



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“CORRELACIÓN ESTADÍSTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS  
CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS DURANTE EL PERIODO 2014-2021”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en Medio  
Ambiente

**Autores:**

Loyola Cueva Evelyn Katherine  
Salazar Hinojosa Víctor Hugo

**Tutor:**

Agreda Oña José Luis Ing. Mg.

**Tutor Externo:**

Maisincho Guagrilla Luis Rigoberto, PhD.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Evelyn Katherine Loyola Cueva, con cédula de ciudadanía No. 1724301054 y Víctor Hugo Salazar Hinojosa, con cédula de ciudadanía No. 0504065152, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021”, siendo el Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Evelyn Katherine Loyola Cueva  
Estudiante  
CC: 1724301054

Víctor Hugo Salazar Hinojosa  
Estudiante  
CC: 0504065152

Ing. José Luis Agreda Oña, M.Sc.  
Docente Tutor  
CC: 0401332101

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LOYOLA CUEVA EVELYN KATHERINE LOYOLA CUEVA**, identificado con cédula de ciudadanía **1724301054** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2017 - Marzo 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Evelyn Katherine Loyola Cueva  
**LA CEDENTE**

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SALAZAR HINOJOSA VICTOR HUGO**, identificado con cédula de ciudadanía de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2017 - Marzo 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. Agreda Oña José Luis

Tema: “Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Víctor Hugo Salazar Hinojosa  
**EL CEDENTE**

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“CORRELACIÓN ESTADÍSTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS DURANTE EL PERIODO 2014-2021”**, de Loyola Cueva Evelyn Katherine y Salazar Hinojosa Víctor Hugo, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Ing. Agreda Oña José Luis, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

CC: 0401332101

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Loyola Cueva Evelyn Katherine y Salazar Hinojosa Víctor Hugo ,con el título del Proyecto de Investigación: “CORRELACIÓN ESTADÍSTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS DURANTE EL PERIODO 2014-2021”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)  
Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, M.Sc.  
CC: 0502188451.

Lector 2  
Ing. Oscar Daza Guerra, M.Sc.  
CC: 0400689790

Lector 3  
Ing. Rodolfo Mendoza Poma, M.Sc.  
CC: 1710448521

## **AGRADECIMIENTO**

Un grato, profundo y sincero agradecimiento a:

Dios por permitirme alcanzar mi gran sueño y me dio fuerzas para seguir adelante, dándome valentía para afrontar situaciones difíciles que se presentaron.

Mi madre Biky: Por ser siempre mi apoyo, dándome fuerzas, inculcándome valores, brindándome mucho amor y cariño para que pueda alcanzar este sueño que fue inculcado desde niña.

Mi Tía Ruby: Por apoyarme desde que era una bebé, gracias por darme amor, por verme como una hija, por sus consejos para nunca rendirme y seguir adelante.

Ing. Mg. Agreda Oña José Luis, por su amistad, consejos, el apoyo, ánimo y guía brindada en el desarrollo de este trabajo.

Ing. Luis Maisincho por la oportunidad que me brindó en realizar mi tesis en su Dirección de Investigación.

Finalmente, al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología por la oportunidad de realizar este proyecto y facilidades para culminarlo con éxito.

¡Mil gracias!

Evelyn Katherine Loyola Cueva

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial y gratitud a:

Dios, por darme la fortaleza para lograr mi meta. La universidad, por permitirme formarme como profesional y culminar mis estudios.

Mi Madre, quien con sus consejos, dedicación y apoyo jamás dejaron que me rindiera.

Mi Hermano, que fue un padre en todo momento me brindó su apoyo y consejos que siempre tendré presente.

Finalmente, al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología por la oportunidad de realizar este proyecto y facilidades para culminarlo con éxito.

¡¡ GRACIAS A TODOS!!

Víctor Hugo Salazar Hinojosa

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios por darme la oportunidad de culminar con éxito este sueño a pesar de las adversidades presentadas a lo largo de mi estudio universitario; de igual manera a mi madre Biky y mi tía Ruby por ser mi apoyo incondicional, todos mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este, por su acompañamiento y ayuda me permitieron culminar con éxito.

Evelyn Katherine Loyola Cueva

## **DEDICATORIA**

A lo largo de la vida llegamos a obtener muchos logros y metas producto de nuestro esfuerzo, y apoyo de personas importantes y que forman parte de ello y al culminar una etapa más en mi vida profesional dedico esta tesis a mi madre Benilde Salazar una mujer de lucha quien me dio su apoyo y me acompañó en cada paso de igual manera a mi hermano Milton Salazar un ejemplo y parte fundamental en mi vida, mi hermana Sabina Hinojosa, mis sobrinas Tania, Belén, Diana. Sin el apoyo de cada uno de ellos nada de esto fuese posible.

Víctor Hugo Salazar Hinojosa

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TÍTULO: “CORRELACIÓN ESTADÍSTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS  
CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS DURANTE EL PERIODO 2014-2021”**

AUTORES: Loyola Cueva Evelyn Katherine  
Salazar Hinojosa Víctor Hugo

**RESUMEN**

La información meteorológica es de gran utilidad para el desarrollo humano, pero en los últimos años, la falta de observadores ha provocado que las estaciones convencionales (EMC) del Ecuador disminuyan o se reemplacen por estaciones automáticas (EMA). El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre las variables temperatura y precipitación en seis estaciones meteorológicas ubicadas a nivel nacional. Para el estudio se eligieron seis EMC y EMA (M0026, M0031, M0103, M1036, M1208, M1233) ubicadas a lo largo de la costa y sierra ecuatorianas, con un periodo en común de ocho años (2014-2021). El análisis comprendió los datos diarios de precipitación y temperatura, los cuales fueron sumados y promediados respectivamente, en los horarios de las 07:00, 13:00 y 19:00. Los datos entregados por el INAMHI se filtraron, depuraron y ordenaron dos veces, eliminando valores erróneos de transcripción. Esta información meteorológica fue evaluada mediante el desarrollo de un script en Rstudio utilizando métodos estadísticos como el coeficiente de correlación de Pearson (CC), error medio absoluto (MAE), raíz del error cuadrático medio (RMSE) y sesgo relativo (PBIAS). Se revisaron las especificaciones técnicas del instrumental de ambos tipos de estaciones para descartar posibles errores atípicos debido a fallos en los instrumentos y equipos. La CC en la precipitación es baja en todas las estaciones, mientras que en la temperatura es alta en M0031 (0.73), M1036 (0.62) y M1208 (0.66) y baja en M0026 (0.3), M0103 (0.36) y M1233 (0.06). El MAE de la precipitación fue alto en todas las estaciones, mientras que para temperatura fue alto en: M0026 (6.24), M1036 (3.21) y M1233 (8.45) y bajo en M031 (1.71), M0103 (2.8) y M1208 (2.34). La RMSE de la precipitación fue alta en todas las estaciones, mientras que en la temperatura fue alta en M1233 (23.61) y baja en M0026 (8.22), M0031 (2.44), M0103 (6.20), M1036 (4.78) y M1208 (3.6). El PBIAS indica que la EMA sobreestima la precipitación todas las estaciones, mientras que sobreestima la temperatura en M0031 (13.52), M0103 (18.12), M1036 (27.0) y M1208 (9.09), y se subestima en M0026 (-21.63) y M1233 (-21.12). La buena correlación de temperatura en las estaciones M0031, M1036 y M1208, permite el uso de la EMA como una fuente secundaria de datos, necesitando ajustar los sensores para evitar sobre o subestimación de datos; mientras que no es posible en precipitación por su baja correlación en todas las estaciones.

**Palabras clave:** estación convencional, automática, correlación, temperatura, precipitación

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TITLE: "STATISTICAL CORRELATION OF CONVENTIONAL AND AUTOMATIC WEATHER STATIONS DURING THE PERIOD 2014-2021"**

AUTHORS: Loyola Cueva Evelyn Katherine

Salazar Hinojosa Victor Hugo

**ABSTRACT**

Meteorological information is very useful for human development, but in recent years, the lack of observers has caused conventional stations (EMC) in Ecuador to decrease or have been replaced by automatic stations (EMA). The objective of this research work was to determine the relationship between the temperature and rainfall variables in six meteorological stations located nationwide. Six EMC and EMA (M0026, M0031, M0103, M1036, M1208, M1233) located along the Ecuadorian coast and highlands, with a common period of eight years (2014-2021), were chosen for the study. The analysis included daily rainfall and temperature data, which were added and averaged, respectively, at 07:00, 13:00, and 19:00. The data provided by INAMHI was filtered, refined and ordered twice, eliminating erroneous transcription values. This meteorological information was evaluated by developing a script in Rstudio using statistical methods such as Pearson's correlation coefficient (CC), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE) and relative bias (PBIAS). The technical specifications of the instruments of both types of stations were reviewed to rule out possible atypical mistakes due to failures in the instruments and equipment. The CC in rainfall is low in all seasons, while in temperature it is high in M0031 (0.73), M1036 (0.62) and M1208 (0.66) and low in M0026 (0.3), M0103 (0.36) and M1233 (0.06). The MAE of rainfall was high in all stations, while for temperature it was high in: M0026 (6.24), M1036 (3.21) and M1233 (8.45) and low in M031 (1.71), M0103 (2.8) and M1208 (2.34). The RMSE of rainfall was high in all stations, while in temperature it was high in M1233 (23.61) and low in M0026 (8.22), M0031 (2.44), M0103 (6.20), M1036 (4.78) and M1208 (3.6). The PBIAS indicates that the EMA overestimates rainfall in all seasons, while it overestimates temperature in M0031 (13.52), M0103 (18.12), M1036 (27.0) and M1208 (9.09), and underestimates M0026 (-21.63) and M1233. (-21.12). The good correlation of temperature in the stations M0031, M1036 and M1208, allows the use of the EMA as a secondary source of data, needing to adjust the sensors to avoid over or underestimation of data; while it is not possible in rainfall due to low correlation in all seasons.

**Keywords:** conventional station, automatic, correlation, temperature, precipitation.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....</b>	<b>ii</b>
<b>CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....</b>	<b>iii</b>
<b>AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>vii</b>
<b>AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>viii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>ix</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>6. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
6.1. <i>Objetivo General .....</i>	<i>7</i>
6.2. <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>7</i>
<b>7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....</b>	<b>8</b>
<b>8. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>9</b>
8.1. <i>Meteorología y Climatología .....</i>	<i>9</i>
8.1.1. <i>Tiempo Atmosférico.....</i>	<i>10</i>
8.1.2. <i>Clima .....</i>	<i>10</i>
8.1.3. <i>Variables Meteorológicas .....</i>	<i>11</i>
8.1.3.1. <i>Temperatura. ....</i>	<i>11</i>
8.1.3.2. <i>Precipitación.....</i>	<i>13</i>
8.1.3.3. <i>Presión Atmosférica. ....</i>	<i>14</i>
8.1.3.4. <i>Humedad.....</i>	<i>15</i>
8.2. <i>Estaciones Meteorológicas.....</i>	<i>16</i>

8.2.1.	Importancia de las Estaciones Meteorológicas.....	16
8.2.2.	Tipos de Estaciones Meteorológicas .....	16
8.2.2.1.	Estaciones Meteorológicas Convencionales.....	17
8.2.2.1.1.	Instrumentos de una estación convencional.....	17
8.2.2.1.2.	Funcionamiento.....	18
8.2.2.1.2.1.	Termómetro de máxima y mínima. ....	18
8.2.2.1.2.2.	Pluviómetro - pluviógrafo.....	18
8.2.2.1.2.3.	Higrómetro.....	19
8.2.2.1.2.4.	Barómetro. ....	19
8.2.2.1.2.5.	Anemómetro y Veleta.....	19
8.2.2.2.	Estaciones Meteorológicas Automáticas. ....	19
8.2.2.2.1.	Instrumentos de una estación automática.....	20
8.2.2.2.2.	Funcionamiento.....	21
8.2.2.2.2.1.	Sensores de temperatura. ....	21
8.2.2.2.2.2.	Pluviógrafo de cazoletas basculantes.....	21
8.2.2.2.2.3.	Sensor de presión atmosférica. ....	21
8.2.2.2.2.4.	Anemómetro y Veleta.....	22
8.2.2.2.2.5.	Piranómetros. ....	22
8.3.	<i>Errores en las mediciones de las variables meteorológicas</i> .....	22
8.3.1.	Errores humanos .....	22
8.3.2.	Errores mecánicos.....	24
8.4.	<i>La estadística en el análisis de variables meteorológicas</i> .....	25
8.5.	<i>Fundamento Legal</i> .....	26
8.5.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	26
8.5.2.	Código Orgánico del Ambiente.....	26
8.5.3.	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.....	27
8.5.4.	Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua.....	28
8.5.5.	Resolución Nro. SNGRE-049-2018 .....	29
<b>9.</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>29</b>
9.1.	<i>Hipótesis Nula</i> .....	29
9.2.	<i>Hipótesis Alternativa</i> .....	29
<b>10.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>29</b>
10.1.	<i>Tipo de Investigación</i> .....	29

10.1.1.	Investigación Bibliográfica .....	30
10.1.2.	Investigación Exploratoria.....	30
10.1.3.	Investigación Analítica .....	30
10.2.	<i>Métodos</i> .....	30
10.2.1.	Método Analítico.....	30
10.2.2.	Método cuantitativo de análisis de series cronológicos o temporales. ....	31
10.3.	<i>Técnicas</i> .....	31
10.3.1.	Revisión de registros .....	31
10.4.	<i>Actividades</i> .....	31
10.4.1.	Área de Estudio .....	31
10.4.1.1.	Descripción Climatológica de las estaciones estudiadas .....	32
10.4.2.	Especificaciones técnicas de los instrumentos presentes en las estaciones meteorológicas.....	32
10.4.3.	Recopilación de datos meteorológicos. ....	33
10.4.4.	Procesamiento de datos .....	33
10.4.5.	Análisis de datos.....	35
10.4.5.1.	Depuración de datos meteorológicos.....	35
10.4.5.1.1.	Arreglo de datos y depuración de datos de las estaciones convencionales.	
	35	
10.4.5.1.2.	Arreglo de datos y depuración de datos de las estaciones automáticas..	36
10.4.5.1.3.	Segundo arreglo de datos de las estaciones convencionales. ....	36
10.4.5.1.4.	Segundo arreglo de datos de las estaciones automáticas.....	37
10.4.5.2.	Programación del script en R.....	37
10.4.5.2.1.	Evaluación cuantitativa mediante indicadores estadísticos. ....	37
10.4.5.2.1.1.	Coeficiente de Correlación de Pearson (CC). ....	37
10.4.5.2.1.2.	Error medio absoluto (MAE). ....	38
10.4.5.2.1.3.	Raíz del error cuadrático medio (RMSE). ....	39
10.4.5.2.1.4.	Sesgo relativo (PBIAS).....	40
10.4.5.3.	Gráficas de los resultados obtenidos. ....	40
10.4.6.	Distribución espacial de las condiciones atmosféricas.....	40
<b>11.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
11.1.	<i>RESULTADOS</i> .....	41
11.1.1.	Evaluación de las estaciones meteorológicas. ....	41

11.1.1.1. Estación M0026 - Puerto Ila.....	41
11.1.1.1.1. Climatología.....	41
11.1.1.1.2. Serie temporal de precipitación.....	42
11.1.1.1.3. Serie temporal de temperatura.....	42
11.1.1.1.4. Evaluación cuantitativa.....	43
11.1.1.2. Estación M0031 – Cañar.....	44
11.1.1.2.1. Climatología.....	44
11.1.1.2.2. Serie temporal de precipitación.....	45
11.1.1.2.3. Serie temporal de temperatura.....	46
11.1.1.2.4. Evaluación cuantitativa.....	47
11.1.1.3. Estación M0103 - San Gabriel.....	48
11.1.1.3.1. Climatología.....	48
11.1.1.3.2. Serie temporal de precipitación.....	49
11.1.1.3.3. Serie temporal de temperatura.....	49
11.1.1.3.4. Evaluación cuantitativa.....	50
11.1.1.4. Estación M1036 - Riobamba Politécnica.....	51
11.1.1.4.1. Climatología.....	51
11.1.1.4.2. Serie temporal de precipitación.....	52
11.1.1.4.3. Serie temporal de temperatura.....	52
11.1.1.4.4. Evaluación cuantitativa.....	53
11.1.1.5. Estación M1208 - La Teodomira.....	54
11.1.1.5.1. Climatología.....	54
11.1.1.5.2. Serie temporal de precipitación.....	54
11.1.1.5.3. Serie temporal de temperatura.....	55
11.1.1.5.4. Evaluación cuantitativa.....	56
11.1.1.6. Estación M1233 – Cantagallo, Granja, UNESU.....	56
11.1.1.6.1. Climatología.....	56
11.1.1.6.2. Serie temporal de precipitación.....	57
11.1.1.6.3. Serie temporal de temperatura.....	58
11.1.1.6.4. Evaluación cuantitativa.....	58
11.1.2. Especificaciones técnicas de los instrumentos presentes en las estaciones meteorológicas.....	59
11.1.2.1. Convencionales.....	59
11.1.2.2. Automáticas.....	61

11.1.3.	Distribución espacial de las condiciones atmosféricas.....	61
11.1.3.1.	Precipitación.....	61
11.1.3.2.	Temperatura.....	62
11.2.	<i>DISCUSIÓN</i> .....	63
11.2.1.	Evaluación cuantitativa de los datos meteorológicos entre estaciones convencionales y automáticas. ....	64
11.2.1.1.	Correlación de Pearson.....	64
11.2.1.2.	Error Medio Absoluto.....	65
11.2.1.3.	Raíz del error cuadrático medio.....	66
11.2.1.4.	Sesgo relativo PBIAS. ....	66
<b>12.</b>	<b>IMPACTOS.....</b>	<b>67</b>
12.1.	<i>Ambiental.....</i>	67
12.2.	<i>Socioeconómico.....</i>	67
<b>13.</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>68</b>
<b>14.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
14.1.	CONCLUSIONES.....	69
14.2.	RECOMENDACIONES .....	70
<b>15.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
<b>16.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>
	<i>Anexo 1. Zona de Estudio.....</i>	81
	<i>Anexo 2. Inventario de instrumentos de las estaciones meteorológicas convencionales.....</i>	82
	<i>Anexo 3. Estado del instrumental de las estaciones meteorológicas automáticas.....</i>	88
	<i>Anexo 4. Cronograma de Actividades y Tesis. ....</i>	89
	<i>Anexo 5. Cronograma de Actividades y Tesis. ....</i>	899
	<i>Anexo 6. Aval de traducción del resumen del proyecto de investigación. ....</i>	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación. ....</i>	5
Tabla 2.	<i>Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes. ....</i>	8
Tabla 3.	<i>Instrumentos principales de una estación convencional.....</i>	17
Tabla 4.	<i>Sensores de una estación automática.....</i>	20

Tabla 5. <i>Estaciones meteorológicas, serie 2014-2021.</i> .....	32
Tabla 6. Interpretación del Coeficiente de Correlación.....	41
Tabla 7. <i>Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M0026.</i> .....	44
Tabla 8. <i>Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M0031.</i> .....	48
Tabla 9. <i>Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M0103.</i> .....	51
Tabla 10. <i>Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M1036.</i> .....	54
Tabla 11. <i>Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M1208.</i> .....	56
Tabla 12. <i>Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M1233.</i> .....	59
Tabla 13. <i>Estado del instrumental de las estaciones convencionales.</i> .....	60
Tabla 14. <i>Presupuesto del proyecto de investigación.</i> .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Caseta meteorológica con termómetros de máxima y mínima.</i> .....	12
Figura 2. <i>Pluviómetro del modelo Hellmann.</i> .....	14
Figura 3. <i>Barómetro de mercurio.</i> .....	15
Figura 4. <i>Termohigrógrafo.</i> .....	16
Figura 5. <i>Comparación de datos de temperatura entre estaciones convencionales y automáticas.</i> .....	34
Figura 6. <i>Comparación de datos de precipitación entre estaciones convencionales y automáticas.</i> .....	34
Figura 7. <i>Intensidad de la relación entre variables mediante el coeficiente de correlación de Pearson.</i> .....	38

Figura 8. <i>Serie temporal de precipitación de la estación M0026 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	42
Figura 9. <i>Serie temporal de temperatura de la estación M0026 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	43
Figura 10. <i>Serie temporal de precipitación de la estación M0031 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	46
Figura 11. <i>Serie temporal de temperatura de la estación M0031 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	47
Figura 12. <i>Serie temporal de precipitación de la estación M0103 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	49
Figura 13. <i>Serie temporal de temperatura de la estación M0103 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	50
Figura 14. <i>Serie temporal de precipitación de la estación M1036 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	52
Figura 15. <i>Serie temporal de temperatura de la estación M1036 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	53
Figura 16. <i>Serie temporal de precipitación de la estación M1208 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	55
Figura 17. <i>Serie temporal de temperatura de la estación M1208 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	55
Figura 18. <i>Serie temporal de precipitación de la estación M1233 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	57
Figura 19. <i>Serie temporal de temperatura de la estación M1233 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.</i> .....	58
Figura 20. <i>Mapa de isoyetas del área de estudio.</i> .....	62
Figura 21. <i>Mapa de isotermas del área de estudio.</i> .....	63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Mapa de Ubicación.</i> .....	81
Ilustración 2. <i>Inventario de instrumentos de la estación M0026.</i> .....	82

Ilustración 3. <i>Inventario de instrumentos de la estación M0031.</i> .....	82
Ilustración 4. <i>Inventario de instrumentos de la estación M0103.</i> .....	83
Ilustración 5. <i>Inventario de instrumentos de la estación M01036.</i> .....	85
Ilustración 6. <i>Inventario de instrumentos de la estación M01208.</i> .....	85
Ilustración 7. <i>Inventario de instrumentos de la estación M01233.</i> .....	86

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título**

Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021.

### **Lugar de ejecución**

Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

### **Institución, Unidad Académica y carrera que auspicia**

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Universidad Técnica de Cotopaxi - Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales-  
Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

### **Nombres del equipo de investigadores**

Tutor: M.Sc. José Luis Agreda Oña.

Estudiantes: Evelyn Katherine Loyola Cueva

Víctor Hugo Salazar Hinojosa

LECTOR 1: Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante M.Sc.

LECTOR 2: Ing. Oscar Rene Daza Guerra M.Sc.

LECTOR 3: Ing. Rodolfo Matius Mendoza Poma M.Sc.

### **Área de conocimiento**

Ciencias Naturales; Medio Ambiente; Ciencias Ambientales.

### **Líneas de investigación**

Energías Alternativas y Renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

### **Sublínea de Investigación**

Sostenibilidad Ambiental.

### **Línea de vinculación**

Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano y social.

## 2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de actividades y servicios que contribuyen al avance de la humanidad ha requerido de la disponibilidad de información necesaria para la toma de decisiones, entre las cuales se encuentra la información meteorológica de la atmósfera. Para Gattinoni et al., (2011) esta información meteorológica resulta de gran utilidad para realizar pronósticos, preparar operaciones que dependen del tiempo atmosférico, desarrollo de estudios agro climatológicos y para dar a conocer alertas tempranas de eventos atmosféricos adversos. Mientras que Marina, (2015) agrega la importancia de este tipo de información para poder caracterizar la climatología y las condiciones meteorológicas presentes en un área determinada.

El registro de los datos meteorológicos se lleva a cabo mediante el uso de instrumentos y sensores presentes en estaciones convencionales y automáticas. Pero, según Arteaga-Ramírez et al., (2017), las estaciones no están exentas de cometer errores, ya sean de carácter humano o mecánico, registrando errores que no representan la realidad. Por tal motivo, es importante que los meteorólogos empleen el uso de la estadística, no solo para el análisis y estudio de las variables meteorológicas, sino también para verificar que la información entregada es de calidad.

Las estaciones meteorológicas deben garantizar un control en la calidad de los datos que generan, por lo que, según Aliaga, (2021) se realiza un tratamiento que consiste en la evaluación y verificación de la información mediante pruebas comparativas, estadísticas, entre otras. De esta manera se puede detectar y filtrar posibles errores, para posteriormente poder corregirlos de ser necesario, con el fin de entregar datos confiables.

De hecho, la Organización Meteorológica Mundial, (1993) sugiere que, para tener datos de mejor calidad, se debe tener una operación paralela de estaciones automáticas y convencionales, para de esta manera poder correlacionar estadísticamente los datos que genere cada una. Inclusive, la OMM, (2008) indica que cuando se instala una estación automática, es necesario contar con información de otra estación convencional para poder comparar los datos que registran en un periodo de tiempo determinado para poder corregirlas y que la información entregada contenga la menor cantidad de errores.

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, al ser la entidad encargada de la información hidrometeorológica en el Ecuador, tiene como finalidad organizar, administrar, procesar, centralizar y poner a disposición toda la información meteorológica. Para ello, es

necesario analizar y estudiar los datos registrados para que la información divulgada tenga un alto grado de calidad y confiabilidad. Lo cual tiene mayor dificultad en los últimos años debido a que las estaciones convencionales han disminuido en el país.

En un informe presentado por Horna & Maisincho, (2019), se indica que la falta de presupuesto para contratar a los observadores meteorológicos en el país, ha provocado la disminución de estaciones meteorológicas. Esto provoca que el control de calidad de datos meteorológicos sea más complicado al no tener datos secundarios de estaciones convencionales para su comparación y oportuna corrección de errores.

Este es uno de los motivos por los que en el país casi no existan investigaciones que correlacionen las variables de una estación convencional y una automática. Por tal motivo, este estudio tiene como objetivo determinar la relación existente entre las variables temperatura y precipitación registradas de forma simultánea en seis estaciones meteorológicas ubicadas a nivel nacional.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Las estaciones automáticas presentan algunas ventajas frente a las estaciones convencionales. Entre las principales ventajas destaca la eliminación de problemas debido a subjetividad por parte de los observadores, errores de digitación, transmisión en tiempo real a bajo costo, mejor resolución temporal y registro de variables en sitios difíciles de acceder para un observador meteorológico. Aunque las estaciones automáticas sean más exactas que las convencionales, también presentan algunas desventajas que ocasionan el registro de datos erróneos, como el hecho de que requieren un mantenimiento especializado y más frecuente que las estaciones convencionales.

Para evaluar el correcto funcionamiento de las estaciones automáticas se debe comparar con las estaciones convencionales y viceversa, incluso en el cambio de estaciones automáticas por convencionales, es necesario que se realice un análisis estadístico para contrastar las diferencias de las mediciones, dependiendo del sensor o instrumento utilizado en cada estación. En caso de que se ubiquen los dos tipos de estaciones, es necesario dar continuidad a la serie de datos, para poder ajustarlos en caso de que se presenten variaciones estadísticamente notables.

La interoperación entre las bases de datos de cada una de las distintas estaciones pondrá en evidencia si las estaciones convencionales y automáticas ubicadas en diferentes sectores están

proporcionando datos acertados a la realidad, ya que ambos tipos de estaciones están sujetas a errores humanos o mecánicos por deterioro de los instrumentos de medición o sensores.

La obtención de la correlación entre ambos tipos de estaciones proporcionará una herramienta práctica para las instituciones e investigadores científicos, al contar con un antecedente en las brechas estadísticas existentes entre ambos tipos de estaciones teniendo en cuenta factores de ubicación y temporalidad, permitiendo realizar proyecciones a largo y corto tiempo.

Los protocolos y técnicas aplicados en este estudio servirán como referentes para la determinación de la correlación en la totalidad de estaciones ubicadas a nivel nacional y que se encuentran en operación bajo el control de INAMHI.

