juan y Urbina	Alao, Cumandá Matus, Multitud y Tunshi	Atillo, Espoch y Tixán
Hora de la Racha de Viento	Alao, Atillo, Cumandá, Espoch y Matus	Multitud, Quimiag, San Juan, Tunshi, Tixán y Urbina	
Mínuto de la Racha de Viento	Alao, Atillo, Cumandá, Espoch, Matus, Multitud, Quimiag, San Juan, Tixán	Tunshi y Urbina	
Velocidad de Viento	Quimiag, San Juan, Tunshi y Urbina	Alao, Atillo, Cumandá, Espoch, Matus, Multitud y Tixán	

Sensación Térmica	Multitud, Quimiag, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina	Alao, Cumandá y Matus	Atillo y Espoch
----------------------	--	-----------------------	-----------------

Fuente: GEAA

Realizado por: Mateo Adriana.2021.

#### 4.4.1. Estaciones para estudio

En la (Tabla 3-4) las coordenadas X, Y y Z pertenecen a la longitud, latitud y altitud respectivamente de las estaciones, el código corresponde al orden que ha sido ingresadas a Climatol.

**Tabla 3-4.** Coordenadas de las estaciones

N.º	Estaciones	X (Longitud)	Y (Latitud)	Z (Altitud)	Código
1	Alao	773491	9793166	3064	A1
2	Atillo	772589	9758044	3467	A2
3	Cumandá	706262	9755579	330,95	A3
4	Espoch	758398	9816965	2754	A4
5	Matus	777564	9827892	2471	A5
6	Multitud	725681	9764904	1483	A6
7	Quimiag	770082	9816406	2709	A7
8	San Juan	746640	9818903	3232	A8
9	Tixán	749115	9761350	3546	A9
10	Tunshi	764074	9806681	2840	A10
11	Urbina	754579	9835357	3642	A11

Fuente: GEAA

Realizado por: Mateo Adriana.2021.

## 4.5. Resultados de Climatol

### 4.5.1. Ingreso de Datos a Climatol

Para leer los datos mediante Climatol se necesita tres bases de datos con una estructura matricial como se indica a continuación:

Se escoge las variables a homogenizar, en este caso se hizo el ejemplo con la Temperatura Ambiental Por hora X1 y Radiación Solar Global X5.

En la (Figura 1-4), se debe colocar los datos de la fecha y hora local de las estaciones a estudio, los espacios vacíos que se observan son los datos faltantes que existen en las estaciones de las variables, de esta manera Climatol efectúa el proceso de los datos imputados.

2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	ALAO	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	ATILLO	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	ESPOCH	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL
			X1				X1				X1			
	1/1/2014	00:00:00	9,936		1/1/2014	00:00:00			1/1/2014	00:08:00			1/1/2014	00:00:00
	1/1/2014	01:00:00	9,835		1/1/2014	01:00:00			1/1/2014	01:08:00			1/1/2014	01:00:00
	1/1/2014	02:00:00	9,434		1/1/2014	02:00:00			1/1/2014	02:08:00			1/1/2014	02:00:00
	1/1/2014	03:00:00	9,82		1/1/2014	03:00:00			1/1/2014	03:08:00			1/1/2014	03:00:00
	1/1/2014	04:00:00	8,852		1/1/2014	04:00:00			1/1/2014	04:08:00			1/1/2014	04:00:00
	1/1/2014	05:00:00	7,158		1/1/2014	05:00:00			1/1/2014	05:08:00			1/1/2014	05:00:00
	1/1/2014	06:00:00			1/1/2014	06:00:00			1/1/2014	06:08:00			1/1/2014	06:00:00
	1/1/2014	07:00:00			1/1/2014	07:00:00			1/1/2014	07:08:00			1/1/2014	07:00:00
	1/1/2014	08:00:00			1/1/2014	08:00:00			1/1/2014	08:08:00			1/1/2014	08:00:00
	1/1/2014	09:00:00	10,933		1/1/2014	09:00:00			1/1/2014	09:08:00			1/1/2014	09:00:00
	1/1/2014	10:00:00	11,765		1/1/2014	10:00:00			1/1/2014	10:08:00			1/1/2014	10:00:00
	1/1/2014	11:00:00	13,414		1/1/2014	11:00:00			1/1/2014	11:08:00			1/1/2014	11:00:00

**Figura 1-4.** Base de Datos de la variable X1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

En la (Figura 2-4), se coloca solo los datos de las estaciones agrupadas en cada variable de estudio, los espacios vacíos que se observan son los datos faltantes o perdidos.

ALAO	ATILLO	ESPOCH	MATUS	QUIMIAG	TUNSHI
9,936				11,918	
9,835				10,947	
9,434				9,869	
9,82				9,583	
8,852				8,397	
7,158				7,417	
				7,012	
				6,873	
				9,544	
10,933				11,872	
11,765				12,912	
13,414				15,363	
14,934				16,555	
14,224				16,822	
15,419				17,228	
13,995				17,679	
14,643				16,079	
13,19				16,029	
12,892				16,525	
12,51				14,115	

**Figura 2-4.** Matriz X1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

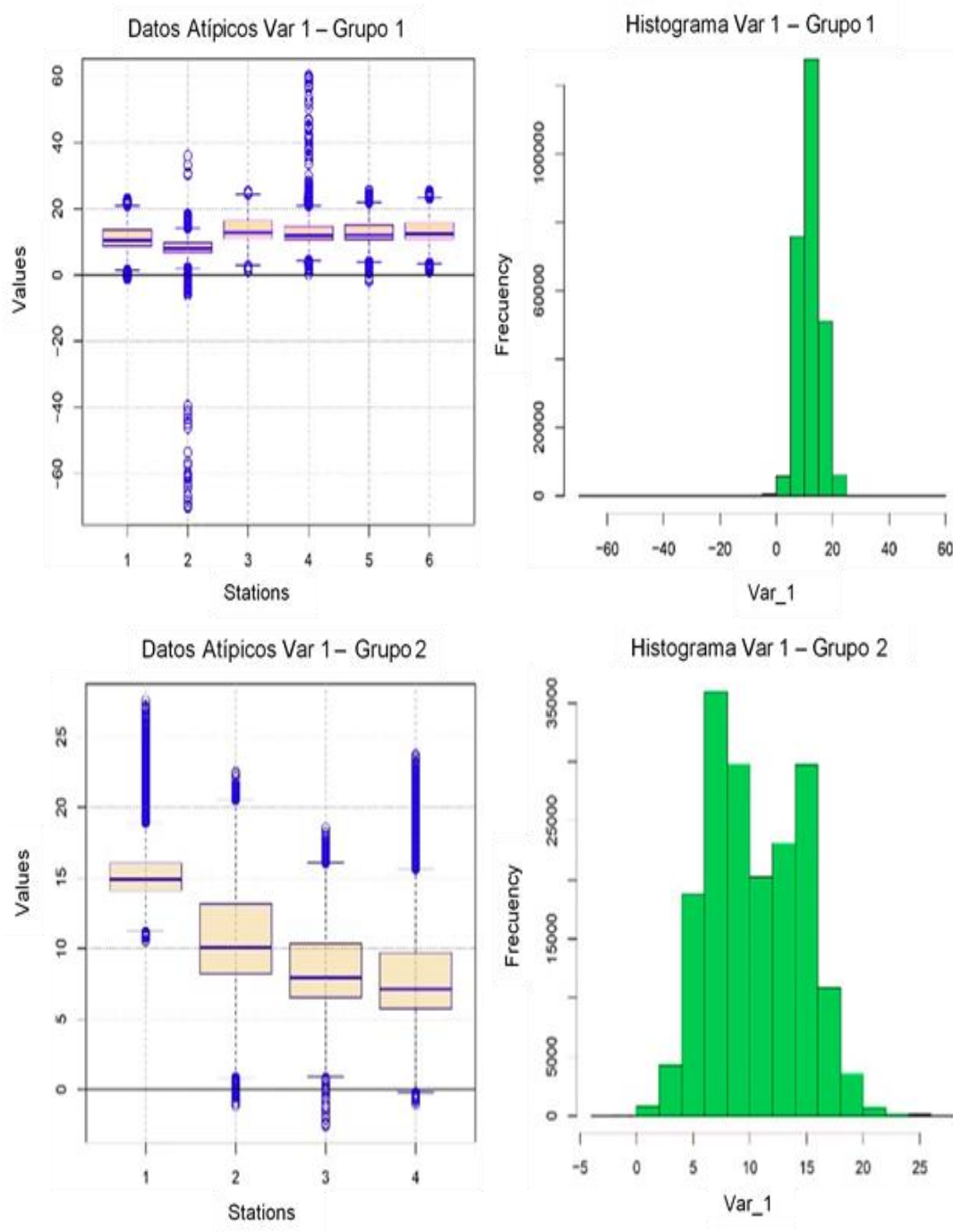
Con el proceso empleado para las estaciones, el programa Climatol presentan los siguientes resultados

#### 4.5.2. Identificación de datos atípicos

En la (Gráfico4-8), se observan los diagramas de caja y los histogramas, indicando la diferenciación que existe entre los años 2014 al 2019 en todas las estaciones, debido a que no hay homogeneidad y faltan varios datos de algunos días de los años.

Como se observa en el (Gráfico 8-4), se encuentra ubicado los diagramas de cajas y los

histogramas del grupo 1 y 2, de la variable Temperatura Ambiental Por hora, presentando una gran cantidad de datos atípicos en las estaciones de Atillo, Espoch y Multitud.



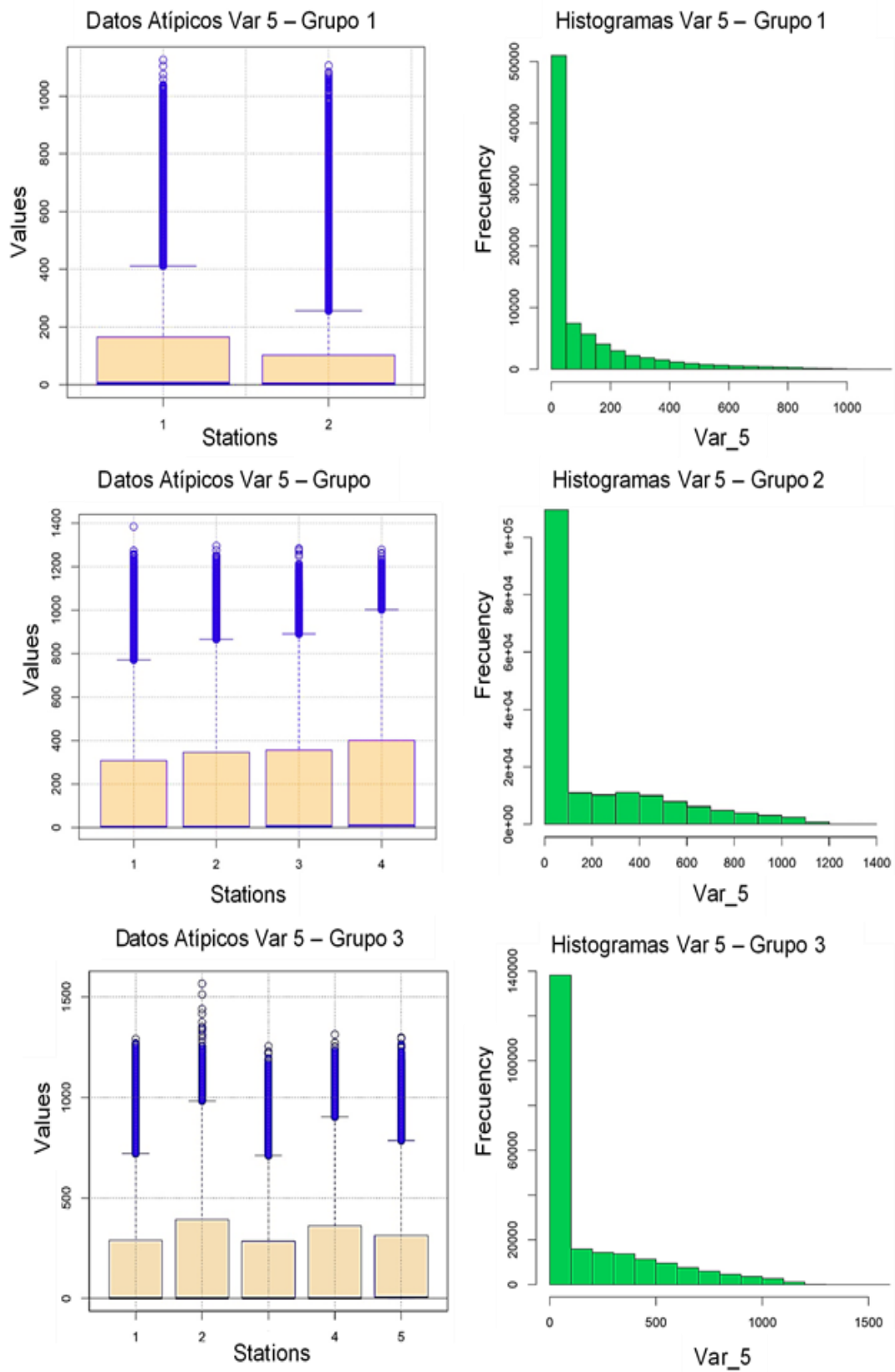
**Gráfico 8-4.** Diagrama de Cajas de Datos Atípicos e Histogramas X1- Grupo 1 y Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

En el (Gráfico 9-4) se observa que la variable Radiación Solar, de los tres grupos las estaciones de Alao, Atillo, Cumandá, Espoch Matus, Multitud, Quimiag, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina, existe una gran influencia de datos atípicos, así mismos mostrando una frecuencia de sus datos



observados.

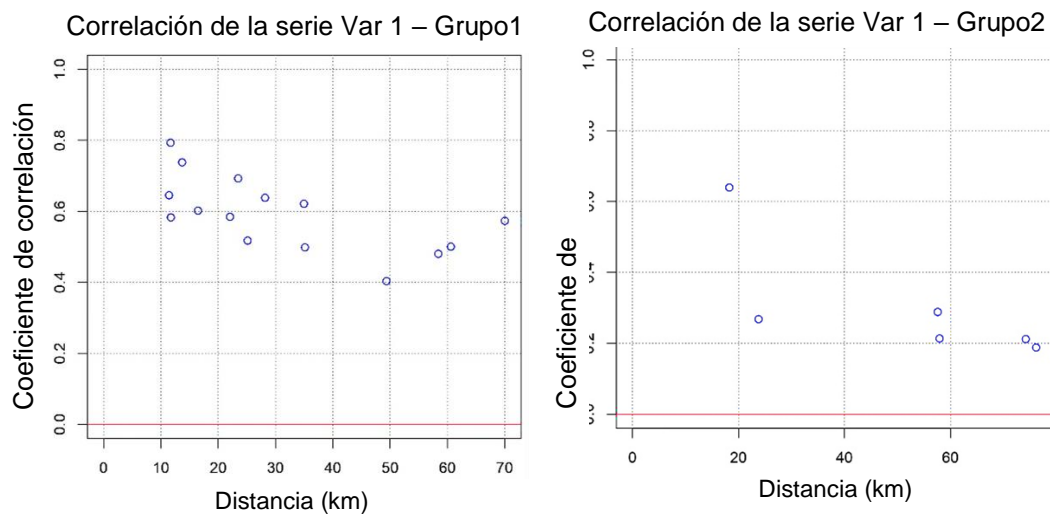


**Gráfico 9-4.** Diagrama de Cajas de Datos Atípicos e Histogramas X5- Grupo 1,2 y 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

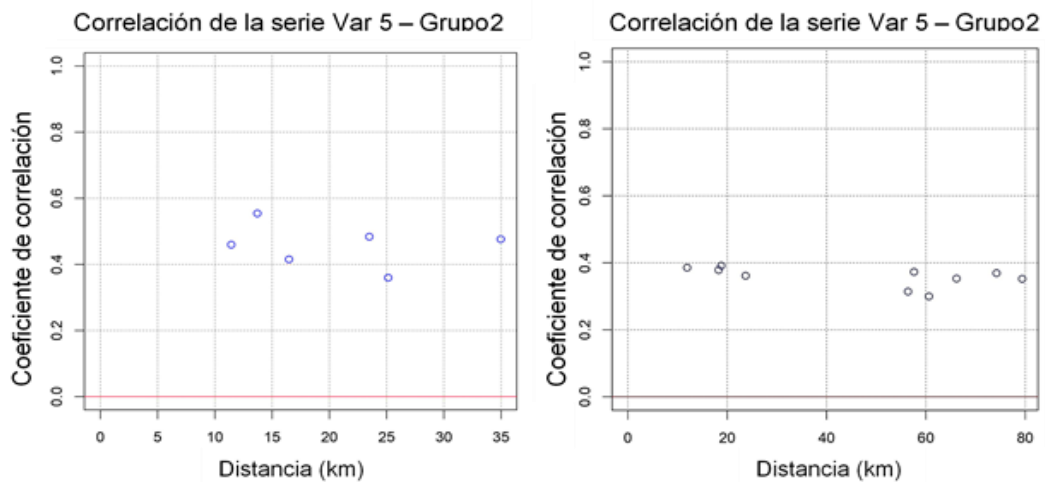
#### 4.5.3. Correlograma de las primeras diferencias de las series

Se presenta a continuación los (Gráficos 10-4) y (Gráfico 11-4), son los coeficientes de correlación en función a la distancia, donde los valores se calculan a partir de las series diferenciadas, para así evitar los impactos posibles de inhomogeneidades, utilizándose los pares de observaciones que disponen. También sirven para comprobar que no existan barreras geográficas, que no permita los cambios abruptos en las características climáticas de la zona de estudio, donde los valores altos como bajos a una distancia respectivamente pequeña para indicar el impacto existente en las diferentes topografías de las estaciones del GEAA.



