

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ATLAS CLIMATOLÓGICO DEL ECUADOR**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**JUAN GABRIEL BARROS LÓPEZ**

**sonriejesusteamajg@hotmail.com**

**ADRIANA YOLANDA TRONCOSO SALGADO**

**adryts@hotmail.com**

**DIRECTOR: Dr. Ing. Laureano Andrade Chávez**

**laureano.andrade@epn.edu.ec**

**Quito, febrero 2010**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Juan Gabriel Barros López y Adriana Yolanda Troncoso Salgado, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Juan Gabriel Barros López**

---

**Adriana Yolanda Troncoso  
Salgado**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Gabriel Barros López y Adriana Yolanda Troncoso Salgado, bajo mi supervisión.

---

**Dr. Ing. Laureano Andrade**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Te agradezco Señor por lo que hiciste en mí.

Agradezco a mi madre, padre, hermana y sobrino, por sus sonrisas, las que me animan día tras día a seguir con mi sueño, agradezco su paciencia y esfuerzo por mí.

Agradezco a mi compañera de tesis por su paciencia y poca flexibilidad, yo se que Dios te uso en mi vida Adris... gracias.

*Juan Gabriel Barros L.*

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento profundo a la Escuela Politécnica Nacional, y a todos aquellos profesores que me permitieron entender que el conocimiento debe volar para poder llegar a ser importante en el desarrollo del ser humano.

Al Dr. Laureano Andrade y a la Ing. Teresa Matos Borges por la oportunidad que me dieron de poder desarrollar un trabajo bajo su tutela y sus importantes conocimientos.

Al personal del INAMHI en especial al Ing. Humberto Enríquez por su tiempo dedicado a la revisión de este documento.

Al personal de la DAC, y de manera muy especial al Lic. René Játiva por la ayuda brindada para el desarrollo de este proyecto.

A ASTEC por abrirme las puertas y permitir que los conceptos adquiridos durante mi vida universitaria lleguen a formar parte de mi experiencia profesional, además de darme la oportunidad de conocer profesionales de mucho valor.

A Nelson, Patricio y Liliana por ser el ejemplo casi perfecto a seguir, por sus enseñanzas, sus palabras, sus gestos y mucho más por cada uno de sus reproches, por enseñarme que en esta vida nunca debo formar parte del montón.

A Myriam, Cynthia y Diego por ser alientos en aquellos momentos en que mis hermanos se encontraban lejos de mí.

A mis siete ángeles en la tierra Gabriel, Daniel, Ariana, Erick, Doménica, Ariel y Juan Diego, personas de las que aprendo día a día que la lucha se la hace de frente que el conocimiento de las cosas está en saberlas enfrentar y el único miedo es la ignorancia de las cosas.

A Luis compañero de luchas, apoyo de quebrantos, respaldo de anhelos, en fin la razón más importante para que este trabajo haya llegado a su fin, al ser la traba para no dejar que la cobardía se apodere de mí.

A Sandro, José Luis, Juan Gabriel, Juan Carlos, Paty, Christian, Diego, Darío, Alexis, Luis y Karen personas que día a día y noche a noche me animaron a continuar con mi trabajo.

*Adriana Troncoso*

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios quien con su infinita confianza no ha desistido de su proceso en mi vida, quien ha puesto a mi madre, padre, hermana y sobrino a mi lado, a Él, El que Fue, Es y Será.

*Juan Gabriel Barros L.*

## DEDICATORIA

A Papi Punfo y Mamá Matita

Este trabajo constituye el reflejo del esfuerzo de mis padres durante 43 años de estar juntos y luchar juntos, por entregar el regalo más grande que unos padres pueden dar a sus hijos: La Educación.

Un esfuerzo que se constituye de trabajos arduos, noches de desvelo, lágrimas compartidas, sueños entregados y amor incondicional.

Lo único que puedo decir a mis padres a nombre de mis hermanos y el mío propio es un Dios le pague, por todo su inmenso amor.

*Adriana Troncoso*

## CONTENIDO

### INDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1. ....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN, CONCEPTOS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1. Objetivos Específicos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2. Alcance.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Atlas climatológico .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. CONCEPTOS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.1. El clima.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.2. El tiempo atmosférico .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.3. Factores que inciden en el Clima.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.4. Estructuras Meteorológicas Regionales y de Mesoescala .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.5. Variables que caracterizan el Clima.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5. ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.5.1. Aeronáuticas .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.2. Agrometeorológicas .....</b>	<b>22</b>
<b>1.5.3. Climáticas Ordinarias .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.4. Climáticas Principales.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5.5. Climáticas Especiales.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5.6. Pluviográficas.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5.7. Pluviométricas.....</b>	<b>26</b>



1.5.8.	<i>Métodos de medición de las Variables Climáticas (IDEAM, 2005)</i> .....	27
<b>CAPÍTULO 2.</b> .....		<b>35</b>
<b>LAS INVESTIGACIONES DEL CLIMA EN EL ECUADOR</b> .....		<b>35</b>
2.1.	<b>BLANDIN, C., 1989. ANÁLISIS Y ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS EN EL ECUADOR. INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA. QUITO.</b> .....	<b>35</b>
2.2.	<b>POURRUT, P., 1983. LOS CLIMAS DEL ECUADOR – FUNDAMENTOS EXPLICATIVOS. ORSTOM</b> .....	<b>37</b>
2.3.	<b>NARANJO, P., 1981. EL CLIMA DEL ECUADOR. EDITORIAL CASA DE LA CULTURA. ..</b> .....	<b>40</b>
2.4.	<b>ROSSEL, F., 1997. INFLUENCIA DE EL NIÑO SOBRE LOS REGIMENES HIDRO-PLUVIOMÉTRICOS DEL ECUADOR. SERIE INSEQ N°18. INAMHI-IRD.</b> .....	<b>44</b>
2.5.	<b>INAMHI, 2001. ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR. INAMHI</b> .....	<b>47</b>
2.6.	<b>RODRIGUEZ D., 2006. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS SEQUÍAS: CASO ESTUDIO – SIERRA CENTRAL. EPN</b> .....	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO 3.</b> .....		<b>51</b>
<b>INFORMACIÓN HISTÓRICA DEL CLIMA Y BASE DE DATOS</b> .....		<b>51</b>
3.1.	<b>INFORMACIÓN HISTÓRICA DEL CLIMA</b> .....	<b>51</b>
3.2.	<b>BASE DE DATOS</b> .....	<b>52</b>
3.2.1.	<b>Creación de la Base de Datos</b> .....	<b>52</b>
3.2.2.	<b>Distribución de la Información</b> .....	<b>54</b>
3.3.	<b>CALIDAD DE LA INFORMACIÓN</b> .....	<b>58</b>
3.3.1.	<b>Cantidad de vacíos</b> .....	<b>58</b>
3.3.2.	<b>Homogeneización</b> .....	<b>59</b>
3.3.3.	<b>Curvas de doble masa</b> .....	<b>61</b>
3.4.	<b>ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA</b> .....	<b>66</b>

3.4.1.	<i>Selección del periodo de datos</i> .....	66
3.4.2.	<i>Información utilizada</i> .....	71
3.4.3.	<i>Representación Gráfica</i> .....	71
<b>CAPÍTULO 4.</b> .....		<b>73</b>
<b>VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL ECUADOR</b> .....		<b>73</b>
4.1.	<b>ANÁLISIS GENERAL</b> .....	<b>73</b>
4.1.1.	<i>Descripción de los mapas</i> .....	76
4.1.2.	<i>Valores referenciales</i> .....	87
4.2.	<b>VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL AÑO 2006</b> .....	<b>89</b>
<b>CAPÍTULO 5.</b> .....		<b>92</b>
<b>VARIABILIDAD CLIMÁTICA REGIONAL</b> .....		<b>92</b>
5.1.	<b>ANÁLISIS DETALLADO</b> .....	<b>92</b>
5.1.1.	<i>Costa.-</i> .....	93
5.1.2.	<i>Sierra.-</i> .....	94
5.1.3.	<i>Oriente.-</i> .....	95
<b>CAPÍTULO 6.</b> .....		<b>97</b>
<b>ANÁLISIS DE TENDENCIAS Y CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....		<b>97</b>
6.1.	<b>ANÁLISIS DE TENDENCIAS</b> .....	<b>97</b>
6.1.1.	<i>Región Costa</i> .....	98
6.1.2.	<i>Región Sierra</i> .....	103
6.1.3.	<i>Región Oriente</i> .....	111
6.2.	<b>CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA</b> .....	<b>114</b>
6.2.1.	<i>Concepto Cambio Climático</i> .....	114
6.2.2.	<i>Concepto Variabilidad climática</i> .....	115

<b>6.2.3. Análisis del estudio.....</b>	<b>115</b>
<b>6.2.4. Detección del Cambio Climático (INAMHI, 2001) .....</b>	<b>116</b>
<b>CAPÍTULO 7. ....</b>	<b>118</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>7.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>7.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>CAPÍTULO 8. ....</b>	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS

<b>Gráfico 1.</b>	<b><i>Zona Intertropical.....</i></b>	<b>2</b>
<b>Gráfico 2.</b>	<b><i>Corriente de Humbolt .....</i></b>	<b>3</b>
<b>Gráfico 3.</b>	<b><i>Cordillera de los Andes Central (Andes Ecuatorianos).....</i></b>	<b>4</b>
<b>Gráfico 4.</b>	<b><i>Regiones Continentales del Ecuador .....</i></b>	<b>5</b>
<b>Gráfico 5.</b>	<b><i>Disposición del Archipiélago de Colón (Islas Galápagos).....</i></b>	<b>7</b>
<b>Gráfico 6.</b>	<b><i>Capas Atmosféricas .....</i></b>	<b>10</b>
<b>Fotografía 1.</b>	<b><i>Estación Santo Domingo Aeropuerto Provincia Santo Domingo de los Tsachilas .....</i></b>	<b>22</b>
<b>Fotografía 2.</b>	<b><i>Estación Pichilingue Provincia de Los Ríos .....</i></b>	<b>23</b>
<b>Fotografía 3.</b>	<b><i>Estación El Carmen Provincia de Manabí.....</i></b>	<b>24</b>
<b>Fotografía 4.</b>	<b><i>Estación Guayaquil Inocar Provincia del Guayas .....</i></b>	<b>25</b>
<b>Fotografía 5.</b>	<b><i>Estación Zapotal Provincia de Los Ríos .....</i></b>	<b>26</b>
<b>Gráfico 7.</b>	<b><i>Variación Estacional Regional .....</i></b>	<b>67</b>
<b>Gráfico 8.</b>	<b><i>Distribución espacial de la Precipitación Máxima .....</i></b>	<b>77</b>
<b>Gráfico 9.</b>	<b><i>Distribución espacial de la Precipitación Media .....</i></b>	<b>78</b>
<b>Gráfico 10.</b>	<b><i>Distribución espacial de la Precipitación Mínima .....</i></b>	<b>79</b>
<b>Gráfico 11.</b>	<b><i>Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Máxima Absoluta .....</i></b>	<b>81</b>
<b>Gráfico 12.</b>	<b><i>Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Media .. ..</i></b>	<b>82</b>
<b>Gráfico 13.</b>	<b><i>Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Mínima Absoluta .....</i></b>	<b>84</b>
<b>Gráfico 14.</b>	<b><i>Distribución espacial de las escalas gráficas para la Evaporación .....</i></b>	<b>85</b>

<b>Gráfico 15.</b>	<b><i>Distribución espacial de las escalas gráficas para la Humedad Relativa.</i></b>	<b>86</b>
<b>Gráfico 16.</b>	<b><i>Ubicación de Estaciones para análisis de Tendencias</i></b> .....	<b>98</b>
<b>Gráfico 17.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SETN</i></b> .....	<b>99</b>
<b>Gráfico 18.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M025</i></b> .....	<b>100</b>
<b>Gráfico 19.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M005</i></b> .....	<b>101</b>
<b>Gráfico 20.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SEGU</i></b> .....	<b>102</b>
<b>Gráfico 21.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SETU</i></b> .....	<b>104</b>
<b>Gráfico 22.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SEIB</i></b> .....	<b>105</b>
<b>Gráfico 23.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M003</i></b> .....	<b>106</b>
<b>Gráfico 24.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SELT</i></b> .....	<b>107</b>
<b>Gráfico 25.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M029</i></b> .....	<b>108</b>
<b>Gráfico 26.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M031</i></b> .....	<b>109</b>
<b>Gráfico 27.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SECU</i></b> .....	<b>110</b>
<b>Gráfico 28.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M142</i></b> .....	<b>111</b>
<b>Gráfico 29.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M007</i></b> .....	<b>112</b>
<b>Gráfico 30.</b>	<b><i>Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M008</i></b> .....	<b>113</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Clasificación Climática de Pourrut, 1983</i> .....	39
<i>Cuadro 2. Clasificación según la precipitación</i> .....	40
<i>Cuadro 3. Clasificación Climática De Miller</i> .....	41
<i>Cuadro 4. Clasificación Climática De Köppen</i> .....	42
<i>Cuadro 5. Subdivisión del Clima Ecuatorial (Correspondiente al territorio del Ecuador)</i>	43
<i>Cuadro 6. Climas Pluviométricos del Ecuador</i> .....	43
<i>Cuadro 7. Variedades de Climas por Regiones</i> .....	44
<i>Cuadro 8. Comparación de Escenarios Balance del Recurso Hídrico (%)</i> .....	49
<i>Cuadro 9. Instituciones con estaciones meteorológicas</i> .....	52
<i>Cuadro 10. Estaciones de Colombia y Perú</i> .....	53
<i>Cuadro 11. Clasificación según estaciones</i> .....	55
<i>Cuadro 12. Clasificación según variables</i> .....	56
<i>Cuadro 13. Distribución Regional</i> .....	57
<i>Cuadro 14. Distribución Altitudinal de las Estaciones</i> .....	57
<i>Cuadro 15. Cantidad de vacíos por región y variable climática</i> .....	59
<i>Cuadro 16. Distribución del Número de Secuencias (según H.C.S. Thom) recomendado por la OMM</i> .....	60
<i>Cuadro 17. Cuadro de homogeneidad de las estaciones</i> .....	60
<i>Cuadro 18. Estaciones con datos de Precipitación</i> .....	73
<i>Cuadro 19. Estaciones con registros de Temperatura Máxima y Mínima Absoluta</i> .....	74
<i>Cuadro 20. Distribución espacial de las estaciones con datos de Temperatura Media Mensual</i> .....	74
<i>Cuadro 21. Distribución espacial de la Evaporación</i> .....	75

<i>Cuadro 22. Distribución espacial de la Humedad Relativa .....</i>	<i>75</i>
<i>Cuadro 23. Distribución espacial de la Heliofanía .....</i>	<i>75</i>
<i>Cuadro 24. Distribución espacial de la Precipitación Máxima .....</i>	<i>76</i>
<i>Cuadro 25. Distribución espacial de la Precipitación Media .....</i>	<i>78</i>
<i>Cuadro 26. Distribución espacial de la Precipitación Mínima .....</i>	<i>79</i>
<i>Cuadro 27. Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Máxima Absoluta .....</i>	<i>80</i>
<i>Cuadro 28. Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Media ...</i>	<i>82</i>
<i>Cuadro 29. Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Mínima Absoluta .....</i>	<i>83</i>
<i>Cuadro 30. Distribución espacial de las escalas gráficas para la Evaporación .....</i>	<i>85</i>
<i>Cuadro 31. Distribución espacial de las escalas gráficas para la Humedad Relativa .....</i>	<i>86</i>
<i>Cuadro 32. Valores representativos de cada una de las variables .....</i>	<i>87</i>
<i>Cuadro 33. Cantidad de información para el año 2006 .....</i>	<i>89</i>
<i>Cuadro 34. Valores representativos de cada una de las variables para el 2006.....</i>	<i>90</i>
<i>Cuadro 35. Resumen de Tendencias por regiones .....</i>	<i>113</i>

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal generar un Atlas Climatológico del Ecuador continental, que constituya un medio de consulta gráfico y ágil, sobre las principales variables climáticas, como son: precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación.

Para el efecto se ha generado una base de datos continua para el período 1971 – 2006 (36 años), que soporta el estudio.

Se analiza la variabilidad espacial y temporal de las características climáticas, tanto a nivel nacional como regional, es decir para las regiones costa, sierra y oriente del país.

Se incluye un análisis de tendencias en valores anuales de la precipitación, temperatura y evaporación, que permite entender el comportamiento de estas variables en el tiempo.



## PRESENTACIÓN

La información climatológica sustenta la toma de decisiones en el orden social y económico; el hombre en general, demanda de manera creciente, datos horarios, diarios, mensuales y anuales sobre información meteorológica, la ocurrencia de lluvias. Así también los datos del clima son fundamentales para el diseño, operación y mantenimiento de proyectos de aprovechamiento y control del agua, para la toma de medidas preventivas ante la ocurrencia de eventos extremos y la programación de actividades sociales.

Para el desarrollo de actividades agroproductivas se requiere conocer el comportamiento de las características climáticas, principalmente precipitación y temperatura, tanto en tiempo real como estimados en o previsiones a mediano y largo plazos.

La variabilidad y cambio climático observados en el país, y que se manifiestan a través de la ocurrencia más frecuente y con mayor severidad de eventos extremos, incrementan la incertidumbre en la toma de decisiones para actividades productivas y sociales.

INAMHI realiza la difusión de información a través publicaciones periódicas como son los anuarios meteorológicos e hidrológicos. Sin embargo, el país aún no dispone de estudios específicos a manera de atlas climatológico, que sirva de medio de consulta para conocer la variabilidad espacial y temporal del clima en el territorio ecuatoriano, y de manera regional, a mayor detalle; uno de ellos podría ser el Atlas Climatológico del Ecuador.

El objetivo fundamental de este proyecto de titulación es la generación de un Atlas Climatológico del Ecuador, para conocer de manera rápida y ágil la variabilidad del clima, contando para ello de información histórica representativa.

El estudio está distribuido en 7 capítulos y el Anexo, como cuerpo autónomo y que constituye el Atlas Climatológico del Ecuador, como se indica a continuación:

**Capítulo 1. Introducción, Conceptos y Objetivos.-** Se presenta los conceptos básicos sobre la circulación general de la atmósfera; se analiza los procesos que inciden en su comportamiento, como son la altitud, localización geográfica, corrientes marinas y barreras montañosas; se describen las variables que caracterizan el clima, como son la precipitación, las temperatura medias y extremas, entre otras; se describen los tipos de estaciones meteorológicas; se analizan los métodos de medición de las variables climáticas en las estaciones convencionales.

**Capítulo 2. Las Investigaciones de Clima en el Ecuador** Se resume los principales estudios climatológicos realizados hasta el momento en el Ecuador, y con la ayuda de cuadros de soporte se analizan las clasificaciones climáticas que se proponen.

**Capítulo 3. Información Histórica del clima y base de datos** En este acápite se analiza la disponibilidad de información meteorológica en el Ecuador, se indican las instituciones que operan y mantienen estaciones, siendo el INAMHI la institución rectora de la hidrometeorología en el país, se describe la conformación de la base de datos utilizada en el estudio y las estaciones considerada tanto por tipo de variable, como también el número de estaciones por regiones. Un tratamiento especial mereció el relleno de datos faltantes así también el análisis de homogeneidad de las series.

**Capítulo 4. Variabilidad Climática del Ecuador** Para el desarrollo de este apartado se realiza una descripción de la manera en que las variables climáticas se distribuyen en el Ecuador a través de la distribución de las isolíneas dentro del territorio continental.

**Capítulo 5. Variabilidad Climática Regional** Con la ayuda de gráficos de tendencias se analiza la distribución e interacción que se presentan entre las distintas variables meteorológicas en cada una de las regiones del país y la manera en la que estas han ido cambiando su tendencia, a través de los años.

**Capítulo 6. Análisis de Tendencias y Cambio Climático** Se analiza el comportamiento de la precipitación, temperatura y evaporación para cada una de

las regiones y en valores interanuales para conocer su comportamiento y su tendencia en el tiempo.

**Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones** Se presentan las conclusiones a las que se han llegado luego del proceso de recolección y análisis de información para el desarrollo del atlas climatológico del Ecuador, además se proponen recomendaciones que se han generado en el desarrollo del presente estudio.

**Anexo.** Comprende el Atlas Climatológico como documento autónomo, que contiene una descripción de la información de soporte, la metodología utilizada, los mapas de isolíneas generados y el comportamiento del clima de estaciones seleccionadas de cada una de las regiones.

# CAPÍTULO 1.

## INTRODUCCIÓN, CONCEPTOS Y OBJETIVOS

### 1.1.INTRODUCCIÓN

Ecuador se localiza al noroeste de Sudamérica y sus costas están bañadas por el océano Pacífico. La línea equinoccial o ecuatorial cruza el país, y por tanto geográficamente se encuentra en la zona intertropical, entre los meridianos  $75^{\circ} 11'$  y  $81^{\circ} 01'$  de longitud este, y entre los paralelos  $1^{\circ} 21'$  de latitud norte y  $5^{\circ}$  de latitud sur. El presente estudio no incluye el archipiélago de Galápagos.

El Ecuador continental desde el punto de vista geográfico tiene 3 regiones o franjas que son: litoral o costa, que se extiende desde el océano Pacífico hasta el piedemonte con cotas menores a 1000 m s.n.m.; región montañosa que incluye las laderas occidentales, los valles interandinos y las laderas orientales; y, llanura oriental que se extiende desde el piedemonte hasta los límites orientales con el Perú.

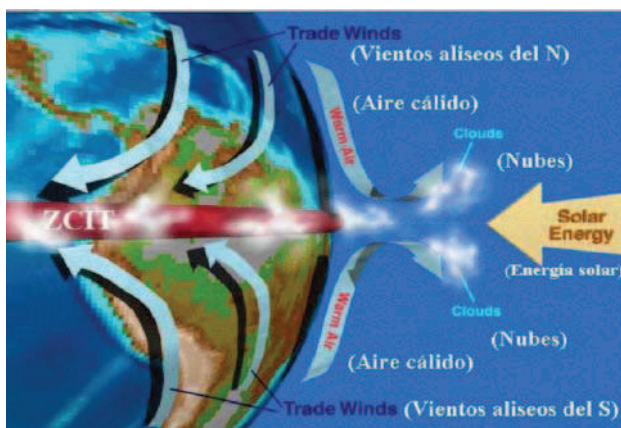
En consecuencia, tanto las corrientes marinas como la presencia de las cordilleras Occidental, Real o Central y Oriental, que alcanzan altitudes por sobre los 6 000 m y que se extienden en sentido norte – sur, son condiciones geográficas de enorme importancia que inciden notablemente en el clima del Ecuador, como se explica a continuación.

De acuerdo a los modelos de circulación general de la atmósfera (INAMHI, 2006) el Ecuador está principalmente bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical o zona de bajas presiones, así también soporta la acción de las zonas de alta presión (vaguada del Perú y del Caribe) que condicionan el clima de las zonas tropicales. En consecuencia, el país está bajo la influencias de masas de aire caliente y húmedo provenientes de las latitudes sobre y debajo de la línea

ecuatorial, con diferentes condiciones de presión, temperatura y humedad (INAMHI, 2001)

La posición estratégica del país por su localización en la Zona de Convergencia Intertropical (ver Gráfico 1), da lugar a condiciones especiales de variabilidad del clima como: muy baja variación de la temperatura mensual (estacional) entre 2 y 5 °C para una misma localidad, y por tanto la principal características del clima es la distribución estacional e interanual de la precipitación. Por tanto, con mayor facilidad fluctúan las lluvias que la temperatura. Una característica importante en la región ecuatorial o intertropical es la presencia de vegetación arbustiva de importante trayectoria, que incide en la gran estabilidad climática de la zona (CASA, M., 1999).