Con la correlación entre las estaciones se consigue conocer si existen errores y que tan grandes son, sirviendo para poder corregirlos en un futuro y generando datos más exactos. Estos datos más fieles pueden servir a los profesionales para ajustar el presupuesto de una obra o proyecto y tomar en cuenta eventos atmosféricos adversos que puedan generar una mayor inversión.

Al obtener datos más reales, se consigue que la economía de algunas personas como los agricultores no se vea afectada por fenómenos atmosféricos. Al conocer las épocas de fuertes sequías o abundantes precipitaciones o heladas, los agricultores pueden tomar decisiones para el desarrollo de sus actividades, evitando tener pérdidas en sus cultivos y su economía. Además, con pronósticos basados en datos más exactos, se puede informar a la población de futuras precipitaciones fuertes que puedan provocar inundaciones, deslaves y pérdida de bienes.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de investigación beneficiará de manera directa tanto a los profesionales dentro del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, como al desarrollo de conocimiento en los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, según se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación.*

<b>BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>	<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>	
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI	Universidad Técnica de Cotopaxi / Carrera de Ingeniería Ambiental	
<b>BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>	<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>	
	Alumnos de la universidad	11580
<b>109</b>	Docentes	350
	Empleados	182
	<b>Total</b>	<b>12112</b>
<b>TOTAL</b>	<b>12221</b>	

*Nota.* La tabla muestra los beneficiarios directos e indirectos.

Gracias a la presente investigación, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), podrá conocer si existe o no diferencia entre los datos registrados de las estaciones convencionales en comparación con los registrados por las estaciones automáticas. Esta correlación podrá ser replicada para el estudio de otras estaciones meteorológicas del país, con el fin de entregar datos más reales y con menor cantidad de errores.

## 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde los inicios de la humanidad, los seres humanos hemos intentado comprender y predecir el comportamiento del clima y la atmósfera. Las primeras formas de estudio de la atmósfera se remontan a la antigua Grecia, donde se construían aparatos para medir la velocidad y dirección del viento. La medición de las variables meteorológicas se llevó a cabo gracias a la invención del termómetro (1607), barómetro (1643) y el anemómetro (1667). El estudio de la atmósfera continuó por los siguientes siglos, descubriendo su utilidad y relación con el desarrollo de las actividades humanas. Por tal motivo se optó por crear un organismo que controle y regule las actividades meteorológicas y climatológicas alrededor del mundo: la Organización Meteorológica Mundial. Esta organización se encargó de normalizar los instrumentos y equipos que se ubican en las estaciones meteorológicas de los países alrededor del mundo.

Si bien las estaciones meteorológicas convencionales resultaron bastante útiles por varios años, existían errores en la medición, observación, registro y almacenamiento de datos; lo que las volvía menos confiables y cercanas a la realidad. En otras palabras, las estaciones convencionales presentan errores debido a factores humanos, principalmente ocasionados por los observadores. Es por ello que, con la ayuda de la ingeniería y tecnología, se empezaron a emplear las estaciones meteorológicas automáticas, las cuales prescindían de observadores para el registro de las variables meteorológicas, recogían datos en todo momento del día y disminuían los errores presentes en las estaciones convencionales.

A pesar de ello, las estaciones meteorológicas automáticas no están exentas de errores. Si bien este tipo de estaciones no cuentan con errores humanos, se presentan errores mecánicos debido a fallas en los sensores, poco rango de medición, falta de mantenimiento, entre otros. Aunque los datos generados por estas estaciones presenten algunos errores, son usados en todo el Ecuador para el desarrollo de actividades, proyectos y obras de carácter ambiental y socioeconómico, así como para la toma de decisiones. Por este motivo es importante verificar la confiabilidad de los datos registrados, correlacionándolos mediante métodos estadísticos.

De hecho, esta correlación entre variables es importante para validar la información recopilada tanto por las estaciones convencionales como por las estaciones automáticas, por ello la OMM recomienda que los instrumentos registradores sean comparados frecuentemente con los instrumentos de lectura directa, para verificar si existen errores. Por lo cual, esta investigación busca evidenciar el problema de información meteorológica no tan confiable.

La contaminación atmosférica es un tema de preocupación mundial, y nuestro país no es la excepción. Si bien el Estado cuenta con un plan para el estudio del cambio climático, debido a la falta de datos correctos, el análisis de la problemática del cambio climático en el país no se puede realizar de manera exacta. Al conocer que existen errores en las estaciones y corregirlos, se puede contar con información fiel al entorno de estudio, pudiendo estudiar problemáticas ambientales como el cambio climático, la erosión, la desertificación, las inundaciones, las sequías, las heladas y las fuertes olas de calor.

Otro problema derivado de la falta de información meteorológica confiable es el hecho de que la exactitud de los pronósticos disminuye. Lo que puede resultar en que la toma de decisiones del día a día de las personas no sea la más correcta. Además, otras actividades basadas en información meteorológica como los sectores de agricultura, salud pública, pesca, turismo, gestión de riesgo, energía y transporte; se ven afectados a la hora de tomar decisiones

importantes. Lo que hace que este estudio sea importante para poder conocer si la información registrada es la correcta, o si se debe ajustar y/o corregir los equipos, sensores o instrumentos.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1.Objetivo General**

- Determinar la relación existente entre las variables temperatura y precipitación en seis estaciones meteorológicas ubicadas a nivel nacional.

### **6.2.Objetivos Específicos**

- Preparar la data de las estaciones con el fin de eliminar errores atípicos presentes en las bases de datos.
- Relacionar estadísticamente las variables de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas automáticas y convencionales a través de un script computacional.
- Analizar las condiciones climatológicas geográficas del sector en la ubicación de las estaciones meteorológicas para determinar el grado de correlación.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2**

*Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.*

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Preparar la data de las estaciones con el fin de eliminar errores atípicos presentes en las bases de datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación de los datos atípicos en la data meteorológica obtenidos de cada estación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de tiempos coordinables entre ambas estaciones</li> <li>• Filtrado de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos meteorológicos limpios de errores atípicos para su posterior verificación con el funcionamiento del instrumental de las estaciones.</li> </ul>
OBJETIVO 2	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Relacionar las variables de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas automáticas y convencionales a través de un script computacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitación del script en r.</li> <li>• Análisis de los métodos de correlación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de los métodos de correlación al programa r tomando en cuenta los factores de cada método</li> <li>• Comparación de las datas entre las estaciones automáticas y convencionales</li> <li>• Interpretación de los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficiente de correlación de Pearson, error medio absoluto, raíz del error cuadrático medio y sesgo relativo; entre valores de precipitación y temperatura de las estaciones convencionales y automáticas.</li> </ul>

OBJETIVO 3	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Analizar las condiciones climatológicas geográficas del sector en la ubicación de las estaciones meteorológicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda bibliográfica de la climatología del sector</li> <li>Análisis del cambio y variación climática en las variables.</li> <li>Análisis de las correlaciones generadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación cualitativa mediante revistas, artículos y en los PDOT de los cantones en los que se ubican las estaciones.</li> <li>Software</li> <li>Análisis del índice de confiabilidad.</li> </ul>	<p>resultados mediante gráficas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clasificación según el grado de correlación de las variables precipitación y temperatura en un mapa de isoyetas e isothermas.</li> </ul>

*Nota.* Actividades propuestas con respecto a los objetivos. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

## 8. MARCO CONCEPTUAL

### 8.1. Meteorología y Climatología

Tanto la meteorología como la climatología son ciencias que estudian los fenómenos atmosféricos. Para Zúñiga & Crespo del Arco, (2021) existe una diferencia entre estas dos ciencias, por un lado, la meteorología se enfoca en estudiar fenómenos que duran unas horas o días; mientras que la climatología se basa en estudiar y analizar los promedios de las variables meteorológicas en periodos representativos (mayores a 30 años).

Zaragoza, (2013) afirma que la meteorología es una ciencia compleja debido a que se encarga de estudiar los fenómenos atmosféricos para poder predecir eventos futuros, aunque no con

tanta exactitud. Por su parte, Prieto et al., (2018) indican que la climatología es una ciencia con la que se construyen series climáticas a través de recolección, procesamiento e interpretación de datos, para estudiar la variabilidad climática en un periodo de tiempo, así como el impacto de dicha variabilidad sobre la vida económica y social de las personas.

### **8.1.1. *Tiempo Atmosférico***

Podemos definir al tiempo atmosférico como los fenómenos atmosféricos que presenciamos cada día, y que varían rápidamente. Por ejemplo, en la mañana podemos tener un tiempo atmosférico cálido debido a que el cielo está despejado, pero en la tarde se pone frío y comienza a llover debido a la acumulación de nubes.

Si bien en nuestro idioma los términos clima y tiempo atmosférico son sinónimos e incluso se asocian con la misma definición, en realidad son diferentes a escalas temporales. El tiempo atmosférico es definido por Rivas, (2018) como el estado atmosférico que presenta un lugar en un tiempo determinado, es decir, en el momento de la observación, por lo que puede llegar a variar.

El tiempo meteorológico se describe como “el estado atmosférico actual, y que está relacionado principalmente con los efectos en la vida y las actividades humanas” (American Meteorological Society, 2018b). Por lo que el tiempo atmosférico se diferencia del clima porque sus variaciones son a corto plazo, desde minutos a horas.

### **8.1.2. *Clima***

Ahora que tenemos clara la definición de tiempo atmosférico podemos entender a qué se refiere el clima. Rivas, (2018) define al clima como los promedios de los tiempos atmosféricos en un periodo de tiempo amplio (30 años mínimo), por lo que es bastante estable. Otros autores dan una definición similar a la antes presentada:

Por lo general, se caracteriza en términos de promedios adecuados del sistema climático durante períodos de un mes o más, teniendo en cuenta la variabilidad en el tiempo de estas cantidades promediadas. Las clasificaciones climáticas incluyen la variación espacial de estas variables promediadas en el tiempo. Comenzando con la visión del clima local como poco más que el curso anual de los promedios a largo plazo de la temperatura superficial y la precipitación, el concepto de clima se ha ampliado y evolucionado en las últimas décadas en respuesta a la mayor comprensión de los

procesos subyacentes que determinan el clima y la su variabilidad. (American Meteorological Society, 2018a)

Las condiciones climáticas han sido parte del desarrollo de la humanidad desde tiempos remotos, favoreciendo o dificultando su desarrollo. Para la Plataforma Educativa en Cambio Climático, (2019) las condiciones climáticas como la lluvia y temperatura han favorecido el desarrollo de civilizaciones como la Egipcia; mientras que, en civilizaciones como la Maya, el cambio del régimen de lluvias significó serias afectaciones en las actividades hasta llegar a desintegrar su civilización. Bernal, (2000) afirma que las condiciones extremas de precipitación como de temperatura pueden afectar las actividades humanas en el ámbito productivo, mental y físico.

El Ecuador es un país con diversidad de climas determinadas debido a varios factores que posee. Las condiciones naturales que lo modifican son “latitud, geografía, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, distancia al océano, los vientos y las corrientes marinas” (Portilla, 2018).

En las regiones del Ecuador existen diferentes climas, según Varela & Ron, (2020) la región Costa presenta un clima tropical árido al suroeste, seco a húmedo hacia el centro-sur y muy húmedo al norte; la región Sierra tiene un clima tropical muy húmedo en zonas de transición hacia el litoral y Amazonía, templado semihúmedo a húmedo en la zona interandina, cálido y seco en los valles interandinos y frío de alta montaña en los páramos, sobre los 3000 m de altitud; la región Oriental o Amazónica presenta un clima tropical muy húmedo en toda la región durante todo el año, debido a los bosques amazónicos; mientras que la región Insular se caracteriza por tener un clima árido a muy seco en los bordes litorales y semihúmedo a húmedo conforme aumenta la altura.

### **8.1.3. Variables Meteorológicas**

Existen algunas variables meteorológicas que son observadas y registradas por las estaciones meteorológicas. Estas variables son importantes para el análisis de la atmósfera. Según Agrón & Enríquez, (2021), las variables meteorológicas ayudan estudiar la atmósfera conociendo estos parámetros o magnitudes como la temperatura, humedad, presión atmosférica y precipitación.

#### **8.1.3.1. Temperatura.**

La temperatura es una variable meteorológica que indica que tan fría o caliente se encuentra la atmósfera de un lugar. Oldani, (2020) indica que se debe diferenciar el término temperatura y

calor pues, a pesar que son sinónimos, el calor es una forma de energía que pasa de un cuerpo a otro, mientras que la temperatura es una magnitud que se da por el estado de agitación molecular.

Al ser una variable o magnitud, la temperatura tiene una unidad de medición. Según Garreaud & Meruane, (2005), en el Sistema Internacional de Unidades, la unidad en que se mide es el Kelvin, a pesar de ello, en los países de Latinoamérica se acostumbra a medir en grados Celsius o centígrados, mientras que en Estados Unidos se mide en Fahrenheit. Coronado, (2007) afirma que el agua es la referencia para los grados Celsius, siendo  $0^{\circ}\text{C}$  el punto de congelación y  $100^{\circ}\text{C}$  el punto de ebullición del agua.

La temperatura se mide con termómetros. Para medir la temperatura se deben ubicar estos termómetros en un ambiente bien ventilado y protegido de la radiación solar, por lo que se ubican dentro de una garita meteorológica (Figura 1).

### **Figura 1**

*Caseta meteorológica con termómetros de máxima y mínima.*



*Nota.* Instrumentos básicos de una caseta meteorológica. Tomado de Ibaceta, (2010).

Se utilizan termómetros líquidos de mercurio y alcohol. Según Garreaud & Mearuane, (2005), el termómetro de mercurio sirve para medir la temperatura máxima (temperaturas mayores a  $30^{\circ}\text{C}$ ), mientras que el termómetro de alcohol sirve para medir la temperatura mínima del día (temperaturas mayores a  $-62^{\circ}\text{C}$ ).

### 8.1.3.2. Precipitación.

La precipitación es otra variable muy importante de medir. Para Tapia, (2016) la precipitación se define como las formas sólidas o líquidas que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. La precipitación no solo se refiere a la lluvia, sino que también se agrupa al granizo, la llovizna, la nieve, la niebla y la neblina. Esta definición es compartida por otros autores, que afirman que:

La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado. (IDEAM, 2019)

La precipitación, al igual que otras variables meteorológicas, cumple un papel importante en las actividades humanas y en los fenómenos del ambiente. Para Schnabel, (1998) la precipitación es un factor que interviene de manera positiva (crecimiento de plantas) o negativa (degradación y erosión de suelo).

Como ya vimos, la precipitación se presenta de diferentes maneras y a continuación se define a cada una de ellas.

- **Lluvia:** “Gotas de agua líquida de diámetro mayor a los 0.5 mm que llegan al suelo” (Senamhi, 2018).
- **Granizo:** “Glóbulo o trozo de hielo, con un diámetro de 5 a 50 mm. o incluso más, cuya caída constituye la granizada” (Gutiérrez, 1996).
- **Nieve:** “Precipitación de cristales de hielo aislados o aglomerados que cae de una nube” (IDEAM, 2019).
- **Neblina:** “Masa de aire que contiene infinitas micro gotas de agua que reducen la visibilidad a menos de 1 km” (Molina & Escobar, 2005).

La precipitación debe ser medida antes de ser registrada. Nina & Rubio, (2020) indican que la precipitación recogida es medida en milímetros de agua (mm), lo que significa la altura en milímetros que alcanzaría el agua en una superficie de  $1\text{m}^2$ . La recolección de la lluvia se utiliza un instrumento llamado pluviómetro (Figura 2). Según Barco & Cifuentes, (2018) el pluviómetro es un instrumento empleado en estaciones meteorológicas para la medición de la cantidad de precipitación caída en un lugar durante un tiempo determinado. Para una recolección de datos automática se puede utilizar el pluviógrafo.

**Figura 2.**

*Pluviómetro del modelo Hellmann.*



*Nota.* Instrumento recolección de lluvia. Tomado de López, (2020).

### **8.1.3.3. Presión Atmosférica.**

La presión atmosférica es una variable esencial para la predicción del tiempo. Peña, (2019) define a la presión atmosférica como el peso de la masa de aire por cada unidad de superficie. Según indica el artículo de López, (2018) la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en las cumbres de nevados y montañas. Esta definición es compartida por varios autores que afirman que el aire ejerce un peso:

La Presión atmosférica se refiere a un diferencial, una columna imaginaria de aire a la que se le mide su peso en un punto determinado en la superficie terrestre. Esta columna, ejerce una presión sobre el punto arrojando un valor. (Barco & Cifuentes, 2018)

Como vimos anteriormente, en la presión se relacionan la fuerza y la unidad de área. Por lo que, según INACAP, (2020), en el Sistema Internacional de Unidades esta variable es medida en la unidad de Pascales. A pesar de ello, se pueden encontrar otras medidas como  $\text{Kgf/cm}^2$ ,  $\text{lbf/pulg}^2$ , atm o mm Hg. Para la medición de esta variable se usa comúnmente un barómetro de mercurio (Figura 3). “Este instrumento mide la altura de la columna de mercurio cuyo peso es compensado por la presión de la atmósfera” (Garreaud & Meruane, 2005).

### Figura 3

*Barómetro de mercurio.*



*Nota.* Instrumento de medición de presión atmosférica. Tomado de (Rodríguez, (2020).

#### 8.1.3.4. Humedad.

En el aire de la atmósfera se encuentran partículas diminutas de agua. Martínez, (2007) describe a este contenido de vapor de agua en el aire como la humedad. A esta humedad se la puede dividir en humedad relativa y humedad absoluta. La humedad absoluta se define como la “relación entre la masa de vapor de agua y el volumen ocupado por una mezcla de vapor de agua y aire seco”(IDEAM, 2019). A pesar de ser similar, la humedad relativa se entiende como:

La humedad relativa es la relación entre la presión actual del vapor de agua y la presión del vapor saturado, a la temperatura del bulbo seco. La humedad relativa se incrementa cuando el aire se enfría o cuando se agrega vapor de agua al aire. (Brock & Richardson, 2001)

La unidad de medida de la humedad es diferente para la humedad relativa y la absoluta. El artículo escrito por Rodríguez & León, (2012) afirma que la humedad absoluta se mide en  $\text{g/cm}^3$ , mientras que la humedad relativa se mide en %. Para poder medir la humedad del aire es necesario contar con un instrumento. Según Correa et al., (1975) se usa un instrumento llamado higrógrafo para medir la humedad del aire, aunque normalmente se encuentra como termohigrógrafos (Figura 4). Este instrumento debe colocarse dentro de la caseta meteorológica para evitar perturbaciones. El IDEAM, (2001) indica que el elemento sensible del higrógrafo es el haz de cabello cuya longitud varía dependiendo de la humedad del ambiente.

## Figura 4

*Termohigrógrafo.*



*Nota.* Registrador de humedad relativa . Tomado de Franco, (2021).

## 8.2. Estaciones Meteorológicas

Las variables meteorológicas son observadas, medidas y registradas en lugares específicos llamados estaciones meteorológicas. En el artículo escrito por Martínez, (2016) se define a las estaciones meteorológicas como el sitio donde se realizan las observaciones y mediciones meteorológicas mediante el uso de instrumentos. Esto se realiza para conocer el comportamiento atmosférico en las distintas zonas de un territorio.

### 8.2.1. Importancia de las Estaciones Meteorológicas

Es evidente que en los últimos años se ha incrementado la preocupación por los efectos producidos por el cambio climático. Esta búsqueda de conocimiento hace necesaria la presencia de estaciones meteorológicas. Según Casadiego, (2020) a nivel mundial se utilizan las estaciones meteorológicas para, mediante la recolección de datos, poder prevenir desastres naturales e incluso determinar comportamientos financieros y económicos en la bolsa mercantil. Además, para Forni, (2008) las estaciones meteorológicas son de importancia para los agricultores, asesores agropecuarios, corredores de granos, acopiadores y exportadores pues conocen el estado del tiempo y clima del sitio.

### 8.2.2. Tipos de Estaciones Meteorológicas

Existen muchas clasificaciones de las estaciones meteorológicas, pero comúnmente se las divide en convencionales y automáticas.

### 8.2.2.1. Estaciones Meteorológicas Convencionales.

Las estaciones meteorológicas convencionales son las más comunes alrededor del mundo debido al costo menor de su construcción y funcionamiento. Según Novoa & Guillén, (2018) estas estaciones utilizan instrumentos que no poseen un sistema de recolección y almacenamiento de datos, haciendo necesaria la intervención de una persona, por lo cual la medición puede variar un poco de la realidad. Fernández, (2020) afirma que en una estación convencional existe una persona capacitada llamada observador que se encarga de tomar apuntes de las variables meteorológicas.

#### 8.2.2.1.1. Instrumentos de una estación convencional.

Existen algunos instrumentos básicos con los que debe contar una estación convencional. Estos instrumentos son los siguientes:

#### Tabla 3.

*Instrumentos principales de una estación convencional.*

Parámetro	Sensor
Temperatura del aire	Termómetro
Temperatura del bulbo húmedo	Termómetro
Temperaturas extremas	Termómetro de máxima y mínima
Precipitación	Pluviómetro
Presión	Barómetro y Barógrafo
Rapidez del viento	Anemógrafo
Dirección del viento	Veleta
Humedad	Higrómetro

*Nota.* Instrumento de registro de parámetros. Tomado de Ureña, (2017).

En el artículo escrito por Figueroa & Zetina, (2018) se dice que en la caseta o garita meteorológica se protegen los instrumentos sensibles como: termómetros, psicrómetros, termohigrógrafos, higrógrafos, termógrafos e higrógrafos. Esta garita es de color blanco para que las variables externas como el calentamiento por rayos del sol y cuenta con rendijas para la circulación del aire.

### **8.2.2.1.2. *Funcionamiento.***

Los instrumentos de las estaciones convencionales se basan en principios físicos para su funcionamiento y medición de datos meteorológicos.

#### **8.2.2.1.2.1. Termómetro de máxima y mínima.**

Los termómetros son instrumentos utilizados para medir la temperatura del ambiente (en °C), encontrándose en las estaciones convencionales de dos maneras: termómetro de máxima o mercurio y termómetro de mínima o de alcohol. Según el WMO, (2018) los termómetros de líquido en cápsula de vidrio funcionan mediante la dilatación relativa del líquido con respecto al vidrio que lo contiene. Cada termómetro se compone de un tubo con una delgada perforación conectada a un bulbo principal el cual contiene el líquido.

Cada termómetro se encuentra lleno de un líquido diferente de acuerdo a lo que se pretenda medir. Según Cárdenas, (2014) el termómetro de máxima utiliza mercurio debido a que su coeficiente de dilatación es muy grande, haciendo que cuando se eleve empuje un estilete o índice y cuando baja este estilete se mantiene en su lugar, indicando la temperatura máxima alcanzada. El termómetro de mínima, por su parte utiliza alcohol debido a que este tiene un punto de ebullición de 78°C y su solidificación se alcanza a los -117°C, haciéndolo apto para la medición de temperaturas muy bajas.

#### **8.2.2.1.2.2. Pluviómetro - pluviógrafo.**

Para medir la precipitación que cae sobre un área se puede utilizar dos instrumentos parecidos: el pluviómetro y el pluviógrafo. En ambos casos, la unidad de medición es el mm de lluvia, lo que es lo mismo que un litro de agua por cada metro cuadrado. Según Iturralde, (2017) el pluviómetro es un instrumento que se ubica en un sitio plano, lejos de árboles y con la boca a una altura de 1.5 m del suelo; el cual está constituido por cinco partes: el embudo con borde biselado y diámetro de 20.32 cm que capta la lluvia precipitada, la probeta colectora de 6,42 x 50.8 cm que recoge el agua que entra por el embudo, un tanque cilíndrico que soporta el embudo, protege a la probeta y evita la evaporación, un trípode de hierro que sostiene el tanque y una regla milimétrica para medir la altura del agua captada.

El pluviógrafo tiene un funcionamiento y componentes similares al pluviómetro, pero presenta algunas diferencias. Según indica la WMO, (2018), el pluviógrafo de flotador mide tanto la intensidad como la cantidad de lluvia, cuyo funcionamiento depende de un flotador que transmite el movimiento a una plumilla que registra la información en una banda.

#### **8.2.2.1.2.3. Higrómetro**

El higrómetro es un instrumento que sirve para medir la humedad del aire en porcentaje o unidades de gramo de vapor de agua por m<sup>3</sup>. Según González & Álvarez, (2019) el higrómetro funciona con un haz de cabellos, los cuales son sensibles a la variación de humedad, incrementando su longitud al aumentar la humedad en el aire. Esta sensibilidad a la humedad se debe a la composición del cabello, pues las proteínas de su estructura (queratina) se unen por enlaces químicos débiles que reaccionan a la presencia de moléculas de agua en el aire.

#### **8.2.2.1.2.4. Barómetro.**

Para la medición de la presión atmosférica, las estaciones convencionales utilizan un instrumento conocido como barómetro. La presión atmosférica se puede medir en distintas unidades, siendo la más utilizada el hectopascal (hPa). Los barómetros, según explica Lara, (2018), se componen de una columna de líquido encerrada en un tubo con la parte superior cerrada, haciendo que el peso de la columna del líquido compense el peso de la atmósfera.

#### **8.2.2.1.2.5. Anemómetro y Veleta.**

La velocidad del viento es medida en nudos mediante un instrumento conocido como anemómetro. Según explica Almada, (2020) los anemómetros constan de una hélice con tres copas las cuales giran por acción del viento, registrando de esta manera la velocidad del viento.

Por su parte, la veleta es la encargada de indicar la dirección en la que fluye el viento. González & Álvarez, (2019) explican que la veleta utiliza las fuerzas de arrastre y sustentación para alinearse con el viento, indicando en los puntos cardinales la dirección hacia dónde va el viento.

### **8.2.2.2. Estaciones Meteorológicas Automáticas.**

Con el avance de la tecnología se logró simplificar y mejorar la toma de datos meteorológicos. Según indica Fernández, (2020), este tipo de estaciones toma de manera automática y registra la información en una memoria interna para después ser descargada y analizada. Este tipo de estaciones tienen ventajas sobre las convencionales como, por ejemplo:

Las estaciones automáticas permiten el acceso a la información meteorológica en tiempo real de lugares alejados y de difícil acceso, este procedimiento es imposible de realizar mediante la utilización de estaciones convencionales a menos que sean atendidas por un observador en forma permanente y que además el observados cuente con la tecnología

que le permita transmitir la información a un centro de acopio de información, que en este caso sería un instituto meteorológico (Ureña, 2017).

#### 8.2.2.2.1. *Instrumentos de una estación automática.*

Una estación automática tiene instrumentos especializados para recoger y almacenar los datos, por lo que debe contar con numerosos sensores para recolectar datos de las variables meteorológicas. La descripción que realizan Figueroa & Zetina, (2018) indica que las estaciones automáticas se componen de una consola que recibe la señal de los sensores, esta información se muestra en una pantalla digital, además se ubica sobre un trípode. Los datos de la consola se pueden exportar a Excel.

Según Campbell Scientific Spain, (2018), las estaciones meteorológicas cuentan con un datalogger que muestra los sensores y almacena los datos, sensores para medir los parámetros, una alimentación eléctrica de pilas alcalina o baterías recargables, una caja intemperie (donde se ubica el datalogger, los periféricos de comunicaciones, la fuente de alimentación y un barómetro) y un logger net que permite acceder simultáneamente a los datos. “Las variables meteorológicas que la estación desarrollada mide son: viento, lluvia, temperatura y humedad ambiente, horas de sol y presión atmosférica”(Cruz & Choque, 2018). Los sensores de una estación meteorológica automática se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Sensores de una estación automática.*

<b>Parámetros</b>	<b>Sensores</b>
Velocidad del viento	Anemómetros de cazoletas, hélice, o sónicos.
Dirección del viento	Veletas potencio métricas y anemómetros sónicos
Radiación solar	Piranómetros de fotocélula de silicio o termopila, sensores de PAR y radiómetros netos.
Temperatura (aire, agua, suelo)	Termisores, termopares o RTDs.
Humedad relativa	Sensores capacitivos que utilizan acondicionamiento interno.
Precipitación	Pluviómetros de cazoletas basculantes o de pesada.
Grosor de Nieve	Sensor de distancia ultrasónico.
Presión Barométrica	Tecnología de cuarzo resonante.
Humedad del suelo	Bloques de humedad, salidas analógicas.
Combustible forestal	Termistor y reflectómetro en varilla de pino de ponderosa.