**Gráfico 10-4.** Correlograma de Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1 y 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021



**Gráfico 11-4.** Correlograma de Radiación Solar Global Grupo 2 y 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

Se muestra a continuación el análisis de agrupamientos basándose en la matriz de correlación a través de un dendograma, donde se observa las estaciones agrupadas por la similitud de las variaciones de sus datos, también el mapa de las ubicaciones de cada estación, identificándolas con el número de orden, representándolas con el color verde y rojo dependiendo al grupo que pertenezcan.

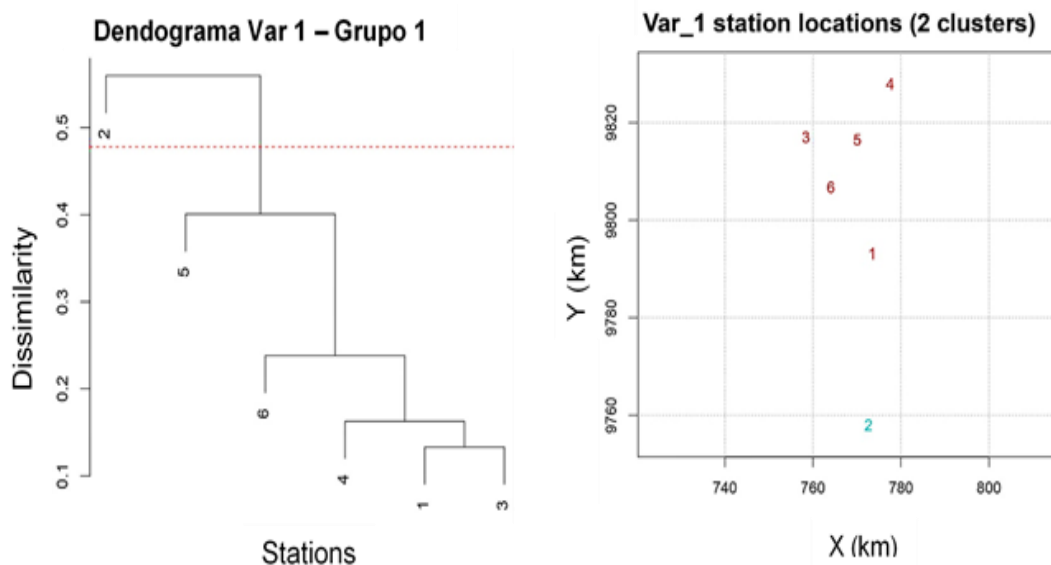
#### 4.5.4. Dendograma y Mapa de las estaciones

El dendograma agrupa las estaciones para lograr en plenitud el proceso de homogeneización en cada grupo permitiéndose apreciar cómo se asemejan entre los valores de las variables y la disimilitud que existen en cada una de ellas así mismo aislándola una con otras.

#### Variable Temperatura Ambiental Por hora

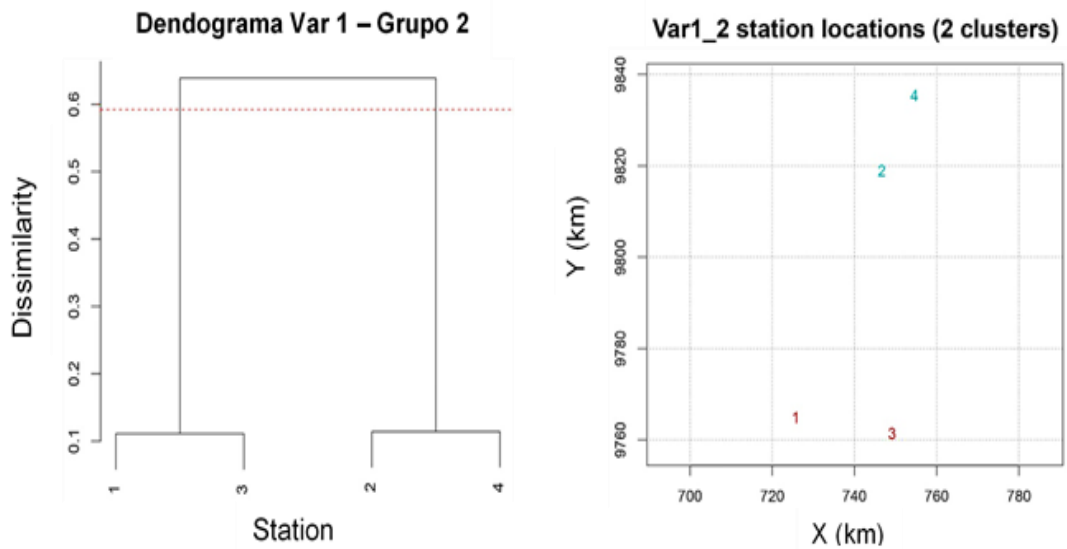
Observando los (Gráfico 12-4), se vuelve a reagrupar las estaciones en dos clústeres debido a que sus características siguen siendo similares, dejando a la estación de Atillo independiente.

(Gráfico 13-4), se observa la presencia de dos clústers, de lado izquierda se reagrupan las estaciones de Multitud y Tixán y en el lado derecho San Juan y Urbina.



**Gráfico 12-4.** Dendograma y Mapa de Temperatura de Suelo Por hora Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021



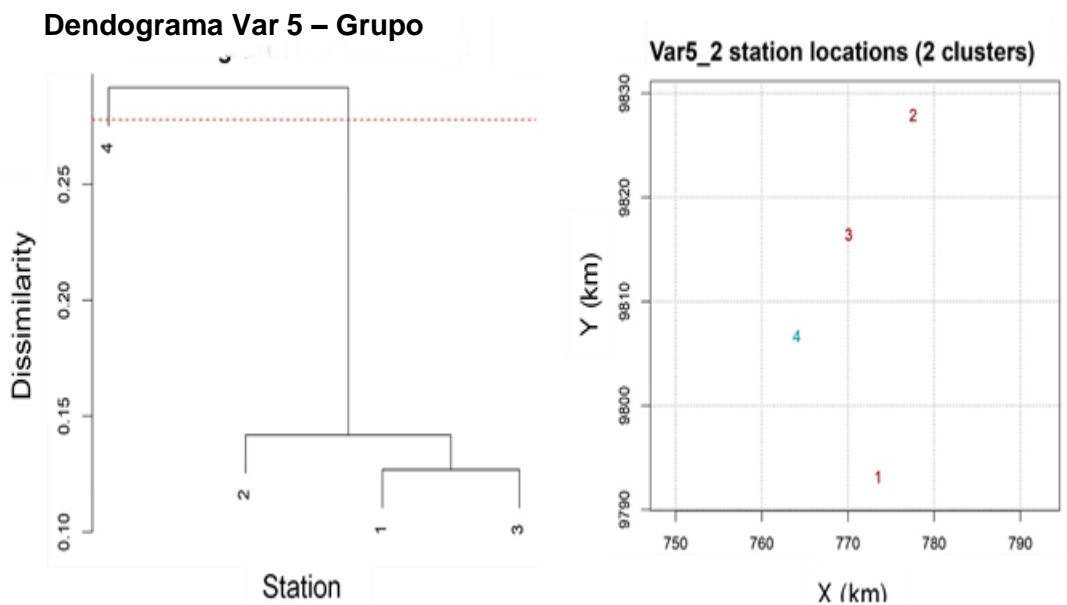
**Gráfico 13-4.** Dendrograma y Mapa de Temperatura de Suelo Por hora Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

**Variable Radiación Solar Global**

En el (Gráfico 14-4) existe la presencia de dos clústers, donde la estación Tunshi no ha sido reagrupada debido a que sus características en esta variable son independientes, con respecto a las estaciones Alao, Matus y Quimiag.

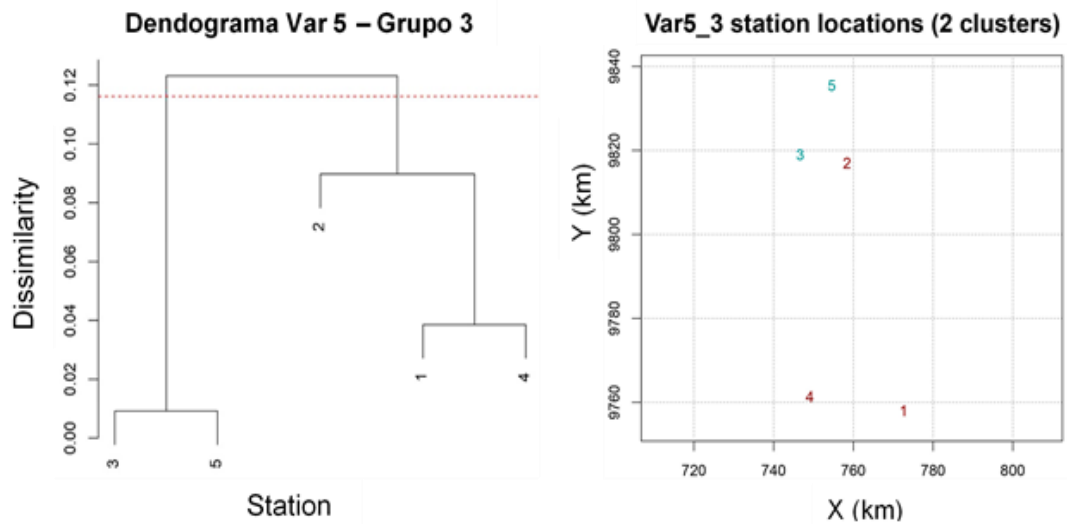
En el (Gráfico 15-4) se muestran dos clústers, cada uno con la agrupación de las estaciones que tienen similitud en sus coordenadas; en el clúster 1, se encuentran las estaciones de San Juan y Urbina, en el clúster 2, están Espoch, Atillo y Tixán.



**Gráfico 14-4.** Dendrograma y Mapa de Radiación Solar Global Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

En el (Gráfico 15-4) se muestran dos clústers, cada uno con la agrupación de las estaciones que tienen similitud en sus coordenadas; en el clúster 1, se encuentran las estaciones de San Juan y Urbina, en el clúster 2, están Espoch, Atillo y Tixán.



**Gráfico 15-4.** Dendograma y Mapa de Radiación Solar Global Grupo 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

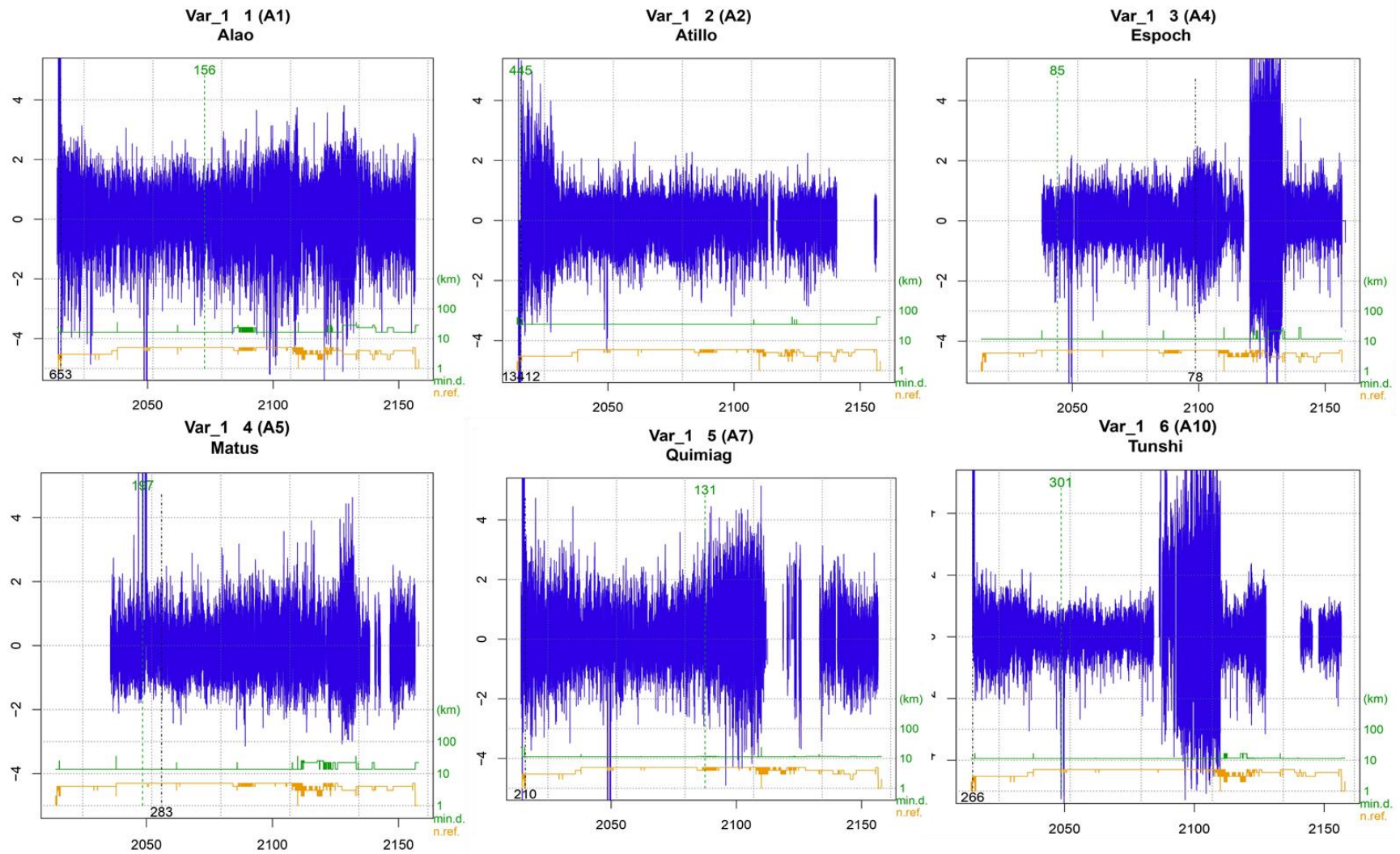
#### 4.5.5. Estaciones con anomalías

Después de realizar los gráficos descriptivos, se muestran el análisis de las series que tienen anomalías en cada estación, representándolas en dos líneas de forma vertical de color verde y negra. Teniendo en cuenta que, si existe un dato alto, la prueba de saltos en su por hora, se cortara estableciendo un límite, esto se idéntica con una línea entrecortada vertical.

Todas las series que están cortadas en los gráficos muestran similitudes para inspeccionar el proceso de homogeneización.

### Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1

Observando el (Gráfico 16-4) de las estaciones con anomalías con respecto al grupo 1 de la variable Temperatura Ambiental, las estaciones Atillo, Espoch, Matus, Quimiag y Tunshi, presentan anomalías y datos faltantes.