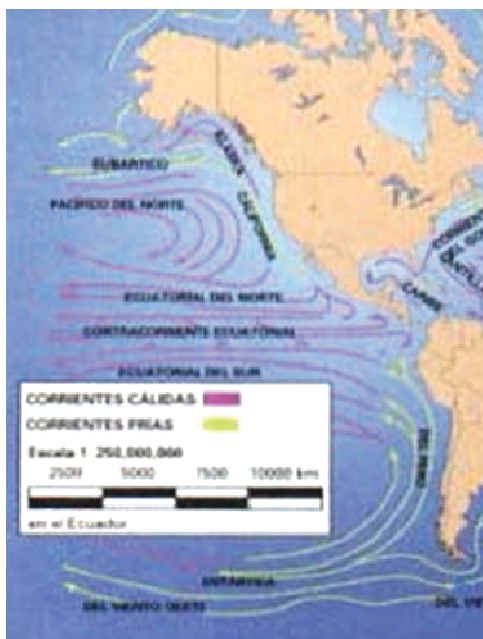
**Gráfico 1.** Zona Intertropical



**Fuente:** <http://www.dhn.mil.ve/noticia/noticia5.html>

La corriente de Humboldt - que se origina en el océano Glaciar Antártico, recorre las costas de Chile, Perú y Ecuador, para desviarse hacia el occidente (Islas Galápagos) (ver Gráfico 2). Esta corriente marina denomina fría por la baja temperatura del agua, cruza las regiones subtropical e intertropical, incide en las condiciones del clima de zonas bajo su influencia. La corriente marítima cálida de El Niño, que bordea la costa de América en sentido norte – sur, influye notablemente en el clima del Ecuador, principalmente de la región litoral y ciertos valles interandinos.

**Gráfico 2.** Corriente de Humboldt

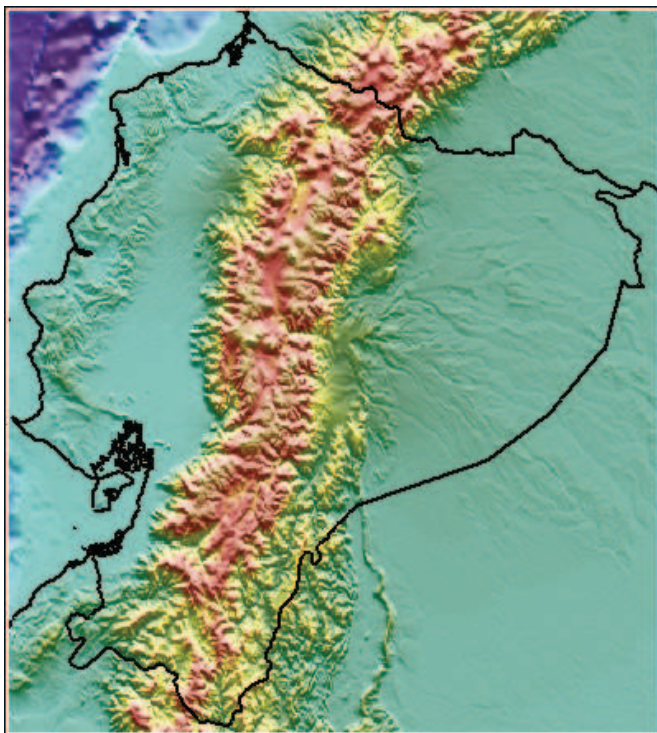


**Fuente:** <http://www.clubdelamar.org/corrientes.htm>

La cordillera de los Andes que es una cadena de montañas, que se desarrollan de manera paralela a las costas continentales del Pacífico, en América del Sur entre los 11°N hasta los 56°S. En el Ecuador específicamente en el Golfo de Guayaquil se encuentra la división en los Andes septentrionales y los Andes centrales y es aquí donde la cordillera se divide en dos hileras (Cordillera Occidental Centro Real) y que definen los altiplanos, más un ramal bajo y fraccionado, que recibe el nombre de Cordillera Oriental; entre los dos ramales principales existen nudos que los unen originando las hoyas (ver Gráfico 3).

La disposición de estos accidentes topográficos, así como su altitud son factores que influyen fuertemente en la diversidad de climas del país.

**Gráfico 3.** Cordillera de los Andes Central (Andes Ecuatorianos)



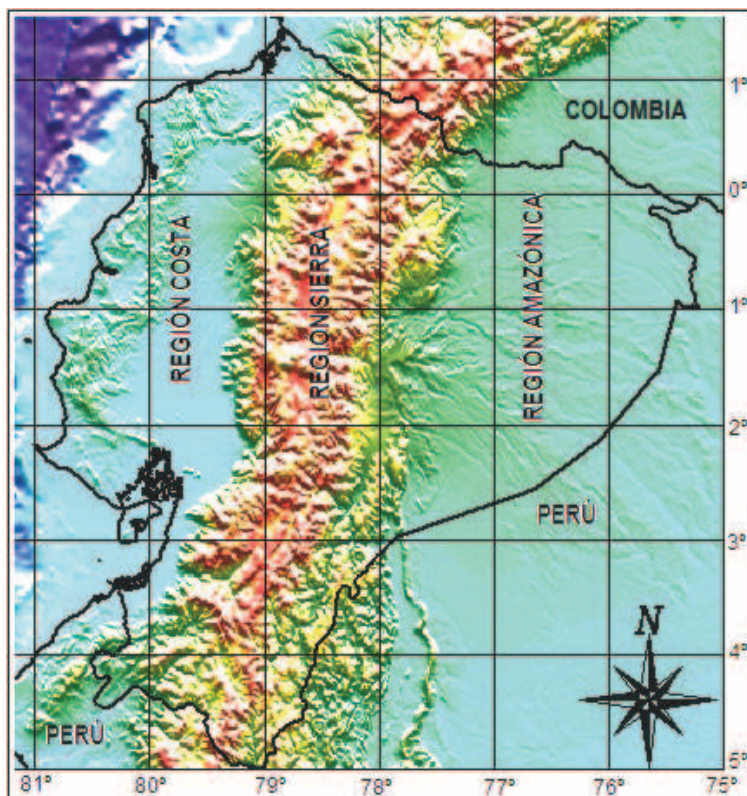
**Fuente:** MIRONE

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Por la situación astronómica del país, por su localización en la región ecuatorial entre los hemisferios, el clima debería ser totalmente cálido, sin embargo la influencia de las condiciones físico - geográficas propias, así como la influencia de las corrientes marinas y de las cadenas montañosas, definen patrones climáticos extremadamente diferentes como son: tropicales, subtropicales, templados, desérticos, semidesérticos, estepas frías y cálidas.

Como se explicó anteriormente, las regiones naturales del país (ver Gráfico 4) se distinguen tanto por sus características geográficas, topográficas, hidrográficas, orográficas entre otras, que se reflejan en la flora y fauna de las diferentes regiones como un indicador climático. Dentro de las tres regiones continentales se reconoce la existencia de grandes masas de aire que se desplazan de un sitio a otro modificando el clima.

**Gráfico 4.** Regiones Continentales del Ecuador



**Fuente:** MIRONE

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Por tanto, se presentan masas de aire tropicales continentales que se originan en las planicies de la región Litoral o de la Amazonía, y que se caracterizan por la baja temperatura y escaso contenido de humedad; también se diferencian las masas templadas caracterizadas por sus bajas temperaturas y contenido irregular de humedad, que se localizan en los valles interandinos; se presentan masas de aire frío con temperaturas bajo cero y grado de humedad dependiente de las influencias de otras masas de aire, que se localizan en las mesetas andinas y cimas de montañas; y, finalmente se tiene masas tropicales marítimas con temperaturas altas y gran contenido de humedad de origen oceánico (INAMHI, 2001).



La región Costa que se desarrolla a partir del perfil costanero hasta los 1 000 m s.n.m., está conformada en general por llanuras bajas, cuencas sedimentarias, zonas de piedemonte y una cordillera costanera de baja altura. Esta región se extiende desde el río Mataje al norte, hasta el río Zarumillo al sur, con una extensión de 2 860 km en el cual se encuentran bahías, golfos, puntas, ensenadas, cabos, canales, islas y playas bañadas por el Océano Pacífico, su ancho varía entre 20 - 200km. Esta región se caracteriza por un clima cálido y seco al sur y tropical húmedo al norte, ambos muy ligados a la presencia de las corrientes cálida de El Niño y fría de Humboldt y la cercanía de la Cordillera de los Andes.

La región Sierra se conforma por la cordillera de los Andes, que comprende dos hileras de montes y también por nevados, volcanes, páramos altos andinos, cumbres, valles, lagunas, etc. Tiene una longitud de 800 km y un ancho de 100 a 200 km. El Chimborazo es el volcán más alto de la Cordillera Occidental con sus 6 267 m.s.n.m. y el volcán Cotopaxi de la Cordillera Central con 5 897 m s.n.m. En la zona oriental, en el sur se tiene también un ramal o extensión de Los Andes, denominada Cordillera Oriental. Las hileras al entrelazarse conforman las hoyas andinas las que son nombradas en base al sistema hidrográfico que los baña, dichos sistemas vierten tanto al océano Pacífico como al océano Atlántico a través del río Amazonas llegando a establecer valles y depresiones que generan microclimas. La Sierra se extiende desde el río Carchi al norte, hasta el río Macará al sur.

Los caudales que presentan los grandes sistemas hidrográficos del país nacen en las montañas y páramos de la región Sierra y se forman como resultado de los deshielos y precipitaciones que ocurren en las zonas altas, humedad que es transportada por efecto de la circulación del aire. Las cadenas montañosas constituyen una barrera natural que impide el paso de los vientos provenientes tanto del occidente como del oriente al interior de la región.

La región Amazónica se desarrolla a partir de los 1 000 m.s.n.m. de la cordillera Oriental hacia el este hasta los límites fronterizos con Colombia y Perú, se desarrolla en un área de 120 000km<sup>2</sup> de bosque húmedo tropical. Esta región se subdivide en dos, la alta Amazonía y la llanura Amazónica, en la primera se ubica



## **1.2.OBJETIVOS**

El objetivo principal del presente estudio es generar un Atlas Climatológico que constituya un medio ágil de consulta, para el conocimiento visual de la variación espacial y temporal de las características climáticas del país.

### **1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conformar la base de datos climática de soporte del estudio;
- Homogeneizar las series históricas y validar la información;
- Mejorar el conocimiento sobre la variabilidad espacial y temporal del clima en el Ecuador;
- Evaluar la variación climática de cada una de las regiones del Ecuador Continental;
- Generar mapas de isolíneas por cada una de las regiones continentales del país; y,
- Evaluar la variabilidad y cambio climático a través de análisis de tendencias de sus variables.

### **1.2.2. ALCANCE**

Para el presente estudio se genera una base de datos de las variables precipitación media mensual, temperatura media mensual, temperatura máxima absoluta, temperatura mínima absoluta, humedad relativa, evaporación, heliofanía, radiación solar y velocidad del viento, obtenidos de la información publicada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), en sus reportes anuales (Anuarios Meteorológicos) que corresponden

al periodo 1959 - 2006 y la información proveniente de la Dirección de Aviación Civil (DAC).

### **1.3. ATLAS CLIMATOLÓGICO**

Se reconoce como un atlas aquella recopilación de información dentro de un único volumen, la cual se representa en mapas temáticos sobre tópicos relacionados a un argumento en especial (OMM, 1983).

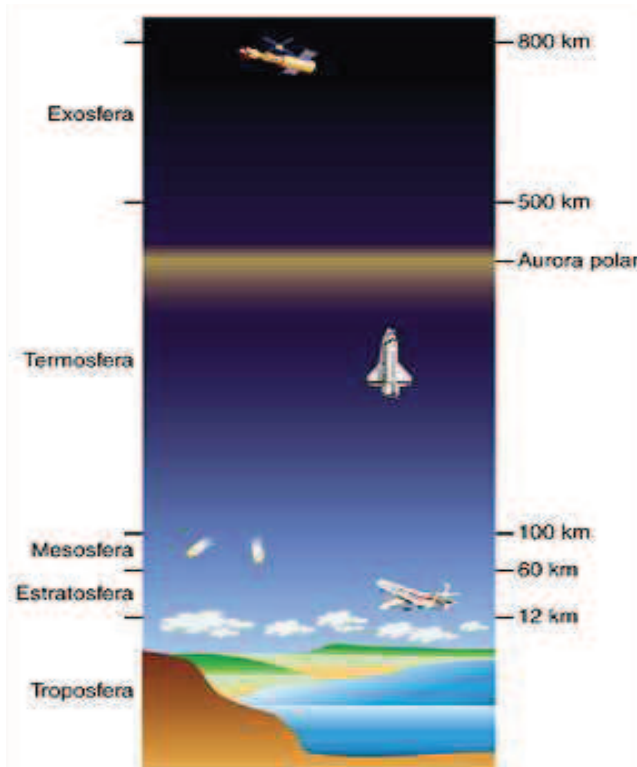
Un Atlas Climatológico tiene como fin específico mostrar de manera gráfica, con una fácil interpretación la distribución espacial de las variables climáticas, a través de un sencillo procesamiento estadístico de información.

### **1.4. CONCEPTOS**

La masa de aire denominada atmósfera que envuelve al planeta y que hace posible la vida en los términos conocidos, tiene entre sus funciones la regulación de la temperatura de la superficie de la tierra. Los gases que constituyen la atmósfera permiten los procesos biológicos y su propiedad de contener y almacenar vapor de agua hasta un 5 % de su volumen juega un rol fundamental en el ciclo del agua en el planeta.

Se considera como atmósfera aquella masa gaseosa que envuelve a la Tierra, y está constituida por varias capas como son la Tropósfera, Estratósfera, Mesósfera, Termósfera, Tropopausa, Estratopausa y Mesopausa (ver Gráfico 6) hasta conformar un espesor de dos mil kilómetros.

**Gráfico 6.** Capas Atmosféricas



**Fuente:** <http://ieslamadraza.com/elena/websociales/geography3eso/climate/climate3.html>

La Troposfera es la capa más próxima a la superficie de la tierra, tiene un espesor de aproximadamente 15 km en el ecuador y 9 km en los polos, mientras más se aleja de la misma, la temperatura va disminuyendo de forma gradual. El gradiente de temperatura de la capa que depende de su condición de saturación, va de 1 °C a 5 °C saturado a no saturado respectivamente por cada 100 m.s.n.m. de altitud, gradiente de temperatura que sucede en los gases o en el aire que ocurre por compresión o expansión de dichos elementos, es decir sin la intervención de una fuente externa de calor o frío (REYES, S., 2001).

Es en la Tropósfera en donde las masas de aire tienen movimientos verticales y horizontales conocidos como circulación atmosférica, y en donde se presenta las mayores concentraciones de vapor de agua, en donde ocurren el mayor número de fenómenos meteorológicos y es el lugar donde se produce el ciclo hidrológico (REYES, S., 2001).

#### **1.4.1. EL CLIMA**

Clima, palabra derivada del griego klima que indica la inclinación del sol, es la consideración del estado de las condiciones de la atmosfera, en un lapso prolongado de tiempo, el cual se constituye al menos de 30 años de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Obedeciendo al área de estudio se puede hablar de clima mundial, zonal, regional o microclimas nombre que se le da al estudio de un punto localizado (REYES, S., 2001).

Se entiende entonces como clima al estado de la atmósfera en períodos largos y representativos de tiempo. Para establecer las características o patrones representativos del clima para una ciudad, zona o región se requiere disponer de datos horarios, diarios, mensuales y anuales de las características del clima, que se recogen en estaciones meteorológicas, para procesarlos con la ayuda de la estadística, estudiando los valores medios y extremos, y sus valores de variación y dispersión. Concretamente se dice que el clima es un estudio unificado de tiempos consecutivos (REYES, S., 2001).

Se debe tomar en consideración que otros factores como la latitud, la altitud, los relieves, las corrientes marinas y la continentalidad influyen de manera directa sobre las variables climáticas, como se explicó antes.

#### **1.4.2. EL TIEMPO ATMOSFÉRICO**

Tiempo atmosférico se establece como la suma de condiciones atmosféricas que suceden dentro de la troposfera en un lapso de tiempo corto, el cual cambia muy rápidamente y se presenta dentro de un lugar puntual sin la posibilidad de que se repita, esto se debe a que las masa de aire se desplazan por la superficie de la Tierra, dichas masas pueden diferenciarse unas de otras por las diferencias en las principales características atmosféricas como en la temperatura, humedad o presión (OMM, 2001).

El tiempo cambia de manera imprevista, por tanto, al desarrollar una descripción de la situación de la atmósfera se describe la nubosidad, calor o frío, viento, visibilidad, etc. En general, en este tipo de análisis las observaciones se consideran de las estaciones principales, las cuales detectan los cambios en las variables meteorológicas; el personal técnico de los servicios meteorológicos públicos y privados recoge los datos y con ayuda de ordenadores generan previsiones del clima a corto, mediano y largo plazos. Los principales pronósticos se generan para 12, 48, 72 o hasta 96 horas (corto plazo).

### **1.4.3. FACTORES QUE INCIDEN EN EL CLIMA**

Como se mencionó anteriormente, la existencia de diferentes zonas climáticas se debe a la acción e interacción de varios factores, entre los que se destacan los siguientes:

- Latitud
- Altitud
- Localización o continentalidad
- Corrientes oceánicas
- Sistemas Montañosos

#### **Latitud**

En base a la latitud se determinan franjas climáticas en la Tierra, cuyos comportamientos varían en dependencia de sus distancias del paralelo cero. Esta influencia tiene relación con el movimiento de traslación de la Tierra, que se manifiesta a través de la inclinación de los rayos solares y el número de horas de brillo solar sobre una localidad determinada en la superficie terrestre. La

diferencia en las horas de sol y en la inclinación de los rayos solares dan lugar a las estaciones.

### *Altitud*

Mientras una región se ubica al nivel del mar la temperatura es mayor para aquellas regiones que se van alejando de dicha superficie, es decir que la temperatura es inversamente proporcional a la altitud, se ha determinado que por cada 1 000 m.s.n.m. la temperatura disminuye 6,4 °C lo que se conoce como gradiente térmico, la altitud de una región caracteriza los distintos pisos climáticos.

### *Localización o continentalidad*

La presencia de océanos y/o mares así como también la localización continental son factores importantes en la definición del clima de una localidad, pues el agua es un regulador térmico ya que la tierra se enfría y calienta más rápidamente.

Las brisas marinas aplacan por las mañanas el calor y las brisas terrestres impiden la irradiación nocturna; para las zonas costaneras este proceso constituye un sistema de disminución del calor.

Para localidades ubicadas al interior de los continentes la amplitud térmica se incrementa originando inviernos implacables y veranos extremos.

### *Corrientes Oceánicas*

Las Corrientes Marinas permiten que masas de agua cálidas o frías se trasladen de un lugar a otro, debido a que la densidad del agua cálida es menor que la del agua fría, provocando que el agua cálida tienda a subir a la superficie, provocando con ello cambios bruscos en las condiciones atmosféricas imperantes; sumándole a esto la influencia de vientos para el movimiento de dichas corrientes.



### Sistemas Montañosos

Las cadenas montañosas constituyen barreras naturales que impiden o limitan el paso de los vientos o provocan corrientes de aire. Además estas cadenas constituyen un regulador térmico con relación a la proyección de los rayos solares sobre una determinada superficie.

#### **1.4.4. ESTRUCTURAS METEOROLÓGICAS REGIONALES Y DE MESOESCALA**

##### Concepto de Mesoescala (REYES, S.)

Se conoce como mesoescala aquel estudio del tiempo atmosférico a una escala menor que la sinóptica, pero mayor que la microescala o la escala de tormentas.

Los fenómenos que se estudian con la mesoescala son aquellos que se producen entre 1 y 12 horas, distancias de entre 1 y 100 km o alturas de entre 1 y 10 km y tienen manifestaciones severas, con origen en la inestabilidad, la presencia de fuentes térmica u orográficas, una transferencia no lineal de energía entre el micro clima y macro climas y la interacción de los procesos físicos y dinámicos de las nubes.

##### Zonas de Convergencia Intertropical (ZCIT)

Para el primer cuarto del año 2001 se observa que la costa centro sur del Ecuador se ve afectada por la presencia de una corriente proveniente del sur, la cual osciló de una condición ligera a moderada.

##### Perturbaciones de la Amazonía

La presencia de procesos convectivos y la acción de las corrientes del Atlántico Sur y el claro debilitamiento de la corriente proveniente del Caribe, afectan

directamente al Ecuador, influyendo directamente en la región oriental e interandina del Ecuador, lo que permite el ingreso de humedad hacia estas regiones por medio de masas de aire húmedo.

#### **1.4.5. VARIABLES QUE CARACTERIZAN EL CLIMA**

##### **Precipitación**

Se conoce a la precipitación como la lámina de agua recolectada por los instrumentos meteorológicos como son pluviómetros o pluviógrafos; su unidad de medida en general es el milímetro y se asocia con períodos como el día, mes, año, etc.

De los componentes del clima una de las características de mayor importancia es la precipitación, por su incidencia en el ciclo del agua y en el balance hídrico de cuencas hidrográficas. La precipitación a más de favorecer la vida en el planeta, incide en procesos como la descomposición de los suelos, en la erosión así como también en la fracturación de rocas, entre otros factores. Cuando las masas de aire llegan a un estado inferior a los 0 °C, se presenta la precipitación sólida, lo que se conoce como granizo o nieve.

Para representar gráficamente la distribución de las lluvias en un lugar determinado se generan curvas sobre un mapa zonal en donde se unen puntos con igual monto de precipitación, a dichas líneas se las conoce como isoyetas.

##### **Variación temporal de la precipitación**

La variación de la precipitación en el tiempo se analiza con frecuencia en términos de variación estacional (en relación a las estaciones del año), así también como variación interanual, para diferenciar los períodos secos y húmedos, es decir para conocer los ciclos interanuales (subconjunto de años con valores menores y mayores respecto a la media interanual o norma). Los ciclos o variaciones

plurianuales de la precipitación son más visibles en ciertas regiones de la Tierra, como ejemplo, el océano Pacífico sur y sus áreas ribereñas, en donde se manifiestan los fenómenos de El Niño (ENSO) y La Niña (REYES, S., 2001).

### Temperatura

Se conoce como temperatura la cantidad de calor presente en una masa de aire sobre un lugar determinado y que se mide en un lugar cubierto y ventilado a 2 m de altura (IDEAM, 2005). La continentalidad y la latitud influyen de manera directa en la temperatura, por un lado se presenta un alto contenido de vapor en la atmósfera por las cercanías a las grandes masas de agua, y por otro en relación con la posición de la zona de interés con la posición del eje terrestre el valor de insolación varía notablemente mientras nos alejamos de la línea equinoccial. Al considerar únicamente la distribución térmica en base a la latitud se puede incurrir en error de que las zonas ecuatoriales permanecen gran parte del tiempo con valores extremos de temperatura, es importante tener presente que la continentalidad está enlazada directamente con la inercia térmica de las masas de agua.

Para la medición de la temperatura se utiliza los termómetros de mercurio, los cuales en su concepción inicial son de fácil funcionamiento deben alcanzar un balance que determine un promedio, para realizar una medición, para la toma de mediciones meteorológicas se han ingeniado equipos capaces de detectar las fluctuaciones (OMM, 1983).

Para evaluar la variabilidad de la temperatura en regiones ecuatoriales o intertropicales se considera las fluctuaciones diarias, mensuales y anuales. La presentación de la variación de la temperatura a través de líneas de igual valor, conocidas como isotermas permite apreciar con mayor facilidad la distribución espacial y temporal de esta característica del clima.

En zonas costeras la amplitud térmica es baja, y al contrario, en zonas internas de los continentes es en donde se presenta la oscilación térmica en rangos más amplios.

Los estudios (ref.) permiten concluir que los rangos de variación de la temperatura más utilizados son:

- < 5 °C zonas con imperceptible amplitud
- 5 – 10 °C zonas con baja amplitud
- 10 – 18 °C zonas con amplitud media
- >18 °C zonas con alta amplitud

### **Humedad Ambiental**

Se entiende a la humedad como aquella cantidad de vapor de agua presente en una masa o volumen de aire (IDEAM, 2005); los océanos constituyen la fuente primaria o permanente de humedad. El aire tiene una capacidad limitada para mantener en el ambiente dicho vapor, a este punto se lo conoce como saturación, luego del cual se genera el proceso de precipitación, tanto en forma líquida como en forma sólida.

La humedad va ligada al valor de temperatura existente de una manera directamente proporcional, es decir que en sitios cálidos se tendrá altos valores de humedad y bajos para sitios fríos.

A la humedad se la puede expresar bajo los conceptos de humedad absoluta, específica o relativa.

A la humedad absoluta se la considera a aquella masa de agua existente en una unidad de volumen se lo expresa en unidades de masa sobre volumen (g/kg, g/m<sup>3</sup>) o en unidades de presión de vapor (Pa, kPa o mmHg).