*Nota.* Instrumento de registro de parámetros. Tomado de Campbell Scientific Spain, (2018).

#### **8.2.2.2.2. *Funcionamiento.***

Las estaciones automáticas utilizan una serie de sensores para recolectar la información meteorológica y registrarla en una base de datos.

##### **8.2.2.2.2.1. Sensores de temperatura.**

En estaciones automáticas, la temperatura es medida en °C mediante sensores conocidos como termocuplas, termistores o termómetros infrarrojos. Según, las termocuplas se forman por dos alambres unidos en un extremo, los cuales generan un voltaje pequeño ante la presencia de temperatura; los termistores son más sensibles pues están formados de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos y al ser un semiconductor funcionan como un “resistor térmico”; por último, los termómetros infrarrojos miden la temperatura de un objeto sin tocarlo, midiendo la radiación infrarroja emitida.

##### **8.2.2.2.2.2. Pluviógrafo de cazoletas basculantes.**

Según la WMO, (2018) el pluviógrafo basculante es similar al pluviómetro, pero presenta diferencias como el hecho de que no solo mide la lluvia acumulada, sino también la intensidad de la lluvia; dicha medición es registrada por una cubeta basculante con dos compartimientos de metal que al llenarse vierten la lluvia y generan pulsos eléctricos que son traducidos como cantidad e intensidad de lluvia.

##### **8.2.2.2.2.3. Sensor de presión atmosférica.**

En las estaciones automáticas existen sensores que pueden medir la presión atmosférica. El elemento sensible de este sensor es una membrana cuyo funcionamiento se explica a continuación:

Dentro tenemos una membrana que se deforma cuando sobre ella se aplica una presión. Esta membrana a su vez deforma un elemento piezoeléctrico que ve variar su resistencia con esa micro deformación. Este cambio de resistencia hace variar el voltaje de entrada que manda la ECU. Este cambio de valor es el que lee la unidad de mando. La ECU manda 5 V de manera constante a este sensor. En función del valor de presión en el colector, el valor de voltaje retornado será entre 0 y 5 V (Valladares, 2018).

#### **8.2.2.2.4. Anemómetro y Veleta.**

El funcionamiento y composición de estos instrumentos es igual tanto en estaciones automáticas como en convencionales, por lo que, esta información se puede encontrar en el punto 8.2.2.1.2.5.

#### **8.2.2.2.5. Piranómetros.**

La radiación solar es una variable meteorológica de gran importancia, por lo que se mide en las estaciones automáticas con un instrumento llamado piranómetro. La radiación solar se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). Pérez, (2018) describe al piranómetro como un instrumento compuesto por una termopila recubierta con una pintura de alta absorptividad, un cuerpo de pieza cilíndrica de bronce protegida por un disco de guarda con los circuitos electrónicos; midiendo la radiación solar mediante el cálculo de la diferencia de temperaturas entre dos superficies, una blanca y otra negra, las cuales se encuentran encerradas en una cámara semiesférica de vidrio.

### **8.3. Errores en las mediciones de las variables meteorológicas**

La toma de datos meteorológicos no siempre es exacta pues existen algunos factores que interfieren en la toma correcta de datos. En las estaciones convencionales el error más común se debe a factores humanos debido a mala medición por parte de los observadores. En el caso de las estaciones automáticas, los errores más comunes son los mecánicos debido a la falta de mantenimiento de los equipos e instrumentos. Aunque también se pueden presentar valores atípicos debido a fenómenos, eventos o catástrofes climáticas ocurridas en un momento determinado.

#### **8.3.1. Errores humanos**

Las observaciones que se llevan a cabo en las estaciones convencionales pueden verse afectadas por la presencia de errores humanos, situación que no ocurre en las estaciones automáticas. Según la Organización Meteorológica Mundial, (2017) los errores humanos más comunes que ocurren en las estaciones convencionales son:

- Errores de lectura de los instrumentos meteorológicos de medición, debido a que se depende de la experiencia del observador (y aun así existen errores) para poder leer los instrumentos.
- Errores de digitación, transcripción o entrada de datos; debido a que se puede transcribir un dato erróneo o se puede escribir mal una coma decimal.

- Errores de cálculo, que ocurren principalmente al querer transformar los datos meteorológicos de una unidad a otra.

En el caso de la lectura y de la manipulación de los instrumentos y equipos de medición meteorológicos, el observador necesita contar con experiencia o debe ser supervisado por alguien que la tenga, de esta manera se disminuyen las posibilidades de que exista algún error. Para el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2018) el observador meteorológico debe familiarizarse con los instrumentos y deberá conocer todas las posibles fuentes de error para poder efectuar una lectura confiable.

En caso de la medición de la precipitación, según afirma Basualdo, (2015) existen varios errores humanos que ocasionan que los datos registrados no sean correctos, como puede ser:

- Mala instalación del pluviómetro, con una altura o posición inadecuada y sin basarse en las normas especificadas por la OMM.
- No existe una hora exacta de medición, ni se registra la hora de observación.
- No se registran las lluvias escasas o con pocos milímetros, modificando los cálculos posteriores.
- No se registran los datos cuando está lloviendo, en cambio, se toma un total acumulado después de dos o más días seguidos de precipitaciones. Es decir, no se toman los valores parciales diarios, lo que distorsiona algunos cálculos posteriores. Ocurre lo mismo en las mediciones de fines de semana y feriados.
- No se anotan los días que no se tomaron los datos, dificultando diferenciar si se trata de un día sin lluvias o de un día donde no se registró la lluvia.

En el caso de la temperatura, los observadores pueden tener problemas con la lectura de los termómetros. Perdomo, (2005) afirma que los observadores cometen dos principales errores: confunden las líneas de los termómetros de 5 °C y leen los termómetros de mínima por el extremo del bulbo más cercano, cuando lo correcto es leerlo desde el extremo opuesto al bulbo.

Es por ello que es necesario realizar una verificación periódica de los datos registrados para poder detectar datos que se encuentren fuera del rango de datos normales. Por lo tanto es preciso conocer los rangos máximos y mínimos de las variables en los diferentes periodos del año, teniendo en cuenta los fenómenos y eventos meteorológicos que se presentan. Si bien es una buena solución para corregir errores, solo se pueden detectar errores muy significativos o evidentes.

El personal humano de las estaciones convencionales puede cometer errores como de instalación, falta de mantenimiento de instrumentos o de operación, pero los más frecuentes son los cometidos por los observadores. Por tal motivo, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2021) realizó una lista de los errores más comunes en la observación de precipitación, humedad y temperatura:

- Errores de paralaje.
- Observación de las variables antes o después de las horas indicadas.
- Libretas con información incompleta (día, mes, año, código de la estación, etc.)
- Instrumentos y elementos sensibles sucios, deteriorados o sin mantenimiento.
- Termómetros de máxima y mínima no “puestos a punto”.
- Termómetros del sicrómetro mal ventilados.
- Lecturas mal realizadas.
- Falta de cuerda en los registradores.

### **8.3.2. Errores mecánicos**

El caso de las estaciones automáticas es distinto al de las convencionales. Si bien en las estaciones automáticas el error más común se da por factores humanos, en las estaciones automáticas los errores más comunes se deben a fallas electrónicas o mecánicas. Existe un error común, según la Organización Meteorológica Mundial, (2017) los cambios repentinos de una variable generan picos que resultan en un valor poco realista, debidos principalmente a sobretensiones o interferencias eléctricas.

Si bien las estaciones automáticas son más confiables que las convencionales, no están exentas de registrar datos erróneos. Los errores en las estaciones automáticas se presentan en los sensores principalmente, aunque se pueden presentar en otras partes. Según Stel et al., (2019) los errores más comunes que se presentan en estaciones automáticas son los siguientes:

- Pérdida del stream completo.
- Pérdida de dato de un sensor individual.
- Problemas con la batería (descargas y apagado total).
- Superación del rango de medición que alcanza el sensor.
- Registro de datos constantes que no varían en el tiempo.
- Sobre o sub estimación de las mediciones.

Los errores presentados se generan principalmente por fallos en los sensores, el datalogger, el sistema de alimentación eléctrica, cambios repentinos en el entorno, entre otras causas. Por tal motivo es importante revisar los datos para encontrar valores atípicos y poder corregirlos, así como realizar un mantenimiento y revisión periódica de los elementos de las estaciones automáticas.

#### **8.4. La estadística en el análisis de variables meteorológicas**

Debido a que en la meteorológica se utilizan una gran serie de datos, es necesario utilizar la estadística para estudios y análisis de carácter cuantitativo. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2018) un estudio estadístico de las variables meteorológicas busca evidenciar de manera cuantitativa la aleatoriedad que existe en los datos y reducir la incertidumbre que se presenta a la hora de medir los distintos componentes climáticos. De esta manera se asegura entregar una información meteorológica de calidad.

Hay que tener en cuenta que los datos meteorológicos son utilizados a nivel nacional e incluso mundial, por lo que esta información debe ser analizada y corregida. El IDEAM, (2018) afirma que el trabajo estadístico con variables meteorológicas sirve para apoyar de manera técnica y científica a otras instituciones que lo necesiten, generando mayor conocimiento e información confiable y consistente, permitiendo una mejor toma de decisiones.

En Quito, se realizó un estudio para conocer el impacto del cambio climático y la variabilidad climática; mediante el análisis de las variables: temperatura máxima y mínima, precipitación, heliofanía, humedad relativa y nubosidad. Este estudio se realizó por Serrano et al., (2012) y mediante el uso de la regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, prueba de F y cálculo de índices de cambio climático; se logró conocer que se presentan incrementos de las tendencias y comportamientos de carácter anómalos como consecuencia del cambio y la variabilidad climática.

Gracias al análisis estadístico de las variables se puede evidenciar información importante como la relación que existe entre el valor registrado entre variables. El estudio realizado por Ortiz et al., (2018) determinó, mediante el coeficiente de correlación de Pearson, si existía alguna relación entre los valores registrados de las variables humedad relativa, radiación solar, brillo solar, temperatura ambiente y velocidad del viento; evidenciando una correlación inversa muy alta entre temperatura y humedad relativa, y una correlación directa alta entre temperatura y radiación solar.

## **8.5.Fundamento Legal**

### **8.5.1. Constitución de la República del Ecuador**

Para empezar a introducirnos dentro de las leyes del Ecuador es importante partir desde la Constitución. Debido a que uno de los principales puntos a resaltar de la investigación es el uso de los datos meteorológicos para el estudio del cambio climático, se extraen los siguientes artículos concernientes a este tema.

El único artículo destinado para abordar el cambio climático es el Art 414 que indica:

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo. (*Constitución de la República del Ecuador, 2008*)

Si bien el artículo no habla sobre meteorología, es importante tener en cuenta que al Estado le importa mitigar la problemática del cambio climático, por lo que adopta ciertas medidas. Pero, para determinar si estas medidas están siendo efectivas o no, se necesita contar con información meteorológica confiable que compruebe el estado de la atmósfera.

### **8.5.2. Código Orgánico del Ambiente**

Es importante incluir al Código Orgánico del Ambiente (COA) dentro del marco legal del presente estudio, debido a que en su artículo 3, numeral 10 se especifica que este documento tiene el fin de “Establecer medidas eficaces, eficientes y transversales para enfrentar los efectos del cambio climático a través de acciones de mitigación y adaptación” (*Código Orgánico del Ambiente, 2017*).

Tal importancia se da al cambio climático en este código que cuenta con un Libro entero referente al mismo. El Libro Cuarto Del Cambio Climático abarca los artículos desde el 247 al 261. De estos artículos es importante analizar el artículo 251 que nos indica que:

Las entidades intersectoriales que sean priorizadas en materia de cambio climático participarán de forma obligatoria y pondrán a disposición de la Autoridad Ambiental Nacional la información que le sea requerida de manera oportuna, de conformidad con los mecanismos que se definan para este fin. (*Código Orgánico del Ambiente, 2017*)

Siendo que el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología forma parte de la Autoridad Ambiental Nacional (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica), debe proporcionar la información meteorológica necesaria para poder estudiar el cambio climático en el territorio.

El artículo 256 describe un punto similar al anterior, donde el INAMHI está encargado del monitoreo, investigación, recopilación y almacenamiento de información meteorológica necesaria para el estudio del cambio climático. El artículo indica textualmente que:

La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación y articulación con los institutos nacionales de monitoreo e investigación competentes y todas las entidades públicas y privadas, gestionará el intercambio, desarrollo, archivo de información climática y otros asociados al cambio climático. Esta información deberá incorporarse al Sistema Único de Información Ambiental. (*Código Orgánico del Ambiente*, 2017)

### **8.5.3. Reglamento al Código Orgánico del Ambiente**

De la misma manera, y debido a que sus leyes parten del COA, el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (ReCOA) también cuenta con leyes sobre el cambio climático y la información necesaria para mitigarlo o estudiarlo. En el Libro IV del Cambio Climático, Título I de la Gestión del Cambio Climático, Capítulo V de la Gestión del Cambio Climático a Nivel Sectorial y Local, Sección Segunda sobre la Gestión del Cambio Climático se puede encontrar que en el Art. 699 se habla sobre la información que debe ser otorgada por el ente rector de meteorología e hidrología. El artículo 699 dice lo siguiente:

Las políticas e instrumentos de planificación y ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados considerarán, conforme a sus competencias, al menos los siguientes elementos: a) Información climática, meteorológica e hidrológica validada por el ente rector de meteorología e hidrología. (*Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*, 2019)

El Estado se encuentra tan centrado en la mitigación del cambio climático que ha generado un financiamiento para la generación de la información climática necesaria. Tal como se indica en el Art, 704 (b): “Se canalizará el financiamiento climático conforme a los siguientes criterios: (...) b) Que contribuya a la generación de información climática y asociada a cambio climático” (*Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*, 2019).

Además, para el estudio del cambio climático se ha requerido de un repositorio de información de cambio climático. Según indica el Art. 718:

El Repositorio de Información de Cambio Climático es la herramienta del Registro Nacional de Cambio Climático mediante la cual se organiza, almacena, preserva y gestiona el intercambio, desarrollo y archivo de la información climática y asociada al cambio climático. La Autoridad Ambiental Nacional coordinará con los institutos nacionales de monitoreo e investigación competentes y todas las entidades públicas, privadas, la sociedad civil, el sector privado, academia y centros de investigación, el intercambio y desarrollo de la información climática y otra asociada al cambio climático. (*Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*, 2019)

Específicamente en el Art. 19 (h, i) se explica la información climática requerida para ubicar en el Repositorio de Información de Cambio Climático. Se explica que el INAMHI deberá registrar, archivar y entregar información sobre “Proyecciones de clima futuro; i) Información sobre variabilidad climática” (*Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*, 2019).

Para terminar, en el Art. 721 se explica que para el estudio del riesgo climático actual y futuro en los sistemas sociales, económicos y ambientales es necesario basarse en la información climática histórica que tenga el INAMHI. El Art. 721 indica que:

El riesgo climático actual partirá de la información climática histórica, validada por la autoridad rectora de la información meteorológica e hidrológica, de acuerdo a los lineamientos de la Organización Mundial de Meteorología. El riesgo climático futuro partirá de proyecciones climáticas, que se generarán con base en los escenarios de cambio climático, así como la información y modelos disponibles validados por la Autoridad Ambiental Nacional. (*Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*, 2019)

#### **8.5.4. Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua**

En este reglamento se especifica que es necesario preservar la cantidad y calidad de agua que es necesaria para diferentes actividades. En su Art. 8 se explica que se regula y preserva el agua de los recursos hídricos. Para que esto suceda, es importante realizar un estudio con los datos hidrometeorológicos entregados por el INAMHI. El artículo contiene lo siguiente:

La Agencia de Regulación y Control del Agua ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector

agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua. (*Reglamento Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua*, 2015)

#### **8.5.5. Resolución Nro. SNGRE-049-2018**

Esta resolución fue emitida por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y es importante porque indica, como se indica en el ReCOA, que se necesita contar con información hidrometeorológica para afrontar riesgos climáticos actuales y futuros. En el artículo 6 se dispone que:

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), continúe monitoreando y generando información de manera permanente y mantener informada al Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias sobre los acontecimientos que se generen respecto al Evento ENOS (El Niño Oscilación del Sur) en Ecuador. (*Resolución Nro. SNGRE-049-2018*, 2018)

Si bien en este artículo se habla específicamente sobre el Fenómeno de El Niño, el INAMHI ha ayudado durante muchos años al SNGRE a monitorear las condiciones climáticas para poder actuar de manera oportuna.

## **9. HIPÓTESIS**

### **9.1. Hipótesis Nula**

La correlación existente entre los datos de las variables de las estaciones convencionales y automáticas es alta debido a que no existen alteraciones, condiciones externas y diferencias en la operatividad.

### **9.2. Hipótesis Alternativa**

La correlación existente entre los datos de las variables de las estaciones convencionales y automáticas es relativamente bajo debido a que existen alteraciones, condiciones externas y diferencias en la operatividad.

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Tipo de Investigación**

El enfoque del presente trabajo de investigación es de carácter cualitativo debido a que se trabaja con escalas de medición, partiendo desde un criterio cuantitativo, se determina si la

correlación es alta, baja, o si existe una sobreestimación o subestimación. Con la cual se comprueba la dispersión de los datos.

### ***10.1.1. Investigación Bibliográfica***

Para el desarrollo de la presente investigación, se necesitó recopilar información base para la conceptualización y definición de los términos utilizados. Además, la información bibliográfica permitió discutir los resultados obtenidos en el proyecto. La información fue obtenida de bases de datos científicas como: Scielo, ScienceDirect, Dialnet, Redalyc, Tesis, Scholar Google, Google Books y Normativa Nacional Vigente.

### ***10.1.2. Investigación Exploratoria***

Se utilizó este tipo de investigación debido a que no se había analizado la correlación existente entre las variables de una estación convencional y una automática. Este proyecto planta las bases para una futura investigación más profunda que determine el motivo de la correlación baja, en caso de existir. Además, este tipo de investigación se llevó a cabo recolectando datos meteorológicos para poder comparar, estudiar y analizar la correlación de datos.

### ***10.1.3. Investigación Analítica***

En el presente proyecto se utilizó este tipo de investigación debido a que fue necesario analizar e interpretar los datos entregados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, así como los resultados obtenidos con dichos datos. Con los datos entregados se pudo generar gráficas con la ayuda del software informático Rstudio para poder interpretar de mejor manera los resultados de la investigación.

## **10.2. Métodos**

Los métodos utilizados para la ejecución del presente proyecto de investigación son los siguientes:

### ***10.2.1. Método Analítico***

El método analítico, según explican Echavarría et al., (2010), se trata de un procedimiento que va de lo general a lo específico, descomponiendo un todo en los elementos básicos que lo conforman. Es decir, con este método se busca explicar un evento, fenómeno, definición, etc., mediante el estudio de las partes básicas que lo componen. La importancia del uso de este método radica en que “utiliza la descripción general de una realidad para realizar la distinción,

conocimiento y clasificación de sus elementos esenciales y las relaciones que mantienen entre sí” (Cervera, 2014).

Se utiliza el método analítico debido a que se cuenta con una gran cantidad de datos que se ordenan y estudian para poder interpretarlos y así conocer si existe o no una correlación entre los datos recolectados por dos tipos de estaciones meteorológicas. Al analizar los resultados obtenidos se puede conocer si existió una diferencia significativa entre las variables de ambas estaciones.

#### ***10.2.2. Método estadístico.***

Es importante utilizar el método estadístico por qué se necesita realizar un procesamiento para poder manejar datos cuantitativos y cualitativos. Mediante recolección y análisis, mismos que por medio de una secuencia de procedimientos nos permiten comprobar o refutar una hipótesis tomando como argumento la premisa principal de cada una independientemente. La información entregada por el INAMHI es histórica y ha sido recolectada por las estaciones

### **10.3. Técnicas**

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se utilizó la siguiente técnica:

#### ***10.3.1. Revisión de registros***

Este método es usado debido a que la información ya ha sido registrada por una persona previamente. En este caso se utilizan los datos históricos de las variables precipitación y temperatura que han sido registrados por los observadores y sensores del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Al recopilar esta información se puede realizar el análisis de los datos.

### **10.4. Actividades**

#### ***10.4.1. Área de Estudio***

Se eligió un total de 6 estaciones meteorológicas a lo largo de la sierra y costa ecuatoriana. Los datos diarios fueron recopilados para las tres observaciones de las estaciones convencionales y los datos diarios de cada minuto de las estaciones automáticas. La información fue entregada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI (Tabla 5). La información meteorológica del Ecuador no es muy abundante, por lo que fue recogida en un periodo común de 8 años desde 2014 a 2021. La ubicación geográfica se puede observar en el Anexo 1.

**Tabla 5***Estaciones meteorológicas, serie 2014-2021.*

Código	Nombre	Tipo	Coordenadas UTM (17 M)		Altitud (msnm)	Provincia	Cantón
			X	Y			
M0026	Puerto Ila	CP	684618,00	9946986,00	319	Santo Domingo de los Tsáchilas	Santo Domingo
M0031	Cañar	AU, CP	728467,00	9717724,00	3083	Cañar	Cañar
M0103	San Gabriel	CP	853844,00	10066515,00	2860	Carchi	Montufar
M1208	La Teodomira	CP	567620,00	9870950,00	60	Manabí	Santa Ana
M1233	Cantagallo- Granja UNESU	CP	529914,00	9857385,00	64	Manabí	Jipijapa
M1036	Riobamba Politécnica	CO	761223,00	9817103,00	2740	Chimborazo	Riobamba

*Nota.* Ubicación de estaciones meteorológicas del estudio, AU= Automática, CO= Climatológica Ordinaria, CP= Climatológica Principal. Tomado de INAMHI, (2021).

#### **10.4.1.1. Descripción Climatológica de las estaciones estudiadas.**

Cada estación meteorológica elegida para el presente estudio se ubica en una distinta provincia, cantón o parroquia, y debido a que el Ecuador es un país con diversidad de climas, es necesario describir el clima que se presenta en cada una de las zonas donde se ubican las estaciones para poder compararlo con los datos obtenidos. Para poder obtener esta información se buscó en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de cada zona.

#### **10.4.2. Especificaciones técnicas de los instrumentos presentes en las estaciones meteorológicas.**

Para que los resultados que arrojen las estaciones meteorológicas sean lo más precisos y correctos posibles se necesita medirlos con instrumentos en buen estado. Por este motivo se pidió al INAMHI la información con las características de los instrumentos utilizados en las

estaciones convencionales y automáticas. De esta manera se pudo discutir los resultados obtenidos por la correlación de datos de estaciones convencionales y automáticas.

#### ***10.4.3. Recopilación de datos meteorológicos.***

Los datos meteorológicos de precipitación y temperatura fueron recopilados del sistema informático del INAMHI. Para la obtención de los datos es necesario correr el (SGIP) en las instalaciones del INAMHI, debido a que no funciona en otro sitio. Una vez dentro, es necesario escribir el código de la estación de la cual se necesita la información. Se requiere escoger los datos de Baisilia, después nos aparece la opción de datos crudos o procesados elegimos la primera opción. Debemos elegir que estos datos crudos aparezcan solo en minutos.

Cuando se haya filtrado la información que se necesita se pueden elegir las variables a estudiar, en este caso temperatura y precipitación. En el caso de temperatura elegimos la temperatura mínima, máxima y promedio. Para obtener la precipitación se eligió la precipitación total por día. Ahora definimos el periodo de tiempo del que se requieren obtener los datos, que en este caso es desde enero 2014 a diciembre 2021. Por último, elegimos Excel como formato de exportación.

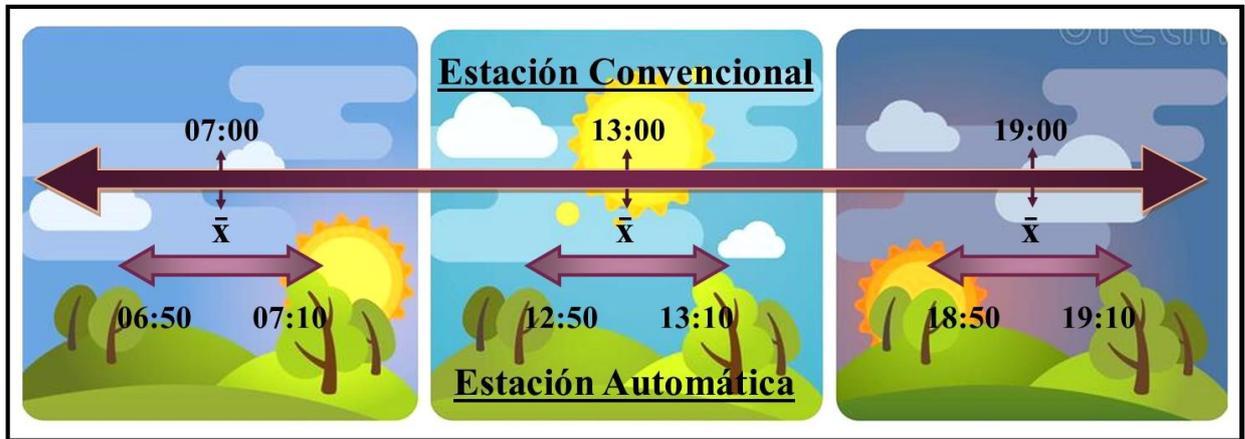
#### ***10.4.4. Procesamiento de datos***

Una vez se hayan recopilado los datos se procede a ordenar los datos en Excel. Los datos de las estaciones convencionales se dividen en varias columnas: una columna de la temperatura máxima ( $T_s$ ), una columna para la temperatura mínima ( $T_h$ ) y tres columnas para la temperatura media a lo largo del día. Mientras que para precipitación se tienen 3 columnas, una para cada observación de los datos realizada a lo largo del día.

Los datos de las estaciones convencionales se obtienen a las 7:00, 13:00 y 19:00, mientras que los datos de las estaciones automáticas se registran y almacenan todo el tiempo. Teniendo en cuenta esto, de los datos de temperatura obtenidos por las estaciones automáticas se debe realizar un promedio 10 minutos antes y 10 minutos después de las horas de observación de las estaciones convencionales, es decir de 6:50 a 07:10; de 12:50 a 13:10 y de 18:50 a 19:10. Esta comparación se puede observar en la Figura 5.