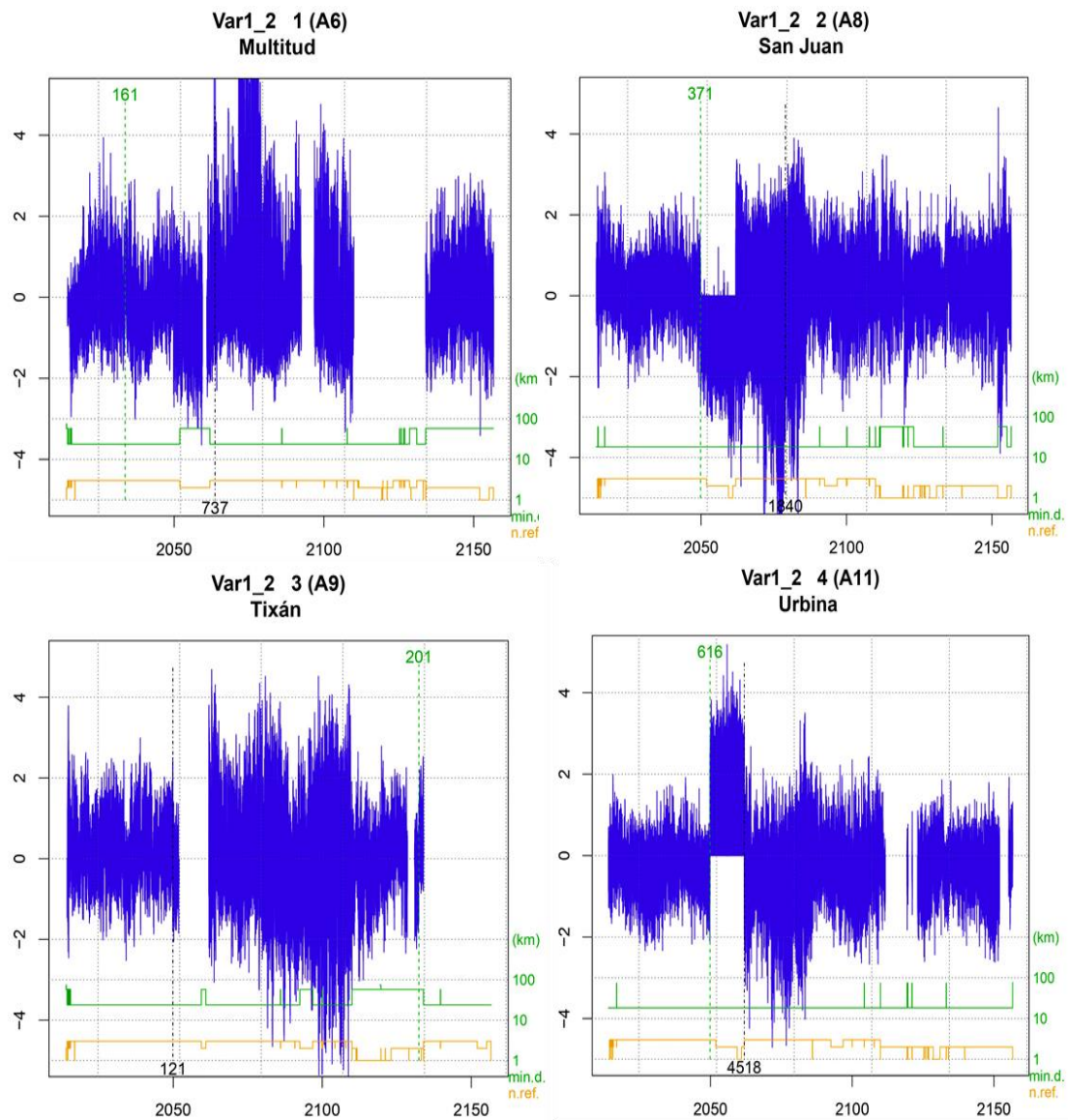
**Gráfico 16-4.** Series con anomalías X1- Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021



## Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 2

En el grupo 2 de la Temperatura Ambiental, las estaciones que presentan anomalías y datos faltante en sus series son: Multitud, Tixán y Urbina.

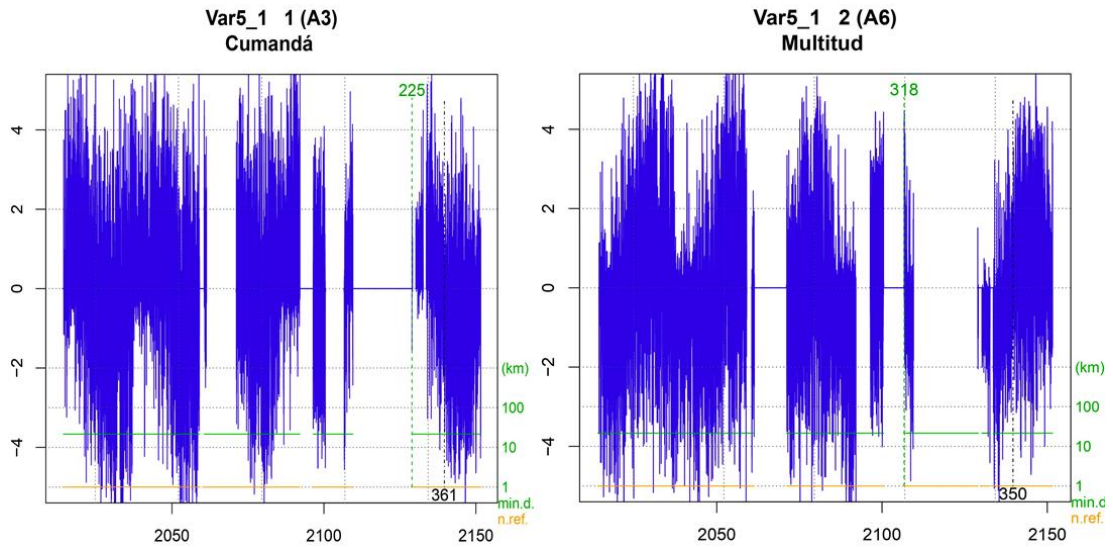


**Gráfico 17-4.** Series con anomalías X1- Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

## Variable Radiación Solar Global Grupo 1

El (Gráfico 18-4) presenta solo dos estaciones Cumandá y Multitud, siendo estas series anómalas y presentan datos faltantes o perdidos.

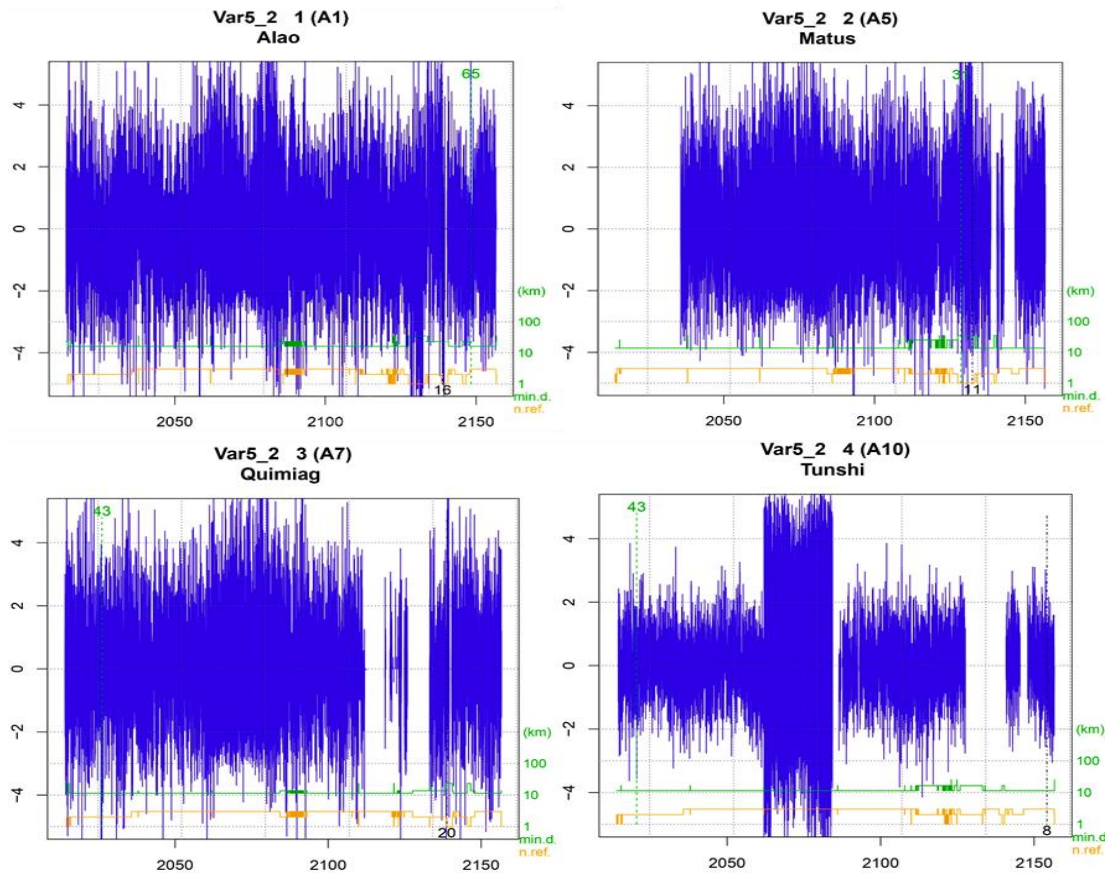


**Gráfico 18-4.** Series con anomalías X5- Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 2

Las estaciones de Matus, Quimiag y Tixán presentan anomalías en las series siendo estas no homogéneas, así mismo existiendo datos faltantes en ellas, como se muestra en el (Gráfico 19-4).



**Gráfico 19-4.** Series con anomalías X5- Grupo2

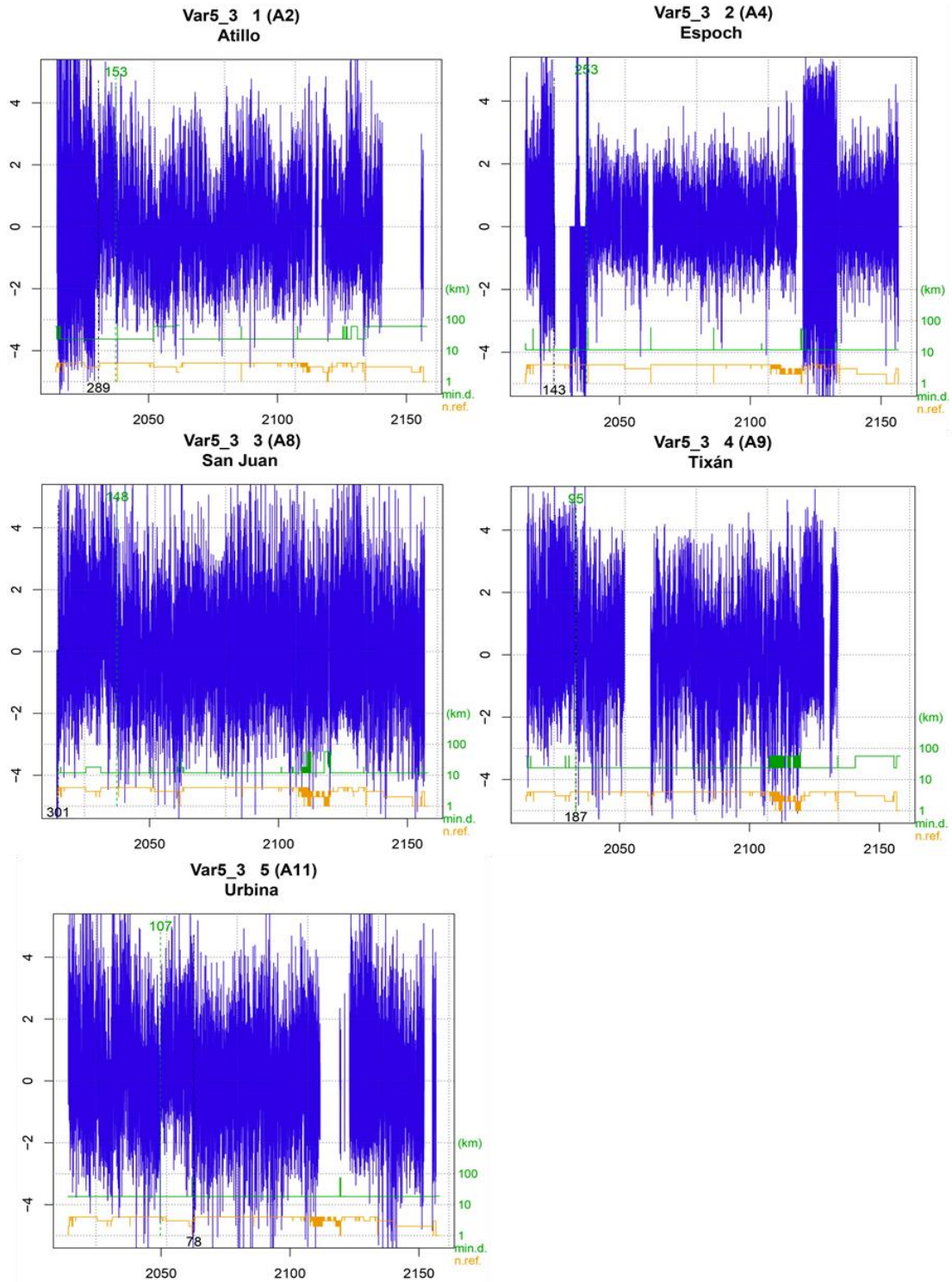
Realizado por: Mateo Adriana.2021



### Variable Radiación Solar Global Grupo 3

En el (Gráfico 20-4) tiene series anómalas en las estaciones Espoch, San Juan y Tixán.

Teniendo en cuenta que también muestran los espacios de los datos faltantes.



**Gráfico 20-4.** Series con anomalías X5- Grupo 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

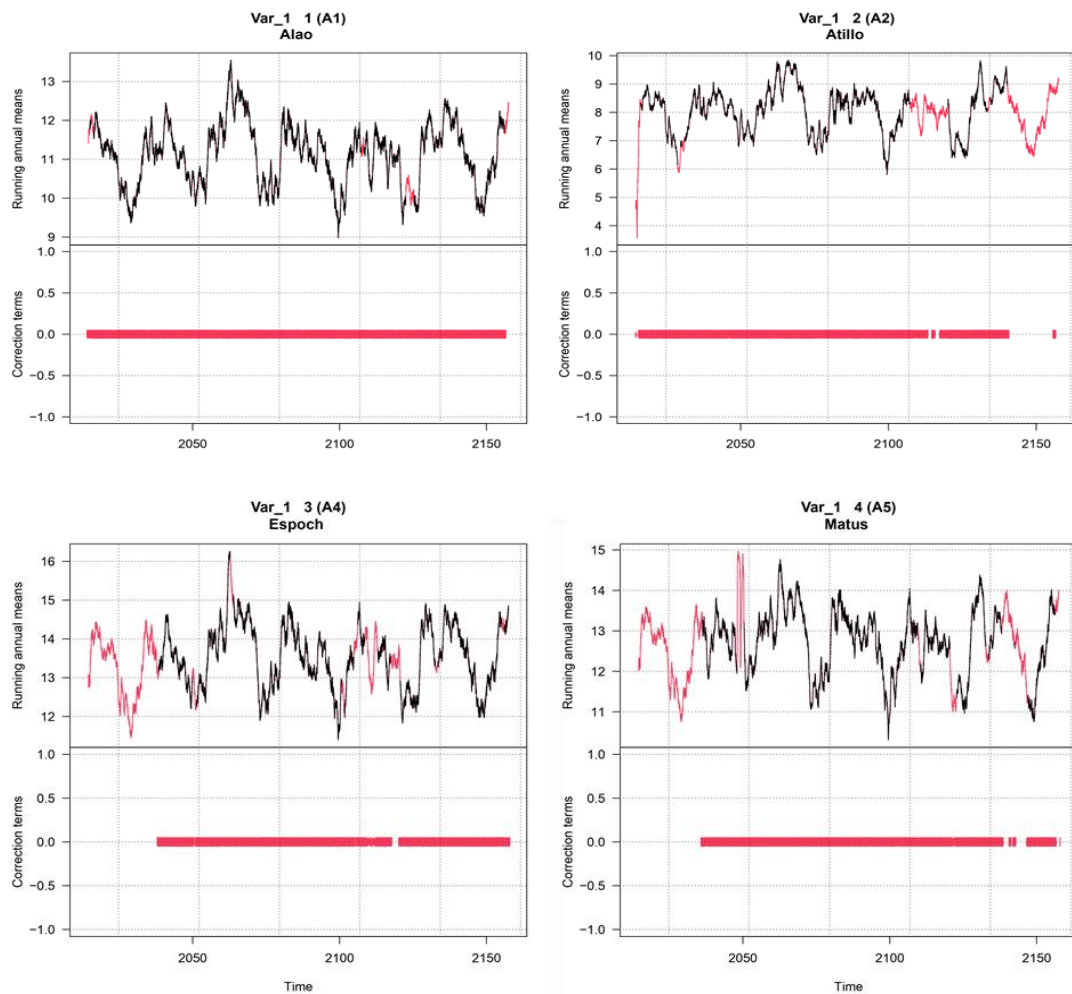
#### 4.5.6. Series Homogeneizadas y Relleno

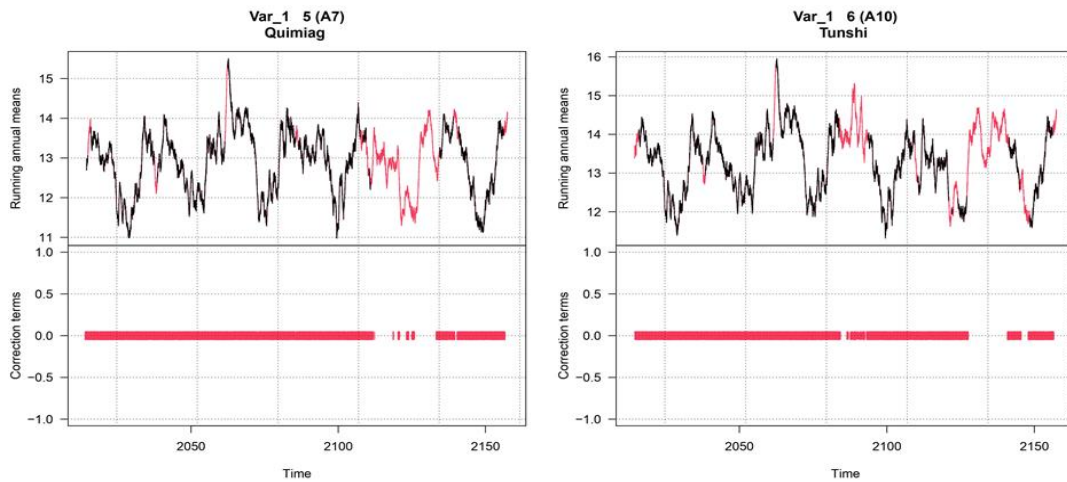
A continuación, se observará los gráficos del proceso de homogeneización, de las variables muestras, donde se indica la imputación de los datos faltantes. En sus series originales, creándose así una división de dos gráficos, donde la parte superior se muestran las series por hora de cada estación, que se representa con la línea de color negro, y la línea de color rojo es su serie reconstruida, también se encuentra en la parte inferior ya los cálculos realizados con las correcciones aplicadas en cada serie.