La humedad específica determina la cantidad de agua en estado gaseoso presente en un kilogramo de aire húmedo y se expresa en g/kg. En tanto que la humedad relativa en porcentaje es la relación entre la cantidad de vapor de agua existente y la de saturación, para un mismo grado de temperatura y presión atmosférica; para establecer valores comparativos entre estaciones, las

mediciones se realizan a las mismas horas, denominados horarios sinópticos, según regulaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1983)

En general, se determina que la temperatura tiene una relación inversa con la humedad relativa y directa con la humedad absoluta y con la específica.

Para la medición de esta variable humedad se cuenta con los higrómetros que básicamente son psicrómetros e higrógrafos (CASTILLO, F., 2001).

### **Evaporación**

La evaporación es la transmisión de vapor de agua desde una superficie húmeda hacia la atmósfera a temperatura inferior al punto de ebullición. El paso de humedad a la atmósfera puede ocurrir desde el estado líquido al gaseoso o del estado sólido al gaseoso (sublimación). La evaporación ocurre también por efecto de la transpiración de las plantas

La evaporación ocurre de manera independiente a la temperatura, este proceso se produce mientras exista transferencia de energía entre dos masas con diferente contenido de humedad. La evaporación es un regulador térmico de la atmósfera baja, puesto que la velocidad de evaporación depende de la cantidad de energía que se le proporcione al sistema y la presión de vapor existente.

La evaporación se mide bajo normas en lámina de agua (mm) con ayuda de tanques tipo A del U.S. Weather Bureau (OMM, 1983).

### **Radiación Solar**

Un factor importante en el proceso de climatización de la Tierra es el Sol, pues la energía que éste último emite en forma de radiación de onda corta es recibida por las capas más lejanas de la atmósfera, las cuales atenúan su impacto a través de la absorción o disipación, para que finalmente choquen con la superficie terrestre. Una parte de esta energía es absorbida y otra revota nuevamente hacia el

ambiente, como radiación de onda larga, generándose un balance energético radioactivo para el clima.

La radiación de onda corta llega a la superficie de tres distintas formas (IDEAM, 2005):

- Radiación directa es aquella que desde su ingreso hasta la atmósfera no ha soportado cambio de dirección.
- Radiación difusa es aquel componente de la radiación neta que en su trayecto ha chocado con alguna partícula lo cual le provoca una propagación en todas las direcciones.
- Radiación global es la suma de las radiaciones anteriormente descritas, es la totalidad de radiación recibida por la superficie.

La radiación se mide en energía recibida por unidad de área siendo su unidad el  $W/m^2$  (IDEAM, 2005).

### **Heliofanía**

La heliofanía es la duración de la radiación solar, medida en referencia a las horas efectivas de sol es decir, el tiempo en el cual el sol brilla. Su unidad de medida es la hora y se lo realiza a través de los Heliógrafos o heliofanografos (INAMHI, 2002).

### **Viento**

El movimiento horizontal del aire se define como viento que responde a su desplazamiento desde zonas de alta presión a zonas de baja presión. El viento como vector tiene tendrá magnitud y dirección, que se consideran como dos variables.

El valor escalar del viento tiene como unidad de medida (m/s) o (km/h), en tanto que la dirección se registra con referencia a la rosa de los vientos medida desde

el norte con dirección a las manecillas del reloj, tomando el sentido del movimiento.

En las mediciones de esta variable se utilizan la veleta de Wild, los anemómetros, y los anemógrafos.

## **1.5.ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

Se entiende como estación meteorológica al sitio en donde con ayuda de adecuaciones, instalaciones y equipos específicos se realizan mediciones puntuales de las diferentes variables que caracterizan el clima, para de alguna manera establecer las características que diferencian a las diferentes zonas del país (OMM, 1983)

Una red meteorológica es el conjunto de estaciones distribuidas de manera conveniente, en una superficie determinada.

Según la OMM se considera una estación de observación meteorológica el lugar donde se realizan observaciones meteorológicas con el soporte de personal apto en la materia (OMM, 1983).

La red meteorológica del Ecuador cuenta con algunos tipos de estaciones, que responden a las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y referencias establecidas por el INAMHI.

El tipo de estaciones que existen en el Ecuador son:

- Estaciones Aeronáuticas;
- Estaciones Agrometeorológicas;
- Estaciones Climáticas Ordinarias;
- Estaciones Climáticas Principales;
- Estaciones Climáticas Especiales;
- Estaciones Pluviográficas;
- Estaciones Pluvimétricas;

El tipo de estaciones se diferencia por los instrumentos de medición que poseen y por la frecuencia de las observaciones. A continuación se describe cada uno de los tipos de estaciones existentes en el país:

### **1.5.1. AERONÁUTICAS**

Las estaciones aeronáuticas son administradas por entidades gubernamentales y/o civiles que tienen a su cargo el control, monitoreo y desarrollo de los aeropuertos. Si bien la OMM establece ciertas normas de operación y mantenimiento para estas estaciones, para su funcionamiento se dispone también de normativas emitidas por autoridades aeronáuticas internacionales.

Estas estaciones permiten genera una gran base de información, que son útiles para generar pronósticos exclusivos para la aviación (IDEAM, 2005).

Una estación aeronáutica se constituye por la toma de información en escala sinóptica la que se conforma por una escala espacial de los 1 000 km y temporal de 3 a 5 días, monitoreando los sistemas migratorios de alta y baja presión en la troposfera (OMM, 2001).

Las mediciones se realizan a horas establecidas mundialmente por la OMM en tiempo universal coordinado (UTC), siendo las horas principales para efectuar mediciones de superficie las 00, 06, 12, 18 UTC, las horas intermedias 03, 09, 15,21 UTC y las horas fijas para observaciones en altitud a las 00 y 12 UTC (INAMHI, 2002).

Los principales parámetros de medición en este tipo de estaciones son de nubosidad, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura, características de las nubes, visibilidad, humedad, precipitación, temperaturas extremas.



**Fotografía 1.** Estación Santo Domingo Aeropuerto Provincia Santo Domingo de los Tsachilas



**Estación:** M027

### 1.5.2. AGROMETEOROLÓGICAS

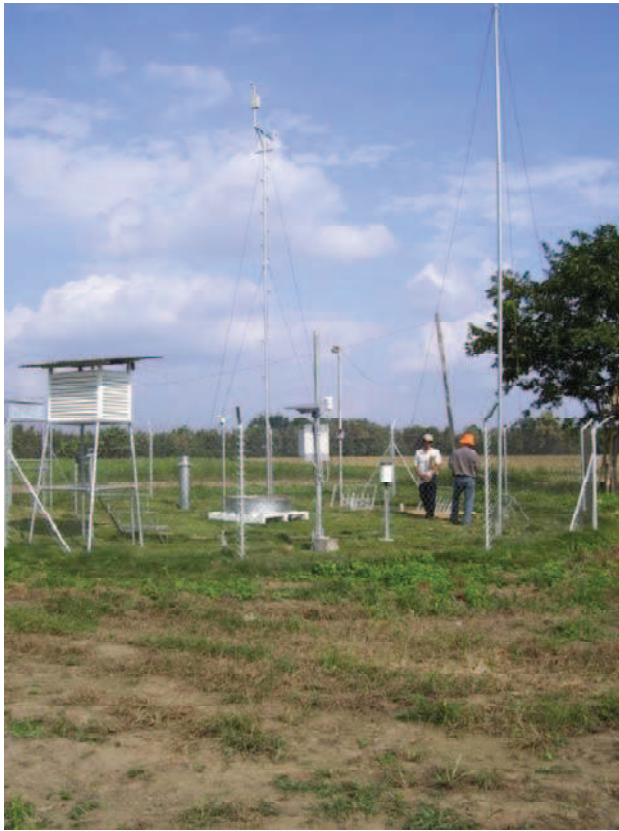
Bajo normas internacionales este tipo de estaciones son de primer orden. El desarrollo de la agricultura y todas sus actividades afines se ven afectadas directamente por las variaciones climáticas de una región, siendo esta una razón importante para monitorear continuamente el estado del tiempo atmósfera.

Estas estaciones tienen la particularidad de relacionar la variación climática con los fenómenos que se asocian a las plantas y animales, localizándose estratégicamente en zonas agrícolas de gran importancia (IDEAM, 2005).

Las variables climáticas controladas son en general: visibilidad, nubosidad, humedad y temperatura del suelo, precipitación, temperaturas, humedad, viento, radiación solar, brillo solar, evaporación y temperatura a distintas profundidades del suelo.

Se realizan tres observaciones diarias a las 07, 13 y 19 horas tiempo local (12, 18 y 00 UTC) (INAMHI, 1979).

**Fotografía 2.** Estación Pichilingue Provincia de Los Ríos



**Estación:** M006

### **1.5.3. CLIMÁTICAS ORDINARIAS**

La función principal de una estación ordinaria es obtener las lecturas de precipitaciones y temperaturas extremas e instantáneas; en general se encuentran conformadas por pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro.

Se obtiene lecturas del clima al menos una diaria de temperaturas extremas y cantidad de precipitación (OMM, 1983). Generalmente se toma lecturas a las 07, 13 y 19 horas local (12, 18 y 00 UTC).

**Fotografía 3.** Estación El Carmen Provincia de Manabí



**Estación:** M160

#### **1.5.4. CLIMÁTICAS PRINCIPALES**

Estación de segundo orden en donde se realizan observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico características de la nubosidad existente, precipitaciones, humedad, viento, radiación solar, estado del suelo, heliofanía, evaporación, con una cantidad diaria de tres mediciones.

Se toman lecturas horarias o al menos tres lecturas diarias en adición a las tabulaciones de los registros automáticos (OMM, 1983).

**Fotografía 4.** Estación Guayaquil Inocar Provincia del Guayas



**Estación:** M075

### **1.5.5. CLIMÁTICAS ESPECIALES**

Se considera estaciones especiales aquellas que por su ubicación requieren de equipos especiales según el interés que se tenga, la información existente de la misma debe ser tomada como referencial.

### **1.5.6. PLUVIOGRÁFICAS**

Su finalidad es el registro analógico de las precipitaciones de manera continua en fajas de escala en décimas de mm, esta información permite el estudio de las lluvias intensas.

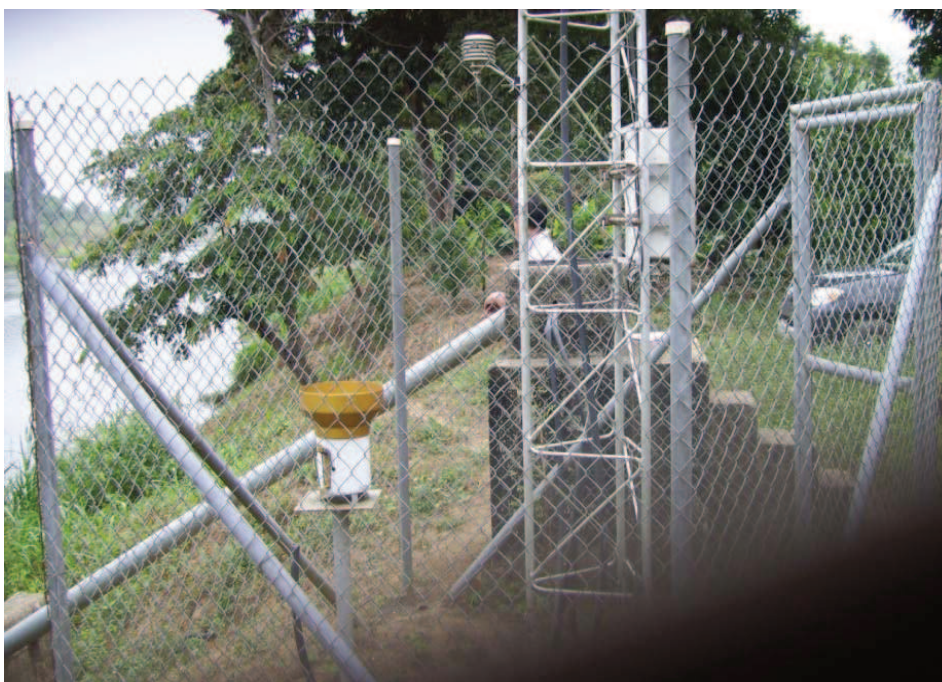
### 1.5.7. PLUVIOMÉTRICAS

Las estaciones pluviométricas permiten únicamente el registro de la cantidad de precipitación ocurrida, entre dos observaciones sucesivas, en general diarias.

Se puede registrar tres tipos de mediciones, la primera se constituye por tres observaciones a las 07, 13 y 19 horas, la segunda con observaciones a las 07 y 19 horas y la última constituida por una sola observación a las 07 horas local.

Las estaciones pluviométricas llevan registros de valores diarios y mensuales, además de una precipitación máxima ocurrida en 24 horas con reconocimiento de la fecha y los días de ocurrencia de lluvias en cada mes.

**Fotografía 5.** Estación Zapotal Provincia de Los Ríos



**Estación:** M471

### 1.5.8. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS (IDEAM, 2005)

El ser humano a través de la historia ha utilizado sus sentidos para realizar mediciones perceptibles, a las cuales se les denominó observaciones sensoriales.

Pero las necesidades de precisión en las medidas para salir del empirismo, han obligado a generar diversos instrumentos y métodos de medición que ayudan a la toma de datos de las diferentes variables climáticas.

#### Medición de la Precipitación

##### Pluviógrafo

Instrumento de medición que registra la cantidad de precipitación acumulada en el tiempo, en lámina de agua (mm). El granizo o la nieve previa a la medición deben ser fusionados. El recipiente de recolección consta de una boya la cual manipula un lapicero que registra la información en el papel.



Fuente: [http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst\\_convencional.html](http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst_convencional.html)

##### Pluviómetro

El pluviómetro es un instrumento que consta de un recipiente de 200 cm<sup>2</sup> de área en el cual registra la cantidad de precipitación en mm.

La altura a la cual se encuentra la boca del pluviómetro es a 1,20 cm sobre el nivel de la superficie, para evitar salpicadura.



Fuente: [http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst\\_convencional.html](http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst_convencional.html)

### **Medición de la Temperatura**

#### **Termómetro seco**

El termómetro seco registra la variación de temperatura en °C. Se coloca al interior de un recipiente o abrigo meteorológico totalmente ventilado para evitar la afectación directa de la radiación.

#### **Termómetro de máxima**

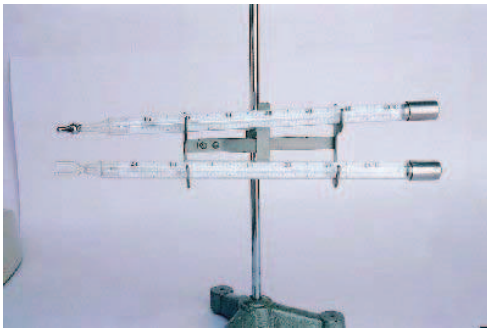
Es un termómetro que en su concepción común, pero su forma general tiene la diferencia de que cerca al bulbo se presenta un estrangulamiento que no le permite descender rápidamente, manteniéndose en la máxima temperatura marcada durante el día.

Al igual que el termómetro seco se lo encuentra al interior de un abrigo meteorológico, a una altura de dos metros sobre el nivel del terreno. Esta medición se la realiza a las 5 de la tarde (INAMHI, 1995).

### **Termómetro de mínima**

Este termómetro se conforma por un tubo capilar que en su interior contiene alcohol y posee un indicador metálico o de arcilla, el cual mantiene la marcación más baja del día.

Este termómetro al igual que los anteriores se ubica al interior del abrigo meteorológico, pero tiene una ligera inclinación con el recipiente hacia abajo para que la contracción del alcohol por las bajas temperaturas arrastre el indicador. Su medición se realiza a las 7 de la mañana.



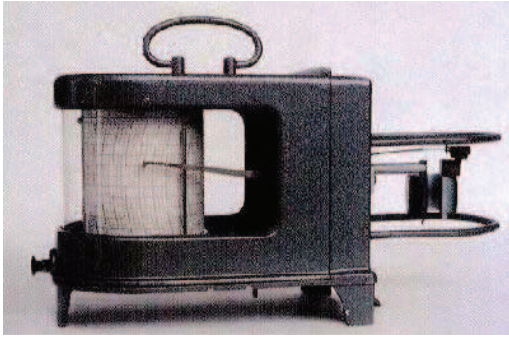
Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres>

### **Termógrafo**

Ya que las variaciones frecuentes de temperatura se encuentran fuera del alcance de hombre para registrarlas, el termógrafo es un mecanismo que permite registrar dichos cambios de manera permanente. Su funcionamiento se basa en el registro que se produce por la dilatación de dos elementos de diferente coeficiente de dilatación.

Los valores se registran en una banda de papel a través de una pluma perceptible a los cambios de dilatación de las tiras.





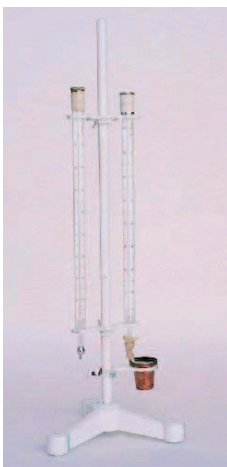
Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres>

### Medición de la Humedad

#### Psicrómetro

La base del psicrómetro es la diferencia de temperaturas que se presentan entre los termómetros seco y húmedo, que se disponen también en el abrigo meteorológico.

El termómetro seco es un termómetro común el cual indica la temperatura el momento exacto de la medición; el termómetro húmedo es similar pero al sensor se cubre con una tela delgada de muselina la cual debe estar humedecida para secarla con un ventiladora que tenga una velocidad entre 2 y 5 m/s al momento de la observación para generar un descenso en la temperatura, que es proporcional a la tasa de evaporación al momento.



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres>

### Higrómetro

Es un instrumento de medición de alta sensibilidad que registra el aumento de grosor y longitud de un haz de cabello claro puesto que las células de dicho elemento son vulnerables al cambio de humedad; las variaciones son registradas por medio de una pluma y transferida a una banda.



Fuente: [www.nauticexpo.es/prod/vion/termo-higrometro](http://www.nauticexpo.es/prod/vion/termo-higrometro)

Todo el equipo se localiza dentro del abrigo meteorológico.



Fuente: [http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst\\_convencional.html](http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst_convencional.html)

### Medición de la Evaporación

#### Tanque de Evaporación tipo A

Es un recipiente cilíndrico de 120,7 cm de diámetro y 25,5 cm de alto que se encuentra a 10 cm de la superficie sobre una plataforma de madera; dicho tanque contiene marcaciones para mantener el nivel del agua.

La evaporación se mide en altura o lámina de agua (mm) y es equivalente a la evaporación de un litro de agua en una superficie libre de un metro cuadrado.



Fuente: <http://www.ideam.gov.co/files/atlas/evaporacion.htm>

### **Medición Radiación Solar**

#### **Piranómetro**

Instrumento conformado por una superficie plana dividida en dos fracciones pintadas de blanco y negro las cuales producen diferencias en el calentamiento, además contiene una semi esfera de cristal la cual permite filtrar las ondas entre los 280 y los 2800 m. Este instrumento permite medir la radiación directa y la difusa (IDEAM, 2005).



Fuente: [www.euskalmet.euskadi.net/s07-6072/es/](http://www.euskalmet.euskadi.net/s07-6072/es/)

### **Heliógrafo**

Instrumento constituido por una esfera de vidrio que quema una faja de cartulina localizada bajo esta; la faja puede ser sujeta en dependencia de las horas de sol efectivas, el heliógrafo se coloca a 1,50 m del suelo.



**Fuente:** [http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst\\_convencional.html](http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst_convencional.html)

### **Medición del Viento**

#### **Anemómetros**

Este equipo tiene un sistema parecido a los tacómetros de los vehículos y registra la distancia recorrida por el viento en un intervalo de tiempo; está constituido por tres cazoletas con formas sensibles al movimiento del viento, que giran en un eje vertical.



**Fuente:** [http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst\\_convencional.html](http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst_convencional.html)

### Anemógrafo

El Anemógrafo es un anemómetro equipado de una veleta la cual permite medir la dirección del viento; existen anemógrafos mecánicos y manuales.



**Fuente:** [www.cenicafe.org/modules/Estado\\_del\\_tiempo\\_en\\_la\\_Zona\\_Cafetera/anemog.htm](http://www.cenicafe.org/modules/Estado_del_tiempo_en_la_Zona_Cafetera/anemog.htm)

## **CAPÍTULO 2.**

### **LAS INVESTIGACIONES DEL CLIMA EN EL ECUADOR**

Se presenta a continuación una breve descripción de los estudios disponibles que tratan sobre el clima del Ecuador; se destaca los aspectos de mayor relevancia y el aporte al mejoramiento de los estudios de las condiciones climáticas prevalecientes en el país.

#### **2.1. BLANDIN, C., 1989. ANÁLISIS Y ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS EN EL ECUADOR. INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA. QUITO.**

El estudio se sustenta en información meteorológica de las estaciones operadas por: el Observatorio Astronómico – Escuela Politécnica Nacional (Quito – Observatorio), el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) y la Dirección de Aviación Civil (DAC), de las variables climáticas como temperaturas medias y extremas, precipitaciones medias mensuales y anuales y máximas diarias, frecuencias mensuales de lluvia.

Las estaciones consideradas son Quito – Observatorio (1891 – 1980), Guayaquil Aeropuerto (1915 – 1980), Esmeraldas Tachina (1947 – 1980), Manta – Aeropuerto (1931 – 1980), San Cristóbal – Galápagos (1950 – 1980) y Puyo (1965 – 1980).

Incluye una descripción general del clima de la tierra, se explica la influencia de las corrientes marinas y presenta una descripción de los tipos de clasificación climática, como es la de Köeppen, la cual según el autor es la que mejor representa el clima del Ecuador. Se describe la clasificación climática de Tornthwite, que se sustenta en datos de evapotranspiración.

El estudio incluye una breve descripción de las características geográficas del Ecuador y de su localización en el globo terrestre.

Propone una clasificación del clima de Ecuador de acuerdo a Köeppen, en los siguientes términos:

- CLIMA TROPICAL “A”: Af - clima tropical húmedo, Am - clima tropical monzón; y, Aw - clima tropical sabana.
- CLIMA TEMPLADO “A”: Cf - Clima Mesotérmico húmedo; Cw - Clima Mesotérmico Semihúmedo.
- CLIMA SECO “B”: B - Clima seco templado; y, Bt - clima seco tropical.
- CLIMAS DE ALTURA “E”:

En esta clasificación se puede añadir los climas subtropicales y el clima de la región oriental o amazónica que tienen características específicas diferentes a los demás tipos de clima.

Se presenta también un análisis detallado de los tipos de clima por regiones, como se indica a continuación:

- REGION LITORAL: Af - Tropical húmedo; Am - Tropical monzón; Aw -Tropical sabana; y, Bt - Tropical seco.
- REGION INTERANDINA: Cf - Clima Mesotérmico húmedo; Cw - Clima Mesotérmico Semihúmedo; B- Clima templado seco; y, E - Clima de páramo
- REGION ORIENTAL O AMAZONICA: Afa - Clima amazónico.

Se incluye al final una caracterización de los diferentes tipos de clima, soportada en cuadros y gráficos.

En resumen, Blandin en base a información histórica propone una clasificación adaptada a las condiciones reales del país, lo cual permite mejorar el conocimiento sobre los factores que inciden en las condiciones climáticas imperantes en el país.

## **2.2.POURRUT, P., 1983. LOS CLIMAS DEL ECUADOR – FUNDAMENTOS EXPLICATIVOS. ORSTOM.**

El estudio se sustenta en información histórica de las estaciones meteorológicas del INAMHI, con datos del período homogéneo de 15 años (1964-1978).

Se realiza una reseña histórica del tema, seguida de la definición de los principales rasgos geográficos que tiene el Ecuador, entre ellos destaca el relieve muy irregular, que desempeña un papel de primera importancia en la formación de los climas.

Se describen las regiones naturales del Ecuador, que son:

- La Región Costanera, que ocupa una faja litoral de aproximadamente 100 km de ancho, con valores extremos de 180 km en la latitud de Guayaquil y 40 Km en la parte sur; se subdivide en dos unidades distintas que son la cordillera costanera y la llanura de río Guayas.
- La Región Andina caracterizada por la formidable barrera montañosa que es la cordillera de Los Andes, cuyo ancho oscila entre 100 y 140 km. De norte a sur, se distinguen tres unidades:
  - a) la cordillera occidental y cordillera oriental, bien individualizadas;
  - b) los relieves tubulares y ondulaciones entre los 3 000 y 4 700 m.s.n.m.; y,
  - c) los grandes valles transversales.
- La Región Oriental o cuenca amazónica comprende dos partes:
  - a) la zona subandina; y,
  - b) la llanura amazónica.