**Figura 5**

*Comparación de datos de temperatura entre estaciones convencionales y automáticas.*

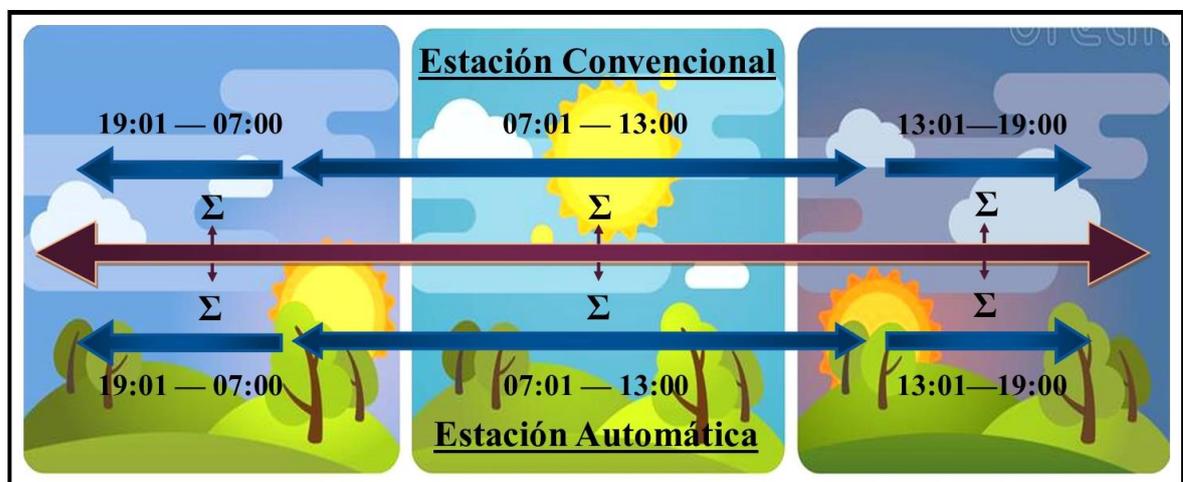


*Nota.* Rangos de hora tomados en cuenta. Adaptado de INAMHI (2022)

Para los datos de precipitación es diferente, teniendo en cuenta que se realiza una sumatoria de los datos y no una media. Los datos de precipitación de las estaciones convencionales son recogidos en 3 ocasiones a lo largo del día: desde las 19:01 hasta las 7:00, desde las 07:01 hasta la 13:00 y desde la 13:01 hasta las 19:00. Los datos de precipitación de las estaciones automáticas son recogidos a lo largo del día por lo que la comparación se realiza en los mismos periodos que se trabaja con las estaciones convencionales, Esto se puede evidenciar en la Figura 6.

**Figura 6**

*Comparación de datos de precipitación entre estaciones convencionales y automáticas.*



*Nota.* Rangos de hora tomados en cuenta. Adaptado de INAMHI (2022)

### ***10.4.5. Análisis de datos***

Una vez obtenidos y ordenados los datos en Excel se procedió a escribir un script en Rstudio para poder depurarlos, filtrarlos, graficarlos y estudiarlos mediante varios métodos estadísticos. Los métodos usados para este estudio son: coeficiente de correlación, error medio absoluto, raíz del error cuadrático medio y sesgo relativo.

#### **10.4.5.1. Depuración de datos meteorológicos.**

Los datos meteorológicos de las estaciones automáticas y convencionales fueron entregados en dos diferentes tipos de archivos. La información de las estaciones automáticas se compartió en un archivo de Excel, mientras que los datos de las estaciones convencionales se encontraban en un archivo Rdata. Por tal motivo, ambas bases de datos se trataron de diferente manera para su depuración.

##### ***10.4.5.1.1. Arreglo de datos y depuración de datos de las estaciones convencionales.***

El archivo .Rdata de los datos de las estaciones convencionales fue corrido en Rstudio y se llamó a los paquetes que se iban a utilizar (RMariaDB, readxl, tidyr y dplyr). De la misma manera se llamó al archivo de datos meteorológicos y se eliminaron las columnas que no se iban a utilizar. Solamente se dejaron las columnas de temperatura y precipitación. Luego se modificó el formato de los días debido a que se necesitaba que los días se presenten en dos dígitos (01, 02,03, etc.).

Debido a que se necesitaba que la fecha se presente en el mismo formato para todos los archivos, se unió las columnas de día, mes y año en una sola columna. Posteriormente se realizó una media entre la temperatura del termómetro húmedo y la temperatura del termómetro seco. Nuevamente se eliminó toda la información innecesaria y se creó un archivo donde se ubicó la información de temperatura y precipitación.

El archivo contaba con un gran número de estaciones, incluidas algunas que no se utilizarían, por lo que se dividió el archivo Rdata en diferentes archivos, uno para cada una de las seis estaciones que se iban a evaluar. Una vez divididas, se guardaron en un archivo individual, en seis diferentes archivos Rdata para llamarlos directamente y no tener que volver a hacer todo este procedimiento nuevamente.

La información entregada no se encontraba exenta de errores, por lo que se procedió a limpiar los datos erróneos. Los técnicos del INAMHI explicaron que existen datos con valores 99.9, 999.9, 9999.9, 888.8 y 888.0; que se asignan a las observaciones que se presentan en forma de trazas o que no se registran. Por lo que estos datos fueron cambiados por el valor 0.

#### ***10.4.5.1.2. Arreglo de datos y depuración de datos de las estaciones automáticas.***

Los datos meteorológicos de las estaciones automáticas se entregaron en un archivo de Excel y en diferentes archivos, por lo que todos estos archivos fueron unidos en uno solo de formato CSV. Este archivo CSV contaba con todas las estaciones y variables, pero cada una separada en diferentes hojas. Para facilitar el trabajo, se trabajó en el mismo script de Rstudio donde se depuraron los datos de las estaciones convencionales. En este mismo archivo se llamaron los paquetes necesarios (RMariaDB, readxl, tidyr y dplyr) y se cargó la base de datos.

Además, se llamó del Excel cada una de las hojas que se necesitaba. El formato de los días fue cambiado, de la misma manera que se hizo con las convencionales, de un dígito a dos dígitos. Al igual que se realizó con la base de datos de las estaciones convencionales, se unieron las columnas de año, mes y día en una sola columna y se eliminó la información que no se iba a utilizar. De esta manera se creó un DataFrame en Rstudio, el cual fue guardado en un formato. Rdata para no tener que volver a llamar esta información.

De la misma manera que con las estaciones convencionales, se asignó un valor de 0 a los datos que contaban con un valor de 99.9, 999.9, 9999.9, 888.8 o 888.0. Consiguiendo así que la información quede limpia de errores humanos evidentes.

#### ***10.4.5.1.3. Segundo arreglo de datos de las estaciones convencionales.***

La información meteorológica se encontraba toda en un solo archivo, por lo que para un mejor manejo de los datos cada estación se dividió en diferentes scripts. Se llamó los tres paquetes que se iban a utilizar (RMariaDB, tidyverse y hydroGOF) y se organizó los datos de las estaciones convencionales. Los datos se dividieron en un DataFrame para temperatura y otro para precipitación, esto para cada una de las estaciones. La información que no se utilizaría fue removida del DataFrame y se modificó los nombres de las columnas para que todas tengan un nombre igual. De esta manera, el tratamiento de datos resulta más sencillo. Por último, las columnas se modificaron para que la información de todas las horas se presente en una sola.

#### **10.4.5.1.4. Segundo arreglo de datos de las estaciones automáticas.**

Para la temperatura de las estaciones automáticas, se hizo un promedio de los tres horarios, diez minutos antes y diez minutos después. Primero se filtró los datos de los rangos que se iban a utilizar. Se obtuvieron 3 diferentes DataFrames, uno para la temperatura de las 7:00, otro para la de las 13:00 y uno más para la de las 19:00. Estos tres DataFrames se unieron en uno solo y se compiló en 3 columnas para que sean iguales a los DataFrames de las convencionales. El DataFrame de precipitación se realizó sumando los valores en los horarios anteriormente explicados.

Una vez filtrada la información, se unió en un solo DataFrame la información de precipitación y en otro DataFrame los datos de la temperatura, esto para cada una de las estaciones convencionales y automáticas. Al final cada archivo Rdata contaba con 4 columnas con los mismos nombres: fecha, hora, convencional y automática. Por último, los valores N/A (no disponibles o vacíos) se eliminaron para que no produzca errores en la evaluación. Esta información fue guardada para no volver a programar las mismas líneas del código. Con esta información arreglada y depurada se prosiguió a evaluar la correlación de los datos.

#### **10.4.5.2. Programación del script en R.**

Se desarrolló unas líneas de programación en R para cada uno de los indicadores estadísticos para cada uno de los archivos. Rdata creados para las variables y estaciones estudiadas. Esta información se guardó para poder ser llamada en caso de ser necesitada en un futuro.

##### **10.4.5.2.1. Evaluación cuantitativa mediante indicadores estadísticos.**

Para realizar la evaluación cuantitativa entre las estaciones convencionales y automáticas se utilizaron algunos indicadores estadísticos como son: Coeficiente de Correlación de Pearson (CC), error medio absoluto (MAE), raíz del error cuadrático medio (RMSE) y sesgo relativo (PBIAS).

##### **10.4.5.2.1.1. Coeficiente de Correlación de Pearson (CC).**

Para poder conocer la correlación existente entre los parámetros precipitación y temperatura se utilizó el test de correlación de Pearson. Según Lalinde et al., (2018) este coeficiente se utiliza para medir la correlación entre dos variables cuantitativas y que tan fuerte o intensa es dicha correlación. Para esto fue necesario programar un código script en el software informático Rstudio. Para poder calcular el test de correlación se utilizó la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A}) (C_i - \bar{C})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}}$$

Donde:

CC = Coeficiente de correlación de Pearson.

$A_i$  = Variables de la Estación Automática.

$C_i$  = Variables de la Estación Convencional.

$\bar{A}$  = Promedios aritméticos de las Estaciones Automáticas durante el período de evaluación.

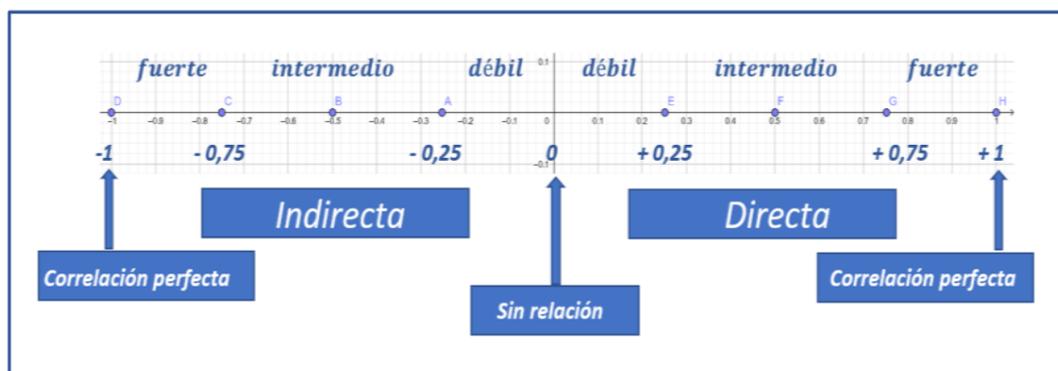
$\bar{C}$  = Promedios aritméticos de las Estaciones Convencionales durante el período de evaluación.

n = Número total de pasos del tiempo.

El valor del coeficiente de Pearson se encuentra entre 1 y -1. Mientras el valor del coeficiente de correlación (r) se acerque más al 1, mayor será la intensidad de la correlación entre variables. Cuando el signo de la correlación es positivo significa que la relación es directa. Si el signo de la correlación es negativo la relación es inversa o indirecta. La intensidad de la correlación se puede observar en la Figura 7.

### Figura 7

*Intensidad de la relación entre variables mediante el coeficiente de correlación de Pearson.*



Nota. Rango de magnitud de acuerdo al valor correlacional . Tomado de Fiallos, (2021)

#### 10.4.5.2.1.2. Error medio absoluto (MAE).

Otro método utilizado en el presente estudio es el Error Medio Absoluto (MAE), por lo cual se procedió a realizar un script en R para calcularlo. Este método se utilizó para poder medir el

promedio del error de las variables. Según Velazco, (2020) el MAE se trata de la diferencia entre el valor medido y el valor medio. En el MAE se toma el valor absoluto de cada número para evitar que los números negativos y positivos se anulen, por lo que el valor perfecto del MAE es 0. Para calcular el MAE se necesitó aplicar la siguiente ecuación:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n |Ai - Ci|$$

Donde:

$MAE$  = Error Medio Absoluto.

$Ai$  = Variables de la Estación Automática.

$Ci$  = Variables de la Estación Convencional.

$n$  = Número total de pasos del tiempo.

#### **10.4.5.2.1.3. Raíz del error cuadrático medio (RMSE).**

Para poder calcular la cantidad de error entre los dos grupos de variables se realizó un script en R con la raíz del error cuadrático medio (RMSE) de los datos. Negrón, (2014) afirma en su estudio que el RMSE mide la magnitud típica del error realizando una diferencia entre los valores estimados y los reales, elevándolos al cuadrado y calculando su promedio. Tiene la sensibilidad a errores más grandes y valores atípicos. El valor perfecto del RMSE es 0. La ecuación que se utiliza para calcularlo es la siguiente:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{1}^n (Ai - Ci)^2}$$

Donde:

RMSE = Raíz del Error Cuadrático Medio

$Ai$  = Variables de la Estación Automática.

$Ci$  = Variables de la Estación Convencional.

$n$  = tamaño de la muestra

#### **10.4.5.2.1.4. Sesgo relativo (PBIAS).**

Para López, (2012) el término PBIAS proviene del inglés (Percent Bias) y es utilizado para medir la tendencia media de los datos simulados a ser más grande o pequeña que los datos observados. Mientras el valor de PBIAS tienda a 0 va a ser mejor, los valores positivos de PBIAS que sean mayores a cero indican sobreestimación del modelo, los negativos o menores a cero apuntan a que existe subestimación del BIAS en el modelo. Para calcularlo se utiliza la siguiente ecuación:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - C_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} * 100\%$$

Donde:

PBIAS = Sesgo relativo.

A<sub>i</sub> = Variables de la Estación Automática.

C<sub>i</sub> = Variables de la Estación Convencional.

n = tamaño de la muestra

#### **10.4.5.3. Gráficas de los resultados obtenidos.**

Por motivos prácticos, la graficación de los datos se llevó a cabo en Excel. Para poder graficar en Excel, cada archivo. Rdata limpio, se exportó desde Rstudio hacia Excel. Debido a que se iba a graficar la información diaria de cada variable, en el caso de la precipitación de sumaron los datos de las 3 observaciones diarias, mientras que en la temperatura se obtuvo una media de estas 3 observaciones diarias. Esta información se graficó y se arregló para su posterior presentación e interpretación.

#### ***10.4.6. Distribución espacial de las condiciones atmosféricas***

Con los resultados del coeficiente de correlación, se clasificó a las estaciones de acuerdo a la Tabla 6. Cada estación fue dividida por colores siguiendo esta clasificación, con la ayuda del software informático ArcGIS. Además, para cada estación, se tomaron los datos del promedio diario de los datos históricos analizados en este estudio. Con esta media aritmética, se realizó una interpolación y un mapa de isoyetas e isotermas para conocer la distribución espacial de las condiciones atmosféricas.

**Tabla 6**

Interpretación del Coeficiente de Correlación

<b>Coeficiente de Correlación</b>	<b>Interpretación</b>
$r = 1$	Correlación Perfecta
$0.8 < r < 1$	Muy Alta
$0.6 < r < 0.8$	Alta
$0.4 < r < 0.6$	Moderada
$0.2 < r < 0.4$	Baja
$0 < r < 0.2$	Muy Baja
$r = 0$	Nula

Nota. Rangos de valores correlacionales. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022. Basada en Chassaing, (2013).

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **10.5. RESULTADOS**

#### ***10.5.1. Evaluación de las estaciones meteorológicas.***

##### **10.5.1.1. Estación M0026 - Puerto Ila.**

###### ***10.5.1.1.1. Climatología.***

La estación M0026 lleva el nombre Puerto Ila y se ubica en la parroquia Luz de América, en el cantón Santo Domingo, de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Es decir, esta estación se encuentra en la región Costa del país.

La información más actual fue publicada por el (GAD parroquial Luz de América, 2015) en su PDOT parroquial, el cual indica que esta zona se encuentra a una altitud entre 120 y 650 msnm, presentando un clima lluvioso tropical cuya temperatura ronda entre los 18 a 33 °C en verano y los 23 a 34 °C en invierno, teniendo una temperatura media de 23 °C.

En la parroquia se presentan dos tipos de climas: el tropical mega térmico húmedo (85% de su área) y el tropical mega térmico semi-húmedo (15% del área). Por lo que esta parroquia tiene una de las lluvias más abundantes del país, con un promedio anual de 3150 mm de lluvia. En todo el año llueven un promedio de 287 días ocasionando una humedad media mensual de 90%.

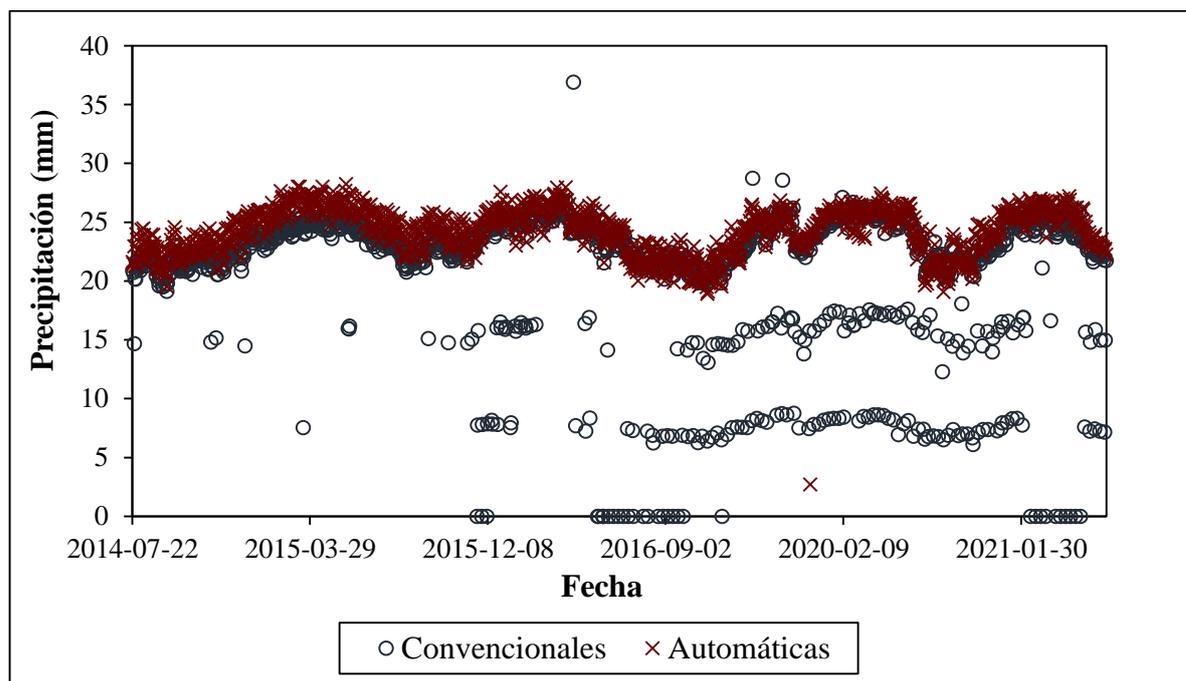
- se encuentra alrededor de los 25 °C y la humedad relativa está entre el 70 y 90%.

### 10.5.1.1.2. *Serie temporal de precipitación.*

Para la variable precipitación, en el periodo de tiempo a partir del 01-01-2014 hasta el 31-12-2021, la estación M0026 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática, aunque existen algunos datos atípicos en los meses hasta antes de 2016 en la estación convencional, posiblemente debido a errores humanos. De la misma manera, a partir de finales de 2016 e inicios de 2017, existen varios datos de la estación convencional que no presentan correspondencia con los datos de la estación automática. Los datos de la estación automática se mantienen constantes a lo largo del tiempo, encontrándose entre los 19 mm y 28 mm, mientras que los datos de la estación convencional varían a lo largo del tiempo, debido a errores humanos. Los resultados se pueden evidenciar en la figura 8.

### Figura 8

*Serie temporal de precipitación de la estación M0026 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

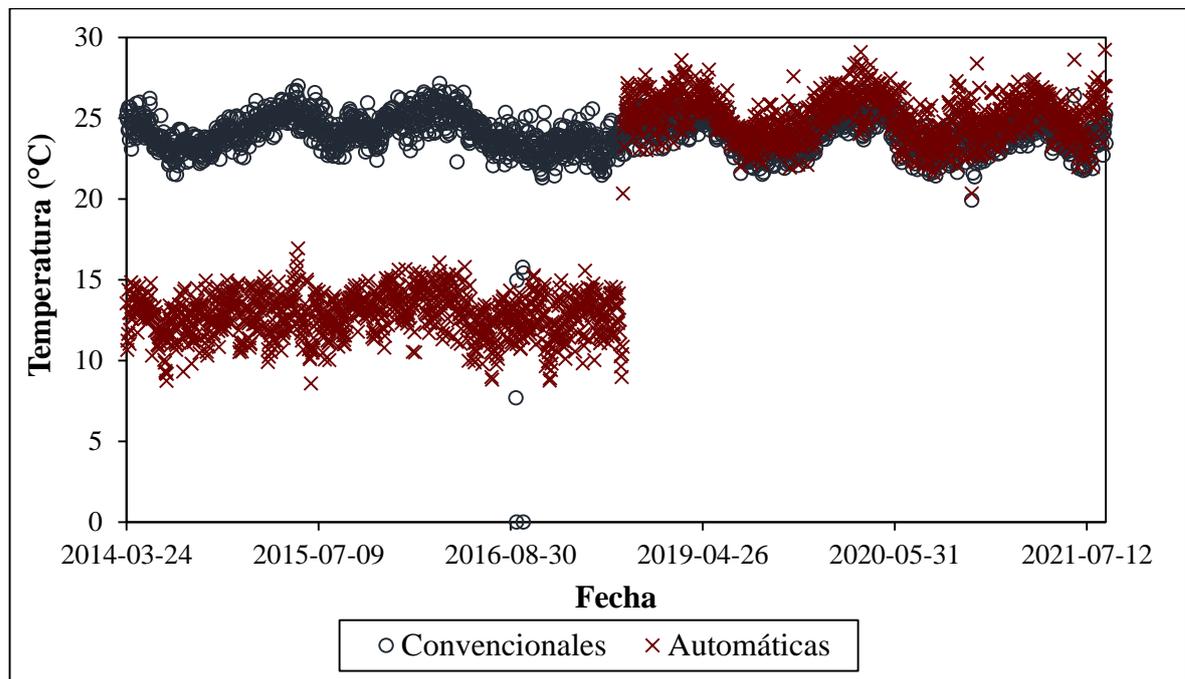
### 10.5.1.1.3. *Serie temporal de temperatura.*

En la variable temperatura, del periodo de tiempo desde el 01-01-2014 al 31-12-2021, de la estación M0026 no presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación

convencional y automática en los primeros años hasta diciembre de 2017. A partir de entonces, se da mantenimiento y se arregla la estación automática, por lo que sus datos corresponden con los observados en la estación convencional. Los resultados se pueden observar a continuación, en la Figura 9.

**Figura 9**

*Serie temporal de temperatura de la estación M0026 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de temperatura. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### **10.5.1.1.4. Evaluación cuantitativa.**

Utilizando el script desarrollado en Rstudio, se logró obtener los resultados estadísticos de Coeficiente de correlación (CC), Media del Error Absoluto (MAE), Raíz del error Cuadrático Medio (RMSE) y porcentaje de Sesgo (PBIAS); para la estación M0026, las cuales se presentan en la Tabla 7.

Según los resultados, la precipitación presenta un valor bajo de CC con 0.14. También la temperatura presenta un valor de CC bajo de 0.29, debido a que los registros de la estación automática previos a diciembre de 2017 eran erróneos. Por otro lado, el MAE obtenido en la precipitación es de 13.75 y el de temperatura es de 6.26. El RMSE que presenta la precipitación

es bastante alto con un valor de 41.38, considerando que en esta variable se tienen una gran cantidad de valores atípicos, y la temperatura también tiene un valor alto de 8.25, debido a la cantidad de errores que registró la estación automática en los primeros años. Para la evaluación mediante PBIAS, el valor positivo indica que la estación automática está sobreestimando la variable precipitación, mientras que el valor negativo apunta a que la estación automática está subestimando la variable temperatura, sobre todo en los primeros años.

### **Tabla 7**

*Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M0026.*

<b>Variable</b>	<b>CC</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>PBIAS</b>
Precipitación	0.14	13.75	41.38	412.4
Temperatura	0.29	6.26	8.25	-21.6

*Nota.* Comparación del valor correlacional vs método. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### **10.5.1.2. Estación M0031 – Cañar.**

##### **10.5.1.2.1. Climatología.**

La estación meteorológica M0031 lleva el nombre Cañar y se ubica en la parroquia, cantón y provincia con el mismo nombre. Se ubica al sur del país, en la región Interandina o Sierra. Su clima es variado debido a la diversidad de pisos altitudinales, presentándose desde páramos hasta trópicos.

El PDOT municipal presentado por el (GAD Intercultural del Cantón Cañar, 2018) indica que el clima del cantón se encuentra influenciado por las corrientes oceánicas del pacífico y las continentales orientales, que interactúan con la cordillera de los Andes. A inicios de septiembre se presenta la época lluviosa debido a que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) moviliza las Masas de Aire Tropical Continental (MATC). A finales diciembre hasta enero se produce un fenómeno conocido como el Veranillo del Niño, provocando una disminución de las lluvias. Luego, las MATC son empujadas nuevamente hacia la cordillera, provocando un segundo pico de precipitaciones a partir de marzo.

Entonces, se presenta un clima bimodal con un pico en octubre y otro en los meses de marzo o abril, registrándose un 85% de precipitaciones en la época lluviosa. La precipitación media anual se encuentra entre 2634 a 526 mm de lluvia. En la parroquia Cañar se presenta una precipitación media anual que va desde los 526 a los 970 mm.

La temperatura media del cantón supera los 14°C siendo septiembre y diciembre los meses más calurosos, mientras que enero y febrero son los más fríos. Presenta una humedad relativa media desde 78,2% a 82,8%, un punto de rocío producido a 8.3°C, una tensión de vapor de 11,1 Pa, 4,9 horas de insolación al día y vientos de 2 a 7,4 m/s con una dirección principalmente de Sur-Este y Nor-Oeste.

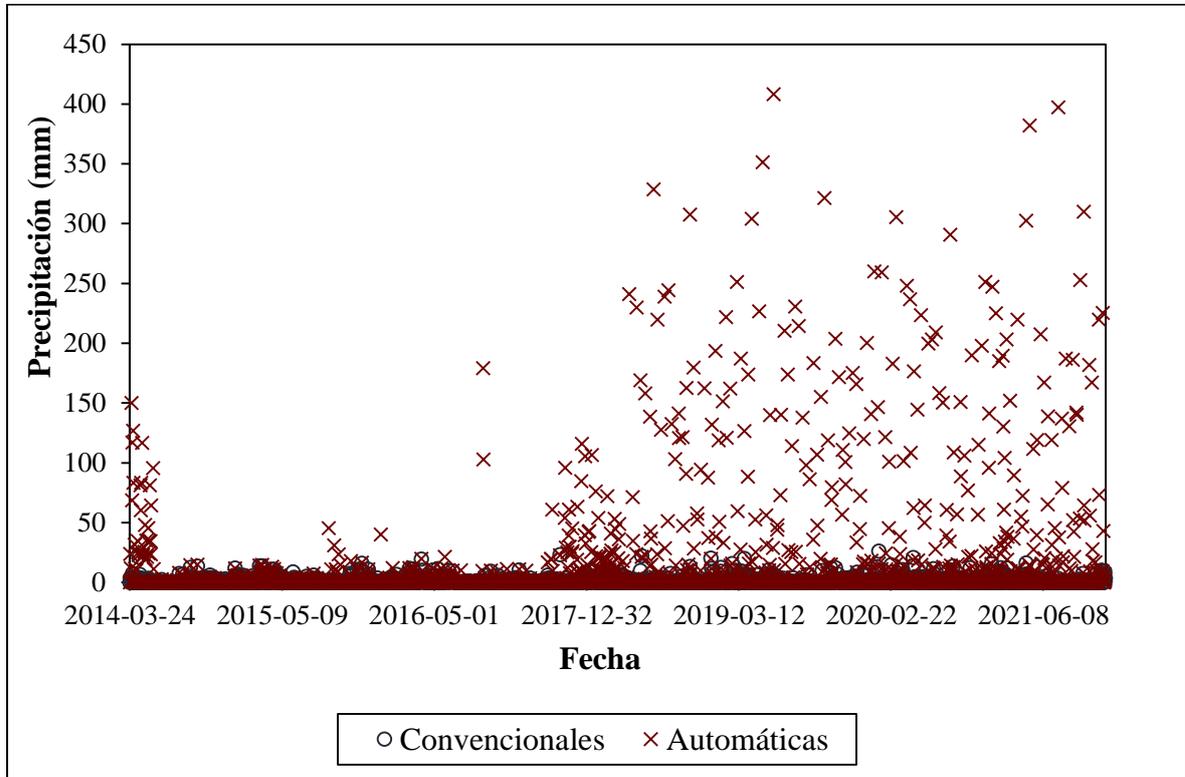
El cantón Cañar presenta climas variados y se encuentra influenciado por tres zonas climáticas: tropical mega térmico húmedo, ecuatorial meso térmico semihúmedo y ecuatorial de alta montaña y páramo.