Tomando en cuenta que ha existió un gran número de datos faltantes por años, debido a la recolección de datos sean por factores externos o internos de los mismo.

#### Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1

Como se observa en el (Gráfico 21-4), las estaciones que tuvieron mayores correcciones en sus series fueron Atillo, Espoch, Matus, Quimiag y Tunshi, mientras que la estación Alao no presento mayor corrección en su frecuencia.



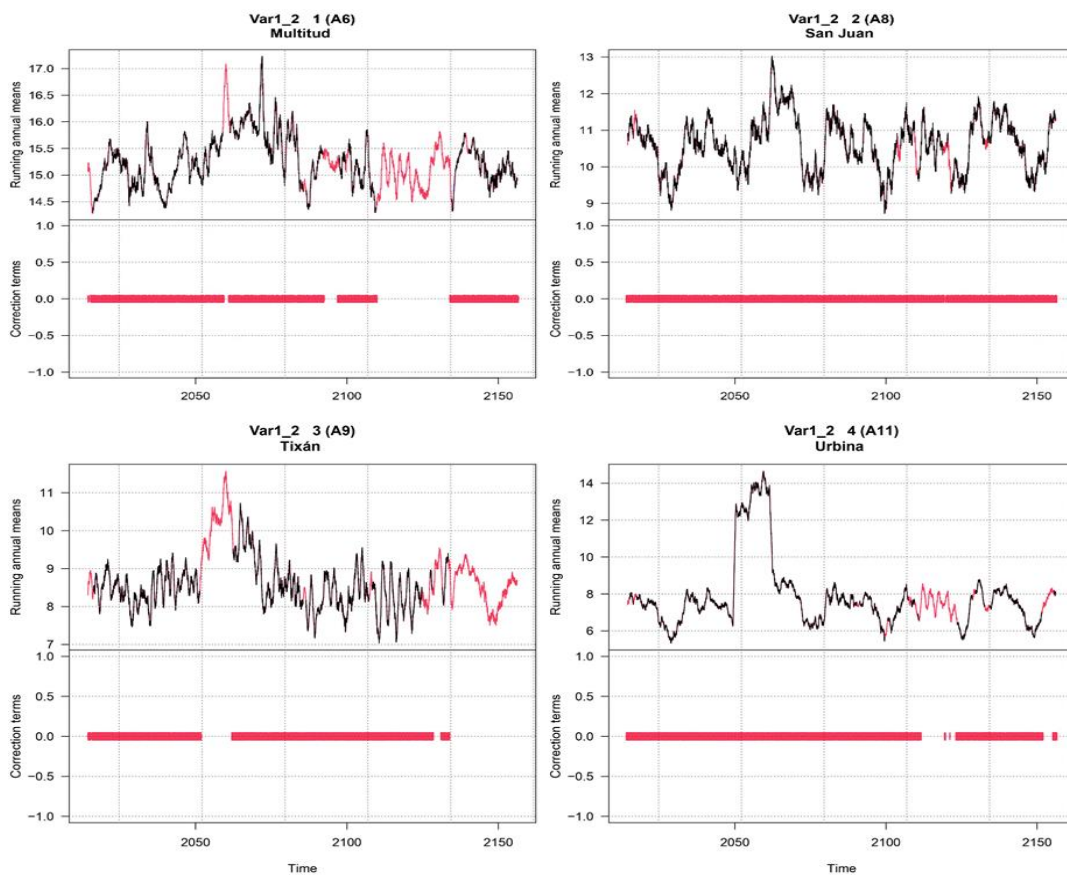


**Gráfico 21-4.** Serie Homogeneizada e Imputada X1- Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

**Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 2**

En el (Gráfico 22-4), las estaciones que presentaron mayores correcciones en sus series de datos fueron Multitud y Tixán, mientras que las otras dos estaciones (San Juan y Urbina), presentaron un nivel muy bajo de modificación en sus frecuencias.

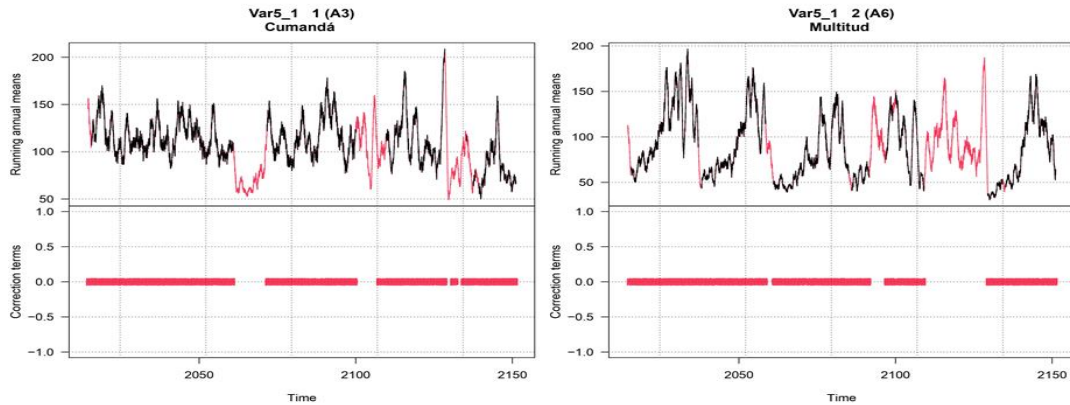


**Gráfico 22-4.** Serie Homogeneizada e Imputada X1- Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 1

Tomando en cuenta el (Gráfico 23-4), las estaciones Cumandá y Multitud, presentan medianas correcciones e imputaciones en sus series

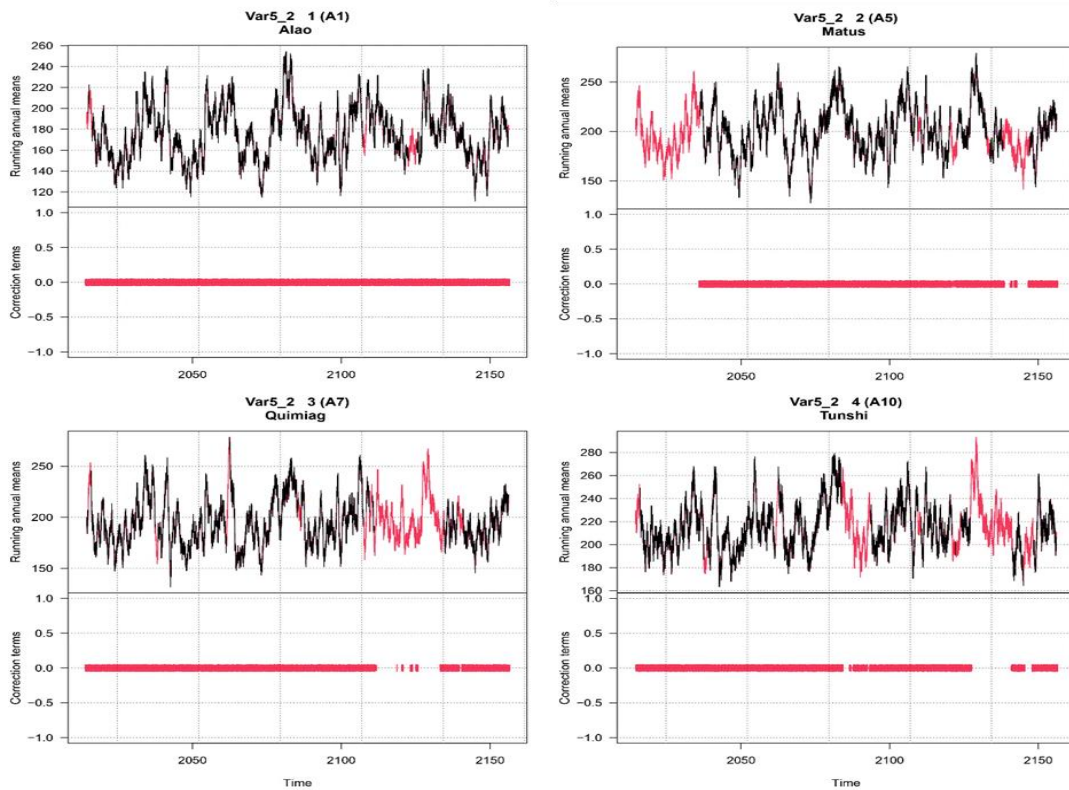


**Gráfico 23-4.** Serie Homogeneizada e Imputada X5- Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 2

Como se presenta en el (Gráfico 24-4), las estaciones con correcciones considerables son Matus, Quimiag y Tunshi, mientras que la estación Alao, muestra una mínima corrección en su frecuencia de datos



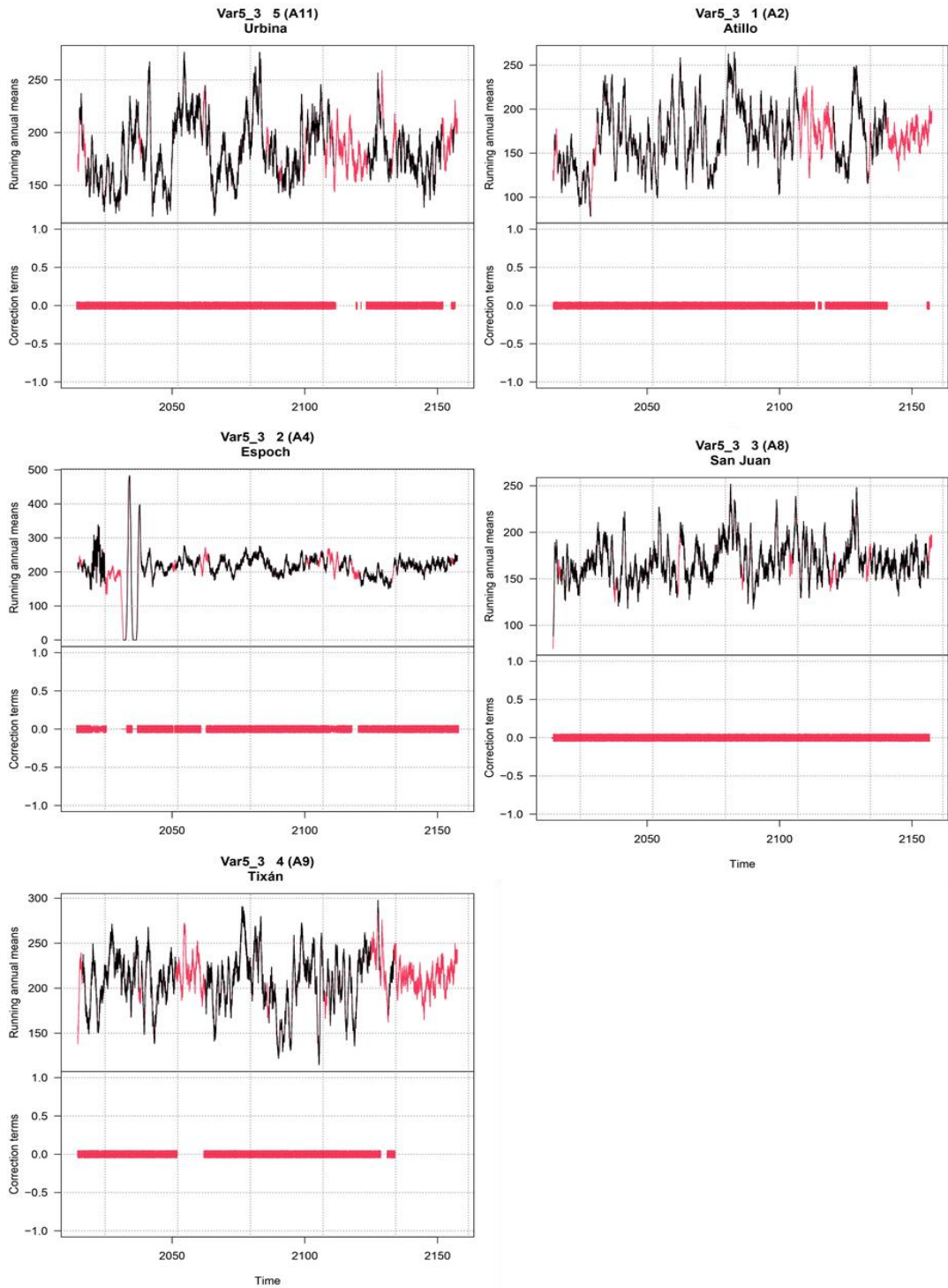
**Gráfico 24-4.** Serie Homogeneizada e Imputada X5- Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021



### Variable Radiación Solar Global Grupo 3

Las estaciones Espoch y San Juan, presentan mínimas correcciones en sus frecuencias de datos, mientras que las estaciones Urbina, Atillo y Tixán, muestran un 15% de correcciones.



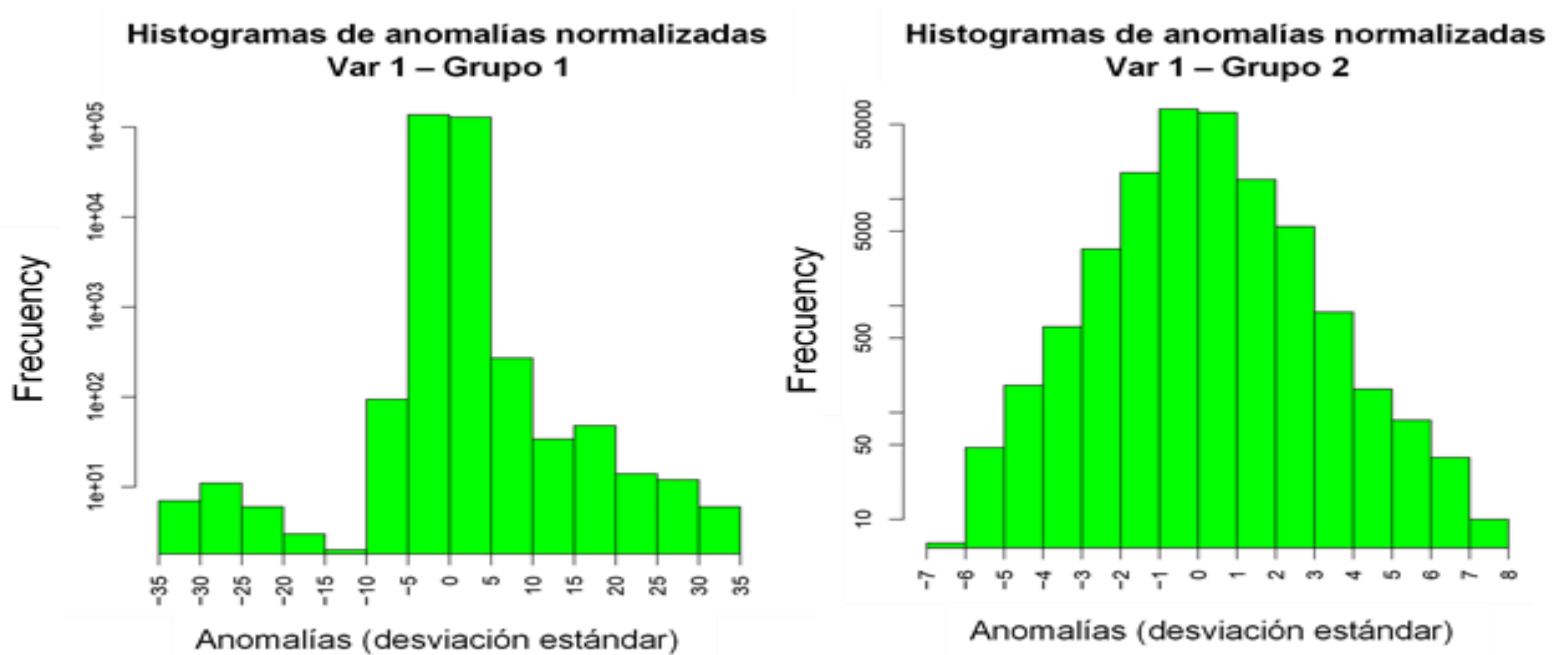
**Gráfico 25-4.** Serie Homogeneizada e Imputada X5- Grupo 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

#### 4.5.7. Histogramas de anomalías normalizada

Las gráficas que se presentan son histogramas de anomalías normalizada, estas ayudan con la elección de umbrales adecuándolos para el rechazo de los datos muy anómalos, presumiendo que son errores y pueden eliminarse. Teniendo en cuenta que mayor a 5 desviaciones típicas, es necesario eliminar los datos, debido a que presentan anomalías en sus series de estudios.