En cuanto al Ecuador Insular, las Islas Galápagos están conformadas por una treintena de islas e islotes de extensión y alturas variables, que corresponden a vértices emergidos de una cordillera volcánica submarina.



El estudio pone énfasis en los factores que influyen mayormente en las condiciones climáticas del Ecuador y que son:

- La latitud: el país está ubicado sobre el ecuador geográfico y por ende presenta peculiaridades características del sistema general de circulación atmosférica a escala planetaria.
- El conjunto relieve-altitud: la barrera y la altura de Los Andes desempeña un papel muy importante en la generación y desplazamiento de masas de aire local o regional.
- La presencia del océano Pacífico y de corrientes marinas: también generan masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad.

Se propone una clasificación climática basada en los siguientes criterios:

- Régimen anual de las lluvias; es decir el número y distribución de los máximos pluviométricos:
  - a) “Ecuatorial” - cuando se observan dos picos pluviométricos más o menos vinculados con el movimiento aparente del sol;
  - b) “Tropical” - con un solo máximo lluvioso y una estación seca marcada; y,
  - c) “Uniforme” - cuando las precipitaciones están bien repartidas a lo largo del año.
- Altura (lámina) de precipitaciones anuales. Aunque los criterios puedan cambiar; en función de la altitud por ejemplo, se pueden considerar las definiciones y los límites siguientes:
  - a) “Árido y semi-árido”: pluviometría inferior a 500 mm Anuales;
  - b) “Seco a semi-húmedo”: entre 500 y 1 000 mm;
  - c) “Húmedo”: entre 1 000 y 2 000 mm; y,
  - d) “Muy húmedo”: superior a 2 000 mm.
- Temperatura media anual:
  - a) “Megatérmico”: temperatura media superior a 22°C;
  - b) “Mesotérmico”: entre 12 y 22 °C; y,

c) “Frío”: inferior a 12 °C.

En resumen se propone 9 grandes clases de clima, como se observa en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Clasificación Climática de Pourrut, 1983

<i>Región Andina</i>	<i>Región Costanera</i>	<i>Región Amazónica</i>	<i>Región Insular</i>
*Clima ecuatorial Mesotérmico semi- húmedo a húmedo.	*Clima tropical Megatérmico semi-árido.		
*Clima ecuatorial Mesotérmico seco.	*Clima tropical Megatérmico seco a semi-húmedo.	*Clima uniforme Megatérmico muy húmedo.	*Clima ecuatorial insular.
*Clima ecuatorial frío de alta montaña.	*Clima tropical Megatérmico húmedo.		
*Clima tropical Megatérmico muy húmedo.			

**Fuente:** POURRUT, P. Los climas del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

En calidad de conclusiones del estudio se destaca lo siguiente:

El estudio incluye una descripción detallada de los climas del Ecuador y se analiza en detalle los factores que inciden en estas formaciones.

Si bien se toma en cuenta los registros climáticos de precipitación y temperatura, se considera el relieve de manera explícita en la identificación de los climas, así también, se destaca la influencia de las corrientes marinas y de la circulación general de la atmosférica a escala planetaria.

### 2.3.NARANJO, P., 1981. EL CLIMA DEL ECUADOR. EDITORIAL CASA DE LA CULTURA.

El estudio se sustenta en información de 128 estaciones meteorológicas del INAMHI y de otras instituciones que operan estaciones en el país. Se destaca igualmente la importancia del relieve del Ecuador continental que incide en la presencia de una gran variedad climática.

Se analiza en detalle la precipitación y temperatura por ser los factores más determinantes en las manifestaciones del clima. Los climas pueden clasificarse según la temperatura o el índice pluviométrico o combinando ambos factores. Se propone la clasificación en el Cuadro 2.

#### **Cuadro 2.** Clasificación según la precipitación

Árido	< 250 mm/año
Semiárido	250 – 500 mm/año
Semihúmedo	500 – 1000 mm/año
Húmedo	1000 – 2000 mm/año
Muy Húmedo	> 2000 mm/año

**Fuente:** NARANJO, P. El clima del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

En el informe se describen las clasificaciones de Millar y Köeppen, aplicados al Ecuador (Cuadro 3 y Cuadro 4).

**Cuadro 3. Clasificación Climática De Miller**

<b>Clasificación</b>	<b>1</b>	<b>1m</b>	<b>2</b>	<b>2m</b>	<b>3</b>	<b>3m</b>
A. Climas Cálidos (temp. Media anual sup. 21°C)	Ecuatorial – dos meses máximos de lluvia.	Ecuatorial – variedad monzónica.	Tropical marítimo – sin verdadera estación seca.	Tropical marítimo – variedad monzónica.	Tropical continental – lluvia en verano.	Tropical continental – variedad monzónica.
B. Climas templados cálidos (ningún mes con temp. Media inf. A 6 °C)	Costas occidentales de los continentes – lluvia de estación fresca, sequedad estival.		Costas orientales de los continentes – lluvia más uniforme, aunque con predominio estival	Costas orientales – variedad monzónica claro máximo de lluvias en verano.		
C. Templado frío (con estación fría de 1 a 5 meses con temperatura media inferior a 6 °C)	Marítimo – lluvia uniforme o máximo invernal	Continental – máximo de lluvias en verano	Continental. – variedad monzónica. fuerte máximo de lluvias en verano			
D. Climas fríos (larga estación fría 6 o más meses con temperatura media inferior a 6 °C)	Marítimo – lluvia uniforme con máximo invernal.	Continental – variedad monzónica. Fuerte máximo de lluvias en verano				
E. Climas polares (sin estación caliente – todos los meses del año por debajo de 10 °C)						
F. Climas desérticos (menos de 250 mm de lluvia medias anuales)	Desiertos calientes					
G. Climas de montaña (características determinadas por la altitud)						

**Fuente:** NARANJO, P. El clima del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

**Cuadro 4.** Clasificación Climática De Köeppen

Climas Fundamentales	Climas Tipo	Símbolo
Tropical Lluvioso	Selvas tropicales, lluvias todo el año	Af
	Bosques: lluvias monzónicas	Am
	Seco en invierno	Aw
Seco	Estepario	Bs
	Desértico	Bw
Templado	Con invierno seco	Cw
	Con verano seco	Cs
	Sin estación seca	Cf
Subártico frío	Con invierno húmedo	Df
	Con invierno seco	Dw
Polar	Tundra	Et
	Hielo perpetuo	Ef
	Alta montaña	Eb

**Fuente:** NARANJO, P. El clima del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

Pero estas clasificaciones son solo aplicables a las grandes zonas o regiones del globo, y simplemente se puede deducir que el clima del Ecuador corresponde al tórrido o tropical y tiene variedades pluviométricas, lo cual caracteriza muy insuficientemente a las diversas clases de climas que se registran en el país.

Por tanto surge la necesidad de incluir un análisis de los tipos climáticos, basado en las variaciones térmicas y pluviométricas en relación con la altitud y tomando en cuenta la influencia de las corrientes marinas; como se incluye en el Cuadro 5, Cuadro 6 y Cuadro 7.

**Cuadro 5.** Subdivisión del Clima Ecuatorial (Correspondiente al territorio del Ecuador)

Clima térmico altitudinal	Clima pluviométrico	
	Variedad	Tipo
Según la media térmica anual	Según la cantidad de lluvias (mm/año)	Según régimen anual de lluvias
A. Tropical o tórrido 22 – 26 °C 0 – 700 m.s.n.m. (costa)	1. Árido 250 mm	a. anteandino u occidental, dos estaciones anuales, lluviosa de diciembre a abril
B. Subtropical 18 – 21,9 °C 700 – 1800 m.s.n.m. (costa) 900 – 2000 m.s.n.m. (oriente)	2. Semiárido 250 – 500 mm	b. Interandino, tres estaciones anuales lluviosa abril y octubre –noviembre seca junio – agosto
C. Templado 12 – 17,9 °C 1800 – 3000 m.s.n.m.	3. Semihúmedo 500 – 1000 mm	c. Oriental llueve todo el año (+ de 250 días). No hay estación seca.
D. Frío 0 – 11,9 °C 3000 - 4500 m .s.n.m.	4. Húmedo 1000 – 2000 mm	d. Insular cuatro estaciones lluviosas entre febrero – abril y junio – septiembre.
E. Gélido 0 °C +4500 m.s.n.m.	5. Muy húmedo 2000 -3000 mm	
	6. Súper húmedo +3000 mm	

**Fuente:** NARANJO, P. El clima del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

**Cuadro 6.** Climas Pluviométricos del Ecuador

Variedad climática	Días/año	Zonas geográficas donde se producen
Árido	30	En zonas tropicales
Semiárido	30 a 60	En todas las zonas
Semihúmedo	60 a 120 100 a 200	En zonas tropicales En zonas subtropicales y templadas
Húmedo	100 a 150 150 a 250	En zonas tropicales En zonas subtropicales y templadas
Muy Húmedo	120 a 180 200 a 300	En zonas tropicales anteandinas En zonas tropicales del Oriente
Superhúmedo	250 a 300 300 a 340	En zonas tropicales anteandinas En zonas tropicales del Oriente

**Fuente:** NARANJO, P. El clima del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

**Cuadro 7.** Variedades de Climas por Regiones

Clima Pluviométrico	Clima térmico			
	Tropical o tórrido	Subtropical	Temperado	Frío
Árido	Costa Galápagos			
Semiárido	Costa Sierra Galápagos	Sierra	Sierra	Sierra
Semihúmedo	Costa	Costa Sierra Galápagos	Cord. Occ. Sierra	Sierra
Húmedo	Costa Sierra	Costa Sierra Oriente Galápagos	Cord. Occ. Sierra Oriente	Cord. Occ. Sierra Cord. Oriental
Muy húmedo	Costa Oriente	Costa Oriente Galápagos	Cord. Occ. Oriente	
Superhúmedo	Costa Oriente	Oriente	Oriente	

**Fuente:** NARANJO, P. El clima del Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

A manera de conclusiones se precisa que aún cuando solo se consideren dos variables como las precipitaciones y la temperatura, la clasificación climática del Ecuador es complicada, primeramente por su irregularidad topográfica, y luego por la escasa información meteorológica disponible, no obstante se genera una clasificación climática muy detallada, que toma en cuenta además el relieve.

#### **2.4.ROSSEL, F., 1997. INFLUENCIA DE EL NIÑO SOBRE LOS REGIMENES HIDRO-PLUVIOMÉTRICOS DEL ECUADOR. SERIE INSEQ N°18. INAMHI-IRD.**

El trabajo se sustenta en datos del período 1964 – 1993, con lo cual se conforma una serie homogénea de 30 años, para 70 pluviómetros.

Si bien existen varias teorías que tratan de explicar la formación y desarrollo de un evento “El Niño”, se incluye la siguiente descripción.

Los vientos alisios soplan del este hacia el oeste, desde las zonas de alta presión atmosférica de la costa occidental de América, hacia las zonas de presión baja de Indonesia y el norte de Australia. Al cruzar el océano Pacífico los alisios se cargan de humedad, que se libera a través de lluvias cuando se elevan y se enfrían en las zonas de baja presión. Los alisios empujan las aguas calientes superficiales del Pacífico, creando así las corrientes norte y sur ecuatoriales que son parcialmente compensadas por una contracorriente ecuatorial. Las aguas calientes se acumulan en el Pacífico oeste mientras que recorre la corriente fría de Humboldt América del Sur, entonces el océano esta levemente en declive.

Cuando los alisios fuertes y continuos disminuyen de pronto, debido al desplazamiento del anticiclón del Pacífico Sur hacia el suroeste, las masas de agua caliente acumuladas al oeste fluyen hacia el este, reforzando así la contracorriente ecuatorial, al encontrarse con América del Sur, las aguas se dividen hacia el norte (California) pero sobre todo hacia el sur, es decir a las costas de Ecuador y Perú.

En el Ecuador la disminución en intensidad de los alisios, la temperatura alta de las aguas de superficie del Océano, las posiciones anormales del Frente Ecuatorial (FE) y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), crean condiciones favorables a fuertes precipitaciones sobre las costas. El FE es empujado hacia el sur por la llegada de agua caliente y la ZCIT; además se encuentra muy al sur provocando una fuerte alteración de la circulación atmosférica.

Estas lluvias tienen aspectos positivos: llenan las represas, traen agua a la vegetación y alimentan los acuíferos de los lugares secos, pero también tienen consecuencias funestas, ya que les siguen inundaciones que provocan pérdidas económicas y en ocasiones también humanas.

La utilización del término El Niño ha evolucionado. Los pescadores sudamericanos designaron así a la corriente estacional caliente en las proximidades de las costas en dirección sur. Este término ha sido enseguida reservado por los científicos a los eventos locales de amplitud excepcional. Después represento el conjunto de perturbaciones a grandes escalas, y en el presente, se distingue el ENSO de EL NIÑO, reservando El Niño a la anomalía



costera del Pacífico oriental y ENSO al conjunto de condiciones atmosféricas y oceánicas de gran escala que aparecen con los recalentamientos del Pacífico oriental.

También se presentan los índices (presión atmosférica, vientos, temperatura superficial del océano, entre otros) utilizados para caracterizar la oscilación austral y el ENSO, así como las diferentes clasificaciones de los años ENSO. Estas clasificaciones son muy diversas, por eso se propone un método de identificación de los fenómenos “El Niño” adaptado al estudio de su influencia sobre los regímenes pluviométricos del Ecuador.

“Un evento El Niño corresponde a una secuencia de al menos tres meses consecutivos durante la cual la TSM (temperatura de la superficie del mar) mensual del bloque Niño 1+2 es superior a 23 °C y presenta una anomalía positiva aproximada a un grado Celsius” ( $\geq 0,8$  Australia y  $0,5 \geq$  National Oceanic and Atmospheric Administration).

En el informe se propone caracterizar la influencia de El Niño sobre las precipitaciones anuales, estacionales y mensuales del Ecuador y particularmente la de la Costa. El análisis de las diferencias entre las precipitaciones anuales de los años “Niño” y “No Niño. La Niña” permite fijar los límites y la importancia de la influencia de El Niño sobre las lluvias anuales. La determinación de las anomalías pluviométricas estacionales y de las condiciones climáticas medias de cada evento permite dar una definición de las condiciones patrón de la llegada de lluvias excedentes.

Se analizan modelos que tratan de explicar las lluvias estacionales y mensuales, y que consideran diferentes variables características del clima y del estado del mar; se analiza también la posibilidad de previsión de las precipitaciones mensuales y estacionales. Se generan previsiones de la TSM, para finalmente evidenciar la influencia de “El Niño” sobre las lluvias diarias.

Se concluye en que la influencia de “El Niño” en las precipitaciones diarias se caracteriza por un incremento muy importante del número de días de fuertes lluvias durante los meses de marzo, abril, mayo y junio, en la zona bajo influencia de este fenómeno. Se proponen mapas de influencia baja media y moderada.

## **2.5. INAMHI, 2001. ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR. INAMHI**

Se trata de la evaluación de las afectaciones a las que se ven expuestos los recursos hídricos en el Ecuador, para lo cual se estudió cuencas hidrográficas representativas dentro del territorio nacional abarcando un área de 82 236 km<sup>2</sup> entre las provincias de Esmeraldas, Pichincha, Manabí, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo Cañar, Azuay Carchi, Napo, Pastaza y Guayas. El muestreo se adoptó para aquellas zonas en donde la actividad humana y los recursos hídricos se encuentran en peligro por los usos consuntivos que poseen en relación a su capacidad de regeneración.

El estudio se basó en el balance que se presenta en los años 2000 y 2010 con la relación a la cantidad de agua existente y las demandas futuras. Para tener un mayor conocimiento de la disponibilidad de recursos se aplicó una modelación con ayuda del programa computacional WATBAL para los escenarios impuestos y para los cambios climáticos que se analizan.

Los resultados obtenidos para la condición de base permiten detectar el déficit de agua en aquellos meses que corresponden a los meses secos, es decir a los correspondientes a los estiajes, definidos por años hidrológicos: en la costa de julio a octubre, en la sierra de junio a septiembre y en el oriente de octubre a marzo.

De manera particular, el río Pastaza no podrá cubrir las demandas a lo largo de todo el año puesto que la cantidad de explotaciones que se tienen es mayor a su capacidad de reposición.

Adicionalmente al escenario base, se evalúan cuatro escenarios, los cuales varían dependiendo del incremento de la temperatura y la variación de las precipitaciones, como se indica a continuación:

- Escenario 1: Incremento de temperatura en 1° y disminución en el 15% de la precipitación;
- Escenario 2: Incremento de temperatura en 1° e incremento en el 20% de la precipitación;
- Escenario 3: Incremento de temperatura en 2° y disminución en el 15% de la precipitación; y,
- Escenario 4: Incremento de temperatura en 2° e incremento en el 20% de la precipitación.

Del escenario 1 se concluye que al existir un cambio del clima en los valores indicados, el proyecto hidroeléctrico Agoyan soportaría deficiencias de agua durante todo el año, y de manera similar el proyecto Papallacta tendría una afectación en 6 meses.

En el escenario 2, por el incremento en el 20% de la precipitación se reduce los déficit de escurrimiento, pero mantiene la tendencia de falta de agua en aquellos meses persistentes.

En el escenario 3 se presentan los resultados más desfavorables, puesto que se incrementa el déficit, y el tiempo en que se observa este fenómeno sobrepasa el escenario base.

El último análisis muestra que el incremento proporcional de la temperatura y de la precipitación disminuye de manera sustancial el tiempo y también el valor del déficit de agua en las cuencas hidrográficas.

Para una mejor comprensión, en el Cuadro 8 se observa la comparación de los resultados obtenidos para la cuenca del río Pastaza, en el estudio realizado por el INAMHI.

**Cuadro 8.** Comparación de Escenarios Balance del Recurso Hídrico (%)

Esc.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Base</b>	-56	-58	-46	-43	-40	-17	-15	-31	-42	-50	-61	-63
<b>1</b>	-63	-65	-56	-54	-55	-39	-36	-51	-57	-59	-68	-74
<b>2</b>	-50	-47	-28	-23	-26	4	7	-21	-30	-34	-49	-58
<b>3</b>	-63	-66	-58	-55	-57	-40	-38	-52	-58	-61	-69	-75
<b>4</b>	-51	-48	-30	-25	-28	1	4	-23	-32	-36	-50	-59

**Fuente:** INAMHI, Análisis del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos en el Ecuador

**Elaboración:** Juan Gabriel Barros, Adriana Troncoso

Se concluye que el fenómeno del cambio climático influye en gran medida en la disponibilidad de agua que se puede presentar en el futuro, para cumplir con los requerimientos de las sociedades.

## **2.6. RODRIGUEZ D., 2006. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS SEQUÍAS: CASO ESTUDIO – SIERRA CENTRAL. EPN**

Para 1993 el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, da a conocer la presencia del denominado “Proceso de Cambio Climático en el Ecuador” y se dan pautas de decisiones que se debería aplicar en el país; para febrero de 2001 en la convención de Ginebra se da a conocer el informe denominado “Cambio Climático 2001, en el cual se detalla el incremento en la temperatura de 1,4°C a 5,8°C para el siglo XXI .

El objetivo del estudio es la evaluación de sequías en la sierra centro del Ecuador, a partir de información de estaciones localizadas en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, a través del análisis de las variables temperatura y precipitación y también para determinar la variación de los caudales medios y mínimos en esta misma zona.

El estudio sobre la base de la caracterización física y climática de las cuencas consideradas, se analiza las sequías a través de índices de aridez y sequía en

periodos consecutivos de meses a partir de 1964 hasta el año 2000, utilizando los escenarios climáticos estudiados por el INAMHI, es decir cambios de entre 1 y 2 °C en la temperatura y el incremento entre el 15 y el 20% en las precipitaciones.

El estudio concluye que a partir del 1972 hasta 1996 se presentarían en las tres provincias años extremadamente secos.

Se detecta que aquellas áreas críticas tienen un clima ecuatorial mesotérmico seco, con períodos estacionales claramente definidos, en donde las precipitaciones son menores a 600 mm y la temperatura está entre los 12 y 22°C.

Se determina que entre el periodo de estudio los valores de la lluvia han incrementado un 17,7% para la sierra y un 17,3 para la costa y para el caso de la temperatura se tiene conocimiento de que el valor que se incrementa de manera generalizada en las zonas de estudio es de 0,55°C, y 1,4 °C en las ciudades, debido al cambio en el uso del suelo.

Para el caso específico de caudales se detectó un descenso de 34,4% en los sitios de análisis, con excepción del río Pastaza en la zona de Baños, además se localiza que el quiebre en la fluctuación natural de caudales es en el año 1975 en donde se detecta que a partir de este punto se producen decrementos en sus valores.

A través de las zonificaciones de Lang y Thornthwaite se determina la presencia de zonas con tendencia a la desertificación de sus suelos, las cuales se van incrementando para el periodo 1991 a 1995.

Finalmente analizando uno de los escenarios propuestos se llega a la conclusión de que incrementos de 1 a 2°C y el descenso del 15% en las precipitaciones las zonas áridas incrementarían en el Ecuador entre 200 a 400 km<sup>2</sup> por cada 5 años de proyección, tomando en cuenta el método de zonificación aplicado ya sea Lang o Thornthwaite.

## **CAPÍTULO 3.**

### **INFORMACIÓN HISTÓRICA DEL CLIMA Y BASE DE DATOS**

#### **3.1. INFORMACIÓN HISTÓRICA DEL CLIMA**

Ecuador cuenta con una red de monitoreo meteorológico de alrededor de 1 197 estaciones, distribuidas en todo el país, mayoritariamente en la región sierra y con menor número de la amazonia, al igual que en la región insular. Del total de estaciones presentes en el inventario del INAMHI, un gran número al momento son pasivas (no operan) y otras han sido retiradas. De la cantidad total de estaciones inventariadas en el país se conoce que 364 estaciones se encuentran al momento en funcionamiento (ORTEGA, F., 2006).

La mayor parte de estaciones existentes en el Ecuador pertenecen al INAMHI; un pequeño número son estaciones monitoreadas por otras entidades públicas y privadas, quienes utilizan dicha información para intereses propios, siendo un punto clave la transferencia de información a la base de datos del INAMHI para la realización de los Anuarios Meteorológicos, publicaciones que existen desde 1959 hasta el año 2006. En el Cuadro 9 se encuentra una lista de instituciones que operan o han operado estaciones meteorológicas dentro del territorio nacional.

### Cuadro 9. Instituciones con estaciones meteorológicas

Instituto	Siglas	Nº estaciones
Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología	CEA	2
Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas y Península de Santa Elena	CEDEGE	74
	CREA	7
	CRM	48
Dirección de Aviación Civil	DAC	12
Dirección Nacional del Banano	D.N.BANANO	41
Empresa Eléctrica Quito	EEQ	1
Empresa Municipal de Agua Potable Quito	EMAPQ	35
Escuela Politécnica Nacional	EPN	1
Escuela Politécnica del Chimborazo	ESPOCH	2
Fuerza Aérea Ecuatoriana	FAE	22
Honorable Consejo Provincial de Pichincha	HCCP	26
Estación de Radio HCJB	HCJB	1
Ingenio San Carlos	I.S.CARLOS	19
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología	INAMHI	539
Instituto Ecuatoriano de Electrificación	INECEL	142
Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos	INERHI	97
Instituto Oceanográfico de la Armada	INOCAR	13
Junta de Recursos Hidráulicos	JRH	5
Ministerio de Agricultura y Ganadería	MAG	10
Programa de Desarrollo del Sur	PREDESUR	56
Universidad Central del Ecuador	U.CENTRAL.E	2
Universidad de Guayaquil	U. GUAYAQUIL	1
Sin Institución	S/I	40

**Fuente:** INAMHI, Anuario Meteorológico 2007

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

## 3.2.BASE DE DATOS

### 3.2.1. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Se ha conformado una base de datos a partir de la recopilación de información histórica de los Anuarios Meteorológicos del INAMHI, existentes desde 1959 hasta el año 2006, de las estaciones de primero, segundo, tercer orden, y de las estaciones pluviométricas y pluviográficas; además se logró recopilar información histórica de la Dirección de Aviación Civil (DAC) correspondientes a las

estaciones Aeronáuticas bajo su jurisdicción (ver ANEXO- Registro de Estaciones).

Finalmente como información de apoyo se utilizó los registros de estaciones que constan en publicaciones de Colombia y Perú, en particular de aquellas ubicadas en los límites con el Ecuador.