#### ***10.5.1.2.2. Serie temporal de precipitación.***

La variable precipitación, del periodo de tiempo a partir del 01-01-2014 hasta el 31-12-2021, de la estación M0031 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática, con algunos datos atípicos al inicio, corregidos al dar mantenimiento de la estación convencional. Estos datos se mantienen similares para ambas estaciones hasta el mes de octubre de 2017, a partir de entonces, la estación automática presenta una falla, por lo que los datos no presentan correspondencia con los valores observados por la estación convencional. Los resultados se pueden evidenciar en la Figura 10.

**Figura 10.**

*Serie temporal de precipitación de la estación M0031 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.*



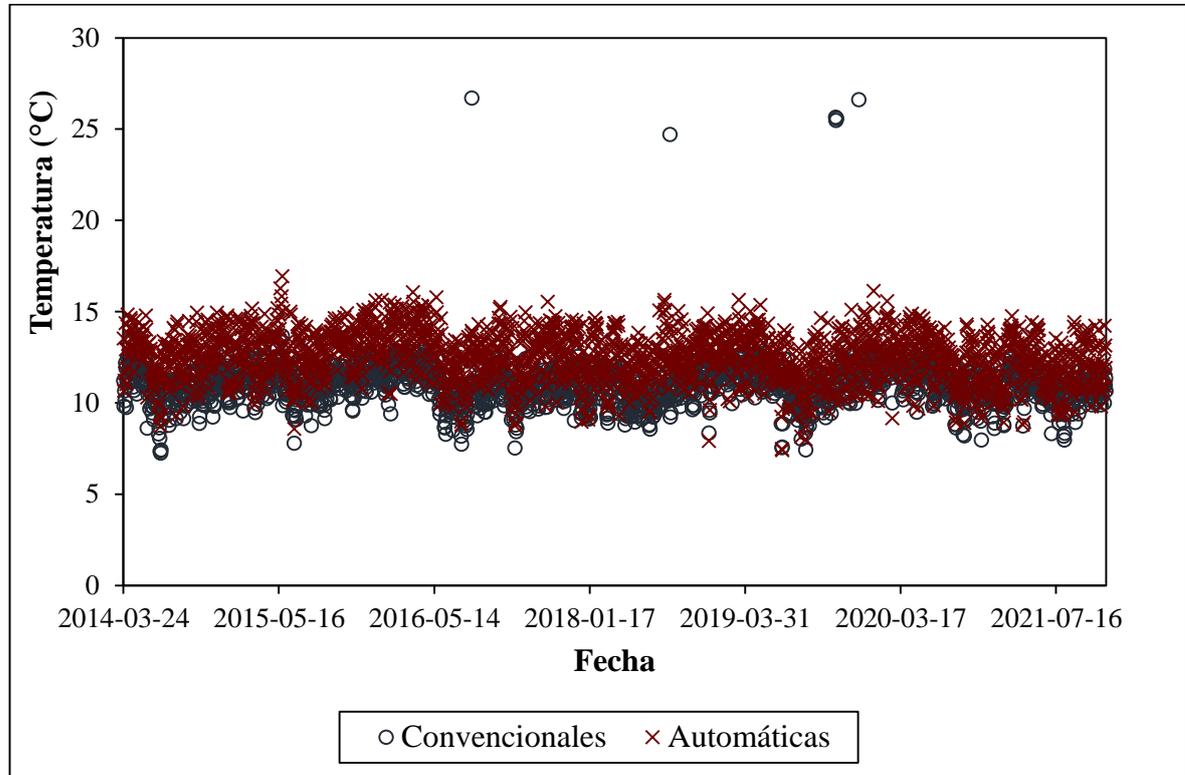
*Nota.* Dispersión histórica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

### **10.5.1.2.3. Serie temporal de temperatura.**

La temperatura, del periodo de tiempo desde el 01-01-2014 al 31-12-2021, de la estación M0031 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática en toda la serie temporal. Solamente se presentan unos pocos valores atípicos en la estación convencional, presumiblemente debido a errores humanos. Los resultados se presentan a continuación, en la Figura 11.

**Figura 11**

*Serie temporal de temperatura de la estación M0031 para el periodo 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de temperatura. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### **10.5.1.2.4. Evaluación cuantitativa.**

El script desarrollado en Rstudio sirvió para poder obtener los resultados estadísticos de Coeficiente de correlación (CC), Media del Error Absoluto (MAE), Raíz del error Cuadrático Medio (RMSE) y porcentaje de Sesgo (PBIAS); para la estación M0031, las cuales se presentan en la Tabla 8.

Según los resultados, la precipitación presenta un valor bajo de CC con 0.06, mientras que la temperatura presenta un valor de CC alto de 0.65. Por otro lado, el MAE obtenido en la precipitación es de 4.87 y el de temperatura es de 1.84. El RMSE que presenta la precipitación es alto con un valor de 25.72, esto debido a que en esta variable se presentan bastantes valores atípicos, y la temperatura tiene un valor bajo de 2.84, pues existen pocos datos atípicos en la serie temporal. Para la evaluación mediante PBIAS, el valor positivo elevado indica que la estación automática está sobreestimando de gran manera a la variable precipitación, igualmente,

el valor positivo apunta a que la estación automática está sobreestimando la variable temperatura.

### Tabla 8

*Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M0031.*

Variable	CC	MAE	RMSE	PBIAS
Precipitación	0.06	4.87	25.72	1238.1
Temperatura	0.65	1.84	2.84	15.0

*Nota.* Comparación del valor correlacional vs método. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### 10.5.1.3. Estación M0103 - San Gabriel.

##### 10.5.1.3.1. Climatología.

La estación M0103, también conocida como San Gabriel, se localiza en la parroquia San Gabriel, del cantón Montufar, en la provincia de Carchi. Esta estación se encuentra en el norte del país, en la región Interandina.

No se encontró información específica sobre el clima de la parroquia, por lo que se utilizó el PDOT municipal generado por (GAD Municipal Montúfar, 2015), el cual indica que el clima de este cantón se encuentran influidos por la cordillera oriental y occidental. Presenta un clima templado frío con dos tipos de climas: ecuatorial meso térmico semihúmedo a húmedo y ecuatorial de alta montaña.

- **Ecuatorial meso térmico semi-húmedo a húmedo:** Ocupa la mayor extensión en el territorio, se encuentra en elevaciones mayores a 3200 msnm; con temperaturas medias entre 12 y 20°C, una humedad relativa entre el 65 y 85%, una insolación que dura entre 1000 a 2000 horas anuales y una precipitación anual entre 500 y 2000 mm de lluvia.
- **Ecuatorial frío de alta montaña:** Se encuentra sobre los 3000 msnm con temperaturas medias entre 4 y 8 °C, humedad relativa superior al 80% y precipitación anual entre 800 a 2000 mm.

La ciudad de San Gabriel presenta una precipitación media anual de 80,32 mm. Tiene un clima bimodal, con una época seca que va desde junio a septiembre. La evapotranspiración potencial

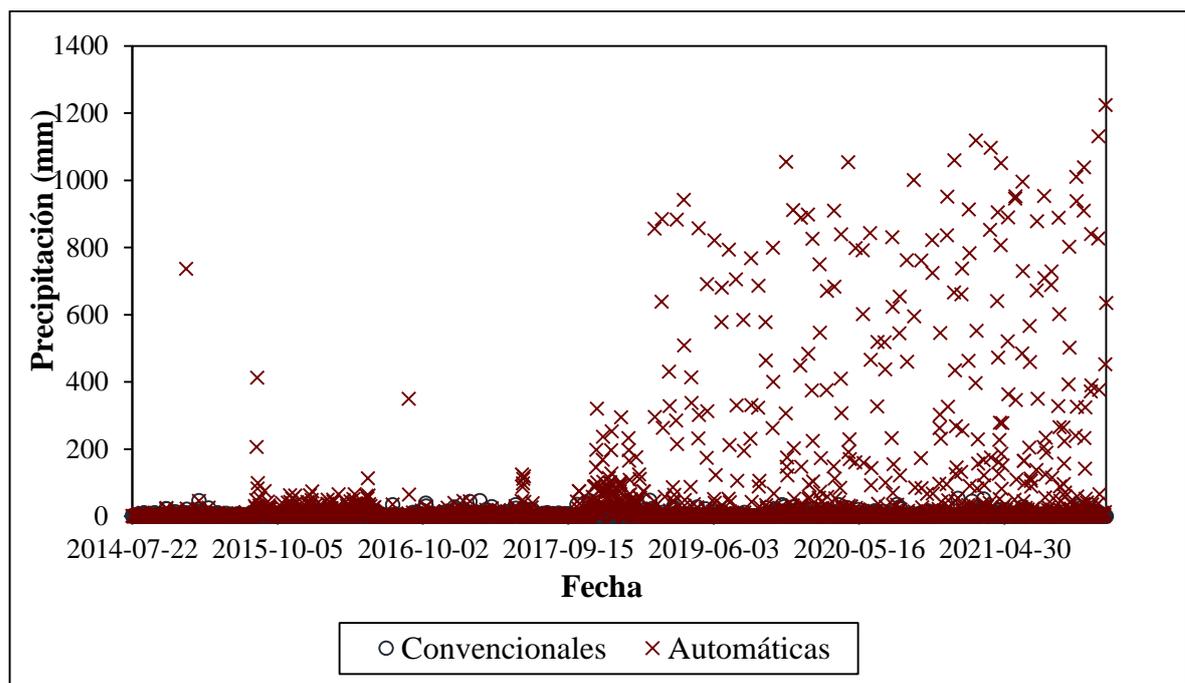
va desde los 675 a los 750 mm/año. La humedad relativa se encuentra entre el 80 al 95%. Su temperatura oscila entre los 6 a 12 °C con una media de 12,2°C.

#### 10.5.1.3.2. *Serie temporal de precipitación.*

La variable precipitación, del periodo de tiempo a partir del 01-01-2014 hasta el 31-12-2021, la estación M0103 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática hasta el mes de octubre de 2017. Posterior a esta fecha, la estación automática presenta datos atípicos, posiblemente debido a errores mecánicos en el sensor de lluvia. Los resultados se pueden evidenciar en la Figura 12.

#### Figura 12

*Serie temporal de precipitación de la estación M0103 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



Nota. Dispersión histórica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

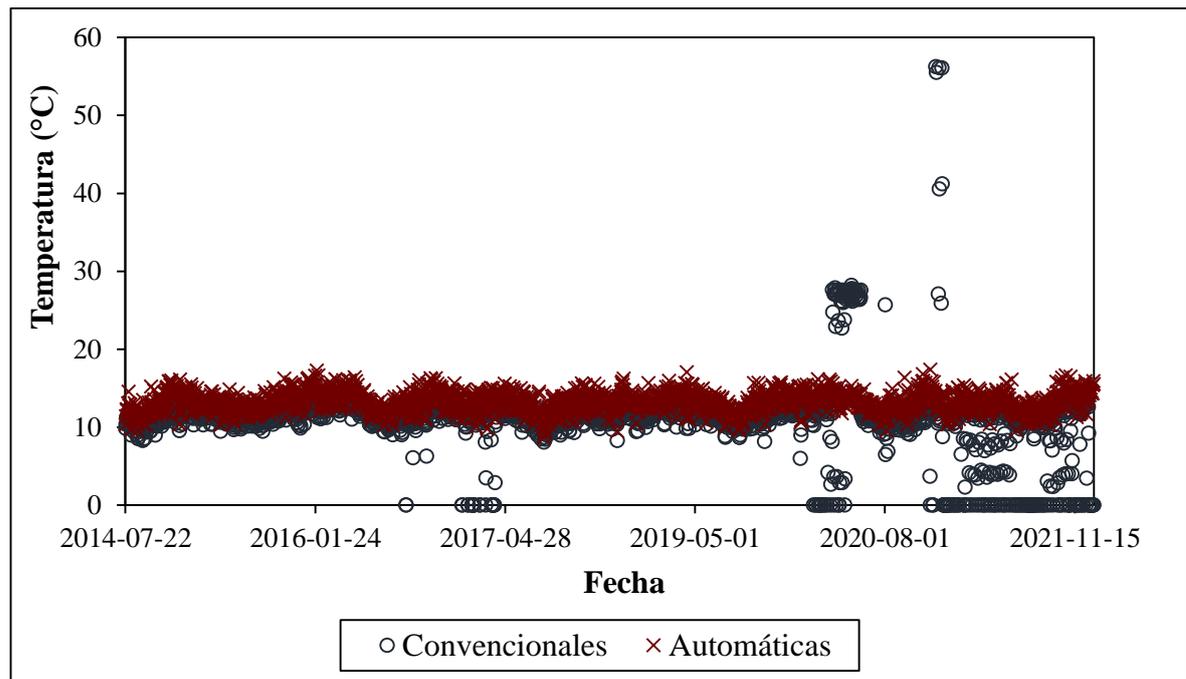
#### 10.5.1.3.3. *Serie temporal de temperatura.*

La temperatura, del periodo de tiempo desde el 01-01-2014 al 31-12-2021, de la estación M0103 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática, presentándose unos cuantos errores en la estación convencional a partir del mes de abril de 2020. Posiblemente los errores que se presentan se deben a errores humanos, al no

registrar la precipitación en ciertos días o al observar/anotar incorrectamente los datos. Los resultados se pueden observar en la figura 13.

### Figura 13

*Serie temporal de temperatura de la estación M0103 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de temperatura. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### 10.5.1.3.4. Evaluación cuantitativa.

El script desarrollado en Rstudio sirvió para poder obtener los resultados estadísticos de Coeficiente de correlación (CC), Media del Error Absoluto (MAE), Raíz del error Cuadrático Medio (RMSE) y porcentaje de Sesgo (PBIAS); para la estación M0103, las cuales se presentan en la Tabla 9.

Según los resultados, la precipitación presenta un valor muy bajo de CC con 0.05. La temperatura presenta un valor de CC bajo de 0.36, el cual disminuye debido a la cantidad de errores que presenta la estación convencional, sobre todo al final de la serie temporal. Por otro lado, el MAE obtenido en la precipitación es de 16.99 y el de temperatura es de 2.96. El RMSE que presenta la precipitación es alto con un valor de 63.11, considerando que en esta variable se tienen una bastante cantidad de valores atípicos, y la temperatura tiene un valor bajo de 6.20, aumentando debido a la cantidad de errores atípicos de la estación convencional al final de la

serie temporal. Para la evaluación mediante PBIAS, el valor positivo y alto indica que la estación automática está sobreestimando en gran medida la variable precipitación, mientras que el valor positivo apunta a que la estación automática está sobreestimando la variable temperatura.

### Tabla 9

*Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M0103.*

Variable	CC	MAE	RMSE	PBIAS
Precipitación	0.05	16.99	63.11	1930.0
Temperatura	0.36	2.96	6.20	18.1

*Nota.* Comparación del valor correlacional vs método. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### 10.5.1.4. Estación M1036 - Riobamba Politécnica.

##### 10.5.1.4.1. Climatología.

La estación M1036, también conocida como estación Riobamba Politécnica, se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba de la provincia de Chimborazo. Es decir, se encuentra en la zona centro del país, dentro de la región Interandina.

La información climática se obtuvo del PDOT municipal entregado por el (GAD Municipal del Cantón Riobamba, 2015), que nos dice que el clima del cantón es generalmente frío, presentándose 6 tipos de climas: ecuatorial frío alta montaña, ecuatorial frío seco alta montaña, ecuatorial frío semi húmedo alta montaña, ecuatorial meso térmico húmedo, ecuatorial meso térmico seco en la ciudad de Riobamba y ecuatorial meso térmico semi húmedo.

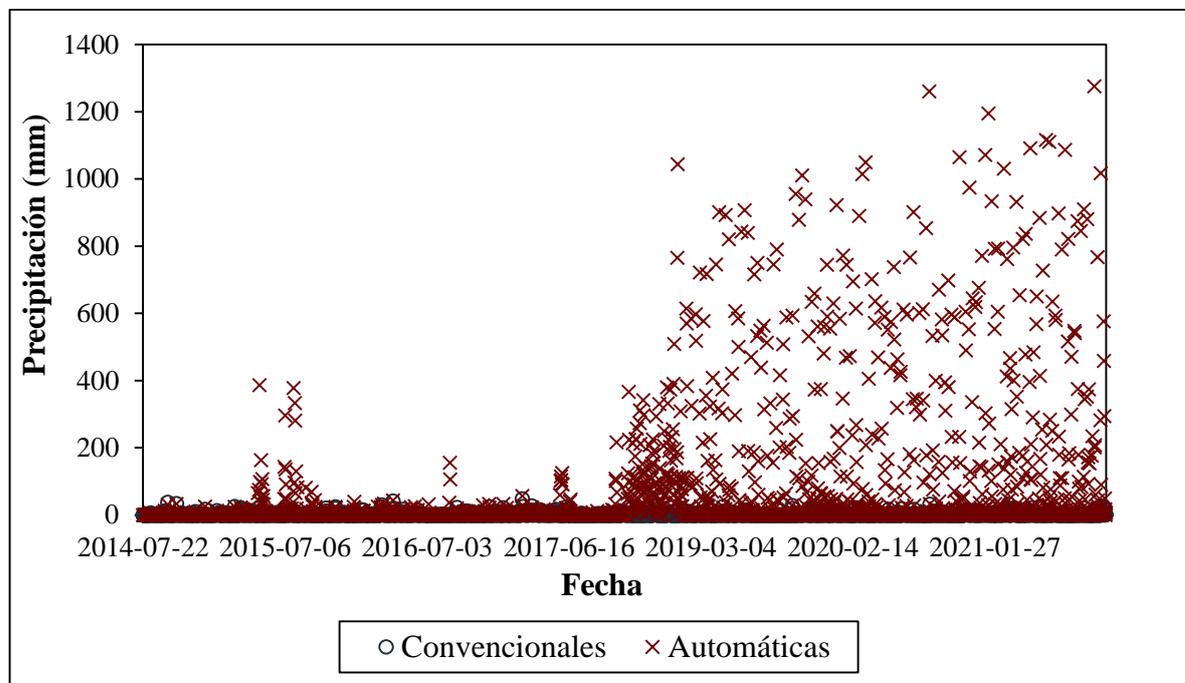
En la parroquia de Riobamba se presenta una mediana precipitación, con mayor cantidad de lluvia en los meses de enero, marzo, abril y mayo, y una menor cantidad en los meses de febrero, julio y agosto. La precipitación media anual del cantón es de 564,5 mm. Por otro lado, la temperatura máxima ocurre en los meses de enero, febrero y noviembre, mientras que los de menor temperatura son los meses de junio, julio y agosto. La temperatura media en la parroquia es de 12 a 13°C. Además, el cantón Riobamba tiene una humedad relativa media de 63,1%, una insolación media total de 152,9 horas/año.

#### 10.5.1.4.2. *Serie temporal de precipitación.*

En la variable precipitación, en el periodo de tiempo desde el 01-01-2014 hasta el 31-12-2021, la estación M1036 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática hasta el mes de octubre de 2017. Desde este mes la estación automática presenta valores atípicos, posiblemente ocasionados por errores mecánicos en el sensor de precipitación. Los resultados se pueden evidenciar en la Figura 14.

**Figura 14**

*Serie temporal de precipitación de la estación M1036 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

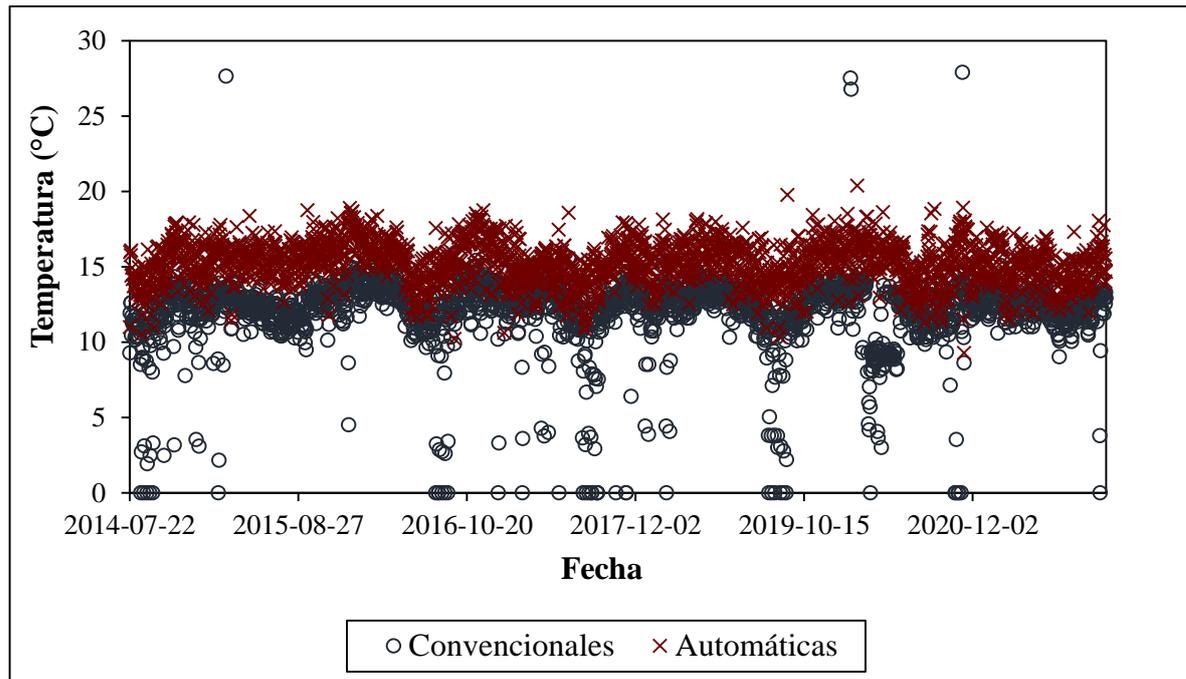
#### 10.5.1.4.3. *Serie temporal de temperatura.*

La temperatura, en el periodo de tiempo desde el 01-01-2014 al 31-12-2021, de la estación M1036 no presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática. Si nos basamos en la información presentada por el PDOT, la estación convencional es la que más se acerca a la temperatura del área de estudio, por lo que se requiere realizar un mantenimiento en el sensor de temperatura de la estación automática. De la misma manera, la estación convencional presenta algunos errores humanos debido a observaciones

incorrectas o falta de registro de datos. Los resultados se presentan a continuación, en la Figura 15

**Figura 15**

*Serie temporal de temperatura de la estación M1036 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de temperatura. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### **10.5.1.4.4. Evaluación cuantitativa.**

El script desarrollado en Rstudio sirvió para poder obtener los resultados estadísticos de Coeficiente de correlación (CC), Media del Error Absoluto (MAE), Raíz del error Cuadrático Medio (RMSE) y porcentaje de Sesgo (PBIAS); para la estación M1036, las cuales se presentan en la Tabla 10.

Según los resultados, la precipitación presenta un valor bajo de CC con 0.05, mientras que la temperatura presenta un valor de CC alto de 0.62. Por otro lado, el MAE obtenido en la precipitación es de 22.8 y el de temperatura es de 3.31. El RMSE que presenta la precipitación es bastante alto con un valor de 76.19, considerando que en esta variable se tienen bastantes valores atípicos, y la temperatura tiene un valor bajo de 4.78, debido a los errores que presentan algunos datos de la estación convencional. Para la evaluación mediante PBIAS, el valor positivo bastante elevado indica que la estación automática está sobreestimando la variable precipitación

de una manera excesiva, mientras que el valor positivo apunta a que la estación automática también está sobreestimando la variable temperatura.

### **Tabla 10**

*Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M1036.*

<b>Variable</b>	<b>CC</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>PBIAS</b>
Precipitación	0.05	22.80	76.19	4300.6
Temperatura	0.62	3.31	4.78	27.0

*Nota.* Comparación del valor correlacional vs método. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### **10.5.1.5. Estación M1208 - La Teodomira.**

##### **10.5.1.5.1. Climatología.**

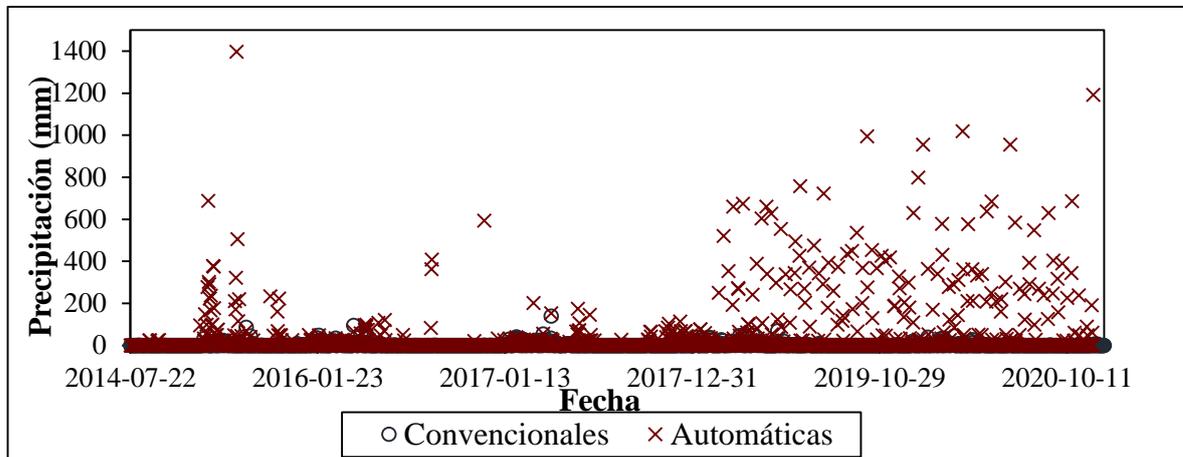
La estación La Teodomira, con código M1208, se localiza en la región Costa del país, en la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, del cantón Santa Ana, en la provincia de Manabí. El PDOT municipal presentado por el (GAD Municipal Santa Ana, 2015) no presenta mucha información climática, a pesar de ello indica que el clima del cantón Santa Ana es tropical seco, con una temperatura entre los 14 y 37°C y una temperatura media anual de 26°C. La zona presenta una precipitación media anual de 1300 mm de lluvia.