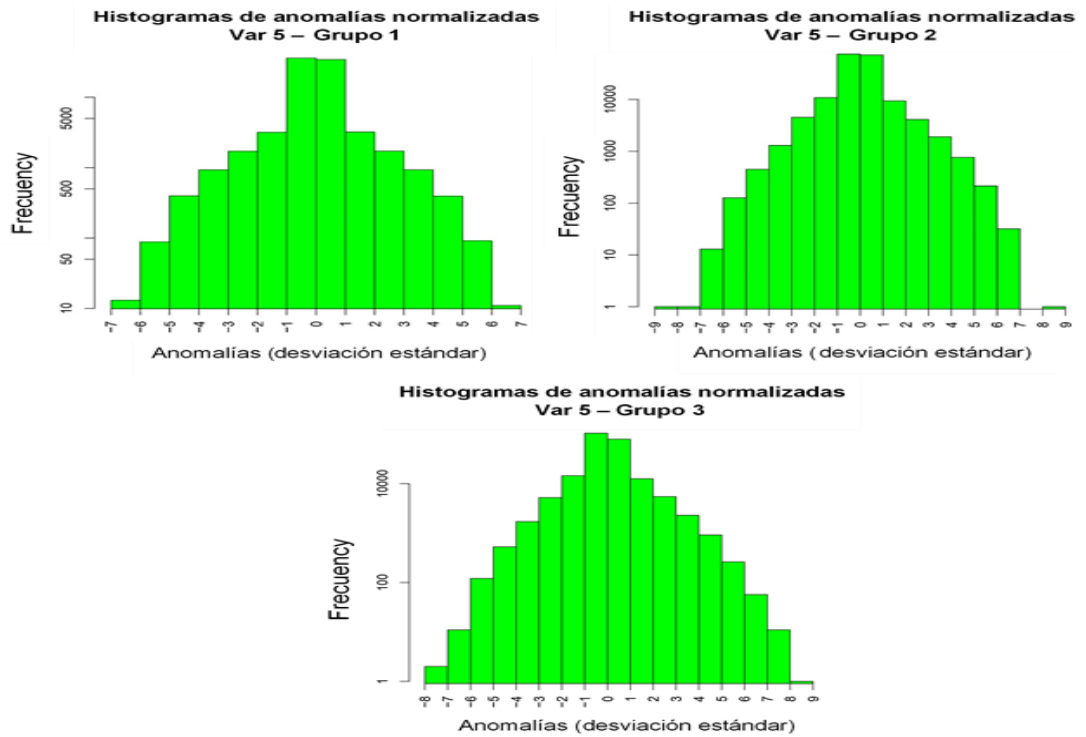
#### Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1 y 2



**Gráfico 26-4.** Histograma de Anomalías Normalizada X1- Grupo 1 y 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

## Variable Radiación Solar Global Grupo 1,2 y 3



**Gráfico 27-4.** Histograma de Anomalías Normalizada X5- Grupo1, 2 y 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### 4.5.8. Histogramas de los valores máximos de SNHT

Para la comparación entre las distintas pruebas se han utilizado tres índices: ECM (error cuadrático medio de las series rellenas u homogeneizadas), SDM (desviación estándar o variabilidad media de las series) y PDOM (Porcentaje medio de datos originales conservados en las series rellenas u homogeneizadas).

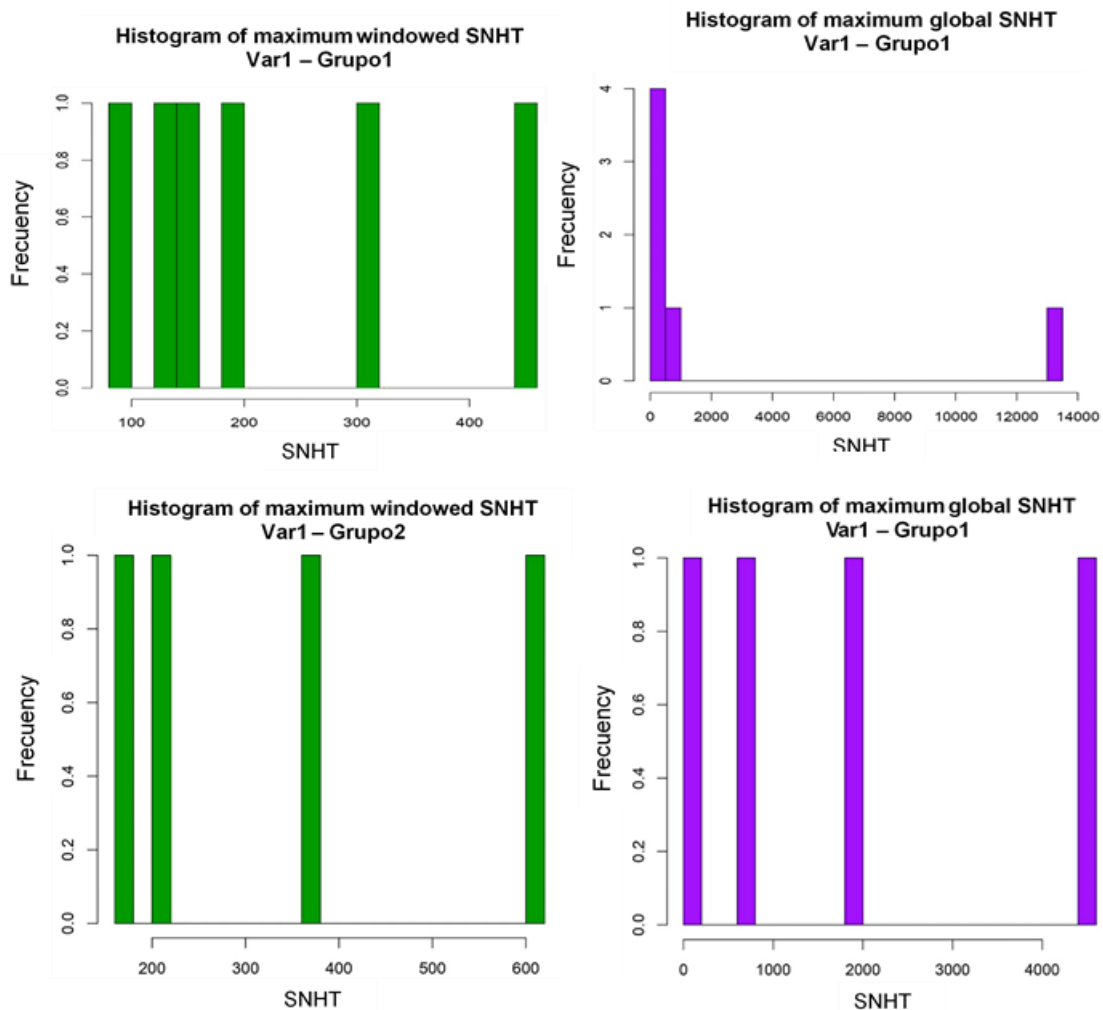
Los índices fueron calculados considerando las 11 estaciones.

**Tabla 4-4.** Índices de la variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1 y 2

ACmx	SNHT	RMSE	POD	Code	Name
0.70	725.0	1.4	98	A1	Alao
0.59	13256.5	2.4	82	A2	Atillo
0.89	84.7	1.7	79	A4	Espoch
0.81	286.5	1.6	78	A5	Matus
0.59	240.0	1.0	84	A7	Quimiag
0.73	776.8	1.2	82	A10	Tunshi
0.88	887.9	1.5	78	A6	Multitud
0.92	1058.1	3.3	99	A8	San Juan
0.91	95.7	2.6	74	A9	Tixán
0.93	3694.3	2.6	89	A11	Urbina

Los histogramas de los valores máximos de SNHT, tienen como objetivo seleccionar a los umbrales de detención de los cambios por horas de las sucesiones, debido a que se está procesando un gran número de datos en las series, estos presentaran una alta repetición de valores bajos, proporcionados a series bastante homogéneas.

### Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 1 y 2



**Gráfico 28-4.** Histogramas de valores máximos de SNHT, X1- Grupo1 y 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

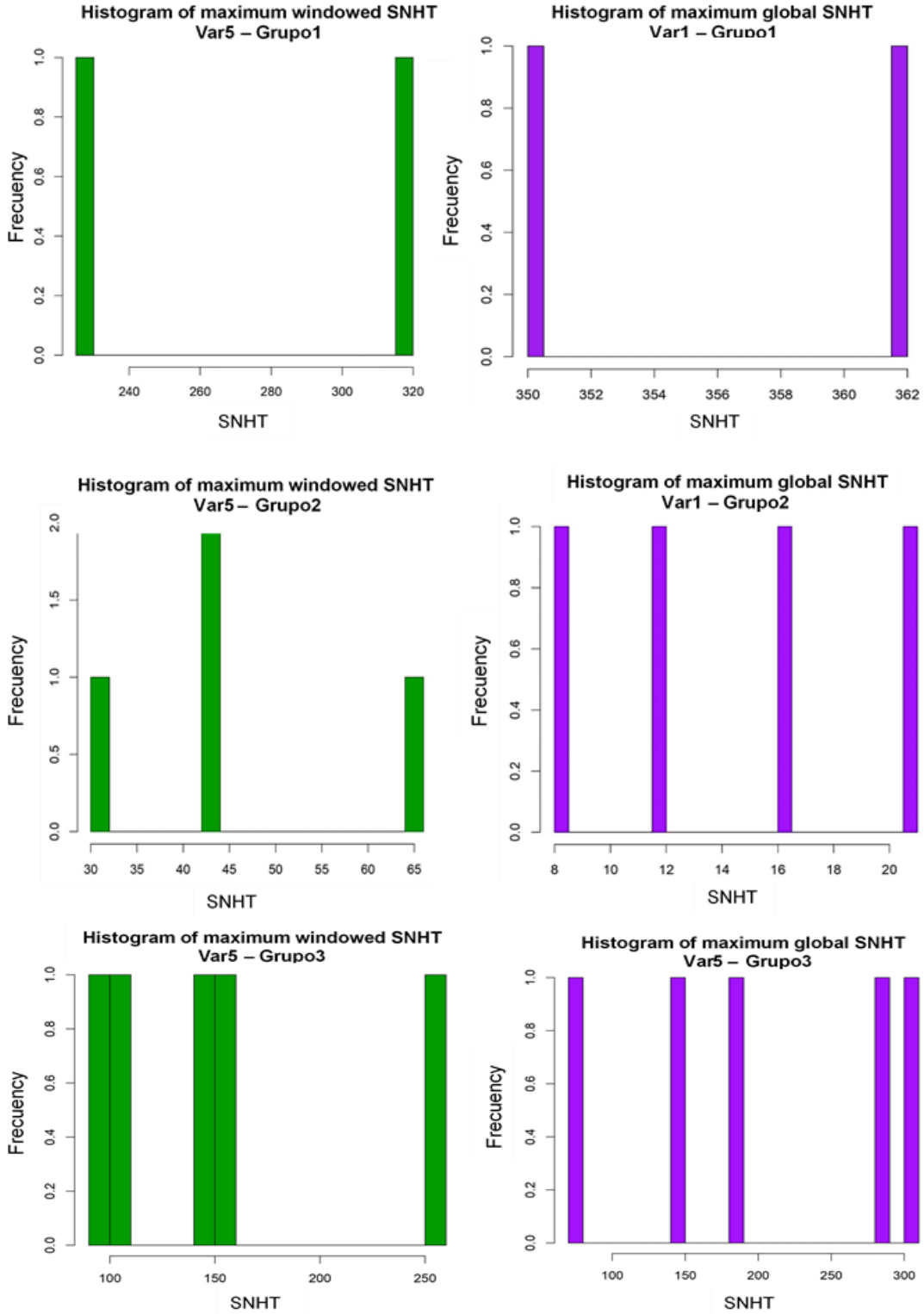
### Variable Radiación Solar Global Grupo 1, 2 y 3

**Tabla 5-4.** Índices de la variable Radiación Solar Global Grupo 1,2 y 3

ACmx	SNHT	RMSE	POD	Code	Name
0.73	361.9	149.2	84	A3	Cumandá
0.73	350.3	144.2	80	A6	Multitud
0.54	16.5	117.3	99	A1	Alao
0.54	11.7	129.3	79	A5	Matus
0.53	20.7	114.7	85	A7	Quimiag
0.78	8.2	203.2	83	A10	Tunshi
0.72	289.2	162.4	83	A2	Atillo



0.78	143.1	205.5	90	A4	Epoch
0.53	301.5	120.6	98	A8	San Juan
0.69	187.6	166.9	73	A9	Tixán
0.55	78.0	128.3	88	A11	Urbina



**Gráfico 29-4.** Histogramas de valores máximos de SNHT, variable X5- Grupo 1,2 y 3

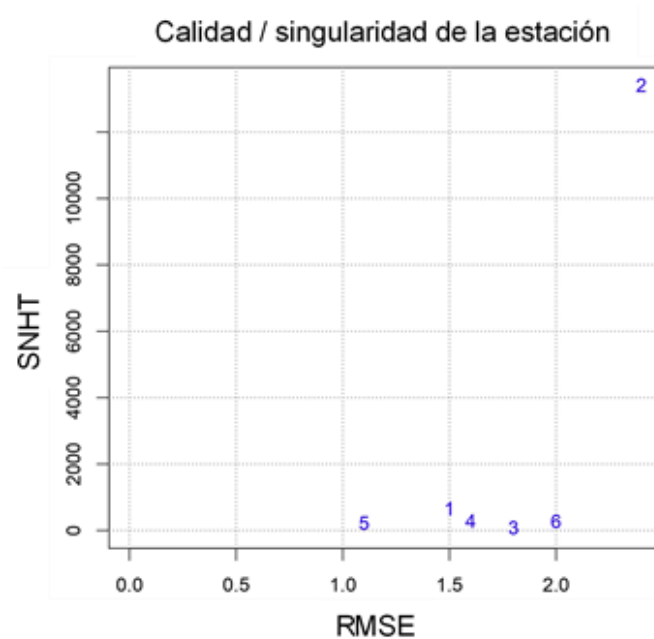
Realizado por: Mateo Adriana.2021

#### 4.5.9. Gráficos de Calidad de las Series Finales

De acuerdo con sus errores típicos (RSME, por sus siglas en inglés), se calcula realizando la comparación de los datos estimados y los observados de cada serie de estudio. Obteniendo los nuevos mapas de ubicación con sus bases homogeneizada del GEAA, de esta manera se ayudará a tener una mejor calidad de datos a futuro. En los siguientes gráficos se presentarán las estaciones existentes:

##### Variable Temperatura Ambiental por hora Grupo 1

Como se observa en el (Gráfico 30-4) indica que el valor 2 (Atillo) siendo este alto, puede ser que la estación se encuentra en un sitio característico con un clima diferente, mientras que las otras estaciones presentan una buena calidad.

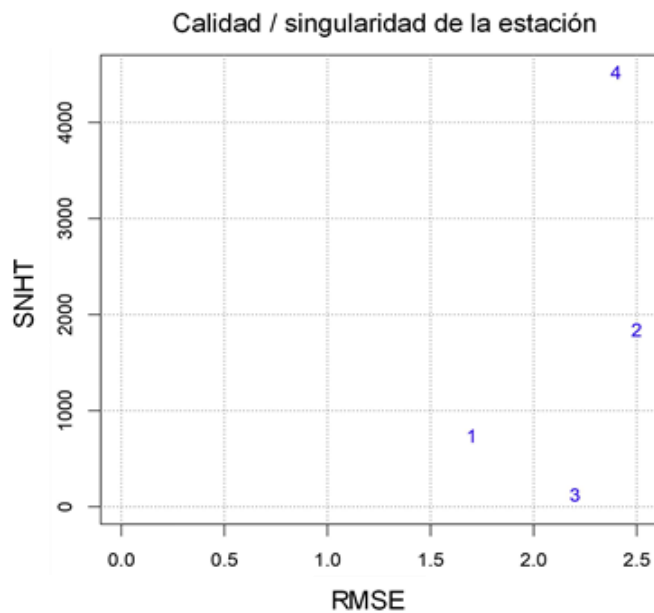


**Gráfico 30-4.** Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X1- Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

##### Variable Temperatura Ambiental Por hora Grupo 2

En el (Gráfico 31-4) indica que el valor 4, siendo este la estación Urbina es alto, debido a que puede ser de mala calidad o se encuentra en un sitio peculiar con un microclima distinto, por lo que 1 (Multitud), 2 (San Juan) y 3 (Tixán) presenta una buena calidad.

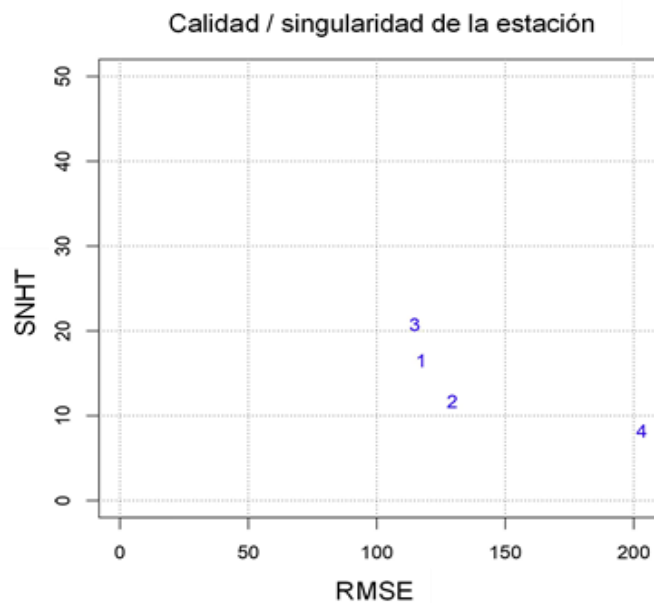


**Gráfico 31-4.** Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X1- Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 2

Como se presenta en el (Gráfico 4-31), las 4 estaciones, Alao, Matus, Quimiag y Tunshi son de buena calidad, es decir que se encuentran en un sitio con un clima similar.