Entre las publicaciones utilizadas se tiene el “Atlas Climatológico de Colombia” del Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales, y el “Atlas de Energía Solar del Perú” del Proyecto Per/98/G31: Electrificación Rural a Base de Energía Fotovoltaica en el Perú. En el Cuadro 10 se detalla la información utilizada.

**Cuadro 10.** Estaciones de Colombia y Perú

Atlas Climatológico de Colombia						
Estación	Municipio	Dpto.	Latitud (geo)	Longitud (geo)	Altitud (m s.n.m)	
Apto. Antonio Nariño	Pasto	Nariño	1,42	-77,27	1 796	
Mocoa Aeropuerto	Mocoa	Putumayo	1,12	-76,63	540	
Atlas de Energía Solar del Perú						
Cod.	Estación	Dpto.	Provincia	Latitud (geo)	Longitud (geo)	Altitud (m s.n.m)
110135	El Salto	Tumbes	Zarumilla	3°26'S	80°19'W	1
110133	Zarumilla	Tumbes	Zarumilla	3°30'S	80°17'W	1
110134	Papayal	Tumbes	Zarumilla	3°34'S	80°14'W	1
110130	Rica Playa	Tumbes	Tumbes	3°48'S	80°27'W	29
120237	Ayabaca	Piura	Ayabaca	4°38'S	79°43'W	2 700
110242	San Ignacio	Cajamarca	Jaén	5°08'S	78°59'W	1 283

**Fuente:** IDEAM, SENAMHI

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Dependiendo del tipo de estación, las variables que se registran en los anuarios son: heleofanía, temperaturas medias y absolutas, humedad relativa, punto de rocío, tensión de vapor, precipitación y números de días, evaporación, nubosidad media, velocidad de viento y dirección.

Además de diferenciarse la información por tipo de estación los formatos que ha utilizado el INAMHI en sus publicaciones anuales han cambiando con el tiempo, y también el volumen de información publicada se ha reducido notablemente en los últimos años.



Es importante recordar que la conformación de la base de datos exige el relleno de información, ya que debido a factores diversos en el transcurso del tiempo se ha perdido registros, aspecto que se trata más adelante.

### **Relleno de Información**

Como se mencionó en párrafos anteriores, la información publicada en los anuarios no es de todas las estaciones y además presenta vacíos. Para su utilización se requiere el relleno de los datos y la homogeneización de las series, antes de su utilización.

Para el efecto se aplicó métodos estadísticos de correlación y regresión entre las series climáticas de estaciones vecinas, valores mensuales. Se admitieron como aceptables aquellas que presentan su coeficiente de correlación  $r > 0,7$ , para el período común de datos, puesto que dicho coeficiente significa que la dispersión en los datos mensuales respecto a la media de una estación se justifica a través de la dispersión de los correspondientes valores de la otra variable respecto a su propio valor medio (KENNEDY, J. 1982). En el ANEXO - Resumen por Variables, se puede observar las ecuaciones y los coeficientes de correlación utilizados para el relleno de datos.

Aquella información que no pudo ser rellena se la utilizó como referencial para la generación de los mapas.

### **3.2.2. DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Un punto importante del presente trabajo, es verificar la manera en que se presenta la información recopilada. Poseer una extensa información no es garantía de homogeneidad, una concentración desigual de estaciones en las distintas regiones naturales del país puede generar equivocaciones al momento del análisis de la distribución espacial y temporal de las variables del clima.

### Por Tipo de Estación

Para dar una idea clara de la cantidad de información con la que se generó este estudio, se presenta de manera tabular la distribución de las estaciones recopiladas y las cuales permiten aplicar métodos de verificación (ver Mapas 1-7).

Como se indicó en apartados anteriores, una de los aspectos principales a considerar en la clasificación de la información es por tipo de estación. En el Cuadro 11 se observa que el mayor volumen de datos se focaliza en estaciones pluviométricas, y por tanto la base de datos existente tiene mayor peso en la precipitación mensual.

El número de estaciones climatológicas ordinarias es significativo, por tanto la temperatura es otra variables con amplia cobertura de mediciones en el país.

En el Cuadro 11 se observa que de la cantidad total de estaciones recopiladas, el 42,4% son pluviométricas y por tanto de precipitaciones diarias. En consecuencia, el número de estaciones con registros de las otras variables del clima aún es bajo.

**Cuadro 11.** Clasificación según estaciones

Tipo de Estación	Nº estaciones	%
Estaciones – Pluviométricas	92	42,40
Estaciones – Pluviográficas	16	7,37
Estaciones - Climatológica Principal	18	8,29
Estaciones - Climatológica Ordinaria	47	22,12
Estaciones - Climatológica Especial	1	0,46
Estaciones - Agrometeorológicas	12	5,53
Estaciones - Aeronáuticas	30	13,82
<b>Total</b>	216	

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Por Variable

Aquí se corrobora que el mayor volumen de información disponible en el Ecuador es de precipitación.

Otra de las variables que contiene un buen porcentaje de información es la humedad relativa (ver Cuadro 12), al igual que la temperatura media mensual, lo que permite generar relaciones entre ambas variables, llegando a establecer tendencias en las características climáticas en el país.

**Cuadro 12.** Clasificación según variables

Variable	Nº estaciones	%
Precipitación	216	100,00
Temperatura Media Mensual	99	45,62
Temperatura Máxima Media	81	37,33
Temperatura Mínima Media	76	35,02
Evaporación	72	33,18
Humedad Relativa	103	47,47
Heleofanía	36	16,59
Radiación Solar	6	2,76
<b>Total</b>	<b>216</b>	

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### **Por Región Natural**

Tomando como referencia el Mapa Físico del Ecuador en su parte continental y asumiendo como límite físico de las regiones la curva de nivel 1 000 m s.n.m. se divide el territorio nacional de manera subjetiva en regiones naturales, que son: Costa, Sierra y Oriente.

En el Cuadro 13 se aprecia que de la cantidad total de estaciones por región, una gran concentración se tiene en la región sierra con más del 65%; el número de estaciones es bajo en la región amazónica, aspecto que limita la caracterización climática de esta región.

**Cuadro 13.** Distribución Regional

Tipo de Estación	Costa	Sierra	Oriente
Estaciones – Pluviométricas	28	63	1
Estaciones – Pluviográficas	1	14	1
Estaciones – Climatológica Principal	6	12	0
Estaciones – Climatológica Ordinaria	15	30	2
Estaciones – Climatológica Especial	0	1	0
Estaciones – Agrometeorológicas	4	6	2
Estaciones – Aeronáuticas	9	17	4
<b>Sub Total</b>	63	143	10
<b>Porcentaje (%)</b>	29,17	66,20	4,63
<b>Total</b>	216		

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Por Altitud

En el Cuadro 14 se puede observar la distribución altitudinal de las estaciones; las mayores concentraciones se tienen entre el nivel del mar y los 500 m s.n.m. y, los 2 000 y 3 000 m.s.n.m., siendo altitudes claves para evaluar la tendencia que se producen por la existencia de los sistemas montañosos y la formación de núcleos por la presencia de valles u hoyas, cuyo régimen es de microclimas.

**Cuadro 14.** Distribución Altitudinal de las Estaciones

Tipo de Estación	0-500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 3000	>3000
Estaciones - Pluviométricas	29	2	7	28	26
Estaciones - Pluviográficas	2	0	5	4	5
Estaciones - Climatológica Principal	6	0	5	2	5
Estaciones - Climatológica Ordinaria	13	2	2	23	7
Estaciones - Climatológica Especial	0	0	0	0	1
Estaciones - Agrometeorológicas	5	1	1	4	1
Estaciones - Aeronáuticas	12	3	3	12	0
<b>Sub Total</b>	67	8	23	73	45
<b>Porcentaje</b>	31,02	3,70	10,65	33,80	20,83

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Sin embargo de las asimetrías presentadas, el volumen de información sobre el clima es razonable aunque no suficiente para caracterizar la variabilidad espacial y temporal.

La distribución espacial de las estaciones permite concluir que para la región Costa una estación cubre en promedio 1 262 km<sup>2</sup> de superficie, lo que equivale el 1,59% del área regional, para la sierra se tiene un área cubierta de 631m<sup>2</sup> por estación, lo que equivale al 0,70% de la superficie andina y en el oriente que es la sección más vulnerable vemos que una estación abriga un área de 8 779km<sup>2</sup>, lo que corresponde el 10% del espacio amazónico.

### **3.3. CALIDAD DE LA INFORMACIÓN**

El análisis de la calidad de la información consistió en la aplicación de métodos de comprobación de la homogeneidad de datos, en la revisión de la cantidad de vacíos existentes por cada una de las variables, y en el estudio de curvas de dobles masas. Estos procedimientos permitieron mejorar la calidad de los datos disponibles.

#### **3.3.1. CANTIDAD DE VACIOS**

Una vez finalizado el proceso de relleno de la información, se ha realizado un chequeo de la cantidad de vacios para cada una de las variables climáticas, por estaciones y por cada región, donde se puede observar que el porcentaje de vacios es bajo en general, a excepción de los datos de evaporación que ha sido imposible realizar un relleno mayor, puesto que los coeficientes de correlación obtenidos eran menores al 0,7, como se indicó anteriormente.

Aunque la variable radiación solar se encuentra sin vacíos, la cantidad de estaciones es insuficiente para generar mapas fiables de su tendencia espacial.

**Cuadro 15.** Cantidad de vacíos por región y variable climática

Variable	Costa		Sierra		Oriente	
	cantidad	%	cantidad	%	cantidad	%
Precipitación Media	916	3,51	5 483	9,07	1 309	25,97
Temperatura Media	0	0,00	1 439	5,56	0	0,00
Temperatura Máxima Absoluta	1 729	17,90	7 590	33,47	0	0,00
Temperatura Mínima Absoluta	1 622	16,79	6 799	33,04	0	0,00
Evaporación	8 353	94,71	18 976	96,13	1 581	94,11
Humedad Relativa	3 526	27,98	6 972	25,94	803	27,31
Heliofanía	328	6,51	664	7,53	437	34,68
Radiación Solar	0	0,00	0	0,00	366	43,57

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### 3.3.2. HOMOGENEIZACIÓN

Uno de los procedimientos de mayor uso en la práctica ingenieril para evaluar la homogeneidad de la información es el test de secuencias, el que se basa en establecer la distribución de los elementos que sobrepasan el valor de la mediana por sobre o debajo de esta.

El procedimiento para el test de secuencias es:

1. Calcular la mediana de los valores anuales
2. Calcular  $N_s$  el número de veces que la serie cambia por encima y por debajo de la mediana (rachas).
3. Calcular el valor  $N_A$  de la serie número de datos por sobre la mediana.
4. Verificar la homogeneidad de la serie en el Cuadro 16, revisando que el valor  $N_s$  se encuentre dentro del intervalo  $P(0,1)$  y  $(0,9)$  correspondiente para cada  $N_A$ . Estos valores corresponden al 10 y 90 % de probabilidad, si el valor  $N_s$  sobrepasa este intervalo, determina que la serie no se encuentra estabilizada, por lo tanto es heterogénea.

**Cuadro 16.** Distribución del Número de Secuencias (según H.C.S. Thom) recomendado por la OMM

<b>N<sub>A</sub></b>	<b>P(0,1)</b>	<b>P(0,9)</b>
10	8	13
11	9	14
12	9	16
13	10	17
14	11	18
15	12	19
16	13	20
17	14	21
18	15	22
19	16	23
20	16	25
25	22	30
30	26	36
35	31	41
40	35	47
45	40	52
50	45	57

**Fuente:** Agrometeorología ELIAS. F, et al (2001), pg

En el Cuadro 17 se aprecia la cantidad de estaciones homogéneas y heterogéneas existentes en la base de datos creada para este estudio. Se considera estaciones inciertas aquellas que no poseen cantidad suficiente de datos como para poder realizar el test de secuencias.

**Cuadro 17.** Cuadro de homogeneidad de las estaciones

<b>Variable</b>	<b>Homogéneo</b>		<b>Heterogéneo</b>		<b>Incierto</b>		<b>Total</b>
	<b>cantidad</b>	<b>%</b>	<b>cantidad</b>	<b>%</b>	<b>cantidad</b>	<b>%</b>	
Precipitación Media	142	65,1%	46	21,1%	30	13,8%	218
Temperatura Media	23	23,2%	70	70,7%	6	6,1%	99
Temperatura Máxima Absoluta	23	28,4%	25	30,9%	33	40,7%	81
Temperatura Mínima Absoluta	27	35,5%	19	25,0%	30	39,5%	76
Evaporación	7	9,7%	24	33,3%	41	56,9%	72
Humedad Relativa	29	28,2%	44	42,7%	30	29,1%	103
Heliofanía	24	66,7%	8	22,2%	4	11,1%	36
Radiación Solar	3	50,0%	2	33,3%	1	16,7%	6

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Con ayuda del Cuadro 17 podemos observar que las estaciones en el país dependiendo de la variable analizada son homogéneas y una gran parte son

inciertas; a las estaciones con calificación incierta se la da por aceptada ya que se constituyen de información histórica únicamente.

### **3.3.3. CURVAS DE DOBLE MASA**

Otro método de revisión de la calidad de la información es a través del estudio de curvas de doble masa, en el se puede verificar alguna variación debido a cambio de lugar de la estación, daños en los instrumentos, cambios de observador, falta de mantenimiento, entre otros.

Este método, permite demostrar de manera gráfica es la relación que existe entre las variables climáticas en las estaciones circundantes entre sí, para periodos comunes de información.

El procedimiento se basa en la selección de dos estaciones de una zona homogénea, como ya se ha dicho en lo posible estaciones vecinas. Los datos anuales de cada una de ellas se acumulan de manera sucesiva para luego realizar un gráfico de pares ordenados de ejes ortogonales, la estación a ser controlada se la ubicará en el eje de las ordenadas. Si se presenta el caso ideal de que la información es correcta a lo largo del periodo considerado se obtendrá una alineación perfecta con una única tendencia de los pares ordenados, el caso contrario denotará la existencia de información errada que deberá ser corregida a partir de un factor que se obtiene del propio gráfico.

Las curvas de doble masa, además de permitir de manera gráfica analizar la calidad de la información, y permiten detectar disminuciones o incrementos de las variables consideradas dentro del periodo de estudio.

Para el análisis de la información se ha seleccionado estaciones de cada una de las regiones, las cuales se describen a continuación, para tener conocimiento de la homogeneidad existente entre ellas.

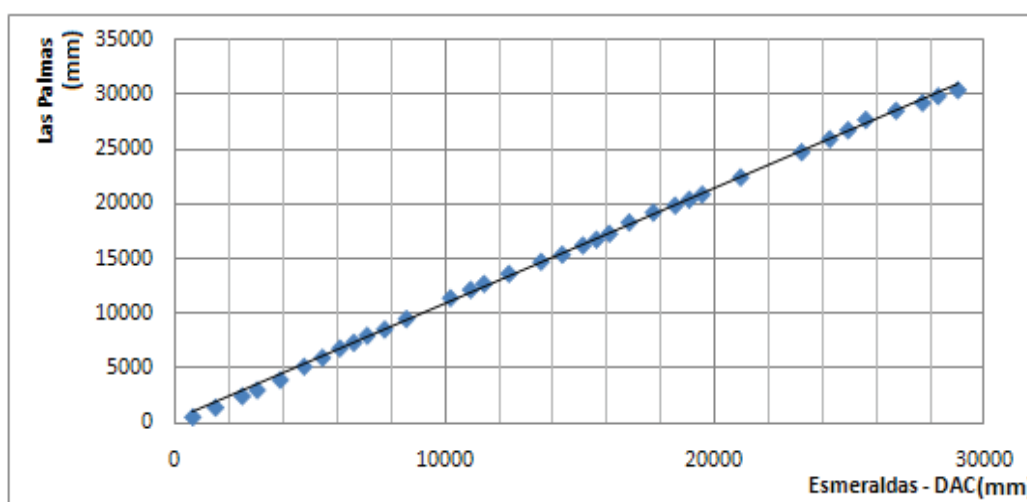


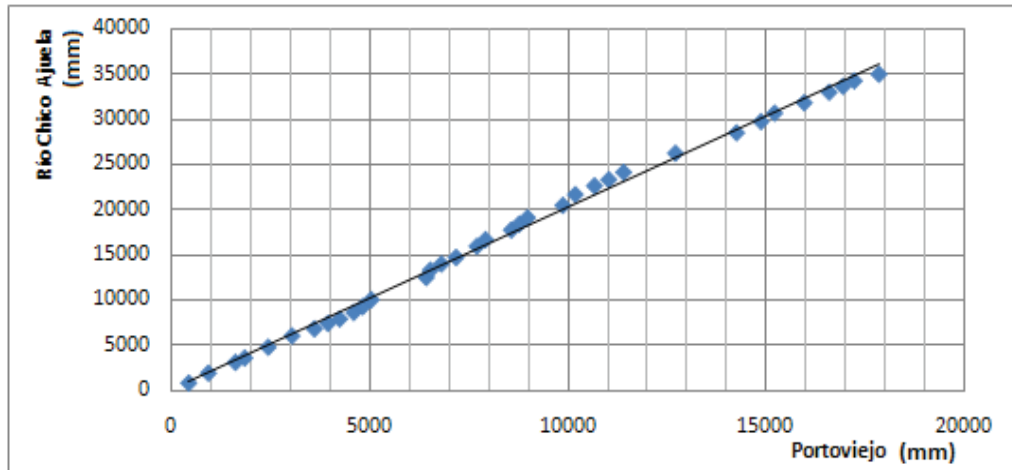
- Esmeraldas SETN: estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, localizada en la Provincia de Esmeraldas a los 7 m s.n.m., en el inventario existente en los anuarios meteorológicos muestra que se encuentra en funcionamiento desde enero de 1943.
- Esmeraldas (Las Palmas) M269: estación climatológica ordinaria, perteneciente al INOCAR, localizada en la provincia de Esmeraldas en la cota 6 m s.n.m., del inventario se tiene conocimiento que la estación fue instalada en enero de 1975 y fue reubicada en enero de 1984.
- Portoviejo M005: estación agrometeorológica perteneciente al INAMHI, se localiza en la provincia de Manabí y su cota es a los 60 m s.n.m., de conformidad al inventario se sabe que esta estación fue instalada el 01 de noviembre de 1962.
- Río Chico Ajuela M454: estación pluviométrica monitoreada por el INAMHI, ubicada a los 20 m s.n.m. en la provincia de Manabí, el inventario nos muestra que la estación fue instalada el 29 de julio de 1967.
- Quito SEQU: estación aeronáutica operada por la DAC, se localizada a 2 794 m s.n.m. en la provincia de Pichincha, el inventario muestra que esta estación entró en funcionamiento en enero de 1947.
- Ilobamba M003: estación agrometeorológica operada por el INAMHI, su ubicación esta en los 3 058 m s.n.m. en la provincia de Pichincha, entró en funcionamiento el 01 de febrero de 1960.
- Cariamanga M146: estación agrometeorológica perteneciente al INAMHI, se encuentra en la provincia de Loja y ha sido ubicada a los 1 950 m s.n.m., y entro en funcionamiento el 01 de junio de 1963.
- La Argelia M033: estación agrometeorológica su operación está bajo el INAMHI, su funcionamiento comenzó el 01 de junio de 1963, para luego ser reubicada el 06 de diciembre de 1981, se localiza dentro de la provincia de Loja a 2 160 m s.n.m..

- El Coca M186: estación climática ordinaria perteneciente al INAMHI, ubicada dentro de la provincia de Orellana a 290 m s.n.m., entra en funcionamiento el 01 de junio de 1966, no se tiene detalle de la fecha en que salió de funcionamiento.
- Nueva Loja SENL: estación aeronáutica operada por la DAC, localizada en la provincia de Sucumbíos en la cota 297 m s.n.m., no se tiene información de la fecha en que entró en funcionamiento.
- Puyo M008: estación agrometeorológica operada por el INAMHI desde el 01 de enero de 1930, se localiza en la provincia de Pastaza a una cota de 960 m s.n.m..
- Shell Mera SESM: estación aeronáutica perteneciente a la DAC, ubicada a 1 043 m s.n.m. en la provincia de Pastaza, no se tiene conocimiento de la fecha de su instalación.

Toda vez que se han descrito las estaciones, a continuación se puede observar las gráficas correspondientes a las curvas de doble masa por cada una de las regiones.

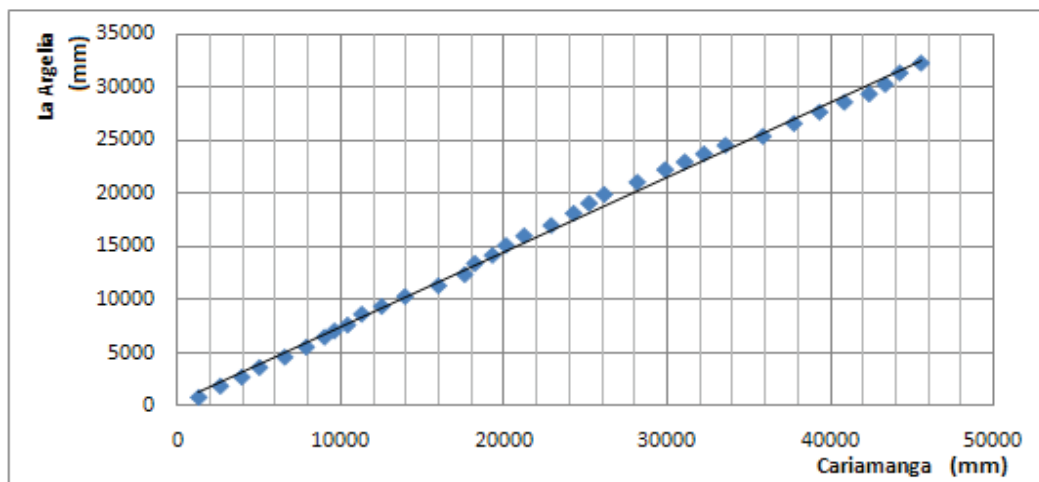
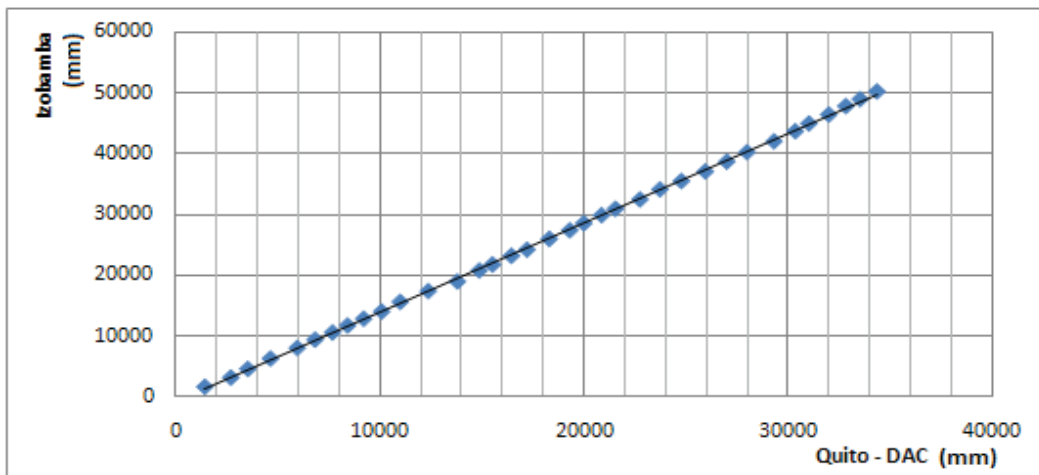
### Región Costa





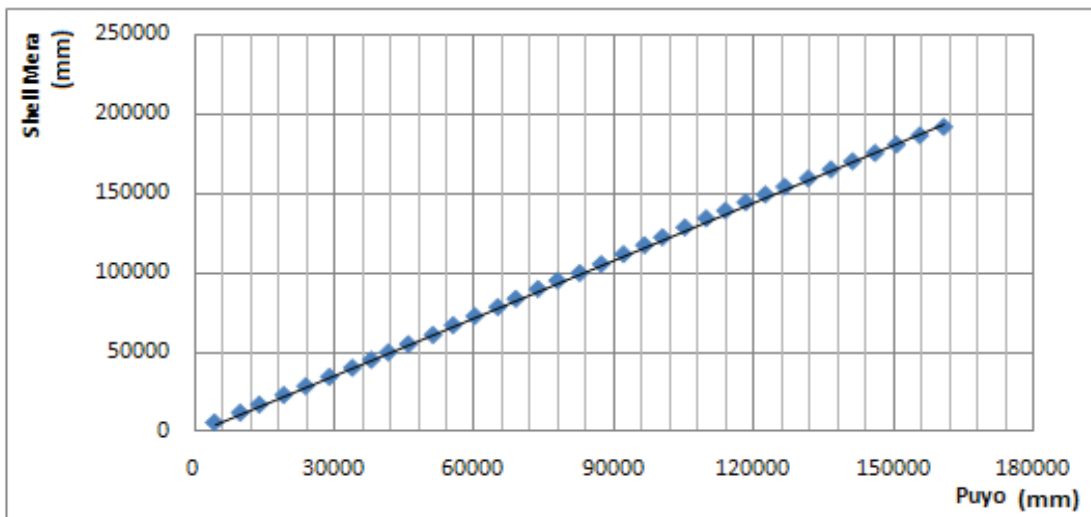
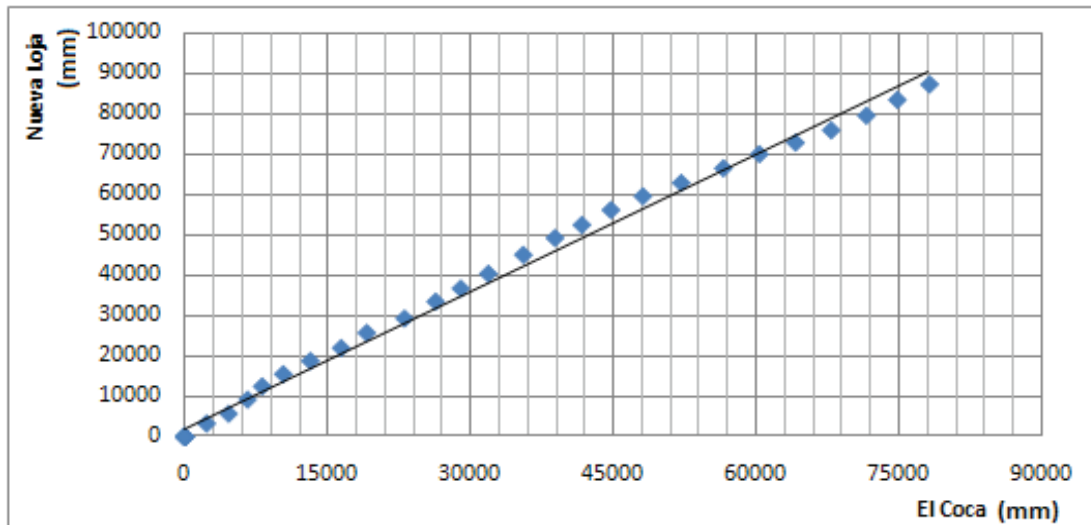
**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Región Sierra



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Región Oriente**



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Con ayuda de las gráficas se puede establecer que las estaciones seleccionadas presentan una tendencia aceptable, ya que mantienen una única pendiente a lo largo de toda la serie, con la existencia de dos desviaciones, con tendencias paralelas a la principal, la primera a partir de 1983 hasta 1997 ubicada sobre la principal y la segunda al inicio del nuevo siglo que está por debajo de la tendencia principal; lo que permite asegurar que los cambios visibles son procesos ligados a la variabilidad climática (fluctuaciones o anomalías).