##### **10.5.1.5.2. Serie temporal de precipitación.**

La precipitación, del periodo de tiempo a partir del 01-01-2014 hasta el 31-12-2021, de la estación M1208 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática, con algunos valores atípicos por interferencias o errores mecánicos hasta el mes de octubre de 2017. Desde dicho mes, varios de los valores de la estación automática se presentan como atípicos. Según la información entregada por el INAMHI, la estación La Teodomira presenta fallos eléctricos en su estación automática, presentándose errores en su sensor de precipitación. Por tal motivo se registran valores extremos de alrededor de 20000 mm de lluvia en los días del mes de diciembre de 2020. Los resultados se pueden evidenciar en la Figura 16.

**Figura 16**

*Serie temporal de precipitación de la estación M1208 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



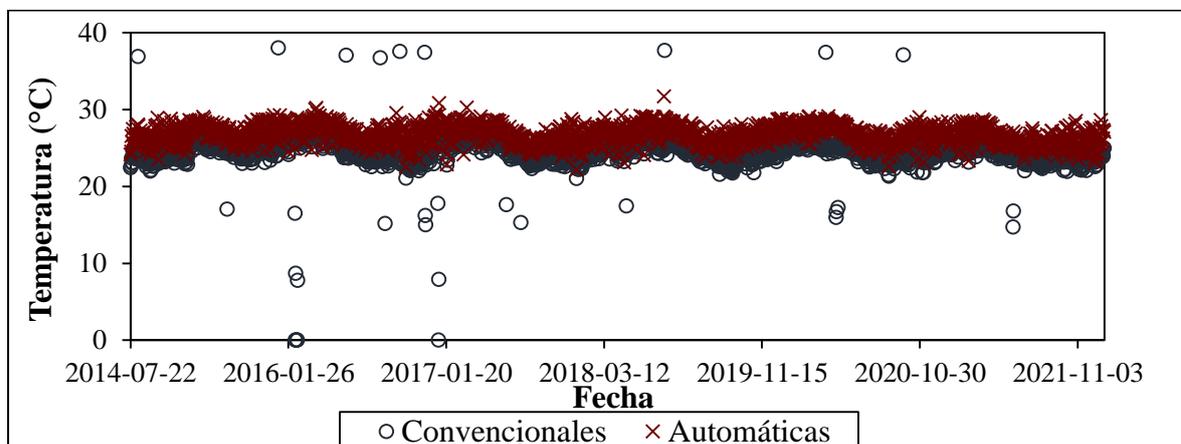
*Nota.* Dispersión histórica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### 10.5.1.5.3. *Serie temporal de temperatura.*

La variable temperatura, en el periodo de tiempo desde el 01-01-2014 al 31-12-2021, de la estación M1208 presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática, con algunos valores atípicos de la estación convencional debido a errores humanos. Los resultados se pueden observar en la Figura 17.

**Figura 17**

*Serie temporal de temperatura de la estación M1208 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de temperatura. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### 10.5.1.5.4. *Evaluación cuantitativa.*

El script desarrollado en Rstudio sirvió para poder obtener los resultados estadísticos de Coeficiente de correlación (CC), Media del Error Absoluto (MAE), Raíz del error Cuadrático Medio (RMSE) y porcentaje de Sesgo (PBIAS); para la estación M1208, las cuales se presentan en la Tabla 11.

Según los resultados, la precipitación presenta un valor muy bajo de CC con -0.005, mientras que la temperatura presenta un valor de CC alto de 0.66. Por otro lado, el MAE obtenido en la precipitación es de 145.07 y el de temperatura es de 2.34. El RMSE que presenta la precipitación es muy alto con un valor de 1306.43, considerando que en esta variable se tienen una gran cantidad de valores bastante atípicos, y la temperatura tiene un valor bajo de 3.60, al no presentar muchos valores atípicos. Para la evaluación mediante PBIAS, el valor positivo extremadamente elevado indica que la estación automática está sobreestimando de una manera excesiva la variable precipitación, esto debido a los fallos que presenta la estación; mientras que el valor positivo apunta a que la estación automática está sobreestimando la variable temperatura.

**Tabla 11**

*Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M1208.*

<b>Variable</b>	<b>CC</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>PBIAS</b>
Precipitación	-0.005	145.07	1306.43	22075.2
Temperatura	0.66	2.34	3.60	9.1

*Nota.* Comparación del valor correlacional vs método. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

#### 10.5.1.6. **Estación M1233 – Cantagallo, Granja, UNESU.**

##### 10.5.1.6.1. *Climatología.*

La estación M1233, también llamada Cantagallo, se encuentra en la parroquia Puerto Cayo, del cantón Jipijapa, de la provincia de Manabí. Esta estación se encuentra a una altitud entre 250 a 80 msnm, en la región Costa, en la parte occidental del país, a unos kilómetros del océano pacífico.

La información climatológica fue obtenida del PDOT parroquial presentado por el (GAD Parroquial de Puerto Cayo, 2015) e indica que el clima es influenciado por la corriente fría de Humboldt y la cálida del Niño, por las cuales existe un clima unimodal con una época seca de junio a diciembre y una lluviosa de enero hasta mayo.

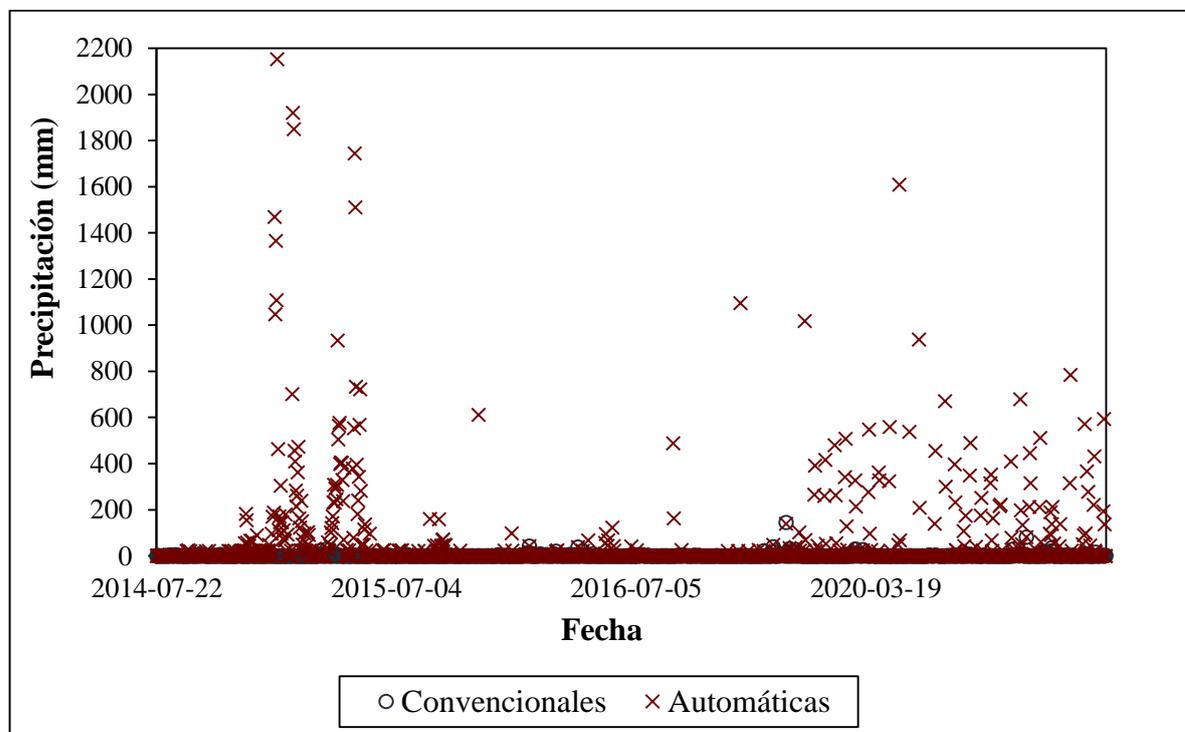
La temperatura en la parroquia va desde los 24 a los 26°C, teniendo una temperatura media anual de 25°C. Mientras que la precipitación máxima anual que se presenta es de 730 mm, incrementando notablemente con la llegada del Fenómeno del Niño.

#### 10.5.1.6.2. Serie temporal de precipitación.

La variable precipitación, del periodo de tiempo a partir del 01-01-2014 hasta el 31-12-2021, de la estación M1233 no presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática, por lo que se requiere una corrección por parte de la estación automática. Los resultados se pueden evidenciar en la Figura 18.

**Figura 18**

*Serie temporal de precipitación de la estación M1233 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



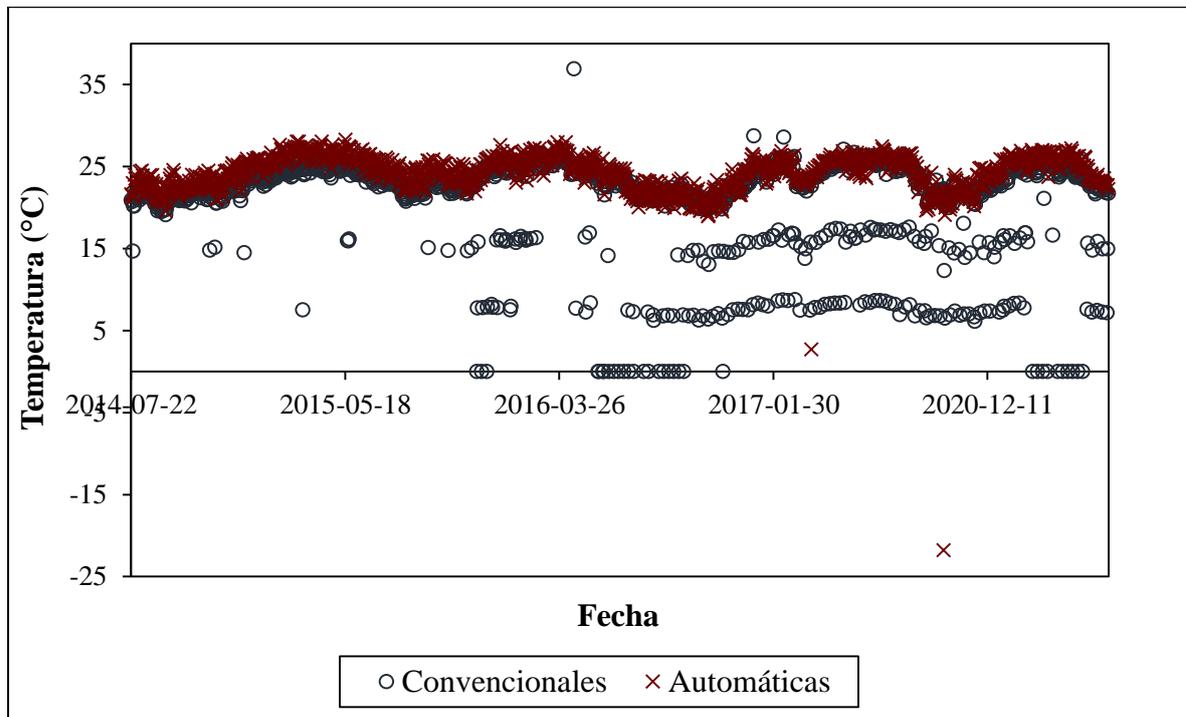
*Nota.* Dispersión histórica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

### 10.5.1.6.3. *Serie temporal de temperatura.*

La variable temperatura, del periodo de tiempo desde el 01-01-2014 al 31-12-2021, de la estación M1233 se presenta correspondencia entre los datos meteorológicos de la estación convencional y automática en gran parte de la serie temporal de datos. Se necesita considerar los errores humanos que se presenta en la estación convencional debido a que se presentan valores atípicos, sobre todo a partir del mes de abril de 2016. Los resultados se presentan a continuación, en la Figura 19.

**Figura 19**

*Serie temporal de temperatura de la estación M1233 para el período 01-01-2014 al 31-12-2021.*



*Nota.* Dispersión histórica de temperatura. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

### 10.5.1.6.4. *Evaluación cuantitativa.*

El script desarrollado en Rstudio sirvió para poder obtener los resultados estadísticos de Coeficiente de correlación (CC), Media del Error Absoluto (MAE), Raíz del error Cuadrático Medio (RMSE) y porcentaje de Sesgo (PBIAS); para la estación M1233, las cuales se presentan en la Tabla 12.

Según los resultados, la precipitación presenta un valor muy bajo de CC con 0.04, igualmente la temperatura presenta un valor de CC muy bajo de 0.2. Por otro lado, el MAE obtenido en la precipitación es de 15.46 y el de temperatura es de 3.52. El RMSE que presenta la precipitación es muy alto con un valor de 96.49, considerando que en esta variable se tienen bastantes valores atípicos, y la temperatura tiene un valor alto de 8.07, pues también se presentan bastantes valores atípicos. Para la evaluación mediante PBIAS, el valor positivo bastante alto indica que la estación automática está sobreestimando en gran medida la variable precipitación, mientras que el valor negativo apunta a que la estación automática está subestimando la variable temperatura.

**Tabla 12**

*Resultado de la evaluación estadística para las variables precipitación y temperatura de la estación M1233.*

<b>Variable</b>	<b>CC</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>PBIAS</b>
Precipitación	0.04	15.46	96.49	3642.5
Temperatura	0.20	3.52	8.07	-14.4

*Nota.* Comparación del valor correlacional vs método. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

### **10.5.2. Especificaciones técnicas de los instrumentos presentes en las estaciones meteorológicas.**

Para poder comprobar que el instrumental presente en las estaciones funciona correctamente y que los errores no se deben a fallos mecánicos, se analizó los informes de estado y mantenimiento de los equipos e instrumentos de las estaciones convencionales y automáticas. Dichos informes se presentan en los Anexos 2 y 3.

#### **10.5.2.1. Convencionales.**

Gracias a la información proporcionada por el INAMHI, se logró conocer el estado de los instrumentos presentes en las 6 estaciones meteorológicas convencionales de estudio (Anexo 2). Conocer esta información es importante para conocer el correcto funcionamiento de la estación, así como la confiabilidad de los datos registrados por los instrumentos. El estado de los instrumentos se puede visualizar en la Tabla 13.

Tabla 13

*Estado del instrumental de las estaciones convencionales.*

ESTACIÓN	INSTRUMENTOS																					
	Anemómetro totalizador	Anemógrafo	Heliógrafo	Pluviógrafo	Pluviómetro	Probeta plástica	Protector de bulbos	Soprote de Psicrómetro	Tanque de Evaporación	Termohigrógrafo	Termómetro de máxima	Termómetro de mínima	Termómetro húmedo	Termómetro seco	Veleta (Aspa de Will)	Ventilador del Psicrómetro	Geotermómetro 2, 5, 10, 15, 20, 30 cm	Radio	Pozo tranquilizante	Jarro de medida	Micrómetro	Sistema de relojería PVG.
M1036	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	-	N	-
M0026	✓	-	✓	N	N	○	✓	✓	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-
M0031	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	N	✓	N	✓	✓		✓	-	✓	-	-	-	-
M0103	✓	-	✓	✓	✓	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	N	-	✓	○	○	-	-
M1208	✓	✓	N	N	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	N	N	✓	N	N	-	-	-	-	N
M1233	N	-	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	-	-	N	N	-	-

*Nota:* Verificación del estado instrumental en estaciones convencionales, N = Nuevo, ✓ = Buen estado, ○ = Estado regular, X = Mal estado. Obtenido de: INAMHI, (2022).

Según se muestra en la Tabla 13, la mayoría de los instrumentos presentes en las estaciones convencionales se encuentran en buen estado o son nuevos. El único instrumento en mal estado es el termohigrógrafo de la estación M1208. En cuanto a instrumentos en un estado regular de funcionamiento tenemos a la probeta plástica de la estación M0026, y al pozo tranquilizante y el jarro de medida de la estación M0103.

En el caso de los instrumentos de medición de la temperatura, las estaciones M1036 y 1233 cuentan con todos los termómetros nuevos. Las estaciones M1036, M0026, M1208 y M1233 cuentan con pluviómetros y pluviógrafos nuevos. Los instrumentos de medición de temperatura y precipitación se las demás estaciones se encuentran en buen estado. Es decir, que los errores y datos atípicos que se presenten, van a depender de errores netamente humanos.

### **10.5.2.2. Automáticas.**

La información del mantenimiento y el estado de los instrumentos y sensores de las estaciones automáticas no fue entregada. Por lo que no se puede saber si el funcionamiento de estas estaciones es el correcto o si, en caso de presentarse un error en los datos, se pueda descartar que sea de carácter mecánico.

Solamente se cuenta con la información del informe de revisión de estado y mantenimiento de la estación M1233 en el año 2021 (Anexo 3). El cual indica que los 25 componentes de esta estación automática se encuentran en buen estado. Solamente se desconoce el estado del Convertidor Ethernet y de la Antena GPRS YAGUI. Se dio un mantenimiento y corrección a los sensores de temperatura y precipitación, por lo que se encuentran en buen estado y se puede descartar errores mecánicos en esta estación a partir del mes de junio de 2021.

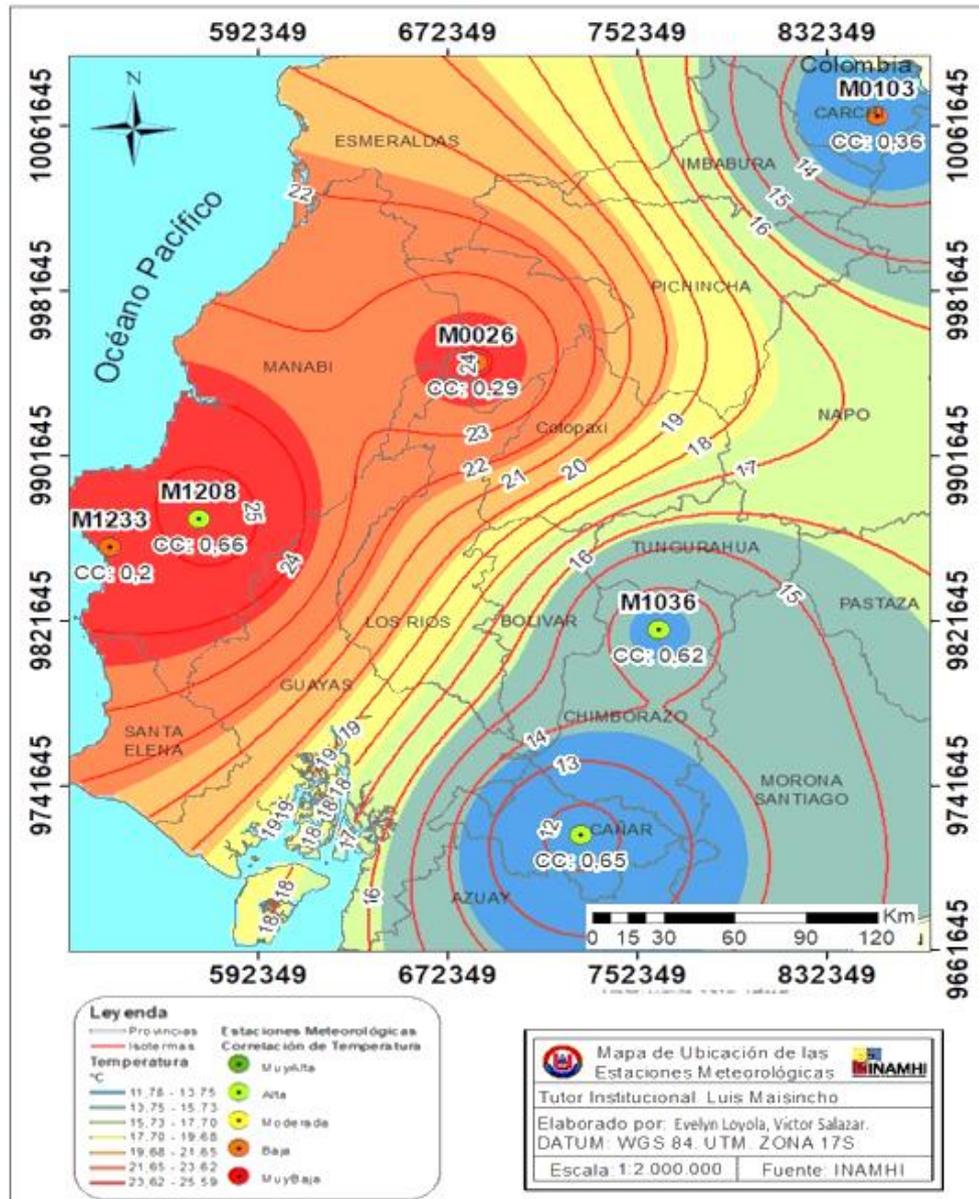
### ***10.5.3. Distribución espacial de las condiciones atmosféricas***

#### **10.5.3.1. Precipitación.**

Al obtener el coeficiente de correlación de las estaciones meteorológicas, se pudo clasificar según se explica en la metodología. Dicha clasificación nos dio como resultado que todas las estaciones automáticas y convencionales presentan una correlación muy baja, debido a errores tanto humanos como mecánicos. Además, se realizó un mapa de isoyetas donde se puede apreciar que la estación M0026 es la que presenta una mayor precipitación por día, siendo esta mayor a 8,5 mm/día. Esto se debe a que la parroquia donde se ubica esta estación es uno de los lugares más lluviosos de todo el país. Por otro lado, las estaciones M0031 y M1233 tienen la menor cantidad de precipitación, pues sus lluvias son menores a 1.5 mm/día. En la figura 20 se puede apreciar la interpolación de la precipitación de cada estación, así como la clasificación del coeficiente de correlación.

**Figura 20**

*Mapa de isoyetas del área de estudio.*



*Nota.* Gráfica de temperaturas altas y bajas. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

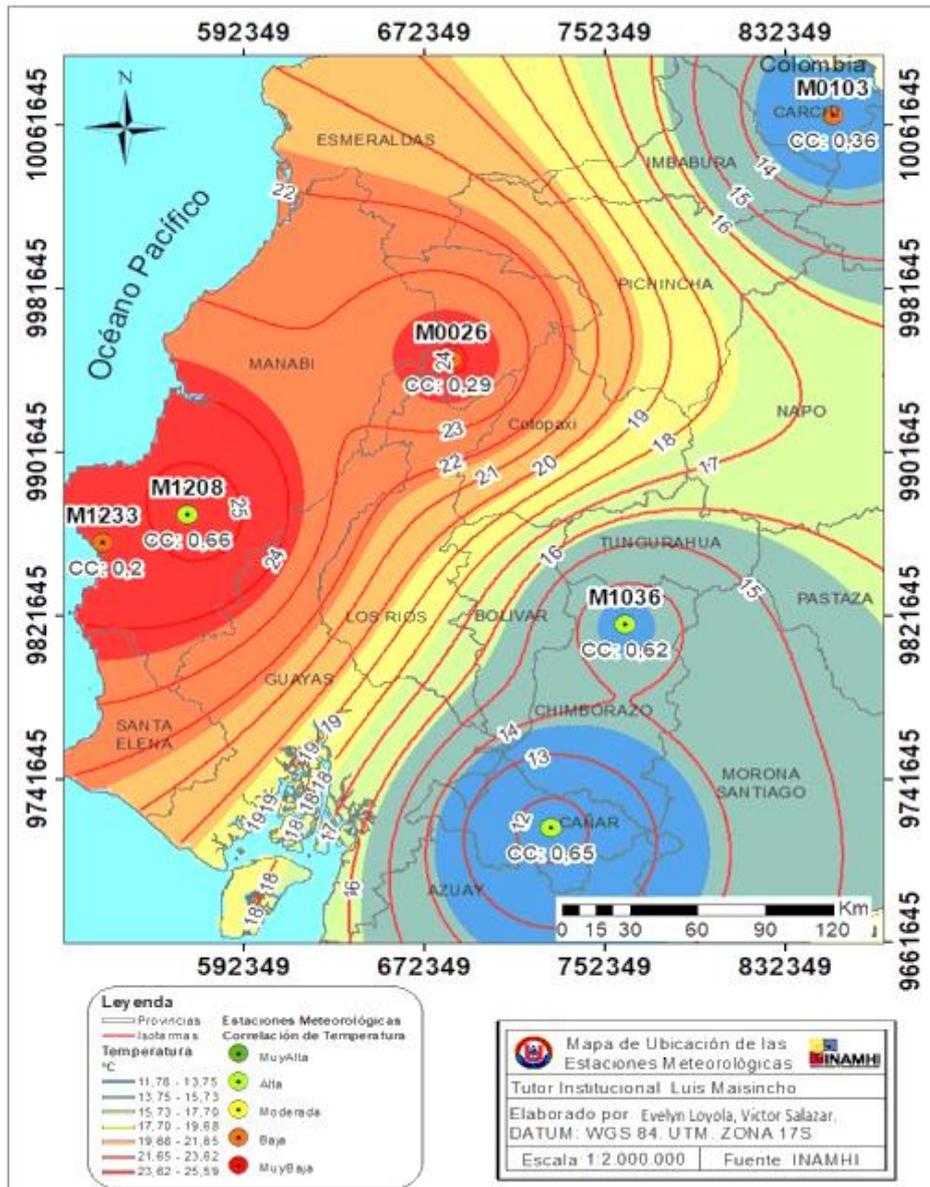
### 10.5.3.2. Temperatura

Al clasificar el coeficiente de correlación obtenido de la temperatura de las estaciones automáticas y convencionales, se pudo determinar que las estaciones M0031, M1036 y M1208 tienen una correlación alta; mientras que las estaciones M0026, M0103 y M1233 presentan una correlación baja. El mapa de isotermas de las estaciones muestra que las estaciones M1233, M1208 y M0026 alcanzan las temperaturas medias diarias más altas, superando los 24°C. Esto se debe a que las estaciones se encuentran en la región Costa. Las estaciones de la Sierra

presentan temperaturas bastante bajas, con menos de  $14^{\circ}\text{C}$  en las estaciones M0103 y M1036, y con menos de  $12^{\circ}\text{C}$  en la estación M0031. Tanto la interpolación de la temperatura como la clasificación del coeficiente de correlación se pueden observar en la figura 21.

**Figura 21**

*Mapa de isotermas del área de estudio.*



*Nota.* Gráfica de precipitación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

## 10.6. DISCUSIÓN

### *10.6.1. Evaluación cuantitativa de los datos meteorológicos entre estaciones convencionales y automáticas.*

#### **10.6.1.1. Correlación de Pearson.**

Al aplicar la ecuación de la correlación de Pearson a los datos meteorológicos de ambas estaciones se evidenció que la precipitación presenta una CC muy baja en todas las estaciones debido a que los datos de las estaciones convencionales y automáticas no son similares y se presentan varios valores atípicos debido a errores, principalmente en las estaciones automáticas. Los resultados obtenidos y la visualización de la gráfica de la serie temporal indican que la estación automática debe ser ajustada, pues es la que mayor cantidad de valores atípicos presenta, posiblemente debido a fallos en su sensor de precipitación.

No se cuenta con los registros de mantenimiento y revisión de los pluviómetros de cazoletas basculantes o de pesada, por lo que no se conoce el estado de estos equipos. Según Chassaing, (2013) para evitar tener datos erróneos se debe realizar un mantenimiento, revisión y/o calibración cada seis meses, para lo cual se deben aplicar pruebas estáticas y dinámicas por parte de una persona experta.

Una estación meteorológica que cuente con una estación automática en buenas condiciones, con los mantenimientos adecuados y con las revisiones permanentes y una estación convencional donde el observador sea experimentado y cometa los mínimos errores posibles; es capaz de tener una correlación alta entre estaciones. Esto se puede evidenciar en el estudio llevado a cabo por Ávila & Alezones, (2017) en donde se indica que la precipitación obtuvo una correlación de 0.95, con una diferencia máxima de 3.1 mm entre estaciones, por lo que se pueden obtener resultados reproducibles a los equipos de medición convencionales con la estación automática.