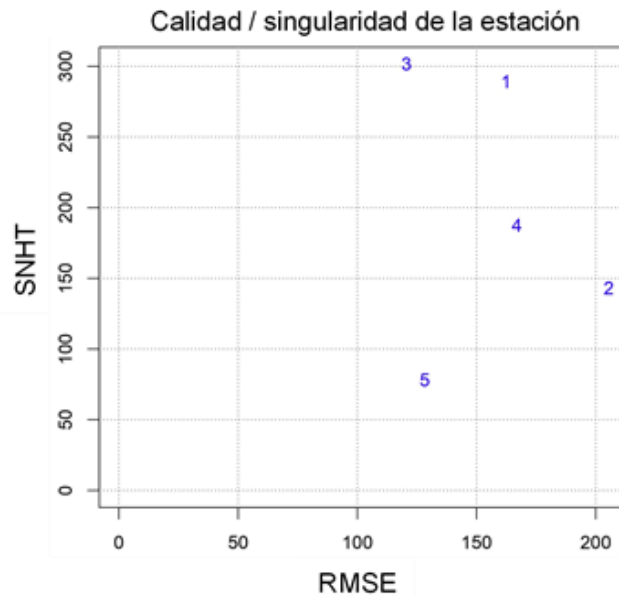


**Gráfico 32-4.** Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X5- Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 3

Como se observa (Gráfico 33-4) las estaciones 1 (Atillo), 3 (San Juan), se encuentran con un microclima distinto, mientras que 2(Espoch), 4(Tunshi) y 5(Urbina) presentan una buena calidad.



**Gráfico 33-4.** Gráfico de la calidad/singularidad de las series finales de X5- Grupo 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

#### 4.5.10. Bases de Datos Homogeneizadas

Una vez realizada la homogeneización de las variables con sus respectivas agrupaciones, se presenta la matriz que se extrae de Climatol mediante el siguiente formato:

FECHA LOCAL	HORA LOCAL	A1	A2	A4	A5	A7	A10
1/1/2014	00: 08: 00	9,9	7	12,4	11,6	11,9	12,3
1/1/2014	01: 08: 00	9,8	6,5	11,8	11,1	10,9	11,7
1/1/2014	02: 08: 00	9,4	5,8	11	10,3	9,9	10,9
1/1/2014	03: 08: 00	9,8	5,9	11	10,3	9,6	11
1/1/2014	04: 08: 00	8,9	4,9	9,9	9,2	8,4	9,9
1/1/2014	05: 08: 00	7,2	3,7	8,5	7,9	7,4	8,6
1/1/2014	06: 08: 00	4,8	2,3	7,1	6,6	7	7,2
1/1/2014	07: 08: 00	4,6	2,2	6,9	6,5	6,9	7,1
1/1/2014	08: 08: 00	7,5	4,8	9,8	9,2	9,5	9,9
1/1/2014	09: 08: 00	10,9	7,5	12,8	12,1	11,9	12,7
1/1/2014	10: 08: 00	11,8	8,3	13,8	13	12,9	13,6
1/1/2014	11: 08: 00	13,4	10,2	16	15,1	15,4	15,7
1/1/2014	12: 08: 00	14,9	11,5	17,4	16,4	16,6	17,1
1/1/2014	13: 08: 00	14,2	11,2	17,2	16,2	16,8	16,9
1/1/2014	14: 08: 00	15,4	12	18	17	17,2	17,7
1/1/2014	15: 08: 00	14	11,5	17,6	16,6	17,7	17,2
1/1/2014	16: 08: 00	14,6	11,1	17	16	16,1	16,7
1/1/2014	17: 08: 00	13,2	10,4	16,3	15,3	16	16
1/1/2014	18: 08: 00	12,9	10,5	16,4	15,5	16,5	16,1
1/1/2014	19: 08: 00	12,5	9,2	14,9	14	14,1	14,6

**Figura 3-4.** Base de Datos Homogeneizada

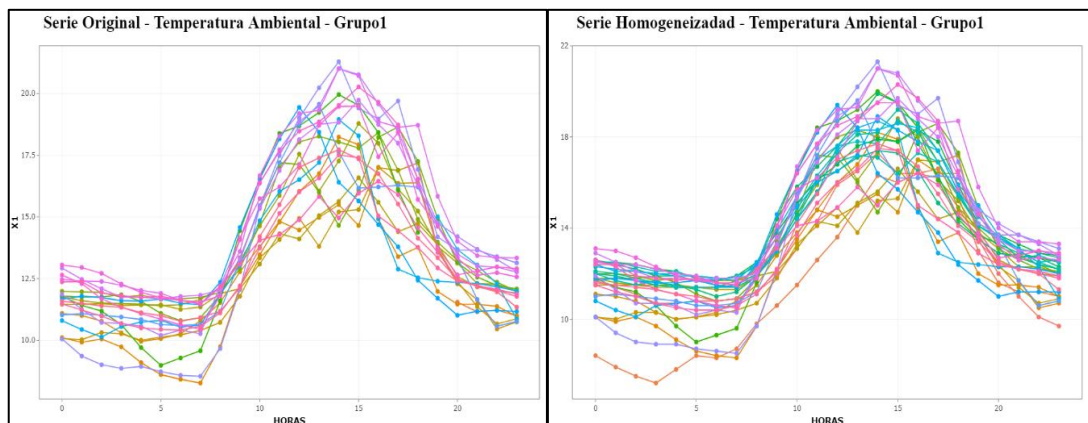
Realizado por: Mateo Adriana.2021

#### 4.5.11. Comparación de las series originales con las series homogeneizada

Luego de haber realizado el proceso de homogeneización y el relleno de datos faltantes, se procede a realizar la comparación de las series originales, con las homogeneizadas para mostrar que el patrón de comportamiento no haya sufrido cambios severos, teniendo en cuenta el mes con mayor cantidad de datos faltantes de cada grupo de variables analizadas por hora.

#### Variable Temperatura Ambiental por hora Grupo 1

La estación Tunshi presenta la mayor cantidad de datos faltantes en Julio del 2015, como se observa en la (Gráfica 34-4), del lado izquierdo son las frecuencias originales y del lado derecho ya son las imputadas y homogeneizadas.

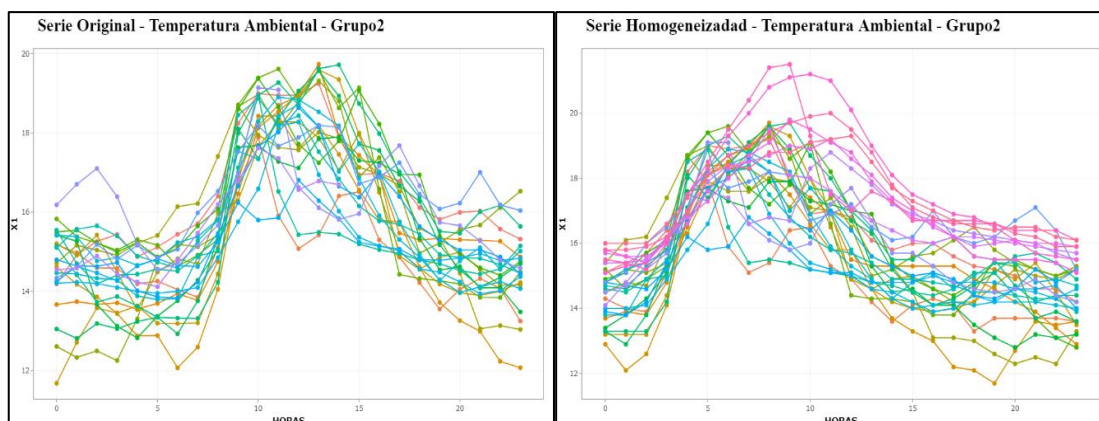


**Gráfico 34-4.** Comparación de las series originales y homogeneizadas X1-Grupo 1

Realizado por: Mateo Adriana.2021

#### Variable Temperatura Ambiental por hora Grupo 2

Se presenta la estación Multitud el 24.58% de datos faltantes en el mes de noviembre del 2015, del lado izquierdo son las frecuencias originales y del lado derecho ya son las imputadas y homogeneizadas, como se muestra en el (Gráfico 35-4).

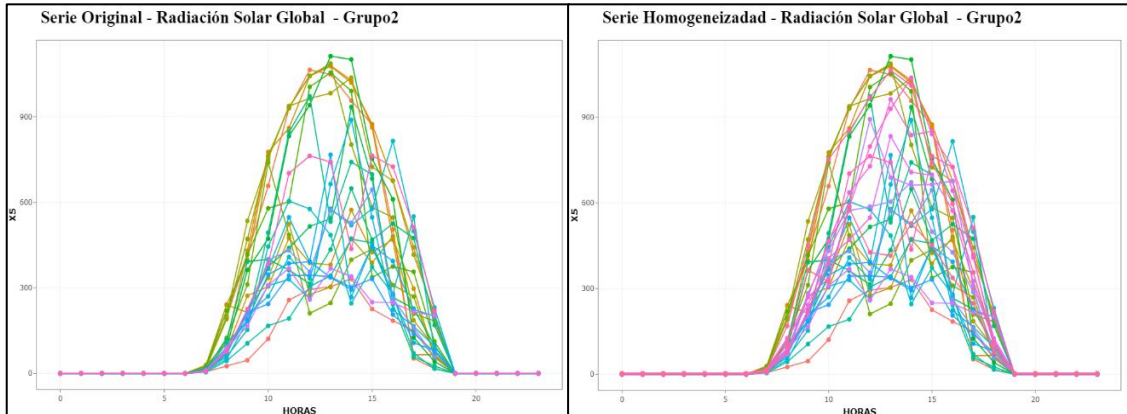


**Gráfico 35-4.** Comparación de las series originales y homogeneizadas X1-Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 2

Con un 23.38% de datos faltantes en el mes de enero del 2018, en la estación Quimiag, como se presenta en el (Gráfico 36-4), el lado izquierdo son las frecuencias originales y el lado derecho ya son las imputadas y homogeneizadas

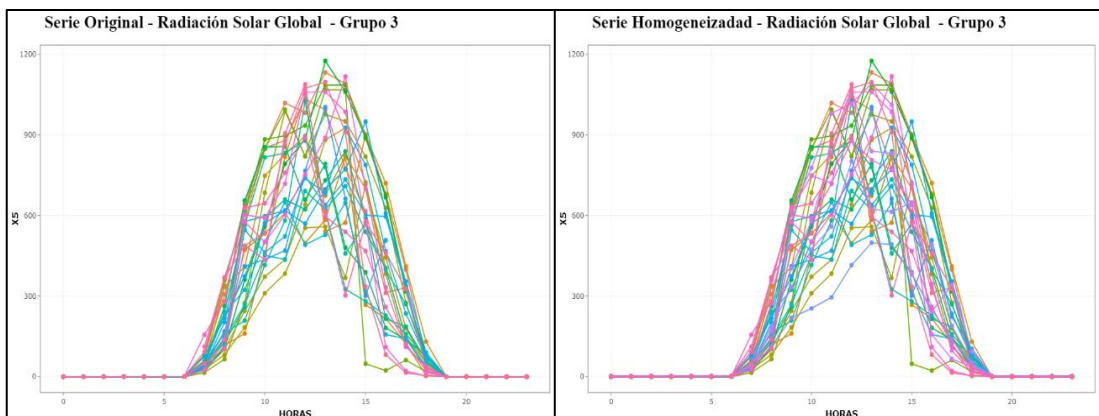


**Gráfico 36-4.** Comparación de las series originales y homogeneizadas X5-Grupo 2

Realizado por: Mateo Adriana.2021

### Variable Radiación Solar Global Grupo 3

Se presenta el (Gráfico 37-4), la estación Epoch con la fecha de octubre del 2017, con un 16.19% de datos faltantes, se realiza la comparación entre las series originales y las homogeneizadas e imputadas, el lado izquierdo son las frecuencias originales y del lado derecho ya son las imputadas y homogeneizadas.



**Gráfico 37-4.** Comparación de las series originales y homogeneizadas X5-Grupo 3

Realizado por: Mateo Adriana.2021

## CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de las estadísticas descriptivas y la verificación de los datos faltantes o ausentes de cada mudable en las 11 estaciones, teniendo como resultado 13 variables aptas para el desarrollo del modelo de la homogeneización, reagrupándolas según las características similares, mediante dendogramas y mapas de estaciones.
- Con R y la librería ClimatoI, se realizó la imputación de datos faltante de las 13 variables, con sus respectivas estaciones, la mudable Precipitación de lluvias no se encontró activo el sensor, y por ello no se contó con datos para el período estudiado. ClimatoI logra realizar imputaciones hasta del 90% de datos faltantes.
- Utilizando regresión ortogonal de tipo II, se logró imputar y homogeneizar las 13 variables por horas con sus respectivas estaciones, para así dejar establecido un nuevo modelo, mediante la librería ClimatoI, además corrigió cada anomalía presentada en las gráficas de las series de tiempo, como en sus bases, para que estas sean más confiables y se pueda obtener mejores resultados en estudios futuros.
- Se estableció los umbrales de una manera subjetiva mediante los gráficos de máximos SNHT, donde se instauró los umbrales más exigentes para las correcciones de anomalías mediante métodos de remuestreo (Bootstrap) con el fin de mejorar los análisis a posteriori de las series homogeneizadas.
- Al realizar la comparación de las series originales y homogeneizadas, sufrieron cambios severos por las alteraciones del patrón original existiendo en algunas variables más datos inconsistente como la estación Multitud con el 24.58% de datos faltantes en el mes de noviembre del 2015, al realizar el debido proceso de imputación y homogeneización, sus datos originales se corrigen y se ajustan al nuevo patrón de la serie homogeneizada.

## RECOMENDACIONES

- Mantener actualizada la información de las variables meteorológicas monitoreadas por el GEAA, en cada una de sus estaciones.
- Realizar revisiones periódicamente en cada estación para así verificar que no exista grandes cantidades de datos faltantes o perdidos.
- Homogenizar las variables meteorológicas en forma periódica para mejorar la calidad de los datos que se proporcione al público en general.
- Intensificar la utilización del software R en la carrera de estadística, dado que es de gran ayuda a realizar investigaciones a futuros y de mejor eficacia, así mismo la librería Climatol, ya que no solo se utiliza para el relleno de datos ausentes o la homogeneización de mudables climatológicas, sino que también realiza control de calidad.



## BIBLIOGRAFÍA

**CELEMÍN, A.** La sensación térmica. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, [en línea], 2011, [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.paranauticos.com/notas/meteorologia/sensacion-termica.htm>.

**CORRES, G. et al.** Análisis de series temporales. *Revista Ingeniería Industrial*, [en línea]. 2009, vol. 8, no. 1, pp. 21-33. ISSN 0718-8307.

**D'AMATO, D.** Procedimiento de homogeneización por factores mediante pendientes. Cartagena-Colombia. [en línea]. 2013. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2013/10/ponencia-procedimiento-homogeneizacion-mediante-pendientes-daniel.pdf>

**DAGNINO, J.** Datos Faltantes (Missing Values) – Revista Chilena de Anestesia. *Bioestadística y Epidemiología*. 2014. vol. 43, pp. 1.

**DOMENECH, J.** Diagrama de Correlación-Dispersión. [en línea]. 2010. S.l.: [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama\\_Correlacion\\_Dispersion.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_Correlacion_Dispersion.pdf).

**FERNANDÉZ, S.** Series Temporales Introducción. . S.l. [en línea]. 2017. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/EDescrip/tema7.pdf>

**GALARZA, P.** "Evaluación Meteorológica De La Cuenca Del Río Machángara" [en línea]. 2016. S.l.: UNIVERSIDAD DE CUENCA. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26301/1/Tesis.pdf>.

**GAONA, G., et al.** Homogeneidad y variabilidad espacial de series meteorológicas del área del proyecto "Ciudad del Conocimiento - Yachay ". *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. 2013. vol. 5, no. 2, pp. 2. ISSN 1390-5384. DOI 10.18272/aci.v5i2.138.

**GARCÍA, L. & PITA, F.** Propuesta metodológica para la determinación de inhomogeneidades relativas en las series de observaciones. *Aec*. 2001. pp. 2.

**GLOBE.** Protocolo de Temperatura del Suelo Objetivo General. [en línea]. 2005, pp. 1-17. Disponible en: <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Protocolo+de+Temperatura+del+Suelo/f7bf6f08-2779-4250-ae41-74e61c1fca38>.

**GUEVARA, E.; & CARTAYA, H.** *Hidrología: una introducción a la ciencia hidrológica aplicada / Edilberto Guevara Pérez, Humberto A. Cartaya Di Lena* [en línea]. 1991. S.l.: s.n. [Consulta: 27 noviembre 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books/about/Hidrología.html?id=SKbljwEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Hidrología.html?id=SKbljwEACAAJ&redir_esc=y).