### 3.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA

#### 3.4.1. SELECCIÓN DEL PERIODO DE DATOS

Una vez que conformada y validada la base de datos se procede a analizar la información por variables climáticas.

Al inicio del presente capítulo se indicó que la información disponible corresponde al período 1959 hasta el 2005 (47 años), optando por reducir las series analizadas en valores mensuales a 35 años (período 1971 – 2005), en base a la recomendación de la OMM de que el período de análisis de datos meteorológicos sea de aproximadamente 30 años, iniciando en cualquier año que termine en 1, pero de manera adicional se ha tratado de que este estudio recoja la información de los últimos años publicados por el INAMHI.

#### Curvas de Masa Residual

Un método eficiente de establecer el período de datos representativo, que tome en cuenta la variabilidad interanual de las precipitaciones es el uso de las curvas de masas residuales, que permiten conocer los períodos húmedos y secos (grupos de años) que se han presentando en el tiempo, en las diferentes regiones del Ecuador.

Para el efecto se determina el vector de la forma:  $J = \sum_{i=1}^n \frac{K^{i-1}}{C_v}$  siendo  $K^i = \frac{x_i}{\bar{x}}$ .

En donde:

$x$  – precipitación anual del año  $i$ ;

$\bar{x}$  - promedio o precipitación anual media; y,

$C_v$  - coeficiente de variación de la serie de valores anuales;

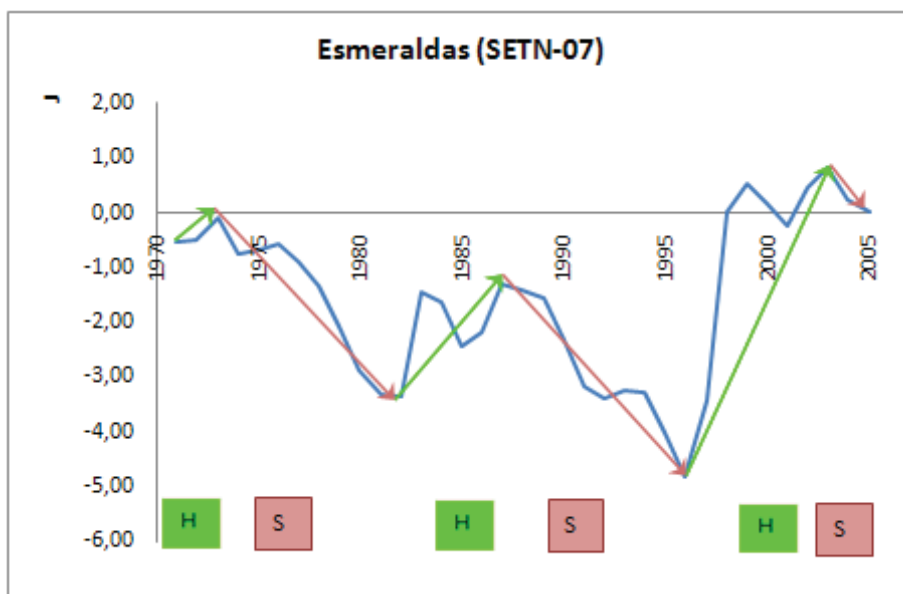
El análisis se realizó para las tres regiones, considerando 2 estaciones en cada una de ellas, con lo cual se pretende verificar si el periodo adoptado de 35 años contiene la misma cantidad de ciclos secos como húmedos.

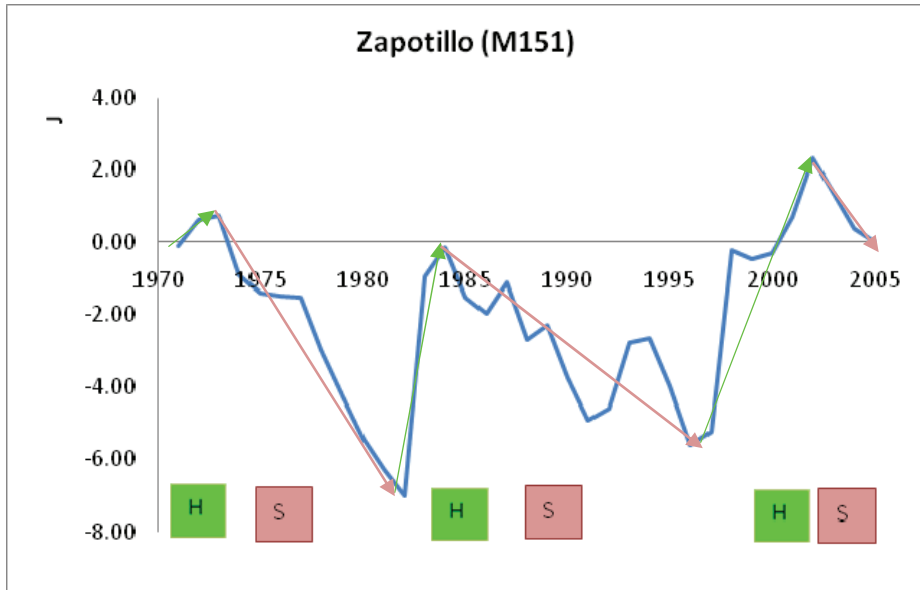
Las estaciones seleccionadas son: Izobamba y Cariamanga en la sierra, Esmeraldas y Zapotillo en las costa y Nuevo Rocafuerte y Puyo en la Amazonía, tal como se puede muestra en el Gráfico 7.

Las gráficas muestran periodos húmedos (rectas ascendentes) y periodos secos (rectas decrecientes) dentro de los 35 años de análisis, estas fluctuaciones definen los ciclos de variación.

**Gráfico 7.** Variación Estacional Regional

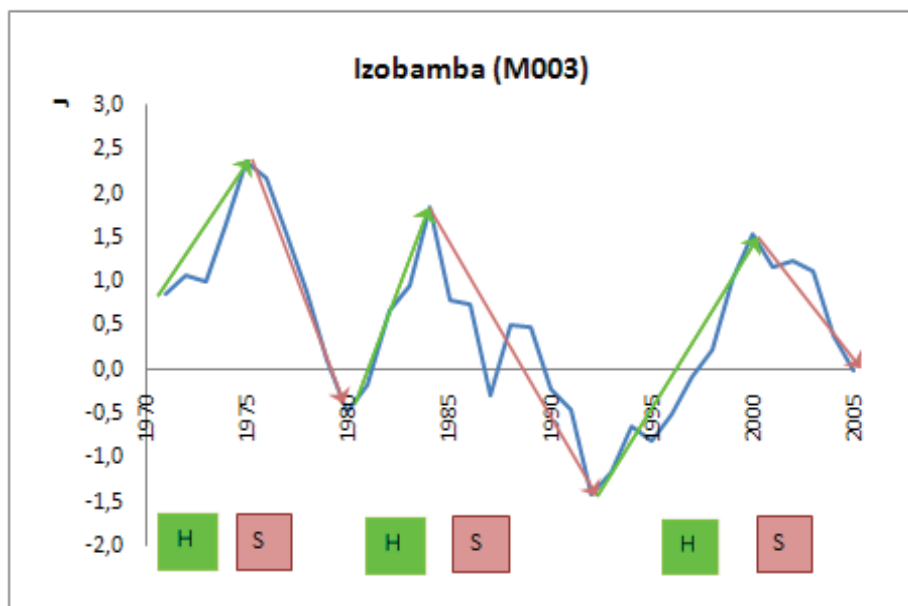
Región Costa

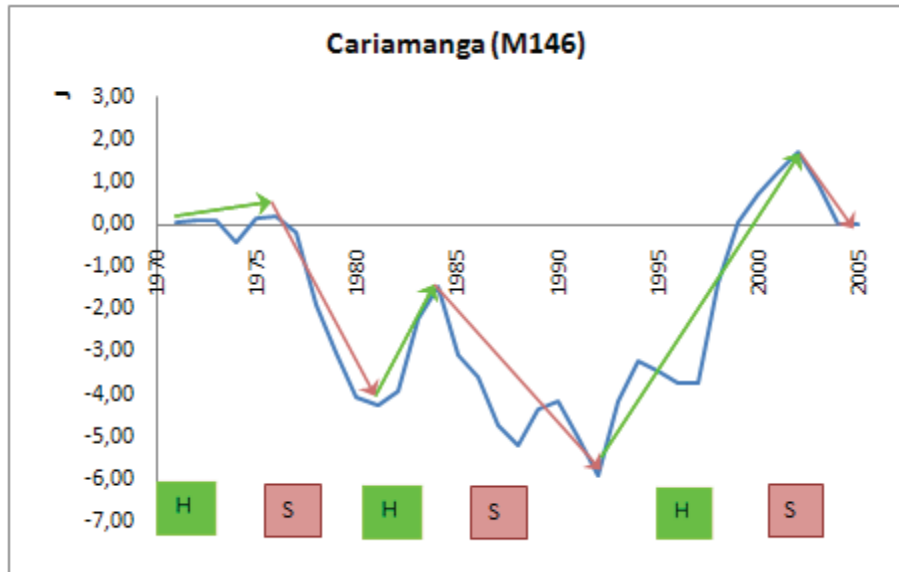




**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

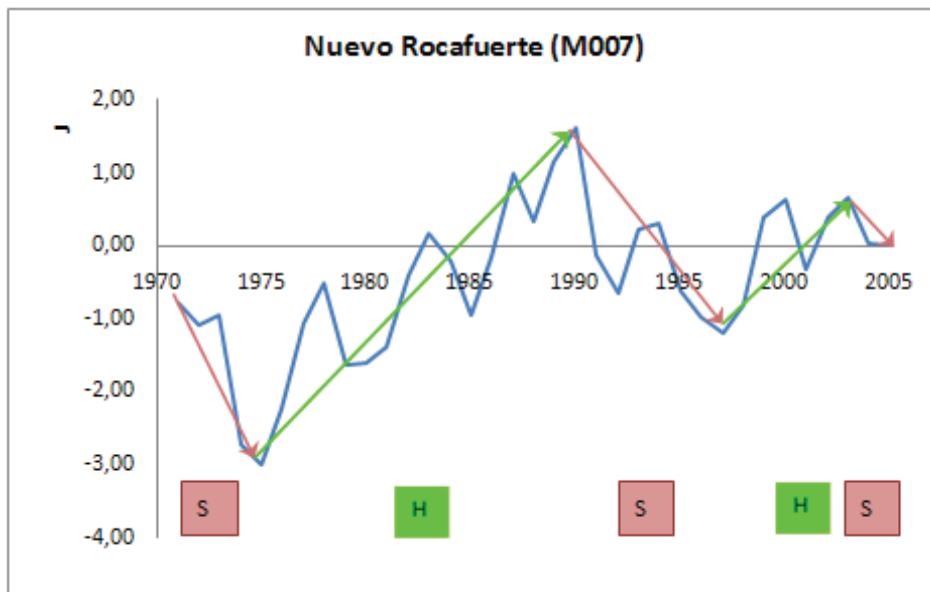
**Región Sierra**



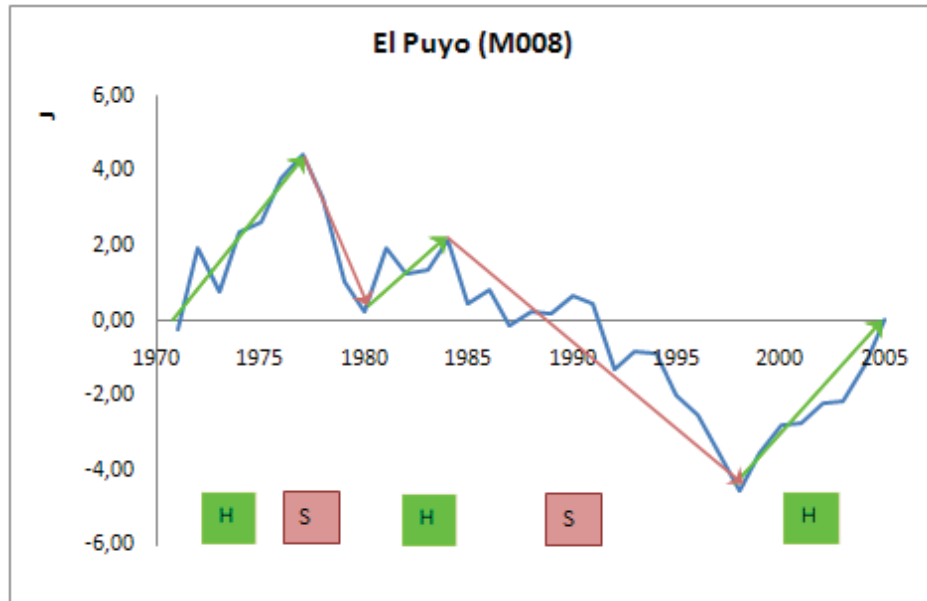


**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Región Oriente







**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Se puede observar en el Gráfico 7, que tanto para la sierra como para la costa se definen tres periodos húmedos y tres periodos secos, es decir se tienen la presencia de un ciclo completo y un medio ciclo adicional, el cual inicia a mediados de la década de los 90s.

Se aprecia que los periodos en la región oriente tienen otro comportamiento, sus lapsos de duración tienden a ser mayores, aunque dentro de los 35 años de estudio se mantiene la misma cantidad de ciclos que los de las estaciones de la Sierra y Costa; con lo cual se demuestra claramente la diferencia en los regímenes climáticos occidental y oriental.

Por tanto se confirma la validez del periodo de 35 años para las tres regiones, que es representativo de la variabilidad climática y por tanto es válido para la definición del comportamiento de las características climáticas en valores interanuales.

### **3.4.2. INFORMACIÓN UTILIZADA**

Una vez verificada la homogeneidad de los datos, se generan cuadros resumen de las características climáticas. En el caso de la precipitación se consideró la media anual, el valor máximo anual y el mínimo anual.

De la temperatura se trabajó con el promedio y también se consideró la temperatura máxima absoluta y la temperatura mínima absoluta. Para la humedad relativa, evaporación y helofanía se trabajó con promedio.

La información de radiación solar solo formará parte de la base de datos, puesto que existen únicamente 6 estaciones y por tanto no se consideró viable el trazado del mapa de isolíneas.

### **3.4.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA**

Para representar de manera gráfica la distribución espacial de las variables climáticas se recurre al uso de las isolíneas, también llamadas isopletas, curvas de nivel isograma o isaritma, líneas que unen puntos de igual magnitud.

Las isolíneas se las presenta sobre mapas de la región analizada, y representa la intersección de una superficie con un plano horizontal. La determinación de estas curvas permite evaluar un lugar puntual en base a la distribución de las isolíneas (OMM, 1983).

Para generar la representación gráfica de las variables climáticas de este estudio, se emplea un software computacional que permite reproducir la distribución espacial de las variables, aplicando directamente el método de interpolación de Kriging. Este método que es muy utilizado en análisis de variables geoestadísticas, permite determinar estimaciones puntuales, y se encuentra asociado a la distribución tiempo - espacio de un atributo; aquí se emplea el término variable regional que vincula un posicionamiento geográfico con un

proceso espacial. La base general de Kriging está en la minimización de la estimación de la varianza, es decir la variación espacial mantiene un mismo patrón de conducta (MOREANO, R., 2008). El método Kriging calcula los pesos para cada uno de los puntos de referencia utilizados en la evaluación.

## CAPÍTULO 4.

### VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL ECUADOR

#### 4.1. ANALISIS GENERAL

En esta sección se examina el comportamiento de las variables del clima en base a los mapas generados en base a los registros puntuales de las estaciones. (ver ANEXO-Gráfico de Tendencias). Para el efecto se toma en cuenta los valores máximos medios y mínimos de las características del clima y se analizan sus tendencias, sobre la base de 35 años continuos de información y también los datos del año 2006.

En los Cuadro 18, 19, 20, 21, 22 y 23 se presenta la distribución de la disponibilidad de información por regiones y por altitudes, para cada una de las variables del clima.

En el Cuadro 18 se considera que entre las cotas 2 000 y 3 000 m s.n.m. tiene la mayor cobertura de información, pues una estación representa en promedio 389 km<sup>2</sup> de área. Además, el mayor número de estaciones se localiza en la región sierra.

**Cuadro 18.** Estaciones con datos de Precipitación

Área km <sup>2</sup>	Altitud	Región			Total	
		Costa	Sierra	Oriente	Nº	km <sup>2</sup> /estación
160 695	0-1000	60	0	7	67	2 398,4
35 927	1000-2000	10	2	6	18	1 995,9
28 837	2000-3000	16	53	5	74	389,7
30 911	<3000	3	37	3	43	718,9
256 370		89	92	21	202	1 269,2

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En el Cuadro 19, de manera similar los registros de temperatura máxima y mínima tienen la mejor cobertura entre los 2 000 y 3 000 m s.n.m; aquí una estación cubre 1 029,9 km<sup>2</sup> de área, con mayor número de estaciones en la región sierra.

**Cuadro 19.** Estaciones con registros de Temperatura Máxima y Mínima Absoluta

Área km <sup>2</sup>	Altitud	Región (Nº)			Total	
		Costa	Sierra	Oriente	Nº	km <sup>2</sup> /estación
160 695	0-1000	23	0	4	27	5 951,7
35 927	1000-2000	2	1	1	4	8 981,8
28 837	2000-3000	5	22	1	28	1 029,9
30 911	<3000	1	12	0	13	2 377,8
256 370		31	35	6	72	3 560,7

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En el Cuadro 20 se presenta similar análisis para la temperatura media mensual, y se concluye que la zona entre las cotas 2 000 a 3 000 m s.n.m. tiene la mejor cobertura de información, con una representación de 1 estación para 801 km<sup>2</sup> de área en promedio. La región Sierra tiene el mayor número de estaciones.

**Cuadro 20.** Distribución espacial de las estaciones con datos de Temperatura Media Mensual

Área km <sup>2</sup>	Altitud	Región (Nº)			Total	
		Costa	Sierra	Oriente	Nº	km <sup>2</sup> /estación
160 695	0-1000	29	0	6	35	4 591,3
35 927	1000-2000	3	2	2	7	5 132,4
28 837	2000-3000	5	29	2	36	801,0
30 911	<3000	1	15	0	16	1 931,9
256 370		38	46	10	94	2 727,3

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En el Cuadro 21, se analiza la distribución altitudinal de las estaciones con datos de evaporación media. Una estación representa 1 253,8 km<sup>2</sup> de área. El mayor número es estaciones corresponde a la región Sierra.

**Cuadro 21.** Distribución espacial de la Evaporación

Área km <sup>2</sup>	Altitud	Región (Nº)			Total	
		Costa	Sierra	Oriente	Nº	km <sup>2</sup> /estación
160 695	0-1000	21	0	4	25	6 427,8
35 927	1000-2000	3	1	0	4	8 981,8
28 837	2000-3000	4	17	2	23	1 253,8
30 911	<3000	2	9	0	11	2 810,1
256 370		30	27	6	63	4 069,4

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En el Cuadro 22, las estaciones con datos de humedad relativa representa en promedio de 823,9 km<sup>2</sup>; el mayor número de estaciones se localiza en la región Sierra.

**Cuadro 22.** Distribución espacial de la Humedad Relativa

Área km <sup>2</sup>	Altitud	Región (Nº)			Total	
		Costa	Sierra	Oriente	Nº	km <sup>2</sup> /estación
160 695	0-1000	27	0	6	33	4 869,5
35 927	1000-2000	3	2	3	8	4 490,9
28 837	2000-3000	5	29	1	35	823,9
30 911	<3000	1	12	0	13	2 377,8
256 370		36	43	10	89	2 880,6

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En el Cuadro 23, se indica la representación de las estaciones con la altitud. Una estación representa en promedio 2 403,1 km<sup>2</sup> de superficie.

**Cuadro 23.** Distribución espacial de la Heliofanía

Área km <sup>2</sup>	Altitud	Región (Nº)			Total	
		Costa	Sierra	Oriente	Nº	km <sup>2</sup> /estación
160 695	0-1000	13	0	2	15	10 713
35 927	1000-2000	1	1	1	3	11 975,7
28 837	2000-3000	1	9	2	12	2 403,1
30 911	<3000	0	6	0	6	5 151,8
256 370		15	16	5	36	7 121,4

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

#### 4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MAPAS

##### Precipitaciones Máximas

El mapa de isolíneas correspondiente a las precipitaciones máximas (isoyetas máximas Mapa 9) se presentan con un rango de variación de 500 mm; se parte de una lámina de 500 mm hasta llegar a los valores máximos (7 500 mm).

La distribución espacial de las precipitaciones muestra los valores máximos en las laderas occidentales y orientales; en tanto que los valores mínimos se muestran en ciertas hoyas de la región interandina.