Por parte de la temperatura, al aplicar la ecuación de la correlación de Pearson se obtuvo una correlación alta en las estaciones: M0031, M1036 y M1208; mientras que en las estaciones: M0026, M0103 y M1233 es baja. Es decir, la mitad de las estaciones resultaron tener datos de temperatura relacionados, por lo que podrán ser usados en conjunto o como fuente secundaria de datos.

En el presente estudio, los datos de temperatura son bastante similares en la mayoría de estaciones, presentando diferencias mayormente debido a errores humanos en las estaciones

convencionales. Además, los datos registrados por las estaciones automáticas presentan valores ligeramente superiores a los de las convencionales. Se realizó un estudio para relacionar la temperatura máxima y mínima entre estaciones convencionales donde los resultados indicaron que los valores de temperatura máxima son similares y los de temperatura mínima son un tanto diferentes. Los resultados del estudio indican lo siguiente:

Se observa la temperatura máxima donde los valores de ambas estaciones son muy similares en todo el periodo, pero los de la EA son menores, y se observa que para la temperatura mínima en la mayoría de los días los valores difieren poco, pero los datos de la EA son mayores. (Arteaga-Ramírez et al., 2017)

El estudio realizado por Gattinoni et al, (2011) se basó en estudiar el comportamiento de precipitación y temperatura entre estaciones convencionales y automáticas, en dicho estudio se obtuvieron resultados similares al presente proyecto de investigación. En dicho estudio los resultados apuntan que:

Los estimadores de parámetros estadísticos resultaron similares entre las estaciones, especialmente los calculados a partir de los datos de temperatura. Los valores acumulados anuales y extremos de precipitación fueron los que mostraron mayores diferencias. Se destaca la importancia del intervalo de medición de precipitación utilizada en cada tipo de estación y el entorno en el que se encuentran las mismas. (Gattinoni et al., 2011)

#### **10.6.1.2. Error Medio Absoluto.**

El Error medio absoluto de la variable precipitación fue alto en las estaciones: M0026 (13.75), M0103 (16.99), M1036 (22.8), M1208 (145.07) y M1233 (15.46); y resultó ser bajo en la estación M0031 (4.87). El resultado de la estación M0031 indica que su error de 4.87 mm/día es aceptable debido a que el estudio realizado por Peralta, (2016) concluye que para que un valor sea aceptado, este debe tener un  $MAE \leq 8\text{mm/día}$ .

Mientras que en la variable temperatura fue alto en las estaciones: M0026 (6.26), M1036 (3.31) y M1233 (3.52); y resultó ser más bajo en las estaciones: M0031 (1.84), M0103 (2.96) y M1208 (2.34). Los resultados del MAE en temperatura indican la cantidad de °C de diferencia que existe entre las estaciones convencionales y automáticas. Las 3 estaciones con el MAE bajo se encuentran dentro del rango aceptable, pues en el libro publicado por Stel et al., (2019) se explica que se espera un  $MAE \leq 3^{\circ}\text{C/día}$  entre ambos tipos de estaciones.

Según indican Santander et al., (2018) el resultado ideal sería cero, pues en este caso no existirían diferencias entre los valores registrados por ambas estaciones. Los resultados elevados indican la diferencia en mm de lluvia y °C que existe entre los valores registrados entre la estación convencional y automática, por lo que es necesario que los equipos y sensores de lluvia y temperatura sean revisados y ajustados de ser el caso.

#### **10.6.1.3. Raíz del error cuadrático medio.**

La raíz del error cuadrático medio de la precipitación fue alta en todas las estaciones: M0026 (41.38), M0031 (25.72), M0103 (63.11), M1036 (76.19), M1208 (1306.43) y M1233 (96.49), debido a la presencia de valores atípicos. En el estudio realizado por Oliveira et al., (2010) se evidencia un valor bastante alto de RMSE de precipitación de 51.09, el cual se explica como resultado de lluvias mayores a 20 mm al día, lo que provoca un error en pluviómetros basculantes.

La raíz del error cuadrático medio de la temperatura fue baja en todas las estaciones: M0026 (8.25), M0031 (2.84), M0103 (6.20), M1036 (4.78), M1208 (3.6) y M1233 (8.07). Esto se relaciona con los resultados presentados en la correlación y la gráfica de la serie temporal, donde no existían muchos valores atípicos. El estudio de Arteaga et al., (2017) obtuvo resultados similares, con un RMSE de temperatura de 5.81, lo cual indica que existe una diferencia mínima entre los resultados encontrados, mientras que valores más altos evidencian la presencia de valores extremos.

#### **10.6.1.4. Sesgo relativo PBIAS.**

El PBIAS indica que la estación automática sobreestima la precipitación en todas las estaciones: M0026 (412.4), M0031 (1238.1), M0103 (1930.0), M1036 (4300.6), M1208 (22075.2) y M1233 (3642.5). Cabe recalcar que los sensores y equipos utilizados en las estaciones automáticas son bastante sensibles y deben ser calibrados con frecuencia. En su estudio, Wachamin, (2017) presenta una sobreestimación de los datos de precipitación tomados por la estación automática, esto debido a fuertes precipitaciones o a falla en los sensores.

Por otra parte, la estación automática sobreestima la temperatura en las estaciones M0031 (15.0), M0103 (18.1), M1036 (27.0) y M1208 (9.1); y se subestima en las estaciones M0026 (-21.6) y M1233 (-14.4). Estos datos indican que el sensor de temperatura debe ser corregido, pues está registrando los valores algunos °C encima o debajo de lo normal. Stel et al., (2019)

explican que este tipo de errores son esperables, siempre y cuando sean pequeños, normalmente debido a derivas progresivas del sensor, mal funcionamiento o falla de fábrica.

## **11. IMPACTOS**

### **11.1. Ambiental**

Desde el punto de vista ambiental, este estudio aporta algunos beneficios. Debido a que se conoce la correlación y la presencia de errores en las estaciones convencionales, los errores pueden ser considerados, mejorados y/o corregidos para una lectura más eficiente y real. Esto ayuda a que los estudios ambientales, como el estudio del cambio climático, donde se utilicen estos datos, sean más confiable al reflejar de mejor manera la realidad del entorno.

La información meteorológica corregida ayuda a que los proyectos, obras y actividades que lleven a cabo los profesionales se lleven a cabo de una manera más correcta, pudiendo tomar decisiones importantes para asegurar la protección y cuidado del ambiente, guiándose de información confiable.

De la misma manera, al conocer la diferencia entre un tipo de estación y otra y al corregir estos errores, se trabaja con datos más exactos, los cuales sirven a los profesionales meteorólogos a predecir eventos atmosféricos futuros, permitiendo a otras instituciones como el Ministerio del Ambiente estar atentos y preparados para poder afrontar eventos extremos que pueden afectar de manera negativa al ambiente.

### **11.2. Socioeconómico**

Con la información meteorológica mayormente enfocada en la realidad se puede realizar obras y proyectos de mayor confiabilidad y que sirvan para el desarrollo de la sociedad. De esta forma se pueden aprovechar de mejor manera los recursos como las lluvias y temperatura para el desarrollo de proyectos, desde hidroeléctricos hasta aprovechamiento de agua de riego por parte de los agricultores.

Los pronósticos se pueden realizar teniendo información más confiable. Por lo que puede ayudar a la sociedad y a las autoridades a tomar decisiones en los ámbitos de salud pública, gestión de riesgo, agricultura, pesca, turismo, energía, transporte, agricultura, economía, entre otras.

## 12. PRESUPUESTO

**Tabla 14**

*Presupuesto del proyecto de investigación.*

RECURSOS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
<b>Humanos</b>	6	Viáticos para la visita de las estaciones (una por estación)	60.00	360.00
<b>Oficina</b>	1	Material bibliográfico y fotocopias	45.00	45.00
	1	Materiales y suministros	75.00	75.00
<b>Tecnológicos</b>	1	Servicios de internet	40.00	40.00
	1	Generación del script (programa)	25.00	25.00
	1	Equipos, software y servicios técnicos	70.00	70.00
<b>Otros</b>	1	Transporte	60.00	60.00
	2	Equipos de Protección Personal	40.00	80.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>755.00</b>
<b>IMPREVISTOS (10%)</b>				<b>75.50</b>
<b>TOTAL</b>				<b>830.50</b>

*Nota.* Presupuesto detallado. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1. CONCLUSIONES

- Los datos registrados en las estaciones convencionales presentan una gran cantidad de errores humanos, sobre todo debido a que se apuntan mal los datos cuando existen trazas en precipitación, además de que los datos de ambas variables que no se observaron se escriben con valores altos, en vez de dejarlos vacíos. Las estaciones automáticas, a pesar de que presentan algunas ventajas como la recolección continua de datos y la falta de subjetividad del observador, también presentan algunos errores debido a la falta de mantenimiento y revisión del correcto funcionamiento de los sensores y equipos, especialmente para medir la variable precipitación.
- Se puede apreciar que existe una correlación muy baja entre la precipitación de las estaciones convencionales y automáticas: M0026 (0.14), M0031 (0.06), M0103 (0.05), M1036 (0.05), M1208 (-0.005) y M1233 (0.04). En la temperatura la correlación entre estaciones automáticas y convencionales es alta en las estaciones M0031 (0.65), M1036 (0.62) y M1208 (0.66), por lo que se puede utilizar la estación automática como una fuente secundaria de datos, necesitando un ligero ajuste de los sensores para evitar sobreestimación o subestimación de datos; mientras que en las estaciones M0026 (0.29), M0103 (0.36) y M1233 (0.2) presentan una correlación baja. Las estaciones que presenten una correlación baja en alguna de las variables no pueden utilizar su estación automática como una fuente alternativa de datos y deben aplicarse los procesos operativos y de mantenimiento recomendados por la OMM.
- De las seis estaciones meteorológicas estudiadas, tres se encuentran en la región Costa y tres en la región Sierra. Al comparar los eventos del fenómeno de El Niño con la serie temporal de las estaciones y al revisar la información climatológica del área donde se ubican las estaciones, se observa que los eventos o fenómenos atmosféricos como el Fenómeno de El Niño, no afectan a los datos de las estaciones M0103 y M1036 debido a que los protege la Cordillera de los Andes. A la estación M0031 la afecta un fenómeno conocido como el Veranillo de El Niño desde diciembre hasta enero. Las estaciones M1233 y M1208 se encuentran más expuestas a la costa, por lo que sus datos se ven bastante influenciados por El Fenómeno de El Niño, mientras que la estación M0026 se ve influenciada pero no en gran medida. A pesar de esto, los valores extremos producidos por fenómenos meteorológicos se encuentran dentro de un rango aceptable

y son similares para ambos tipos de estaciones, por lo que los valores atípicos que se presentan tanto para la estación convencional y automática, se deben a errores humanos o mecánicos propios de las estaciones.

### **13.2. RECOMENDACIONES**

- Para mejorar el nivel de correlación existente entre las estaciones es necesario realizar algunas correcciones y mejoras. Para las estaciones convencionales se debe controlar la hora de toma y registro de datos, revisar los datos registrados por el observador y el digitador, así como asegurar una capacitación continua hacia los observadores para disminuir la cantidad de errores humanos. En el caso de las estaciones automáticas es necesario realizar revisiones de todos los equipos y sensores para su posterior corrección, disminuyendo de esta manera los errores mecánicos.
- El estudio se limitó a seis estaciones meteorológicas debido a la falta de información de otras estaciones, por lo cual se recomienda recopilar los datos de otras estaciones automáticas y convencionales y completar los datos faltantes en la base de datos para su posterior análisis estadístico de correlación, error medio absoluto, raíz del error cuadrático medio y sesgo relativo. De esta manera se conseguirá corregir y disminuir los errores de un mayor número de estaciones a nivel nacional, permitiendo trabajar con datos más confiables.
- Debido a que el estudio estadístico de la correlación entre las variables de las estaciones convencionales y automáticas es amplio, solamente se trabajó con precipitación y temperatura. Por tal motivo, se recomienda analizar la correlación de otras variables meteorológicas importantes como humedad relativa o presión atmosférica, para revisar si los datos entregados por las estaciones convencionales y automáticas reflejan la realidad, y, en caso de ser necesario, corregir las fuentes de los errores.

#### 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrón, C., & Enriquez, L. (2021). *Meteorología. Guía Didáctica*. Instituto Superior Tecnológico «Manuel Encalada Zuñiga».
- Ahn, H., Lee, S., Ko, H., Kim, M., Han, S. W., & Seok, J. (2022). *Searching similar weather maps using convolutional autoencoder and satellite images*. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2022.03.013>
- Aliaga, N. (2021). *Control de calidad automático de datos de estaciones meteorológicas convencionales en el centro de procesamiento de datos del SENAMHI*.
- Almada, A. (2020). *Estación Meteorológica Anemómetro y Pluviómetro*. RINFI.
- American Meteorological Society. (2018a). *Climate. Glossary of Meteorology*. <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Climate>
- American Meteorological Society. (2018b). *Weather. Glossary of Meteorology*. <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Weather>
- Arteaga-Ramírez, R., Cervantes-Osornio, R., & Peña, M. A. V. (2017). *Estación meteorológica convencional versus automática sus diferencias evaluadas con índices estadísticos Chapingo, México\* Conventional versus automatic weather station evaluated differences with statistical indexes Chapingo, Mexico*. 14.
- Ávila, M., & Alezones, J. (2017). *EVALUACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN EN ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS CONVENCIONALES Y AUTOMATIZADAS Lester Ramírez (lester.ramirez@danac.org.ve)*. 16.
- Ayala, M., Carrera, D., & Tierra, A. (2018). Relación espacio-temporal entre estaciones utilizadas para el relleno de datos de precipitación en Chone, Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 298-313.
- Barco, E., & Cifuentes, J. (2018). *INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS Y PARÁMETROS DE MEDICIÓN*.

- Basualdo, A. (2015). *Manual de buenas prácticas para la generación, el almacenamiento y la difusión de informática climática en instituciones y organismos del MERCOSUR*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Bernal, F. J. V. (2000). *EL TIEMPO Y EL CLIMA COMO CONDICIONANTES DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS*. 12.
- Brock, & Richardson. (2001). *La humedad del aire*.
- Bustamante Lozano, Á. M., Páez Martínez, A., Espitia Barrera, J. E., & Cárdenas Castro, E. (2013). Análisis de datos meteorológicos para identificar y definir el clima en Yopal, Casanare. *Revista de Medicina Veterinaria*, 25, 85. <https://doi.org/10.19052/mv.2301>
- Campbell Scientific Spain. (2018). *Estaciones Meteorológicas*. 8.
- Cárdenas, J. (2014). *Guía para el monitoreo de la temperatura del aire: Lectura del termómetro de máximas y mínimas*. Globe Perú.
- Carrasco, G. (2020). *Revisión sistemática: Estudio de métodos para la sustitución de datos meteorológico no registrados en calidad de aire*.
- Casadiago, Y. A. S. (2020). *Importance of meteorological stations for decision making in agriculture. Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33323.46886>
- Cervera, D. R. C. (2014). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL*. 180.
- Chassaingne, A. (2013). *Calibración de pluviómetro y termohigrómetros de estaciones meteorológicas automáticas Calibration of rain gauge and thermohygrometers in automated weather stations*. 63, 8.
- Código Orgánico del Ambiente*. (2017). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
- Comité Nacional para el estudio regional del Fenómeno de El Niño. (2022). *BOLETÍN TÉCNICO - ERFEN N° 08-2022*.
- Comité Regional de los Recursos Hidráulicos. (2019). *El Niño Oscilación del Sur (ENOS)*.

- Constitución de la República del Ecuador.* (2008).
- Coronado, J. (2007). *Escalas de Medición* (Vol. 2). Corporación Universitaria Unitec.
- Correa, H. A., Salazar, G. H., Arias, O. L. O., Bolívar, J. P., & Gómez, H. E. (1975). *Observaciones Meteorológicas*. 44.
- Cruz, L., & Choque, J. (2018). *Desarrollo de una estación meteorológica automática*. 11.
- Echavarría, J. D. L., Gómez, C. A. R., Aristizábal, M. U. Z., & Vanegas, J. O. (2010). EL MÉTODO ANALÍTICO COMO MÉTODO NATURAL. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 28.
- Fernández, L. (2020). *Estaciones meteorológicas: Su importancia en la decisión de cuánto regar*.
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.466](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.466)
- Figuroa, J., & Zetina, G. (2018). *Estaciones Meteorológicas*.
- Forni, C. (2008). DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS, LOS SATÉLITES Y LAS BOYAS OCEÁNICAS A LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA: LA RED DE GENERACIÓN Y DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA PARA LA REGIÓN PAMPEANA (ARGENTINA). *Redes*, 14(28), 19-46.
- Franco, J. R. (2021). ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MEDIDAS METEOROLÓGICAS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA DA FAZENDA LAGEADO NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU - SÃO PAULO - BRASIL. *SÃO PAULO*, 77.
- GAD Intercultural del Cantón Cañar. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cañar*.
- GAD Municipal del Cantón Riobamba. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba (2015-2030)*.

- GAD Municipal Montúfar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Montúfar (2015-2031)*.
- GAD Municipal Santa Ana. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santa Ana*.
- GAD Parroquial de Puerto Cayo. (2015). *Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de Puerto Cayo 2015*.
- GAD parroquial Luz de América. (2015). *Actualización del diagnóstico del PDOT de la parroquia Luz de América*.
- Garreaud, R., & Meruane, C. (2005). *Instrumentos Meteorológicos y Humedad Atmosférica*. Universidad de Chile.
- Garrido, F. (2022). *Migración de la libreta hidrometeoro lógica principal del Inamhi a una arquitectura de microservicio*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Gattinoni, N., Boca, T., C, R., & Di Bella, C. (2011). Comparación entre observaciones meteorológicas obtenidas de estaciones convencionales automáticas a partir de la estimación de parámetros estadísticos. *ResearchGate*, 4.
- González, L., & Álvarez, I. (2019). *¿Como medir el clima?* HIPATIA.
- Gutiérrez, S. E. F. (1996). *Diccionario de Términos Meteorológicos más usuales*. 22.
- Horna, N., & Maisincho, L. (2019). *Informe de evaluación de estación convencional y automática Iñaquito* (p. 9).
- Humedad*. (s. f.).
- Ibaceta, V. (2010). *Proyecto de «Abrigo Meteorológico»*. <http://viviana-vivi65.blogspot.com/2010/09/proyecto-de-abrigo-meteorologico.html>
- IDEAM. (2001). *MANUAL DEL OBSERVADOR METEOROLÓGICO*.
- IDEAM. (2018). *Que es el Sistema de Gestión Integrado SGI*. <http://sgi.ideam.gov.co/que-es-el-sistema/mision-y-vision>

IDEAM. (2019). *Glosario Meteorológico*.

Ilbay, M. L., Zubieta Barragán, R., & Lavado-Casimiro, W. (2019). Regionalización de la precipitación, su agresividad y concentración en la cuenca del río Guayas, Ecuador. *La Granja*, 30(2), 57-76. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.06>

INACAP. (2020). *Presión, Principio de Pascal y sus aplicaciones*.

INAMHI. (2022). *Distributivo de personal de la institución*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018a). *Metodología de la operación estadística variables meteorológicas*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018b). *Metodología para la Operación Estadística Variables Meteorológicas*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2021). *Guía para la operación y mantenimiento de las estaciones meteorológicas convencionales*.

Iturralde, M. (2017). *Yo mido la lluvia*.

Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., & Rodríguez, J. E. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: Definición, propiedades y suposiciones*. 37, 16.

Lara, E. (2018). *Barómetro*. <https://www.academia.edu/14143230/Barometro>

Lave, L. B. (1963). The Value of Better Weather Information to the Raisin Industry. *Econometrica*, 31(1/2), 151. <https://doi.org/10.2307/1910954>

López, D. (2020). *Pluviómetros y pluviógrafos: Un afán histórico por medir la lluvia*.

López, E. (2018). *EFFECTOS PRODUCIDOS POR EL CAMBIO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA DEBIDO A LA ALTITUD Y SU RELACIÓN CON LA PÉRDIDA DE POTENCIA EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO MITSUBISHI 4G94*. 134.

López, M. (2012). *CALIBRACIÓN DEL MODELO PARA EL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN LOS SEDIMENTOS EN LA CUENCA DE JEQUETEPEQUE, CAJAMARCA, PERÚ*. 42.

- MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático (No. ISBN: 976-994-22-145-2)*. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Maggi, A., Ponieman, K., Castro, N., & Di Fernindano, M. (2020). Dinámica del NDVI en distintas fases del fenómeno ENSO en la Reserva de Biósfera Laguna Blanca (Catamarca, Argentina). *Ecología Austral*, 30(1).
- Marina, A. (2015). *Estaciones meteorológicas, climatológicas e hidrológicas. Parte 2: Especificaciones técnicas que deben cumplir el emplazamiento y exposición de los instrumentos de medición de las estaciones meteorológicas automáticas y convencionales*.
- Martinez, E. (2007). *DEFINICIONES DE HUMEDAD Y SU EQUIVALENCIA*. Centro Nacional de Metrología.
- Martínez, G. A. L. (2016). *Estación Meteorológica para la Conformación de Redes. Proceso de Instalación*. 21(1), 8.
- Molina, J., & Escobar, C. (2005). LA NEBLINA COMO FUENTE DE AGUA: Evaluación de su colección en el sur de los Andes colombianos usando mallas de polipropileno. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 12, 33-41.
- Montalvo, B. (2013). *Prototipo Didáctico de una Estación Meteorológica Monitoreada a Distancia*. Instituto Politécnico Nacional.
- Morales, E. (2021). *Exploración de un sistema de detección temprana de las epidemias de gripe a partir de datos climáticos*. 94.
- Negrón, P. (2014). *REDES NEURONALES SIGMOIDAL CON ALGORITMO LM PARA PRONOSTICO DE TENDENCIA DEL PRECIO DE LAS ACCIONES DEL IPSA*. 52.
- Nina, M., & Rubio, O. (2020). Validation of simulated precipitation forecasts with the BRAMS model for the LaLibertad-Peru region. *Selecciones Matemáticas*, 8, 161-172.
- NIWA. (2022). *El Niño y La Niña*. <https://niwa.co.nz/climate/information-and-resources/elnino>

- Novoa, G., & Guillén, B. (2018). *DESARROLLO DE UNA ESTACIÓN AGRO-METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA REMOTA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA EN LA CUENCA DEL RÍO PISQUE*.
- Oldani, J. (2020). *La meteorología*. Parkstone International.
- Oliveira, Marçal, B., Gomes, E., Espinola, J., & Yogo, R. (2010). COMPARAÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS OBTIDOS POR ESTAÇÃO CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA EM JABOTICABAL-SP. *Revista Caatinga*, 23(4), 108-114.
- OMM. (2008). *Guide to meteorological instruments and methods of observation*.
- Organización Meteorológica Mundial. (1993). *Guide on the global data-processing system*.
- Organización Meteorológica Mundial. (2017). *Desafíos en la transición de las redes de observaciones meteorológicas convencionales a las automáticas en registros climáticos a largo plazo*. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4219](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4219)
- Ortiz Diaz, H. A., Escobar Amado, C. D., & Sepúlveda Mora, S. B. (2018). Análisis estadístico de variables climatológicas en la ciudad de Cúcuta. *Respuestas*, 23(1), 39-44. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1328>
- Peña, O. (2019). *SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MINI ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA CAPTURA DE DATOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRESIÓN ATMOSFÉRICA – CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA REGIONAL - PIURA*.
- Peralta, S. (2016). *Evaluación de configuraciones de parametrización física para la simulación numérica de temperatura y lluvia en el Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito.
- Perdomo, J. (2005). *Meteorología general*.
- Pérez, D. (2018). *Medida de la radiación solar*.
- Plataforma Educativa en Cambio Climático. (2019). *El rol del clima sobre la actividad humana*.