**GUIJARRO, J.A.** Homogeneización de series climáticas con Climatol. *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), D.T. en Islas Baleares, España* [en línea]. 2018. vol. 1, pp. 22. [Consulta: 28 noviembre 2020]. Disponible en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Om1hqL6YIP8J:www.climatol.eu/homog\\_climatol-es.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec#3](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Om1hqL6YIP8J:www.climatol.eu/homog_climatol-es.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec#3).

**HERNANDEZ, C. et al.** Aplicaciones De Las Series De Tiempo En Modelos De Tráfico Para Una Red De Datos. *Scientia et Technica*. 2008.vol. 14, no. 38, pp. 31-36.

**HERNÁNDEZ, E. et al.** Ejercicio de homogeneización y relleno de series diarias de temperatura máxima, mediante el uso de Climatol. *VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología*. 2012. pp. 409-419.

**HERRERA, X.** Temperatura Ambiental [en línea]. 2014. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <https://prezi.com/115vozyttwp4/temperatura-ambiental/>.

**HIDALGO, A.M.; & LARA, A.M.** Práctica 1 | Estadística. *Universidad de Granada* [en línea]. 2016. [Consulta: 30 enero 2021]. Disponible en: <http://wpd.ugr.es/~bioestad/guia-r-studio/practica-1-r-studio/>.

**IBM KNOWLEDGE CENTER.** Modelos estadísticos. [en línea]. 2013. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7\\_sub/modeler\\_mainhelp\\_client\\_ddit\\_a/clementine/nodes\\_statisticalmodels.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7_sub/modeler_mainhelp_client_ddit_a/clementine/nodes_statisticalmodels.html).

**IDEAM.** Metodología De La Operación Estadística Variables Meteorológicas. *Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales* [en línea]. 2018. pp. 113. Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Documento+metodologico+variables+meteorologicas.pdf/8a71a9b4-7dd7-4af4-b98e-9b1eda3b8744>.

**INZUNZA, J.** Capitulo 4. Temperatura. *Meteorología descriptiva* [en línea]. 2006. pp. 85-111. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: [http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso\\_2006/Textos complementarios/Meteorologia descriptiva\\_Inzunza/cap4\\_Inzunza\\_Temperatura.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos_complementarios/Meteorologia_descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf).

**JOS, F.; & SILVA, M.A.** Estimación de la atenuación de la radiación solar en condiciones de cielo nublado mediante el uso de cámaras de cielo. 2013. pp. 1-70.

**MARSHALL, G.** Statistical methods in the atmospheric sciences, second edition D. S. Wilks. 1995. International Geophysics Series. 2007. Vol 59, Academic Press, 464pp. ISBN-10: 0127519653. ISBN-13: 978-0127519654. £59.99. *Meteorological Applications*, vol. 14, no. 2, pp. 205-205. ISSN 13504827. DOI 10.1002/met.16.

**MÁXIMO, R.; & SANCHO, A.** ¿Qué es una estación meteorológica? *PCE Ibérica S.L.* [en línea]. 2014. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>.

**METEOROLOGÍA.** Significado de Meteorología (Qué es, Concepto y Definición) - Significados. [en línea]. 2019. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.significados.com/meteorologia/>.

**METEOROLOGÍA, C.** Meteorología y Climatología Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004 FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. [en línea]. 2004. S.l.: [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: [www.fecyt.es](http://www.fecyt.es).

**METEOROLÓGICOS, D.; & CLIMATICOS, H.D.E.D.** "Capitulo 4: Introducción A La Homogeneización De Datos Meteorológicos". 2018. pp. 3-4.

**MUDELSEE, M.** *Climate Time Series Analysis* [en línea]. 2014. Cham: Springer International Publishing. [Consulta: 5 febrero 2021]. Atmospheric and Oceanographic Sciences Library. ISBN 978-3-319-04449-1. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04450-7>.

**MUDELSEE, M.; & WEGENER, A.** *Climate Time Series Analysis* [en línea]. 2010. Cham: Springer International Publishing. [Consulta: 28 noviembre 2020]. Atmospheric and

Oceanographic Sciences Library. ISBN 978-90-481-9481-0. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04450-7>.

**NARVÁEZ, G.** Clima De Los Paramos Del Suroccidente Colombiano. Estado Actual Y Tendencias. [en línea]. 2007. Bogotá-Colombia: [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: [http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/116\\_Narvaez.2011.clima\\_paramos\\_Suroccidente\\_Col\\_Paramundi.pdf](http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/116_Narvaez.2011.clima_paramos_Suroccidente_Col_Paramundi.pdf).

**OCAÑA, R.** ¿Qué es un modelo estadístico? - Divestadística - Portal de Divulgación Estadística. [en línea]. 2014. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: [http://www.divestadistica.es/es/que\\_es\\_un\\_modelo\\_estadistico.html](http://www.divestadistica.es/es/que_es_un_modelo_estadistico.html).

**Q QUISHPE, J.E.** *Relleno De Datos De Velocidades De Viento Mediante La Aplicación De Método De Hot Deck Para La Estimación De Producción De Energía Eléctrica En Base Al Recurso Eólico.* [en línea]. 2020. S.l.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18467/1/UPS-ST004460.pdf>.

**RAFFINO, M.E.** Humedad - Concepto, tipos, medición, clima y nubes. [en línea]. 2020. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <https://concepto.de/humedad/>.

**RENOM, M.** Presión atmosférica 1. 2010. pp. 1-7.

**REQUENA, B.** Estadística descriptiva. [en línea]. 2014. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/>.

**RODRÍGUEZ, R.; & LLASAT, M.C.** Análisis temporal y espectral de la serie de precipitación mensual de Barcelona (España) 1850-1991. *Ingeniería del agua* [en línea], vol. 4, no. 4, pp. 17. [Consulta: 28 noviembre 2020]. ISSN 1134-2196. DOI 10.4995/ia.1997.2732. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/39430504\\_Analisis\\_temporal\\_y\\_espectral\\_de\\_la\\_serie\\_de\\_precipitacion\\_mensual\\_de\\_Barcelona\\_Espana\\_1850-1991](https://www.researchgate.net/publication/39430504_Analisis_temporal_y_espectral_de_la_serie_de_precipitacion_mensual_de_Barcelona_Espana_1850-1991).

**SÁNCHEZ, J.** Precipitaciones Concepto. Tipos. [en línea]. 2015. S.l.: [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <http://hidrologia.usal.es.xn--pg-mia.1>.

**SERRANO, S. et al.** Análisis Estadístico De Datos Meteorológicos Mensuales Y Diarios Para La Determinación De Variabilidad Climática Y Cambio Climático En El Distrito Metropolitano

De Quito. [en línea]. 2012. vol. 16, no. 2, pp. 23-47. [Consulta: 27 noviembre 2020]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047400004>.

**SPINELLI, M.** Clima. *El tiempo, el clima y la salud Boletín Informativo*. [en línea]. 1984. [Consulta: 8 enero 2021]. Disponible en: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Clima.htm>.

**TESAURO.** HOMOGENEIZACIÓN - ¿Qué es homogeneización? - significado, definición, traducción y sinónimos para homogeneización. [en línea]. 2013. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <ap-6, homogeneización, 2888.html>.

**VALENZUELA, E.M.** CAPITULO 4: INTRODUCCIÓN A LA HOMOGENEIZACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS - PDF Free Download. [en línea]. 2018. pp. 3. [Consulta: 30 enero 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/81085142-Capitulo-4-introduccion-a-la-homogeneizacion-de-datos-meteorologicos.html>.

**VÁSQUEZ, N.** Meteorología física y dinámica básicas variables meteorológicas: radiación, temperatura y presión atmosférica. *El Observación* [en línea]. 2018. pp. 1-2. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1djXw1Z\\_QdkbmrP1-jAJfWi4RYrxwIWu3/view](https://drive.google.com/file/d/1djXw1Z_QdkbmrP1-jAJfWi4RYrxwIWu3/view).

**YEPES, V.** Análisis cluster – El blog de Víctor Yepes. *Análisis Cluster* [en línea]. 2020. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/analisis-cluster/>.

## ANEXOS

### ANEXO A: Base de datos originales de la variable temperatura ambiental – Grupo 1

2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	ALAO	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	ATILLO	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	ESPOCH	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	MATUS	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	QUIMIAG	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	TUNSHI
			X1				X1				X1				X1				X1				X1
	01/01/2014	00:00:00	9,936		01/01/2014	00:00:00		2014	01/01/2014	00:08:00		2014	01/01/2014	00:00:00		2014	01/01/2014	00:08:00	11,918	2014	01/01/2014	00:08:00	
	01/01/2014	01:00:00	9,835		01/01/2014	01:00:00			01/01/2014	01:08:00			01/01/2014	01:00:00			01/01/2014	01:08:00	10,947		01/01/2014	01:08:00	
	01/01/2014	02:00:00	9,434		01/01/2014	02:00:00			01/01/2014	02:08:00			01/01/2014	02:00:00			01/01/2014	02:08:00	9,869		01/01/2014	02:08:00	
	01/01/2014	03:00:00	9,82		01/01/2014	03:00:00			01/01/2014	03:08:00			01/01/2014	03:00:00			01/01/2014	03:08:00	9,583		01/01/2014	03:08:00	
	01/01/2014	04:00:00	8,852		01/01/2014	04:00:00			01/01/2014	04:08:00			01/01/2014	04:00:00			01/01/2014	04:08:00	8,397		01/01/2014	04:08:00	
	01/01/2014	05:00:00	7,158		01/01/2014	05:00:00			01/01/2014	05:08:00			01/01/2014	05:00:00			01/01/2014	05:08:00	7,417		01/01/2014	05:08:00	
	01/01/2014	06:00:00			01/01/2014	06:00:00			01/01/2014	06:08:00			01/01/2014	06:00:00			01/01/2014	06:08:00	7,012		01/01/2014	06:08:00	
	01/01/2014	07:00:00			01/01/2014	07:00:00			01/01/2014	07:08:00			01/01/2014	07:00:00			01/01/2014	07:08:00	6,873		01/01/2014	07:08:00	
	01/01/2014	08:00:00			01/01/2014	08:00:00			01/01/2014	08:08:00			01/01/2014	08:00:00			01/01/2014	08:08:00	9,544		01/01/2014	08:08:00	
	01/01/2014	09:00:00	10,933		01/01/2014	09:00:00			01/01/2014	09:08:00			01/01/2014	09:00:00			01/01/2014	09:08:00	11,872		01/01/2014	09:08:00	
	01/01/2014	10:00:00	11,765		01/01/2014	10:00:00			01/01/2014	10:08:00			01/01/2014	10:00:00			01/01/2014	10:08:00	12,912		01/01/2014	10:08:00	
	01/01/2014	11:00:00	13,414		01/01/2014	11:00:00			01/01/2014	11:08:00			01/01/2014	11:00:00			01/01/2014	11:08:00	15,363		01/01/2014	11:08:00	
	01/01/2014	12:00:00	14,934		01/01/2014	12:00:00			01/01/2014	12:08:00			01/01/2014	12:00:00			01/01/2014	12:08:00	16,555		01/01/2014	12:08:00	
	01/01/2014	13:00:00	14,224		01/01/2014	13:00:00			01/01/2014	13:08:00			01/01/2014	13:00:00			01/01/2014	13:08:00	16,822		01/01/2014	13:08:00	
	01/01/2014	14:00:00	15,419		01/01/2014	14:00:00			01/01/2014	14:08:00			01/01/2014	14:00:00			01/01/2014	14:08:00	17,228		01/01/2014	14:08:00	
	01/01/2014	15:00:00	13,995		01/01/2014	15:00:00			01/01/2014	15:08:00			01/01/2014	15:00:00			01/01/2014	15:08:00	17,679		01/01/2014	15:08:00	
	01/01/2014	16:00:00	14,643		01/01/2014	16:00:00			01/01/2014	16:08:00			01/01/2014	16:00:00			01/01/2014	16:08:00	16,079		01/01/2014	16:08:00	
	01/01/2014	17:00:00	13,19		01/01/2014	17:00:00			01/01/2014	17:08:00			01/01/2014	17:00:00			01/01/2014	17:08:00	16,029		01/01/2014	17:08:00	
	01/01/2014	18:00:00	12,892		01/01/2014	18:00:00			01/01/2014	18:08:00			01/01/2014	18:00:00			01/01/2014	18:08:00	16,525		01/01/2014	18:08:00	
	01/01/2014	19:00:00	12,51		01/01/2014	19:00:00			01/01/2014	19:08:00			01/01/2014	19:00:00			01/01/2014	19:08:00	14,115		01/01/2014	19:08:00	
	01/01/2014	20:00:00	11,417		01/01/2014	20:00:00			01/01/2014	20:08:00			01/01/2014	20:00:00			01/01/2014	20:08:00	12,276		01/01/2014	20:08:00	
	01/01/2014	21:00:00	10,575		01/01/2014	21:00:00			01/01/2014	21:08:00			01/01/2014	21:00:00			01/01/2014	21:08:00	11,772		01/01/2014	21:08:00	
	01/01/2014	22:00:00	9,735		01/01/2014	22:00:00			01/01/2014	22:08:00			01/01/2014	22:00:00			01/01/2014	22:08:00	11,871		01/01/2014	22:08:00	
	01/01/2014	23:00:00	7,604		01/01/2014	23:00:00			01/01/2014	23:08:00			01/01/2014	23:00:00			01/01/2014	23:08:00	10,548		01/01/2014	23:08:00	
	02/01/2014	00:00:00	6,803		02/01/2014	00:00:00			02/01/2014	00:08:00			02/01/2014	00:00:00			02/01/2014	00:08:00	9,131		02/01/2014	00:08:00	
	02/01/2014	01:00:00	6,784		02/01/2014	01:00:00			02/01/2014	01:08:00			02/01/2014	01:00:00			02/01/2014	01:08:00	8,182		02/01/2014	01:08:00	
	02/01/2014	02:00:00	5,696		02/01/2014	02:00:00			02/01/2014	02:08:00			02/01/2014	02:00:00			02/01/2014	02:08:00	6,927		02/01/2014	02:08:00	
	02/01/2014	03:00:00			02/01/2014	03:00:00			02/01/2014	03:08:00			02/01/2014	03:00:00			02/01/2014	03:08:00	6,91		02/01/2014	03:08:00	

**ANEXO B:** Base de datos originales de la variable temperatura ambiental – Grupo 2

2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	MULTITUD X1	2014		SAN JUAN X1	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	TIXAN X1	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	URBINA X1
	01/01/2014	00:08:00			01/01/2014	00:08:00	9,366	01/01/2014	00:08:00			01/01/2014	00:08:00	6,336
	01/01/2014	01:08:00			01/01/2014	01:08:00	9,725	01/01/2014	01:08:00			01/01/2014	01:08:00	6,347
	01/01/2014	02:08:00			01/01/2014	02:08:00	8,82	01/01/2014	02:08:00			01/01/2014	02:08:00	5,164
	01/01/2014	03:08:00			01/01/2014	03:08:00	7,057	01/01/2014	03:08:00			01/01/2014	03:08:00	5,456
	01/01/2014	04:08:00			01/01/2014	04:08:00	5,402	01/01/2014	04:08:00			01/01/2014	04:08:00	3,03
	01/01/2014	05:08:00			01/01/2014	05:08:00	4,587	01/01/2014	05:08:00			01/01/2014	05:08:00	2,276
	01/01/2014	06:08:00			01/01/2014	06:08:00	4,161	01/01/2014	06:08:00			01/01/2014	06:08:00	1,789
	01/01/2014	07:08:00			01/01/2014	07:08:00	3,801	01/01/2014	07:08:00			01/01/2014	07:08:00	2,462
	01/01/2014	08:08:00			01/01/2014	08:08:00	6,961	01/01/2014	08:08:00			01/01/2014	08:08:00	5,113
	01/01/2014	09:08:00			01/01/2014	09:08:00	9,431	01/01/2014	09:08:00			01/01/2014	09:08:00	6,33
	01/01/2014	10:08:00			01/01/2014	10:08:00	10,766	01/01/2014	10:08:00			01/01/2014	10:08:00	6,6
	01/01/2014	11:08:00			01/01/2014	11:08:00	10,517	01/01/2014	11:08:00			01/01/2014	11:08:00	6,609
	01/01/2014	12:08:00			01/01/2014	12:08:00	12,063	01/01/2014	12:08:00			01/01/2014	12:08:00	7,317
	01/01/2014	13:08:00			01/01/2014	13:08:00	13,003	01/01/2014	13:08:00			01/01/2014	13:08:00	8,134
	01/01/2014	14:08:00			01/01/2014	14:08:00	12,773	01/01/2014	14:08:00			01/01/2014	14:08:00	8,525
	01/01/2014	15:08:00			01/01/2014	15:08:00	13,187	01/01/2014	15:08:00			01/01/2014	15:08:00	8,149
	01/01/2014	16:08:00			01/01/2014	16:08:00	12,944	01/01/2014	16:08:00			01/01/2014	16:08:00	8,091
	01/01/2014	17:08:00			01/01/2014	17:08:00	11,836	01/01/2014	17:08:00			01/01/2014	17:08:00	8,87
	01/01/2014	18:08:00			01/01/2014	18:08:00	10,736	01/01/2014	18:08:00			01/01/2014	18:08:00	8,814
	01/01/2014	19:08:00			01/01/2014	19:08:00	9,842	01/01/2014	19:08:00			01/01/2014	19:08:00	7,138
	01/01/2014	20:08:00			01/01/2014	20:08:00	9,235	01/01/2014	20:08:00			01/01/2014	20:08:00	5,767
	01/01/2014	21:08:00			01/01/2014	21:08:00	8,289	01/01/2014	21:08:00			01/01/2014	21:08:00	5,378
	01/01/2014	22:08:00			01/01/2014	22:08:00	7,666	01/01/2014	22:08:00			01/01/2014	22:08:00	5,156
	01/01/2014	23:08:00			01/01/2014	23:08:00	8,217	01/01/2014	23:08:00			01/01/2014	23:08:00	4,589
	02/01/2014	00:08:00			02/01/2014	00:08:00	7,582	02/01/2014	00:08:00			02/01/2014	00:08:00	4,132
	02/01/2014	01:08:00			02/01/2014	01:08:00	7,312	02/01/2014	01:08:00			02/01/2014	01:08:00	3,521
	02/01/2014	02:08:00			02/01/2014	02:08:00	5,241	02/01/2014	02:08:00			02/01/2014	02:08:00	3,923
	02/01/2014	03:08:00			02/01/2014	03:08:00	3,55	02/01/2014	03:08:00			02/01/2014	03:08:00	2,928