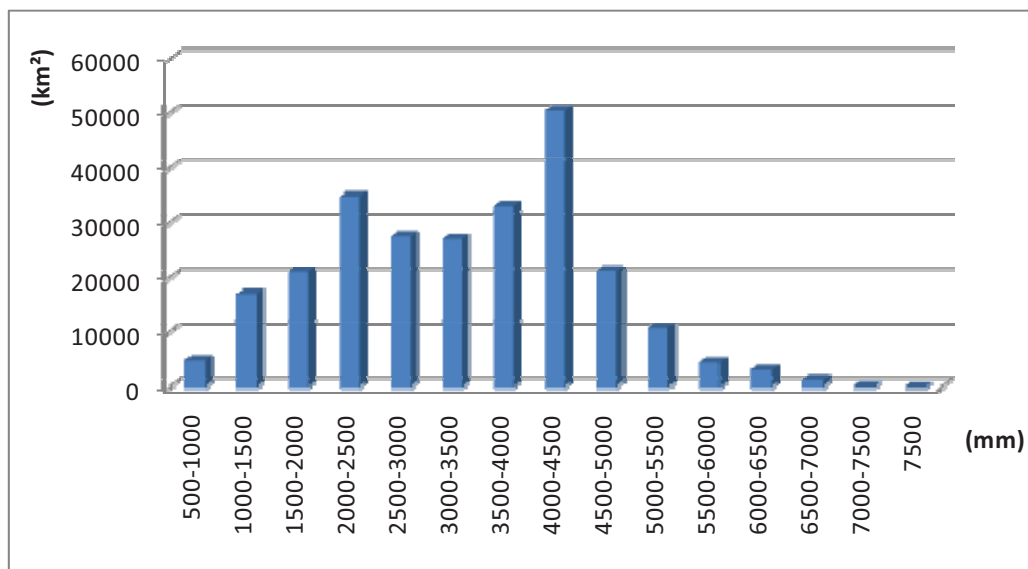
En el Cuadro 24 y en el Gráfico 8 se observa la distribución areal de las precipitaciones máximas anuales; se identifica que las precipitaciones entre 4 000 y 4 500 mm se presentan en el 19,7 % del área del Ecuador, siendo este el mayor porcentaje para esta variable climática.

**Cuadro 24.** Distribución espacial de la Precipitación Máxima

Escalas (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	%
500-1 000	4 837,62	1,89
1 000-1 500	17 098,72	6,67
1 500-2 000	21 130,96	8,24
2 000-2 500	34 711,99	13,54
2 500-3 000	27 378,74	10,68
3 000-3 500	26 926,36	10,50
3 500-4 000	33 057,38	12,89
4 000-4 500	50 390,65	19,66
4 500-5 000	21 251,50	8,29
5 000-5 500	10 659,95	4,16
5 500-6 000	4 447,04	1,73
6 000-6 500	3 066,84	1,20
6 500-7 000	1 273,63	0,50
7 000-7 500	130,18	0,05
7 500	8,48	0,00
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 8.** Distribución espacial de la Precipitación Máxima

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### *Precipitaciones Medias*

El mapa de isolíneas correspondiente a la precipitación media (ver Mapa 8) se presenta con intervalos de variación de 500 mm partiendo de 0 mm 5000 mm, para cubrir todo el rango de variación.

La presencia de núcleos de precipitación se mantiene aunque más espacialmente distribuidos.

En el Cuadro 25 y en el Gráfico 9 se observa la distribución areal de la precipitación anual media, correspondiendo el mayor porcentaje de área de cobertura (20.8 %) a la lluvia entre 3 000 a 3 500 mm de lámina anual.

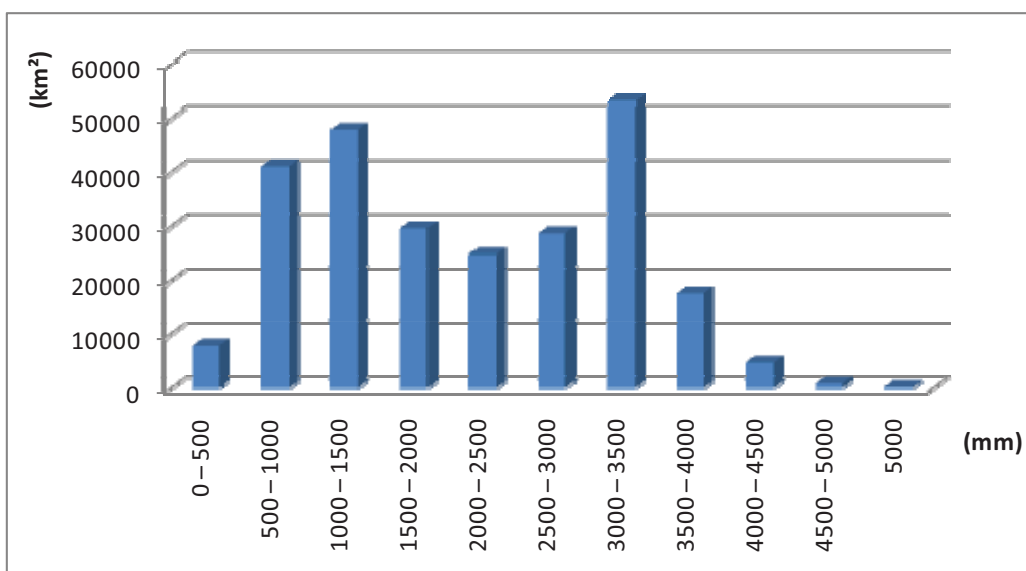


**Cuadro 25.** Distribución espacial de la Precipitación Media

Escalas (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	%
0 – 500	7 705,41	3,01
500 – 1 000	41 095,26	16,03
1 000 – 1 500	47 891,09	18,68
1 500 – 2 000	29 614,20	11,55
2 000 – 2 500	24 713,76	9,64
2 500 – 3 000	28 659,60	11,18
3 000 – 3 500	53 202,65	20,75
3 500 – 4 000	17 494,05	6,82
4 000 – 4 500	4 790,72	1,87
4 500 – 5 000	945,92	0,37
5 000	257,34	0,10
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 9.** Distribución espacial de la Precipitación Media

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Precipitaciones Mínimas

El mapa de isolíneas correspondiente a la precipitación mínima (ver Mapa 10) se muestra en rangos de variación de 500 mm, que cubre el intervalo 0 – 4 000 mm.

La precipitación mínima presenta núcleos de valores bajos en las hoyas de la región interandina; los valores aumentan hacia la Costa con máximos de 2 000 mm en la zona norte del país; en general se aprecia una tendencia de disminución de la precipitación en dirección oeste. El comportamiento de las precipitaciones

mínimas en la región Oriente es diferente, pues se aprecia que los valores menores de precipitación se presentan en aquellos sectores en donde la actividad humana se ha incrementado.

En el Cuadro 26 y en el Gráfico 10 se observa los valores que presentan los rangos de variación para la variable precipitación mínima anual, siendo el rango mayor dentro del territorio de 2 000 a 2 500 mm con un porcentaje de 23,18%.

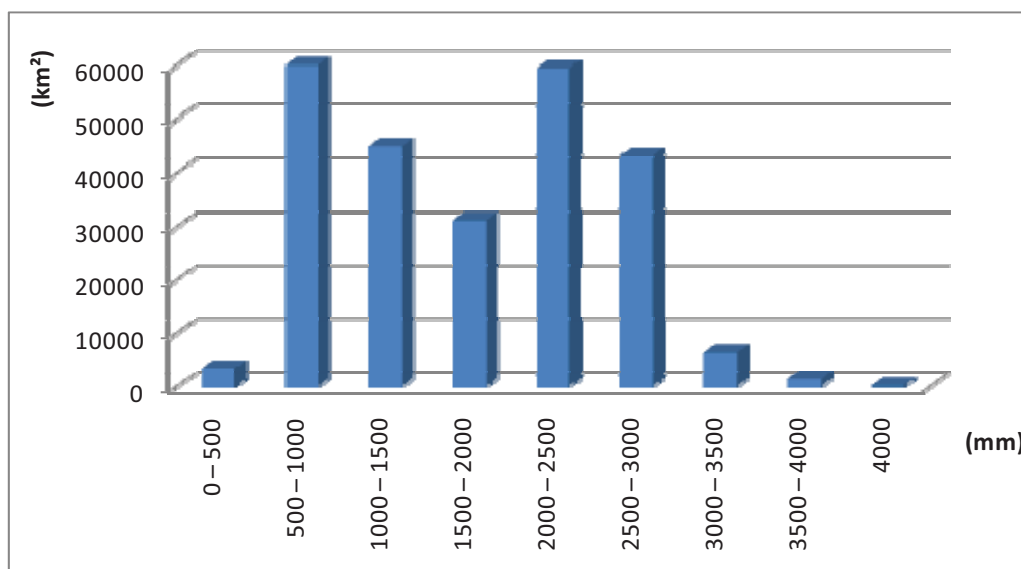
**Cuadro 26.** Distribución espacial de la Precipitación Mínima

Escalas (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	%
0 – 500	3 420,36	1,33
500 – 1 000	66 654,33	26,00
1 000 – 1 500	44 739,73	17,45
1 500 – 2 000	31 191,83	12,17
2 000 – 2 500	59 435,54	23,18
2 500 – 3 000	43 008,11	16,78
3 000 – 3 500	6 207,32	2,42
3 500 – 4 000	1 502,19	0,59
4000	210,57	0,08
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 10.** Distribución espacial de la Precipitación Mínima



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Temperatura Máxima Absoluta

El mapa de isolíneas correspondiente a las temperatura máxima absoluta (ver Mapa 11), se discretizan en rangos de 2°C que cubra el rango intervalo desde los 10°C hasta los 36°C.

La temperatura máxima sobre el territorio nacional, se distribuye de tal manera que la gradiente se incrementa mientras se aleja de las cordilleras occidental y oriental, presentándose un núcleo muy claro de máximas en la región costa específicamente sobre la provincia de Manabí, y un incremento máximo en la región más extrema de la Amazonía, en la región sierra se observa presencia de pequeños núcleos localizados sobre hoyas específicas.

En el Cuadro 27 y el Gráfico 11 se presentan los rangos de variación para la variable temperatura máxima absoluta, el mayor porcentaje es de 32 a 34 °C dentro del Ecuador, alcanzando el 30,12 % del área total.

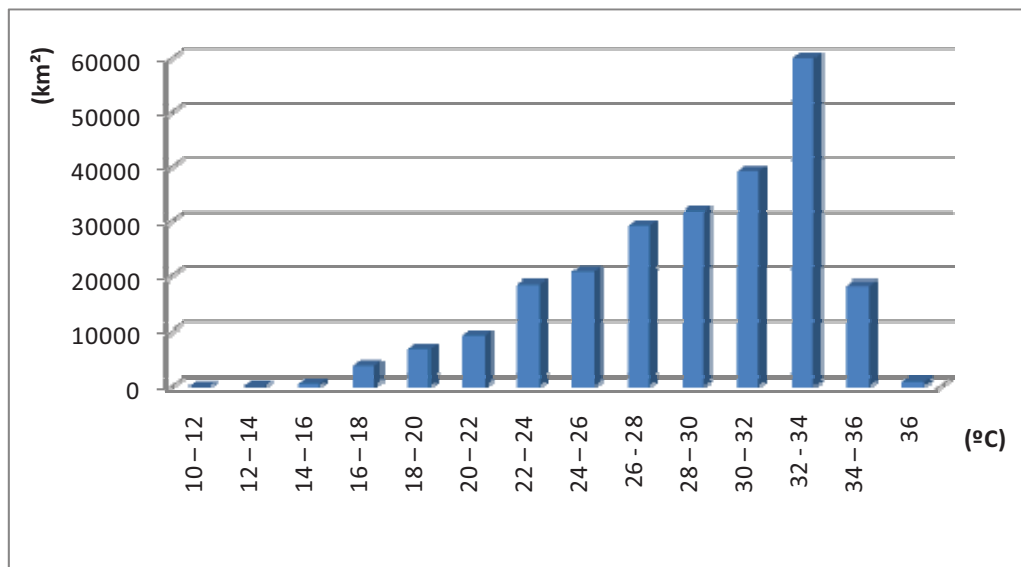
**Cuadro 27.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Máxima Absoluta

Escalas (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	%
10 – 12	34,41	0,01
12 – 14	136,95	0,05
14 – 16	560,87	0,22
16 – 18	3 600,32	1,40
18 – 20	6 777,61	2,64
20 – 22	9 353,43	3,65
22 – 24	18 547,86	7,23
24 – 26	20 754,42	8,10
26 - 28	29 022,94	11,32
28 – 30	31 976,01	12,47
30 – 32	39 167,94	15,28
32 - 34	77 225,90	30,12
34 – 36	18 312,46	7,14
36	898,91	0,35
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 11.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Máxima Absoluta



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Temperatura Media

El mapa de isótermas correspondiente a las temperatura media (ver Mapa 12) se discretizan en rangos de 2°C desde 4°C hasta los 26°C.

Con base en el mapa isótermas de temperatura media se muestra que de manera semejante a la temperatura máxima absoluta, la distribución de las temperaturas se incrementa mientras más se aleja de la región sierra, concentrándose los valores máximos para la costa en los sectores de la provincia de Manabí, el Golfo de Guayaquil y el perfil costanero de la provincia de Esmeraldas, los valores mínimos de temperatura se presentan en aquellos lugares en donde la altitud del terreno alcanza sus picos.

En el Cuadro 28 y el Gráfico 12 presentan los valores de variación para la temperatura media, donde se determina que el rango con mayor incidencia dentro del territorio es entre 24 a 26 °C con un porcentaje del 31,89 % del territorio nacional.

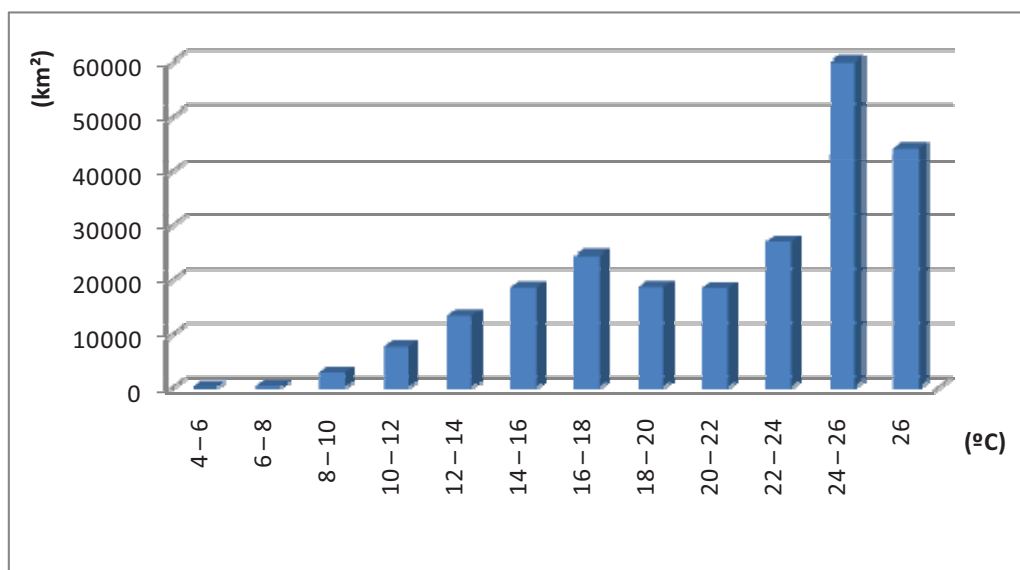
**Cuadro 28.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Media

Escalas (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	%
4 – 6	73,55	0,03
6 – 8	259,54	0,10
8 – 10	2 934,33	1,14
10 – 12	7 568,83	2,95
12 – 14	13 431,39	5,24
14 – 16	18 449,89	7,20
16 – 18	24 304,49	9,48
18 – 20	18 561,10	7,24
20 – 22	18 343,23	7,15
22 – 24	26 837,09	10,47
24 – 26	81 747,21	31,89
26	43 859,31	17,11
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 12.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Media



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Temperatura Mínima Absoluta

El mapa de isólinas de temperatura mínima absoluta anual (ver Mapa 13) se discretizan en rangos de 2 °C desde -10°C hasta 20 °C.

El gráfico correspondiente, presenta núcleos de valores mínimos los cuales se localizan en regiones con altitudes altas de la región sierra, su valor más extremo se localiza sobre la estación ubicada en el volcán Cotopaxi con valores bajo cero; los máximos valores de esta distribución se presentan en la costa centro y norte, además del centro de la región oriental la cual se extiende hasta zonas fronterizas.

En el Cuadro 29 y el Gráfico 13 se presenta los rangos de variación para la temperatura mínima absoluta, siendo el rango entre 18 a 20 °C el valor con mayor presencia dentro del territorio nacional, abarcando un área de 22,07 % del total.

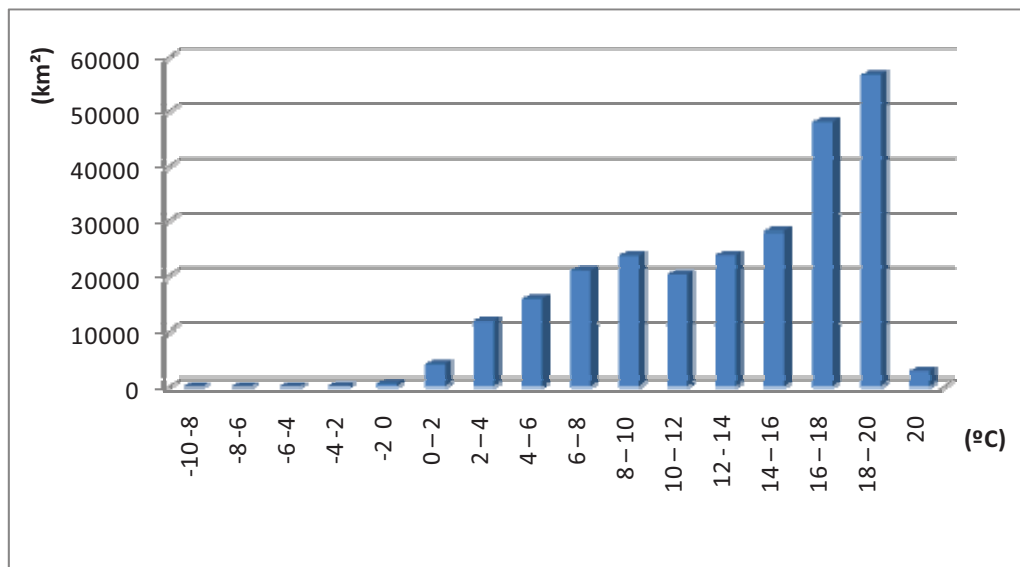
**Cuadro 29.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Mínima Absoluta

Escalas (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	%
-10, -8	8,34	0,00
-8, -6	60,56	0,02
-6, -4	120,31	0,05
-4, -2	215,28	0,08
-2, 0	642,69	0,25
0 - 2	3 953,16	1,54
2 - 4	11 762,56	4,59
4 - 6	15 916,32	6,21
6 - 8	20 955,17	8,17
8 - 10	23 608,74	9,21
10 - 12	20 177,33	7,87
12 - 14	23 749,28	9,26
14 - 16	28 020,83	10,93
16 - 18	47 929,57	18,70
18 - 20	56 581,45	22,07
20	2 668,44	1,04
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 13.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Temperatura Mínima Absoluta



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Evaporación

El mapa de isólinas correspondiente a las evaporación (ver Mapa 14) se discretizan en rangos de 100 mm desde 100 mm hasta 1 450 mm.

Al observar el mapa de evaporación podemos referirnos a la existencia de núcleos de valores máximos y mínimos, los cuales se ubican en las regiones con menor y mayor temperatura. En cada una de las regiones se observa que en aquellos sitios donde se presentan las mayores temperaturas y las menores precipitaciones se tiene altos valores de evaporación y de manera opuesta donde se presentan las menores precipitaciones y temperaturas bajas los valores de evaporación no son considerables.

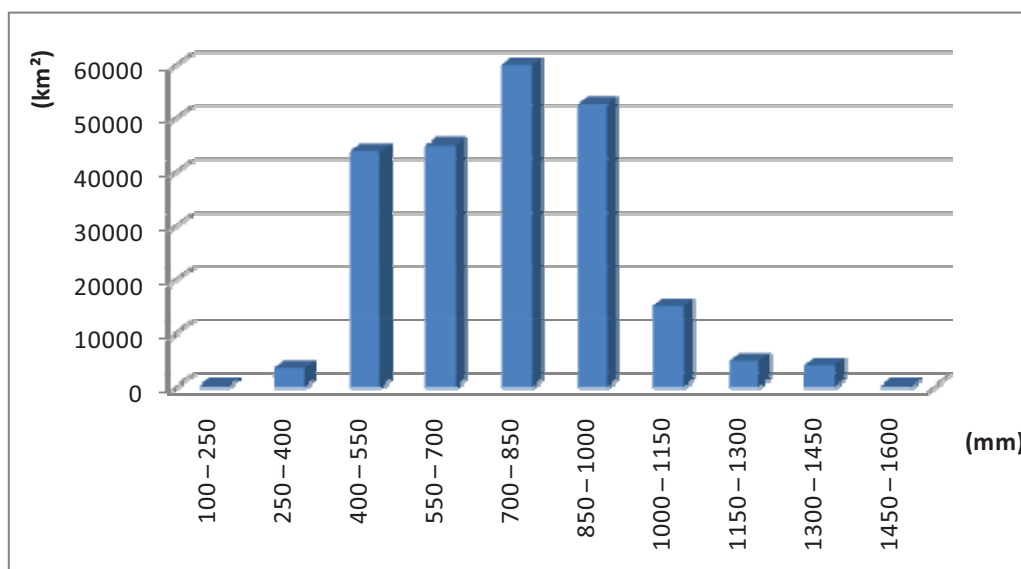
En el Cuadro 30 y el Gráfico 14 se observa los rangos de variación para la evaporación media en el país, aproximadamente entre 700 a 850 mm al año es el valor más representativo, se ubica en el 33,86 % del territorio nacional continental.

**Cuadro 30.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Evaporación

Escalas (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	%
100 – 250	250,11	0,10
250 – 400	3 451,60	1,35
400 – 550	43 900,02	17,12
550 – 700	44 910,88	17,52
700 – 850	86 796,33	33,86
850 – 1 000	52 767,07	20,58
1 000 – 1 150	15 146,31	5,91
1 150 – 1 300	4 865,38	1,90
1 300 – 1 450	4 038,21	1,58
1450	244,07	0,10
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 14.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Evaporación

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Humedad Relativa

El mapa de isólinas correspondiente a la humedad relativa (ver Mapa 15) se discretizan en rangos de 3 % desde 66 % hasta 93 %.

Se observa en el mapa que la menor humedad se localiza en región sierra y en la región costa cerca al golfo de Guayaquil; mientras que la mayor humedad se



localiza en la zona centro norte y sur de la región costa y de manera completa en la región oriente.

En el Cuadro 31 y el Gráfico 15 se observa que el rango de variación para la humedad relativa media en el país es mayor entre 81 a 84% localizado en el 30,95 % del país.

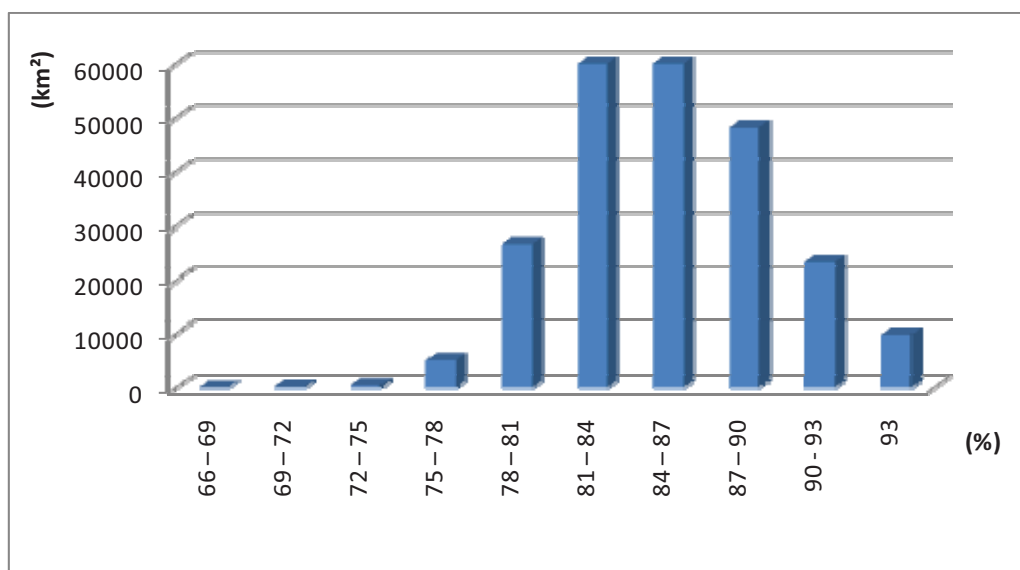
**Cuadro 31.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Humedad Relativa

Escalas (%)	Área (km <sup>2</sup> )	%
66 – 69	88,32	0,03
69 – 72	201,25	0,08
72 – 75	522,61	0,20
75 – 78	4 997,81	1,95
78 – 81	26 768,21	10,44
81 – 84	79 345,54	30,95
84 – 87	63 210,43	24,66
87 – 90	48 064,72	18,75
90 - 93	23 322,48	9,10
93	9 848,63	3,84
<b>Total</b>	<b>256 370,00</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

**Gráfico 15.** Distribución espacial de las escalas gráficas para la Humedad Relativa



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

#### 4.1.2. VALORES REFERENCIALES

El Cuadro 32 se recopila la información representativa del país, el objetivo de esta tabla es recopilar aquellos valores extremos existentes en el país dentro de los 35 años analizados.