- Pollack Velásquez, M., Helfgott Lerner, S., & Tejada Soraluz, J. (2018). El cultivo de caña de azúcar en la Costa del Perú durante los eventos de El Niño 1982-83 y 1997-98. *Ecología Aplicada*, 17(1), 77. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1176>
- Portilla, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. Editorial Universitaria Abya - Yala.
- Prieto, M. del R., Rojas, F., & Castillo, L. (2018). La climatología histórica en Latinoamérica. Desafíos y perspectivas. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 47 (2), 141-167. <https://doi.org/10.4000/bifea.9706>
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. (2019). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
- Reglamento Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua*. (2015). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
- Resolución Nro. SNGRE-049-2018*. (2018). Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.
- Rivas, D. (2018). *El clima, caracteres, causas, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica*. Universidad Nacional de Educación.
- Rodríguez, M. (2020). *Guía Los Fluidos*. <https://www.webcolegios.com/file/05e5b4.pdf>
- Rodríguez, M. A., & León, C. M. (2012). *Fundamentos de climatología*. 64.
- Ruiz-Ayala, D. C., Vides-Herrera, C. A., & Pardo-García, A. (2018). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(2), 333-341. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7971>
- Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 101-122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Santander, P., Elórtegui, C., González, C., Allende-Cid, H., & Palma, W. (2018). Redes sociales, inteligencia computacional y predicción electoral: El caso de las primarias

- presidenciales de Chile 2017. *Cuadernos de información*, 41, 41-56. <https://doi.org/10.7764/cdi.41.1218>
- Sanz, S. T. B. (2019). *OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA EN EL PARQUE NACIONAL DE ORDESA Y MONTE PERDIDO*. 13.
- Scher, S., & Messori, G. (2019). How Global Warming Changes the Difficulty of Synoptic Weather Forecasting. *Geophysical Research Letters*, 46(5), 2931-2939. <https://doi.org/10.1029/2018GL081856>
- Schnabel, S. (1998). *LA PRECIPITACIÓN COMO FACTOR EN LOS PROCESOS HIDROLÓGICOS Y EROSIVOS ANÁLISIS DE DATOS DE CÁCERES CAPITAL*. 17.
- Senamhi. (2018). *Un buen clima. Glosario de términos meteorológicos*.
- Serrano Vincenti, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*, 16(2), 23. <https://doi.org/10.17163/lgr.n16.2012.03>
- Stel, L., Haldbrant, G., & Sanchez, G. (2019a). *Sobre mantenimiento e interpretación de fallas de estaciones automáticas*. 18.
- Stel, L., Haldbrant, G., & Sanchez, G. (2019b). *Sobre mantenimiento e interpretación de fallas de estaciones automáticas*. Servicio Meteorológico Nacional.
- Tapia, J. (2016). *Estructura de la Precipitación y su Variabilidad Espacio—Temporal a lo largo de una gradiente altitudinal*. Universidad de Cuenca.
- Timmermans, E. J., van der Pas, S., Dennison, E. M., Maggi, S., Peter, R., Castell, M. V., Pedersen, N. L., Denking, M. D., Edwards, M. H., Limongi, F., Herbolsheimer, F., Sánchez-Martínez, M., Siviero, P., Queipo, R., Schaap, L. A., Deeg, D. J. H., & \_\_\_. (2016). The Influence of Weather Conditions on Outdoor Physical Activity Among Older People With and Without Osteoarthritis in 6 European Countries. *Journal of Physical Activity and Health*, 13(12), 1385-1395. <https://doi.org/10.1123/jpah.2016-0040>

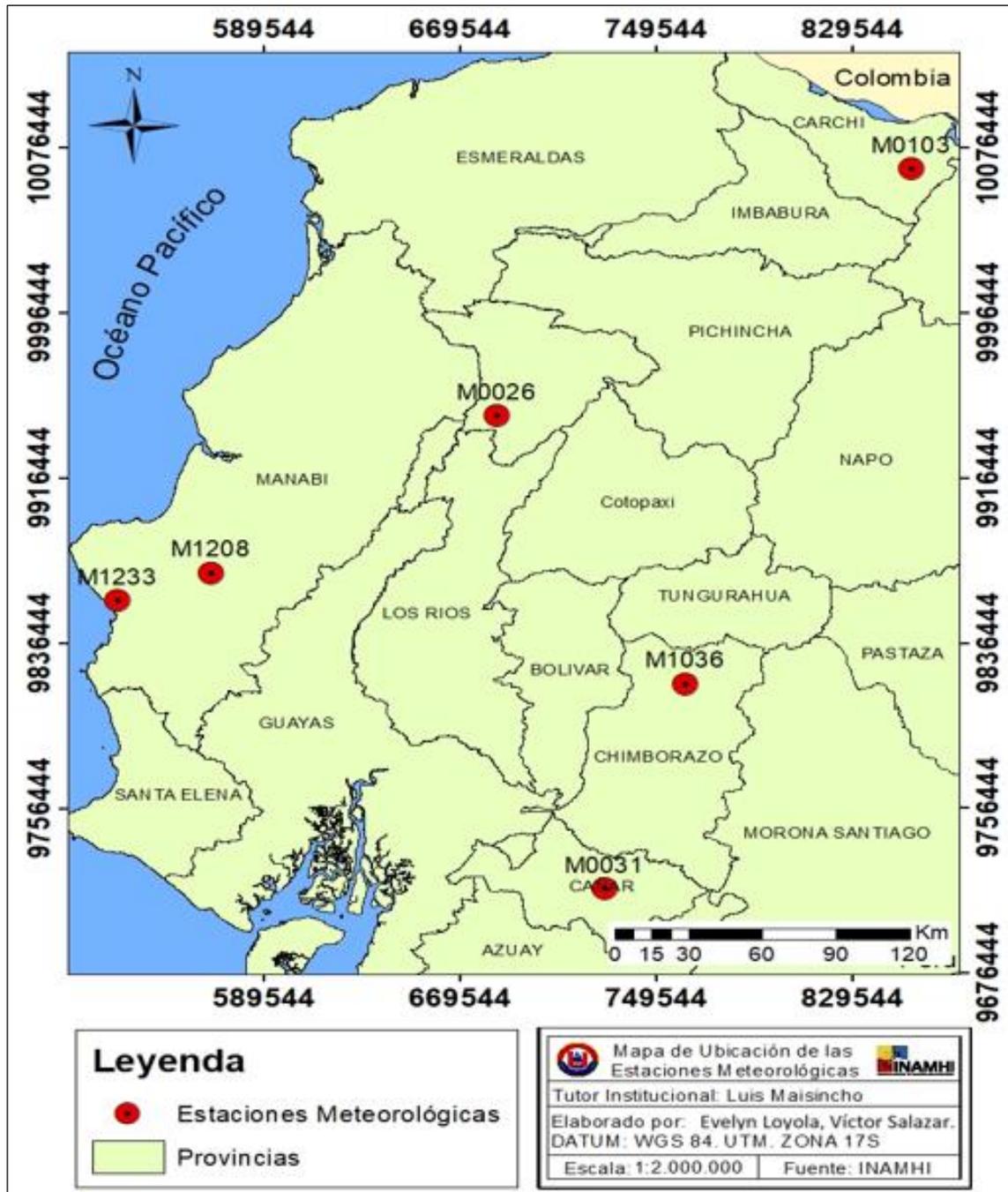
- Torres Puente, V. M. (2019). Weather, climate and the atmospheric phenomena: From whirlwinds to climate change. *Revista Digital Universitaria*, 20(1).  
<https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a3>
- Ureña, F. (2017). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos. *Posgrado y Sociedad. Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, 11(1), 33-49.  
<https://doi.org/10.22458/rpys.v11i1.1881>
- Valladares, C. (2018). ¿Qué es el Sensor de Presión Barométrica (BARO)? *Petrolheadgarage*.  
[https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/sensor-de-presion-barometrica-baro/#Principio\\_de\\_funcionamiento\\_del\\_sensor\\_BARO](https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/sensor-de-presion-barometrica-baro/#Principio_de_funcionamiento_del_sensor_BARO)
- Varela, A., & Ron, S. (2020). *Geografía y Clima del Ecuador*. Geografía y Clima del Ecuador
- Velazco, A. (2020). *Teoría de Errores*.
- Wachamin, W. (2017). *EVALUACIÓN DE PRODUCTOS GPM IMERG V03 Y TMPAV7 EN LA DETECCIÓN DE CRECIDAS CASO DE ESTUDIO CUENCA DEL RÍO CAÑAR*. 133.
- WMO. (2018). *Medición de la temperatura*.  
[https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4053](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4053)
- Zaragoza, J. L. M. (2013). *LA METERELOGIA: CONCEPTOS BÁSICOS AL ALCANCE DE TODOS*. 19.
- Zúñiga, I., & Crespo del Arco, E. (2021). *Meteorología y Climatología*. UNED.

## 15. ANEXOS

### Anexo 1. Zona de Estudio.

#### Ilustración 1

Mapa de Ubicación.



Nota. Ubicación de las estaciones. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

**Anexo 2.** Inventario de instrumentos de las estaciones meteorológicas convencionales.**Ilustración 2***Inventario de instrumentos de la estación M0026.*

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Marca</b>	<b>Número / Código</b>	<b>Estado</b>
M0026	Puerto Ila	Anemómetro Totalizador	W. LAMBRECHT	492365	BUENO
		Heliógrafo	W. LAMBRECHT	7.1400363	BUENO
		Microbarógrafo	R. FUESS	D-4885	BUENO
		Pluviógrafo	THIES	cod. 009403 - 10130185	NUEVO
		Pluviómetro	INAMHI	cod. 007895	NUEVO
		Probeta Plástica	W. LAMBRECHT	S/N578	REGULAR
		Protector de Bulbos	W. LAMBRECHT	S/N577	BUENO
		Soporte de Psicrómetro	W. LAMBRECHT	S/N576	BUENO
		Tanque de Evaporación	INAMHI-inoxidable	cod.007924	NUEVO
		Termohigrógrafo	W. LAMBRECHT	452796	BUENO
		Termómetro de Máxima	W. LAMBRECHT	2745/92	BUENO
		Termómetro de Mínima	W. LAMBRECHT	2410/92	BUENO
		Termómetro Húmedo	W. LAMBRECHT	2804/92	BUENO
		Termómetro Seco	W. LAMBRECHT	2834/92	BUENO
		Veleta (Aspa de Will)	INAMHI	S/N586	BUENO
Ventilador de Psicrómetro	THIES	1,2,01,53,89,006	BUENO		

*Nota. Integridad de los componentes de la estación.* Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

**Ilustración 3.** *Inventario de instrumentos de la estación M0031.*

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Marca</b>	<b>Número / Código</b>	<b>Estado</b>
M0031	Cañar	Anemómetro Totalizador	THIES	004/430181095	BUENO
		Fuente de Poder	KACHINA	112B-5-1192	BUENO
		Heliógrafo	INAMHI	0011	BUENO
		Pluviógrafo	THIES	cod.5, 4011, 10,1000 Ser.AB1303467 MOD. 10130188	BUENO
		Pluviómetro	INAMHI	S/N244	BUENO
		Probeta Plástica	INAMHI	S/N242	BUENO
		Protector de Bulbos	R. FUESS	S/N241	BUENO
		Radio	KACHINA	130B-3473	BUENO
		Soporte de Psicrómetro	R. FUESS	S/N240	BUENO
		Tanque de Evaporación	INAMHI	S/N247	BUENO
		Termohigrógrafo	W.LAMBRECHT	005849 serie: 780776,0005	NUEVO
		Termómetro de Máxima	W. LAMBRECHT	3072178	BUENO
		Termómetro de Mínima	W. LAMBRECHT	3200/78	NUEVO
		Termómetro Húmedo	W. LAMBRECHT	639/07	BUENO
Termómetro Seco	W. LAMBRECHT	629/07	BUENO		
Ventilador de Psicrómetro	W.LAMBRECHT	780777.0058 cod. 00589	NUEVO		

*Nota.* Integridad de los componentes de la estación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

**Ilustración 4**

*Inventario de instrumentos de la estación M0103.*

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Marca</b>	<b>Número / Código</b>	<b>Estado</b>
M0103	San Gabriel	Anemómetro Totalizador	THIES	INAMHI-026	BUENO
		Heliógrafo	W. LAMBRECHT	480100	BUENO
		Pluviógrafo	B.T.W	9119646	BUENO
		Pluviómetro	W. LAMBRECHT	S/N870	BUENO
		Probeta Plástica	INAMHI	S/N	NUEVO
		Protector de Bulbos	R. FUESS	S/N866	BUENO
		Radio	KACHINA	130B-3469	BUENO
		Soporte de Psicrómetro	R. FUESS	D-8281	BUENO
		Tanque de Evaporación	INAMHI	S/N874	BUENO
		Pozo Tranquilizante	INAMHI	S/n	REGULAR
		Jarro de medida	INAMHI	S/N	REGULAR
		Termohigrógrafo	W. LAMBRECHT	470207	BUENO
		Termómetro de Máxima	T.SCHNEIDER	77900	BUENO
		Termómetro de Mínima	W. LAMBRECHT	2300/08	BUENO
		Termómetro Húmedo	W. LAMBRECHT	651/07	BUENO
		Termómetro Seco	W. LAMBRECHT	3011/92	BUENO
		Veleta (Aspa de Will)	R. FUESS	S/N871	BUENO
Ventilador de Psicrómetro	W. LAMBRECHT	780777,0041 Cod. 141,01,04,059,030	NUEVO		

**Ilustración 5.** *Inventario de instrumentos de la estación M01036.*

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Marca</b>	<b>Número / Código</b>	<b>Estado</b>
M1036	ESPOCH - RIOBAMBA	Pluviómetro	W. Lambrecht	007895	NUEVO
		Probeta Plástica	W. Lambrecht	S/n	NUEVO
		Protector de Bulbos	1 cristal	S/n	NUEVO
		Soporte de Psicrómetro	W. Lambrecht	S/n	NUEVO
		Termómetro de Máxima	W.Lambrecht	25/78	NUEVO
		Termómetro de Mínima	THIES	3096/78	NUEVO
		Termómetro Húmedo	THIES	4678/77	NUEVO
		Termómetro Seco	THIES	4688/77	NUEVO
		Anemógrafo	W.Lambrecht	492576	NUEVO
		Veleta	INAMHI	S/n	NUEVO
		Ventilador	THIES	780843,0004 cod.	NUEVO
		Tanque de evaporación	INAMHI	007924	NUEVO
		Pozo Tranquilizante	INAMHI	S/N	NUEVO
		Micrómetro	W.Lambrecht	S/N	NUEVO
		Termohigrógrafo	W.Lambrecht	800886,002	NUEVO
		Heliógrafo	W.Lambrecht	Universidad ESPOCH	NUEVO
		Pluviógrafo	THIES	101,30183	NUEVO
		Geotermómetro 2 cm	W.LAMBRECHT	30/2625/80	NUEVO
		Geotermómetro 5 cm	W.LAMBRECHT	60/2438/80	NUEVO
		Geotermómetro 10 cm.	W.LAMBRECHT	110/2423/80	NUEVO
		Geotermómetro 15 cm	W.LAMBRECHT	160/2281/80	NUEVO
		Geotermómetro 20 cm	W.LAMBRECHT	210/2157/80	NUEVO
		Geotermómetro 30 cm	W.LAMBRECHT	310/2025/80	NUEVO
		Geotermómetro 2 cm	W.LAMBRECHT	30/2598/80	NUEVO
		Geotermómetro 5 cm	W.LAMBRECHT	60/2522/80	NUEVO
		Geotermómetro 10 cm.	W.LAMBRECHT	110/2425/80	NUEVO
		Geotermómetro 15 cm	W.LAMBRECHT	160/2276/80	NUEVO
		Geotermómetro 20 cm	W.LAMBRECHT	210/2127/80	NUEVO
		Geotermómetro 30 cm	W.LAMBRECHT	310/2062/80	NUEVO
		Geotermómetro 2 cm	W.LAMBRECHT	30/2604/80	NUEVO
Geotermómetro 5 cm	W.LAMBRECHT	60/2480/80	NUEVO		
Geotermómetro 10 cm.	W.LAMBRECHT	110/2422/80	NUEVO		
Geotermómetro 15 cm	W.LAMBRECHT	160/2280/80	NUEVO		
Geotermómetro 20 cm	W.LAMBRECHT	210/2139/80	NUEVO		
Geotermómetro 30 cm	W.LAMBRECHT	310/2087/80	NUEVO		

*Nota.* Integridad de los componentes de la estación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar

Víctor, 2022.

## Ilustración 6

*Inventario de instrumentos de la estación M01208.*

Código	Estación	Instrumento	Marca	Número / Código	Estado
M1208	La Teodomira	Heliógrafo	B.T.W	1.2.01.53.18.048	NUEVO
		Pluviógrafo	B.T.W	1.2.01.53.26.160	NUEVO
		Pluviómetro	W. LAMBRECHT	S/N	BUENO
		Probeta Plástica	W. LAMBRECHT	58.667B	BUENO
		Protector de Bulbos	Cristal	S/N	BUENO
		Soporte de Psicrómetro	THIES	S/N	BUENO
		Tanque de Evaporación	INAMHI-pozo tranq.	S/N	BUENO
		Termohigrógrafo	THIES (Retirado)	INAMHI-1.0620.00.49	MALO
		Termómetro de Máxima	W. LAMBRECHT	12023/83	BUENO
		Termómetro de Mínima	THIES	3340/13	BUENO
		Termómetro Húmedo	T.SCHNEIDER	811888	NUEVO
		Termómetro Seco	T.SCHNEIDER	811908	NUEVO
		Ventilador de Psicrómetro	w. LAMBRECHT	5981	NUEVO
		Sist.relojería PVG.	THIES	7027	NUEVO
		Anemómetro Totalizador	W. LAMBRECHT	1.2.01.53.06.65	BUENO
		Veleta (Aspa de Will)	INAMHI	S/N	BUENO
		Anemógrafo Woffle	W. LAMBRECHT	492587	BUENO
		Geotermómetro 2 cm	W. LAMBRECHT	30/2546/80	NUEVO
		Geotermómetro 5 cm	W. LAMBRECHT	60/2500/80	NUEVO
		Geotermómetro 10 cm.	W. LAMBRECHT	110/2363/80	NUEVO
		Geotermómetro 15 cm	W. LAMBRECHT	160/2288/80	NUEVO
		Geotermómetro 20 cm	W. LAMBRECHT	210/2099/80	NUEVO
		Geotermómetro 30 cm	W. LAMBRECHT	310/2001/80	NUEVO
		Geotermómetro 2 cm	W. LAMBRECHT	30/2571/80	NUEVO
		Geotermómetro 5 cm	W. LAMBRECHT	60/2517/80	NUEVO
		Geotermómetro 10 cm.	W. LAMBRECHT	110/2378/80	NUEVO
		Geotermómetro 15 cm	W. LAMBRECHT	160/2295/80	NUEVO
		Geotermómetro 20 cm	W. LAMBRECHT	210/2177/80	NUEVO
		Geotermómetro 30 cm	W. LAMBRECHT	310/2008/80	NUEVO
		Geotermómetro 2 cm	W. LAMBRECHT	30/2582/80	NUEVO
		Geotermómetro 5 cm	W. LAMBRECHT	60/2538/80	NUEVO
		Geotermómetro 10 cm.	W. LAMBRECHT	110/2393/80	NUEVO
Geotermómetro 15 cm	W. LAMBRECHT	160/2297/80	NUEVO		
Geotermómetro 20 cm	W. LAMBRECHT	210/2182/80	NUEVO		
Geotermómetro 30 cm	W. LAMBRECHT	310/2029/80	NUEVO		

*Nota.* Integridad de los componentes de la estación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar

Víctor, 2022.

**Ilustración 7**

*Inventario de instrumentos de la estación M01233.*

<b>Código</b>	<b>Estación</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Marca</b>	<b>Número / Código</b>	<b>Estado</b>
M1233	CANTAGALLO- UNESUM	Pluviómetro	W.Lambrecht	S/n	NUEVO
		Probeta Plástica	W. Lambrecht	S/n	NUEVO
		Protector de Bulbos	2 cristal	S/n	NUEVO
		Soporte de Psicrómetro	THIES	s/n	NUEVO
		Termómetro de Máxima	THIES	1029/10	NUEVO
		Termómetro de Mínima	THIES	2293/09	NUEVO
		Termómetro Húmedo	THIES	2147/09	NUEVO
		Termómetro Seco	THIES	330/08	NUEVO
		Veleta	W. Lambrecht	S/N	NUEVO
		Ventilador	THIES	s/n	NUEVO
		Anemómetro Totalizador	W.Lambrecht	7508050010 - 1.2.01.53.06.085	NUEVO
		Heliógrafo	W.Lambrecht	7516020008-	NUEVO
		Tanque de Evaporación	INAMHI	7516020008-	NUEVO
		Pozo Tranquilizante	INAMHI	7516020008-	NUEVO
		Jarro de medida	INAMHI	7516020008-	NUEVO
Pluviógrafo	THIES	1207230 - 1.2.01.53.26.196	NUEVO		

*Nota.* Integridad de los componentes de la estación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar

Víctor, 2022.

**Anexo 3.** Estado del instrumental de las estaciones meteorológicas automáticas.

INAMHI		FICHA DE INTERVENCIÓN EMA: M1233		INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA																	
				RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS																	
				FORMULARIO INAMHI-PIRT-PP-FOR2 - HOJA DE RESUMEN DE INTERVENCIÓN																	
Estación:	CANTAGALLO - GRANJA UNESUM	PROVINCIA:	MANABI	Código-Estación:	M1233																
Tipo:	EMA	CANTON:	JIPIJAPA	Código-Cuenca:	---																
Demarcación:	---	PARROQUIA:	PUERTO CAYO	Código-NESDIS:	---																
Latitud:	-1.286874995	Elevación:	64 msnm	Fecha Inicio:	08/06/2021																
Longitud:	-80.72899722	REFERENCIA:	IT-DRO-2021-011-001	Hora Inicio:	---																
<b>1 Inspección Visual</b>				<b>Motivo de la Intervención</b>																	
1 Estado Aparente				EMA está cuidada en su interior. Se observa que la estación se encuentra en estado operativo.																	
2 Comunicación				Motivo de Mantenimiento																	
Tipo de transmisión		Fecha de la Última Transmisión:		Datos Recibidos		Mantenimiento periódico correctivo/preventivo de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) en la provincia de Manabí (EMAs: Cantagallo, La Teodomira, Chone, PUCE-Bahía, Pedernales).															
GPRS		---		[%] desde: hasta:		---															
OPERADORA		IP TARJETA SIM		PERIODO DE TX		---															
Movistar		10.0.9.69		---		---															
<b>3 Inventario</b>																					
Parte/Sensor	Marca	Cod. INAMHI	N° Serie	Modelo	Datos Adicionales	Altura de Instalación	ID/Orden Sensor	Estado													
Registrador de Datos	Vaisala	9859	J484034	QML201C	---	---	---	✓													
Módulo 1 Datalogger	Vaisala	---	337588	DSU232	---	---	---	✓													
Módulo 2 Datalogger	Vaisala	---	340478	DSE101	---	---	---	✓													
Convertidor Ethernet	MOXA	9862	1064395	IA5250A	Comunicación Ethernet	---	---	✓													
Memoria externa	WD	S/C	WE31K7331895	SILICON DRIVE II	2GB	---	---	✓													
Sensor Temp-HR	Vaisala	31483075	R4750472	HMP155D	---	2 m	---	✓													
Sensor Temp. Suelo	AC CLIMA	---	50073058	TDR-315H	NUEVO / Enterrado	---	---	✓													
Sensor Vel-Dir del Viento	Vaisala	10063	J4450009	WMT702	---	10 m	---	✓													
Pluviómetro	OTT	10065	339039/339139	Pluvio2	---	1.2 m	---	✓													
Modem	Sierra Wireless	9861	FA3380018004100	FX100	---	---	---	✓													
Antena GPRS YAGUI	Wavelink	---	VALU890-14-N4	---	Dentro	---	---	✓													
SIM CARD	Movistar	---	8934076100147864929	---	ICC: 8934076100147864929 / APN: automatica.movistar.com.ec	---	---	✓													
Protector Shield para sensor de temperatura y humedad.	Vaisala	---	J415	DTR503A	OMRA 289	---	---	✓													
Sensor Rad. Directa	Hukseflux	10061	8075	SR11	---	1 m	---	✓													
Sensor Rad. Reflejada	Hukseflux	10062	8097	SR11	---	1 m	---	✓													
Sensor Presión Alm.	Vaisala	10060	J4510025	PTB110	---	---	---	✓													
Panel Solar	GMA Solar	9860	113GS850010	GMA 100M	100[W]	---	---	✓													
Relé	SI	S/C	S/N	---	---	---	---	✓													
Regulador de Carga	Morningstar	S/C	S/N	Sunsaver-10L	---	---	---	✓													
Batería	RITAR	S/C	S/N	DC12-40	12[V], 40[Ah]	---	---	✓													
Gabinete del Datalogger	ABB	9857	ISCO0222A00	IP66 NEMA	---	---	---	✓													
Caja de cables	Stalin	9858	IP66	IP66 NEMA	---	---	---	✓													
Pararrayos pasivo, con abrazaderas y cable desnudo 2/0.	Franklin	---	---	Cobre	---	---	---	✓													
Torre de Aluminio con base y 3 sensores	---	9912	---	---	---	10 m	---	✓													
Puesta a tierra/Cable de cobre unido a la malla de tierra	SI	---	---	---	---	---	---	✓													
Silica Gel	---	---	---	---	---	---	---	✓													
Candados con clave	---	---	---	---	---	---	---	✓													
<b>Equipos Retirados</b>																					
Parte/Sensor	Marca	COD. INAMHI	N° Serie	Modelo	Datos Adicionales	Motivo del Reemplazo															
<b>4 Valores Instantáneos de los Parámetros</b>																					
Operaciones	Orden	Código	Valor	Unidad Medida	Tiempo Muestreo	Tiempo Transmisión	Proceso Aritmético														
Temperatura Ambiente				°C	20 [seg.]	1 hora	Promedio														
Humedad Relativa				%	20 [seg.]	1 hora	Promedio														
Velocidad del Viento				m/s	2 [seg.]	1 hora	Promedio														
Dirección del Viento				°	2 [seg.]	1 hora	Promedio														
Pluviosidad				mm	60 [seg.]	1 hora	Suma														
Voltaje de Batería				Voltaje	60 [seg.]	1 hora	Instantáneo														
<b>5 Datos Comunicación</b>																					
GPRS - Red Celular					GOES - NESDIS																
Parámetro	Valor	Datos Recibidos			Parámetro	Valor	Parámetro	Valor													
Operadora	Movistar	Fecha ult. Trans.			Longitud	ID GOES	Parámetro														
Dirección IP	10.0.9.69	Porcentaje:			Latitud	Tiempo 1 Tx	Parámetro														
APN	automatica.movistar.com.ec	Desde:			Altura		Parámetro														
Tiempo Tx	5 min	Hacia:			Desv. Magnética		Parámetro														
<b>6 Verificación de Alimentación Eléctrica</b>																					
Operación	Valores	Fecha	Hora	Operación	Valores	Fecha	Hora														
Medición de Voltaje de Batería	14.06 Vdc	08/06/2021	10h09	Medición de Voltaje del Panel	17.04 Vdc	08/06/2021	10h09														
<b>7 Pre-Intervención</b>																					
Variable	Operaciones	Patrón utilizado	Lect Campo	Lect Patrón	Fecha (dd/mm/aaaa)	Hora (24 h)	Estado														
Temperatura Ambiente	Comparacion	VAISALA	25.0 °C	25.01 °C	08/06/2021	10h00	✓														
Humedad Relativa	Comparacion	VAISALA	79.7%	76.16%	08/06/2021	10h00	✓														
Presión Atmosférica	Comparacion	VAISALA	1006.9 hPa	1007.48 hPa	08/06/2021	10h00	✓														
<b>Verificación Post-intervención</b>																					
Temperatura Ambiente	Comparacion																				
Humedad Relativa	Comparacion																				
Presión Atmosférica	Comparacion																				
<b>Verificación en caso de reemplazo</b>																					
<b>8 Instrucciones básicas al Observador</b>																					
Limpeza L XI	Seguridad L XI	Otros: LIMPIEZA DEL PLUVIOMETRO Y EXTERIOR E INTERIOR DEL GABINETE																			
<b>9 Datos Complementarios: Custodio de la Estación</b>																					
Nombre Observador:	OMAR ZAMBRANO			# de contacto:	0996518949		Frecuencia Radio:														
<b>10 Tareas complementarias</b>																					
Apoyo en la limpieza y mantenimiento de la estación convencional.																					
<b>11 Observaciones</b>																					
Se normalizan las conexiones y se verifica que la estación transmite los datos sin inconvenientes. Se verifican los voltajes de batería y panel solar.																					
<table border="0"> <tr> <td colspan="2">                   Firmado electrónicamente por:  <b>XAVIER ANTONIO LASCANO FILIAN</b> </td> <td colspan="2">                   Firmado electrónicamente por:  <b>EDISON RICARDO CRUZ</b> </td> <td colspan="2">                 Fecha Fin: 08/06/2021             </td> </tr> <tr> <td colspan="2">                 Realizado por:                  Mgs. Xavier Lascano / Ing. Edison Cruz             </td> <td colspan="2">                 Aprobado por:                  Met. Davy Carrón             </td> <td colspan="2">                 Hora Fin: 16h00             </td> </tr> </table>										 Firmado electrónicamente por: <b>XAVIER ANTONIO LASCANO FILIAN</b>		 Firmado electrónicamente por: <b>EDISON RICARDO CRUZ</b>		Fecha Fin: 08/06/2021		Realizado por: Mgs. Xavier Lascano / Ing. Edison Cruz		Aprobado por: Met. Davy Carrón		Hora Fin: 16h00	
 Firmado electrónicamente por: <b>XAVIER ANTONIO LASCANO FILIAN</b>		 Firmado electrónicamente por: <b>EDISON RICARDO CRUZ</b>		Fecha Fin: 08/06/2021																	
Realizado por: Mgs. Xavier Lascano / Ing. Edison Cruz		Aprobado por: Met. Davy Carrón		Hora Fin: 16h00																	

*Nota.* Integridad de los componentes de la estación. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

## Anexo 4. Cronograma de Actividades y Tesis.

ACTIVIDADES	SEMANAS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Presentación Plan de titulación	X																			
DESARROLLO TRABAJO DE TITULACIÓN	Problemática, Objetivos, marco teórico.		X																	
	Metodología			X																
	Recopilación de datos meteorológicos				X															
	Desarrollo del script en R.					X	X													
	Correlación de datos meteorológicos							X	X											
	Elaboración de informe de presentación de resultados									X	X									
	Conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.											X	X							
	Correcciones finales													X	X					
	Culminación trabajos de titulación.															X				
	Pre defensa																		X	
	Defensa																			X

Nota. Cronograma. Elaborado por: Loyola Evelyn; Salazar Víctor, 2022.

## Anexo 5. Registro fotográfico

### Estación meteorológica automática



Sensor de temperatura y humedad relativa.



Gabinete que contiene datalogger, logger, módem gprs, batería, controlador de caraca.



Disdrómetro.



Pluviómetro de peso.

Estación meteorológica convencional.



Garita meteorológica.



Barómetro de mercurio.



Anemómetro.



Pluviómetro.

**Anexo 6. Aval de Traductor**