**ANEXO C: Base de datos originales de la variable radiación solar – Grupo 1**

				CUMANDA				MULTITUD			
2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5
	01/01/2014	00:00:00	0		01/01/2014	00:08:00					
	01/01/2014	01:00:00	0		01/01/2014	01:08:00					
	01/01/2014	02:00:00	0		01/01/2014	02:08:00					
	01/01/2014	03:00:00	0		01/01/2014	03:08:00					
	01/01/2014	04:00:00	0		01/01/2014	04:08:00					
	01/01/2014	05:00:00	0		01/01/2014	05:08:00					
	01/01/2014	06:00:00	0,006		01/01/2014	06:08:00					
	01/01/2014	07:00:00	7,321		01/01/2014	07:08:00					
	01/01/2014	08:00:00	99,645		01/01/2014	08:08:00					
	01/01/2014	09:00:00	157,114		01/01/2014	09:08:00					
	01/01/2014	10:00:00	195,046		01/01/2014	10:08:00					
	01/01/2014	11:00:00	458,146		01/01/2014	11:08:00					
	01/01/2014	12:00:00	401,677		01/01/2014	12:08:00					
	01/01/2014	13:00:00	330,149		01/01/2014	13:08:00					
	01/01/2014	14:00:00	282,308		01/01/2014	14:08:00					
	01/01/2014	15:00:00	331,018		01/01/2014	15:08:00					
	01/01/2014	16:00:00	85,691		01/01/2014	16:08:00					
	01/01/2014	17:00:00	83,078		01/01/2014	17:08:00					
	01/01/2014	18:00:00	36,187		01/01/2014	18:08:00					
	01/01/2014	19:00:00	0		01/01/2014	19:08:00					
	01/01/2014	20:00:00	0		01/01/2014	20:08:00					
	01/01/2014	21:00:00	0		01/01/2014	21:08:00					
	01/01/2014	22:00:00	0		01/01/2014	22:08:00					
	01/01/2014	23:00:00	0		01/01/2014	23:08:00					
	02/01/2014	00:00:00	0		02/01/2014	00:08:00					
	02/01/2014	01:00:00	0		02/01/2014	01:08:00					
	02/01/2014	02:00:00	0		02/01/2014	02:08:00					
	02/01/2014	03:00:00	0		02/01/2014	03:08:00					
	02/01/2014	04:00:00	0		02/01/2014	04:08:00					
	02/01/2014	05:00:00	0		02/01/2014	05:08:00					
	02/01/2014	06:00:00	0		02/01/2014	06:08:00					

**ANEXO D: Base de datos originales de la variable radiación solar – Grupo 2**

ALAO				MATUS				QUIMIAG				TUNSHI			
2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X1	2014	FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5
	01/01/2014	00:00:00	0		01/01/2014	00:00:00			01/01/2014	00:08:00	0		01/01/2014	00:08:00	
	01/01/2014	01:00:00	0		01/01/2014	01:00:00			01/01/2014	01:08:00	0		01/01/2014	01:08:00	
	01/01/2014	02:00:00	0		01/01/2014	02:00:00			01/01/2014	02:08:00	0		01/01/2014	02:08:00	
	01/01/2014	03:00:00	0		01/01/2014	03:00:00			01/01/2014	03:08:00	0		01/01/2014	03:08:00	
	01/01/2014	04:00:00	0		01/01/2014	04:00:00			01/01/2014	04:08:00	0		01/01/2014	04:08:00	
	01/01/2014	05:00:00	0		01/01/2014	05:00:00			01/01/2014	05:08:00	0		01/01/2014	05:08:00	
	01/01/2014	06:00:00			01/01/2014	06:00:00			01/01/2014	06:08:00	0		01/01/2014	06:08:00	
	01/01/2014	07:00:00			01/01/2014	07:00:00			01/01/2014	07:08:00	21,852		01/01/2014	07:08:00	
	01/01/2014	08:00:00			01/01/2014	08:00:00			01/01/2014	08:08:00	117,15		01/01/2014	08:08:00	
	01/01/2014	09:00:00	326,41		01/01/2014	09:00:00			01/01/2014	09:08:00	286,81		01/01/2014	09:08:00	
	01/01/2014	10:00:00	474,99		01/01/2014	10:00:00			01/01/2014	10:08:00	335,72		01/01/2014	10:08:00	
	01/01/2014	11:00:00	601,01		01/01/2014	11:00:00			01/01/2014	11:08:00	664,51		01/01/2014	11:08:00	
	01/01/2014	12:00:00	722,96		01/01/2014	12:00:00			01/01/2014	12:08:00	688,61		01/01/2014	12:08:00	
	01/01/2014	13:00:00	472,32		01/01/2014	13:00:00			01/01/2014	13:08:00	470,86		01/01/2014	13:08:00	
	01/01/2014	14:00:00	515,37		01/01/2014	14:00:00			01/01/2014	14:08:00	636,51		01/01/2014	14:08:00	
	01/01/2014	15:00:00	296,66		01/01/2014	15:00:00			01/01/2014	15:08:00	669,3		01/01/2014	15:08:00	
	01/01/2014	16:00:00	426,06		01/01/2014	16:00:00			01/01/2014	16:08:00	221,16		01/01/2014	16:08:00	
	01/01/2014	17:00:00	161,33		01/01/2014	17:00:00			01/01/2014	17:08:00	279,9		01/01/2014	17:08:00	
	01/01/2014	18:00:00	54,335		01/01/2014	18:00:00			01/01/2014	18:08:00	223,6		01/01/2014	18:08:00	
	01/01/2014	19:00:00	0		01/01/2014	19:00:00			01/01/2014	19:08:00	0		01/01/2014	19:08:00	
	01/01/2014	20:00:00	0		01/01/2014	20:00:00			01/01/2014	20:08:00	0		01/01/2014	20:08:00	
	01/01/2014	21:00:00	0		01/01/2014	21:00:00			01/01/2014	21:08:00	0		01/01/2014	21:08:00	
	01/01/2014	22:00:00	0		01/01/2014	22:00:00			01/01/2014	22:08:00	0		01/01/2014	22:08:00	
	01/01/2014	23:00:00	0		01/01/2014	23:00:00			01/01/2014	23:08:00	0		01/01/2014	23:08:00	
	02/01/2014	00:00:00	0		02/01/2014	00:00:00			02/01/2014	00:08:00	0		02/01/2014	00:08:00	
	02/01/2014	01:00:00	0		02/01/2014	01:00:00			02/01/2014	01:08:00	0		02/01/2014	01:08:00	
	02/01/2014	02:00:00	0		02/01/2014	02:00:00			02/01/2014	02:08:00	0		02/01/2014	02:08:00	
	02/01/2014	03:00:00	0		02/01/2014	03:00:00			02/01/2014	03:08:00	0		02/01/2014	03:08:00	
	02/01/2014	04:00:00	0		02/01/2014	04:00:00			02/01/2014	04:08:00	0		02/01/2014	04:08:00	



ANEXO E: Base de datos originales de la variable radiación solar – Grupo 3

2014	ATILLO			2014	ESPOCH			2014	SAN JUAN			2014	TIXAN			2014	URBINA		
FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5		FECHA LOCAL	HORA LOCAL	X5		FECHA.LOCAL	HORA.LOCAL	X5		FECHA LOCAL	HORA LOCAL	X5		FECHA LOCAL	HORA LOCAL	X5	
01/01/2014	00:00:00			01/01/2014	00:08:00	0		01/01/2014	00:08:00	0		01/01/2014	00:08:00			01/01/2014	00:08:00	0	
01/01/2014	01:00:00			01/01/2014	01:08:00	0		01/01/2014	01:08:00	0		01/01/2014	01:08:00			01/01/2014	01:08:00	0	
01/01/2014	02:00:00			01/01/2014	02:08:00	0		01/01/2014	02:08:00	0		01/01/2014	02:08:00			01/01/2014	02:08:00	0	
01/01/2014	03:00:00			01/01/2014	03:08:00	0		01/01/2014	03:08:00	0		01/01/2014	03:08:00			01/01/2014	03:08:00	0	
01/01/2014	04:00:00			01/01/2014	04:08:00	0		01/01/2014	04:08:00	0		01/01/2014	04:08:00			01/01/2014	04:08:00	0	
01/01/2014	05:00:00			01/01/2014	05:08:00	0		01/01/2014	05:08:00	0		01/01/2014	05:08:00			01/01/2014	05:08:00	0	
01/01/2014	06:00:00			01/01/2014	06:08:00	0		01/01/2014	06:08:00	0		01/01/2014	06:08:00			01/01/2014	06:08:00	0	
01/01/2014	07:00:00			01/01/2014	07:08:00	19,847		01/01/2014	07:08:00	0		01/01/2014	07:08:00			01/01/2014	07:08:00	26,131	
01/01/2014	08:00:00			01/01/2014	08:08:00	93,811		01/01/2014	08:08:00	0,001		01/01/2014	08:08:00			01/01/2014	08:08:00	168,78	
01/01/2014	09:00:00			01/01/2014	09:08:00	263,91		01/01/2014	09:08:00	0,002		01/01/2014	09:08:00			01/01/2014	09:08:00	212,78	
01/01/2014	10:00:00			01/01/2014	10:08:00	387,09		01/01/2014	10:08:00	0,002		01/01/2014	10:08:00			01/01/2014	10:08:00	226,03	
01/01/2014	11:00:00			01/01/2014	11:08:00	584,69		01/01/2014	11:08:00	0,002		01/01/2014	11:08:00			01/01/2014	11:08:00	287,44	
01/01/2014	12:00:00			01/01/2014	12:08:00	978,17		01/01/2014	12:08:00	0,003		01/01/2014	12:08:00			01/01/2014	12:08:00	604,65	
01/01/2014	13:00:00			01/01/2014	13:08:00	560,05		01/01/2014	13:08:00	0,003		01/01/2014	13:08:00			01/01/2014	13:08:00	480,89	
01/01/2014	14:00:00			01/01/2014	14:08:00	683,1		01/01/2014	14:08:00	0,002		01/01/2014	14:08:00			01/01/2014	14:08:00	453,15	
01/01/2014	15:00:00			01/01/2014	15:08:00	692,01		01/01/2014	15:08:00	0,003		01/01/2014	15:08:00			01/01/2014	15:08:00	201,22	
01/01/2014	16:00:00			01/01/2014	16:08:00	315,18		01/01/2014	16:08:00	0,002		01/01/2014	16:08:00			01/01/2014	16:08:00	258,34	
01/01/2014	17:00:00			01/01/2014	17:08:00	128,34		01/01/2014	17:08:00	0,001		01/01/2014	17:08:00			01/01/2014	17:08:00	334,6	
01/01/2014	18:00:00			01/01/2014	18:08:00	128,75		01/01/2014	18:08:00	0,001		01/01/2014	18:08:00			01/01/2014	18:08:00	116,86	
01/01/2014	19:00:00			01/01/2014	19:08:00	0		01/01/2014	19:08:00	0		01/01/2014	19:08:00			01/01/2014	19:08:00	0	
01/01/2014	20:00:00			01/01/2014	20:08:00	0		01/01/2014	20:08:00	0		01/01/2014	20:08:00			01/01/2014	20:08:00	0	
01/01/2014	21:00:00			01/01/2014	21:08:00	0		01/01/2014	21:08:00	0		01/01/2014	21:08:00			01/01/2014	21:08:00	0	
01/01/2014	22:00:00			01/01/2014	22:08:00	0		01/01/2014	22:08:00	0		01/01/2014	22:08:00			01/01/2014	22:08:00	0	
01/01/2014	23:00:00			01/01/2014	23:08:00	0		01/01/2014	23:08:00	0		01/01/2014	23:08:00			01/01/2014	23:08:00	0	
02/01/2014	00:00:00			02/01/2014	00:08:00	0		02/01/2014	00:08:00	0		02/01/2014	00:08:00			02/01/2014	00:08:00	0	
02/01/2014	01:00:00			02/01/2014	01:08:00	0		02/01/2014	01:08:00	0		02/01/2014	01:08:00			02/01/2014	01:08:00	0	
02/01/2014	02:00:00			02/01/2014	02:08:00	0		02/01/2014	02:08:00	0		02/01/2014	02:08:00			02/01/2014	02:08:00	0	
02/01/2014	03:00:00			02/01/2014	03:08:00	0		02/01/2014	03:08:00	0		02/01/2014	03:08:00			02/01/2014	03:08:00	0	

## **ANEXO F:** Código de relleno y homogeneización de las variables

```
##CARGAR LIBRERIAS DEL PAQUETE
```

```
library(maps)
```

```
library(mapdata)
```

```
library(climatol)
```

```
library(openxlsx)
```

```
library(readxl)
```

```
library(lubridate)
```

```
##CARGAR LOS DATOS
```

```
setwd("C:/Users/DAVID_PC/Desktop/Bases Tesis/Homogeneizar por grupos/X1/X1_grupo1")
```

```
data <- as.matrix(read.xlsx("X_1.xlsx",na.strings = T,rowNames = F))
```

```
est <- read.xlsx("Estaciones.xlsx")
```

```
##GRABA LOS FICHEROS DE ESTACIONES:
```

```
write(data,'Var_1_2014-2019.dat')
```

```
write.table(est, 'Var_1_2014-2019.est', row.names=FALSE, col.names=FALSE)
```

```
##ANALISI EXPLORATORIO DE LOS DATOS:
```

```
homogen('Var_1',2014,2019,expl=T)
```

```
##SERIES HOMOGENEIZADAS Y RESUMEN ESTADÍSTICO
```

```
dahstat('Var_1',2014,2019, stat='series')
```

```
data_r <- as.data.frame(read.csv("Var_1_2014-2019_series.csv"))
```

```
##Extracción de datos por horas
```

```

h1<-as.data.frame(seq(ISOdatetime(2014,1,1,0,0,0),
      ISOdatetime(2019,12,31,23,0,0), by=(60*60)))
names(h1)<-c("Fecha y Hora Local")
view(h1)

```

```
base<-cbind(h1,data_r)
```

```
write.xlsx(base,"X1_homogen.xlsx")
```

### **ANEXO G:** Código de comparación de series originales con las series homogeneizadas

```

library(ggplot2) #correlaciones
library(corrplot) #correlaciones
library(plotly)
library(readxl)

```

```

X1_imp <- read_excel("X1_imp.xlsx", col_types = c("date",
      "text", "numeric"))

```

```
View(X1_imp)
```

```
fecha<-as.character(X1_imp$FECHA.LOCAL)
```

```

colnames(X1_imp)
HH<-rep(0:23, 30) %>% as.data.frame()
nv1<-cbind(X1_imp[,-1],HH,fecha)
colnames(nv1)
str(nv1)

```

```

p1 <- ggplot(data=nv1 , aes(x=., y=X1,group=fecha,col=fecha))+geom_line() +
  geom_point()+theme_bw()+ #size=2, shape=21, fill="grey",colour="black"
  ggtitle ("Serie Original - Temperatura Ambiental - Grupo1")+ xlab("HORAS")+ylab("X1")+
  theme (plot.title = element_text(family="Times New
Roman",size=rel(2),face="bold",color="black"))+
  theme(axis.title.x = element_text(face="bold", vjust=-0.5, colour="black", size=rel(1))) +
  theme(axis.title.y = element_text(face="bold", vjust=1.5, colour="black", size=rel(1)))
ggplotly(p1)

```



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 31 / 08 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Adriana Isabel Mateo Manrique</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Estadística</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera en Estadística Informática</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, I=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS  
Fecha: 2021.08.31 17:55:14  
-05'00'



0992-DBRAI-UTP-2021