**Cuadro 32.** Valores representativos de cada una de las variables

VARIABLE	VALOR MAX.	MEDIA	VALOR MIN.
Precipitación (mm)	El Corazón (M123)	Costa norte y Sierra centro	Costa
	2 014,0	98,1	0,0
T. Media Mensual (°C)	Arenillas (M179)	Costa Centro	Cañar (M031)
	32,5	18,3	1,7
T. Máxima Absoluta (°C)	Nuevo Rocafuerte (M007)	Sierra Sur	Pisayambo (M219)
	34,9	24,1	8,8
T. Mínima Absoluta (°C)	Machala Utm (M185)	Costa Centro	Tulcán (M059)
	27,1	15,0	0,6
Evaporación (mm)	Jama (M167)	Sierra Centro	El Corazón (M123)
	315,60	87,86	1,70
Humedad Relativa (%)	Cotopaxi (M120)	Costa y Sierra Sur	Quimiag (M095)
	99,0	81,4	10,3
Heliofanía (h)	Olmedo Pichincha (M023)	Sierra Norte	El Puyo (M008)
	329,9	113,4	0,0
Radiación Solar	Izobamba (M003)	Oriente Centro	El Puyo (M008)
	503,62	293,23	157,50

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En este cuadro se observa que el mayor valor de precipitación registrado en 35 años se presenta en la sierra centro norte con un valor de 2 041 mm en el mes de diciembre de 1974, el valor mínimo de precipitación es de 0 mm el cual se detecta en varias zonas de la costa ecuatoriana y el valor medio de todos los datos se refleja en la algunas estaciones tanto de la costa norte como de la sierra centro con un valor de 98,1 mm.

Con base en la información de la variable temperatura media mensual, se puede indicar que dentro de los 35 años el máximo valor registrado se localiza en la costa sur, alcanzando los 32,5 °C, se ubican las tendencias medias en la costa centro del país con un valor de 18,3 °C, y su menor valor se registra en la estación ubicada en la región sierra sur en la provincia del Cañar registrando un dato de 1,7 °C, es importante mencionar que en la base de datos se tienen los registros de la estación El Refugio la cual se localiza en el volcán Cotopaxi por lo cual sus registros poseen valores bajo cero.

Para la temperatura máxima absoluta el valor mayor registrado se ubica en la estación Nuevo Rocafuerte en la región amazónica con un valor de 34,9, los valores medios de temperatura máxima absoluta se registran en la región sierra sur con un dato de 24,1 °C y un mínima de 8,8 °C en la región centro sierra del país.

En el caso de la temperatura mínima el mayor valor se lo registra en la estación Machala con un dato de 27,1 °C, el valor medio se localiza en la costa centro con un valor de 15,0 °C y como valor mínimo se tiene 0,6 °C registrado en la región sierra norte.

Para la evaporación la estación que registra el máximo valor medio es Jama ubicada en la región costa centro con un valor de 315,6 mm, el valor medio se localiza en la región sierra centro con 87,86 mm y el valor mínimo es de 1,7 mm localizado en la estación de El Corazón.

En la humedad relativa el valor máximo registrado se localiza en la estación Cotopaxi en la región sierra centro con 99 %, el valor medio se localiza en la región costa y sierra sur del país registran valores de 81,4 % y un valor mínimo de 10,3 % en la región sierra centro.

Para la heliofanía el mayor valor obtenido es de 329,9 h en la sierra norte, el valor medio se registra en las estaciones de la región sierra norte con un valor de 113,4 h y un valor mínimo de 0,0 h en la región amazónica del Puyo.

De las pocas estaciones que poseen información sobre radiación solar, la que registra el mayor valor es la estación Izobamba en la región sierra norte con 503,9, las que registran el valor medio son las del centro oriente con un valor de 293,2 y la que posee el menor registro es de El Puyo 157,5.

## 4.2.VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL AÑO 2006

Como un método de comparación se ha recopilado la información existente del 2006 para las estaciones utilizadas para la conformación de la base de datos fuente de este estudio, en el Cuadro 33 se puede observar la cantidad de información recopilada para el análisis de la variabilidad climática del año 2006.

**Cuadro 33.** Cantidad de información para el año 2006

Variable	N estaciones	% vacios
Precipitación	113	98,01
Temperatura Media Mensual	59	98,59
Temperatura Máxima Absoluta	29	88,79
Temperatura Mínima Absoluta	29	97,13
Evaporación	24	95,49
Humedad Relativa	58	98,85
Heliofanía	15	100,00

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

Para este análisis en especial se trabaja solo con información histórica, no se ha realizado relleno alguno, ni verificación alguna de la calidad de información.

**Cuadro 34.** Valores representativos de cada una de las variables para el 2006

VARIABLE	VALOR MAX.	MEDIA	VALOR MIN.
Precipitación (mm)	Pinlopata (M367)	Atahualpa-Ibarra (SEIB)	Costa
	1408,1	105,6	0,0
T. Media Mensual (°C)	Los Perales San Vicente (SESV)	El Puyo (M008)	Papallacta (M188)
	28,8	21,0	9,3
T. Máxima Absoluta (°C)	Portoviejo (M005)	Sierra centro y sur	Papallacta (M188)
	38,8	28,0	17,2
T. Mínima Absoluta (°C)	Babahoyo (M051)	Baños (M029)	San Gabriel (M103)
	22,8	12,0	1,0
Evaporación (mm)	Zapotillo (M151)	Sierra centro y sur	El Corazón (M123)
	258,2	101,2	7,4
Humedad Relativa (%)	Costa centro	Sierra	Camilo Ponce (SETM)
	97,0	80,0	42
Heliofania (h)	Tomalón (MA2T)	Babahoyo (M051)	El Corazón (M123)
	252,8	116,0	11,4

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

El Cuadro 34 recopila la información representativa del país, esta tabla contiene aquellos valores extremos existentes para el año 2006.

En este cuadro se observa la mayor cantidad de precipitación se presenta en la sierra centro con un valor de 1 408,1 mm, el valor mínimo de precipitación es de 0 mm el cual se detecta en varias zonas de la costa ecuatoriana y el valor medio de todos los datos se refleja en la estación de Atahualpa Ibarra con un valor de 105,6 mm.

Con base en la información de la variable temperatura media mensual, se puede indicar que en el año 2006 el máximo valor registrado se localiza en la costa, alcanzando un valor de 28,8 °C, se ubica la tendencia media en el oriente en la estación El Puyo con un valor de 21,0 °C, y su menor valor se registra en la estación Papallacta ubicada en la región oriente norte registrando un dato de 9,3°C.

Para la temperatura máxima absoluta el valor mayor registrado se ubica en la estación Portoviejo en la región costa con 38,8 °C, los valores medios de temperatura máxima absoluta se registran en la región sierra centro y sur con

28,0 °C y un mínima de 17,2 °C en la región oriente norte en la estación Papallacta.

En el caso de la temperatura mínima absoluta el mayor valor se lo registra en la estación Babahoyo con un dato de 22,8 °C, el valor medio se localiza en la sierra centro con un valor de 12,0 °C y como valor mínimo es de 1,0 °C registrado en la región sierra norte, en la estación de San Gabriel.

Para la evaporación la estación que registra el máximo valor medio es Zapotillo ubicada en la región costa sur con un valor de 258,2 mm, el valor medio se localiza en la región sierra centro sur con 101,2 mm y el valor mínimo es de 7,4 mm localizado en la estación de El Corazón.

En la humedad relativa el valor máximo registrado se localiza en las estaciones de la región costa centro de 97 %, el valor medio se localiza a lo largo de la región sierra del país registran valores de 80 % y un valor mínimo de 42 % en la estación Camilo Ponce en la región sierra sur.

Para la heliofanía el mayor valor obtenido es de 252,8 h en la sierra norte, el valor medio se registra en las estaciones de la región costa centro con 116,0 h y un valor mínimo de 11,4 h en la región sierra norte en la estación de El Corazón.

## **CAPÍTULO 5.**

### **VARIABILIDAD CLIMÁTICA REGIONAL**

El trabajo de la recopilación de datos estaría incompleto sin su respectivo análisis, en este capítulo se tratará la variabilidad climática que existe en nuestro país en una forma general, analizando cada una de las variables recopiladas para el presente trabajo.

Se comenzará seleccionando las estaciones con las cuales se trabajara, para tener una visión, en general, del comportamiento de cada variable analizada en el Ecuador, tomando en cuenta valores tanto mínimos como máximos, y las anomalías que se puedan presentar en el registro histórico de dichos datos.

#### **5.1.ANALISIS DETALLADO**

En esta sección se analizará un conjunto de gráficos obtenidos de datos medios, máximos y mínimos, para las diferentes variables se han escogido estaciones representativas a lo largo del territorio nacional, para cada región continental del país, se ha tomado en cuenta la ubicación y distribución de ellas en cada franja regional, y su total relleno.

Para poder comparar nuestros datos primeramente se realizó un gráfico con tres curvas para cada estación escogida, y para cada variable, cada gráfico consta de tres curvas, la máxima mensual vs. Tiempo en meses, la media mensual vs. Tiempo en meses, y la mínima mensual vs. Tiempo en meses; segundo, se realizó también gráficos de media anual vs. Tiempo en años.

### 5.1.1. COSTA.-

Para precipitación se ha escogido: Esmeraldas DAC, La Concordia (M025), Portoviejo (M005), Milagro (M037), Machala UTM (M185); para evaporación: Esmeraldas las Palmas (M269), La Concordia (M025), Portoviejo (M005), Milagro (037), Machala UTM (M185); para heliofanía: Portoviejo (M005), Milagro (M037), Esmeraldas las Palmas (M269), Machala UTM (M185), Cariamanga (M146); para humedad relativa: Esmeraldas DAC, Guayaquil DAC, Portoviejo (M005), La Concordia (M025), Cariamanga (M146); para temperatura tanto máxima, como media y mínima: Esmeraldas Las Palmas (M269), Portoviejo (M005), Milagro (M037), Machala (M185), La Argelia (M033).

En los gráficos del ANEXO – Gráfico de Tendencias, se puede apreciar que las lluvias comienzan en los meses de Noviembre-Diciembre, extendiéndose hasta los meses de Marzo-Abril, teniendo su pico en estos meses. Los meses inmediatamente después de los máximos, comienza el descenso de las lluvias, teniendo su mínimo en los meses de Julio, Agosto, y Septiembre, vale la pena recalcar la ausencia de lluvias en muchos meses, en algunas estaciones de esta región, en ocasiones, llegando a más de la mitad del año sin lluvias, se puede apreciar el máximo de lluvias en la estación *El Corazón (M123)*, con un valor máximo de 2 041 mm.

La tendencia de las precipitaciones (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias) es ascendente, la gradiente positiva es de un promedio de 5, lo que significa que no es muy pronunciada, pero es creciente. La tendencia de la temperatura es también ascendente, con una gradiente casi cinco veces menor a la precipitación, la evaporación toma también una tendencia creciente, lo cual parece lógico por la conexión que esta variable tiene con la temperatura, en la estación Machala podemos mirar esto ya que en ambas variables su tendencia es negativa.

La temperatura (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), es mayor en los meses de Diciembre a Abril, y baja en los meses de Julio a Octubre, se puede apreciar casi una misma variación en los gráficos de evaporación (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), pero resulta curioso que en los meses de febrero-marzo, hay un



descenso en los valores de evaporación contrario al aumento apreciable de temperatura, esta diferencia también se manifiesta pero en sentido contrario de signos, en los meses de agosto-septiembre, donde encontramos un crecimiento de evaporación pero un descenso de temperatura, casi la misma anomalía se encuentra en los gráficos de heliofanía (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), esto se puede entender por la presencia de corrientes bajas o altas de aire.

Los máximos (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), se pueden apreciar en el sur del país, en las estaciones de *Cariamanga (M146)* para evaporación, y *Zapotillo (M151)* para temperatura, en cambio los mínimos para temperatura están en *Mariscal Sucre (M043)*, y para evaporación en *El Corazón (M123)*, se puede distinguir que los valores mínimos se encuentran en lugares interiores de la región costera.

En los gráficos de humedad relativa (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), se puede percibir el aumento de humedad en los primeros seis meses del año, su porcentaje máximo es del 99 %, al interior de la Costa Centro, mientras el valor mínimo es de 44% en *Camilo Ponce-La Toma (SETM)*, el aumento de humedad es confirmado con el aumento en la precipitación, temperatura, y evaporación en esos meses, al igual que los valores en heliofanía.

### **5.1.2. SIERRA.-**

A similitud de la región litoral, las estaciones escogidas son las siguientes: para precipitación: Tulcán DAC, Quito DAC, Baños (M029), Gualaceo (M139); para evaporación: Cahuasquí (M107), Uyumbicho (M113), Baños (M029), Gualaceo (M139); para heliofanía: Tulcán (M059), Izobamba (M003), Riobamba (M057), Cuenca (M067); para humedad relativa: Tulcán DAC, Quito DAC, Guaslán (M133), Cuenca DAC; y para temperatura: El Ángel (M102), Izobamba (M003), Guaslán (M133), Gualaceo (M139).

La tendencia de la precipitación (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), es decreciente, se puede apreciar (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias) que la época

de lluvias comienza en Noviembre y termina en Abril, su máximo está en la estación de *Baños (M029)*, los meses restantes son de pocas lluvias, teniendo su mínimo en el mes de Agosto, los gráficos de heliofanía (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), guardan una similitud con este formato, ya que entre los meses de junio y septiembre las lluvias tienen a decrecer al igual que la nubosidad incrementándose las horas con brillo solar.

La temperatura (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias) tiene un promedio de 13 °C, su valor máximo está en *Tumbaco (M114)* con 28 °C, y su mínimo en *Tulcán (M059)* con 1°C, este máximo se da entre los meses de Noviembre-Enero (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), y los mínimos entre Abril-Junio. En los gráficos de evaporación (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), se puede encontrar mucha variación entre las curvas de evaporación máxima, media y mínima, los periodos de mayor y menor evaporación son muy variados entre las diferentes estaciones, lo que se puede apreciar claramente es la tendencia creciente de la variable, el máximo se lo encuentra en *Tomalón (MA2T)*.

La máxima de humedad relativa (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), se encuentra en *Bolívar (M084)*, en los meses de Marzo, Abril y Mayo, mientras los mínimos en Julio, Agosto y Septiembre, en *Quimiag (M095)*.

### **5.1.3. ORIENTE.-**

En la región oriental, las estaciones tomadas en cuenta disminuyen por tener tan poca información, mal distribuidas, y casi sin relleno, se ha seleccionado las siguientes: para precipitación: Nuevo Rocafuerte (M007), El Chaco Inamhi (M825), El Puyo (M008), Gualaquiza (M189); para evaporación: Nuevo Rocafuerte (M007), El Puyo (M008), Gualaquiza (M189); para heliofanía: Baeza (M215), Nuevo Rocafuerte (M007), El Puyo (M008); para humedad relativa: Nueva Loja DAC, El Coca DAC, El Puyo (M008), Gualaquiza (M189); para temperatura: El Coca (M186), Nuevo Rocafuerte (M007), El Puyo (M008).

Las precipitaciones (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias) en la región oriental son constantes, la mínima la encontramos en *El Coca (M186)*, con 0,9 mm, no se encuentra un periodo mensual de cero, tenemos un máximo de 3467, 54 mm, en *Rio Verde Medio (M720)*, es el mayor en las tres regiones, se puede ver un incremento de lluvias en los meses de Marzo a Agosto, teniendo picos pronunciados en los meses de Junio.

La temperatura (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias) es muy horizontal, casi no se tiene cambios, se tiene un pequeño mínimo al igual que un pequeño máximo, en los meses de Julio y Mayo respectivamente; la evaporación (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), es un poco menos lineal que la temperatura, tiene más cambios, y picos más pronunciados, pero se puede ver con claridad sus máximos valores en los meses de Diciembre-Enero.

Se tiene los valores más bajos de Heliofanía (ver ANEXO- Gráfico de Tendencias), y Evaporación, comparados con las otras dos regiones, esto se puede entender por la gran nubosidad y temperatura con la cual se caracteriza la región oriental.

## CAPÍTULO 6.

### ANÁLISIS DE TENDENCIAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

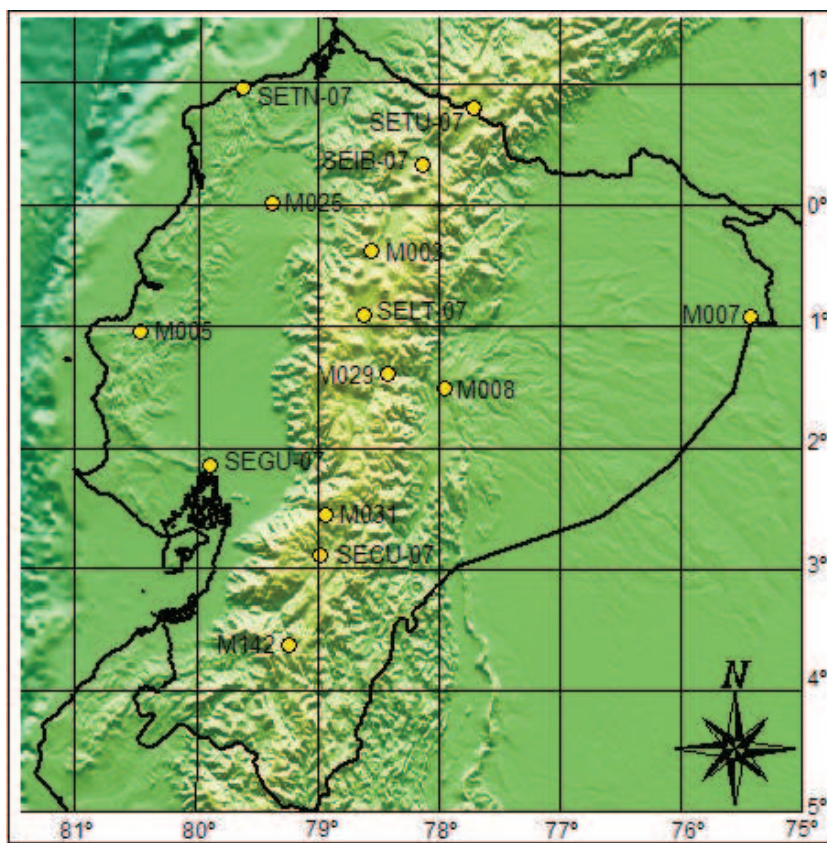
#### 6.1. ANALISIS DE TENDENCIAS

En el presente capítulo se analiza la distribución espacial y temporal de la precipitación y de la temperatura del Ecuador continental, en base a los 35 años de datos a partir de datos de 14 estaciones distribuidas en el territorio continental del país, como se observa en el Gráfico 16.

:: :: temperatura media anualLas estaciones seleccionadas son las siguientes:

- Esmeraldas – General Rivadeneira Tachina SETN
- Guayaquil – José Joaquín de Olmedo SEGU
- Portoviejo M005
- La Concordia M025
- Tulcán - El Rosal SETU
- Ibarra - Atahualpa SEIB
- Izobamba M003
- Latacunga – Cotopaxi SELT
- Cañar M031
- Cuenca – Mariscal Lamar SECU
- Saraguro M142
- Baños M029
- El Puyo M008
- Nuevo Rocafuerte M007

**Gráfico 16.** Ubicación de Estaciones para análisis de Tendencias



**Fuente:** MIRONE

**Elaboración:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

A continuación se realiza una descripción de los gráficos de precipitación y temperatura para cada una de las regiones, respaldados en los gráficos de variación durante los 35 años de análisis, para estaciones seleccionadas.

Adicionalmente se agrega una descripción de la ubicación de las estaciones y fecha de inicio de su operación.

### 6.1.1. REGIÓN COSTA

- Precipitación

En la gráfica correspondiente a la precipitación se observa una tendencia general de la región costa a crecer a través del tiempo. Si analizamos de manera detenida

la variable de cada una de las estaciones observamos la presencia de tres picos importantes que podrían distorsionar la tendencia real, en los años denominados de El Niño (presencia fenómeno de El Niño), si retiramos estos valores y analizamos nuevamente la serie comprobamos que existe una única tendencia de incrementarse la pluviosidad dentro de la región.

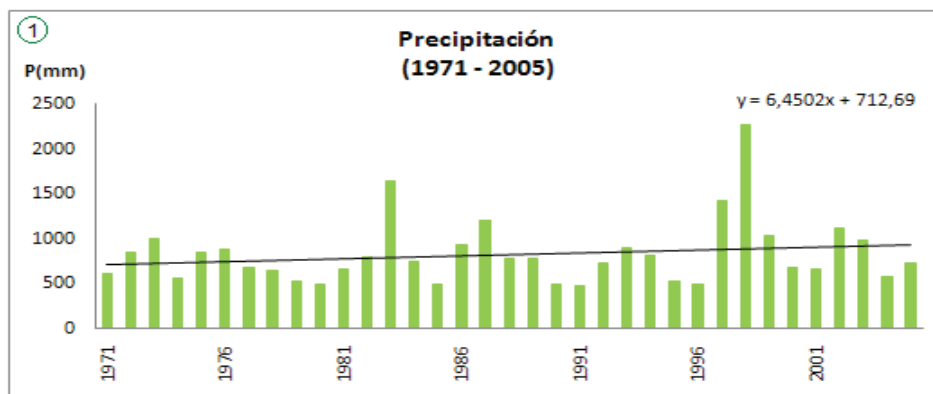
- Temperatura

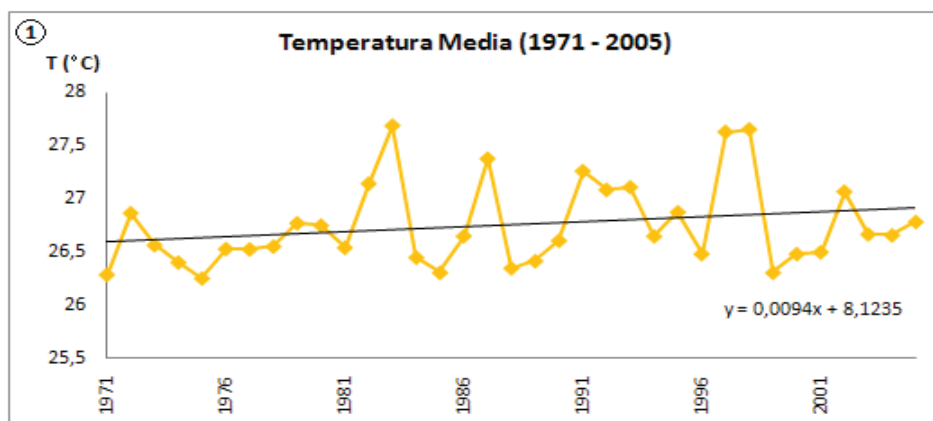
De manera similar que la precipitación observamos que la tendencia general de la temperatura en la zona costanera tiene una única tendencia creciente al paso del tiempo, y al igual que la precipitación se repite el inconveniente de registrar una anomalía puntual (fenómeno de El Niño), que al retirarla observamos nuevamente que la tendencia general de la temperatura en la costa tiene a incrementarse a excepción de la estación Guayaquil Aeropuerto donde se logra determinar la presencia de alguna corriente que modifica el clima de la zona.

**Estación Esmeraldas (General Rivadeneira Tachina SETN)**

Estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, localizada en la Provincia de Esmeraldas a los 7 m s.n.m., en el inventario existente en los anuarios meteorológicos muestra que se encuentra en funcionamiento desde enero de 1943.

**Gráfico 17.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SETN



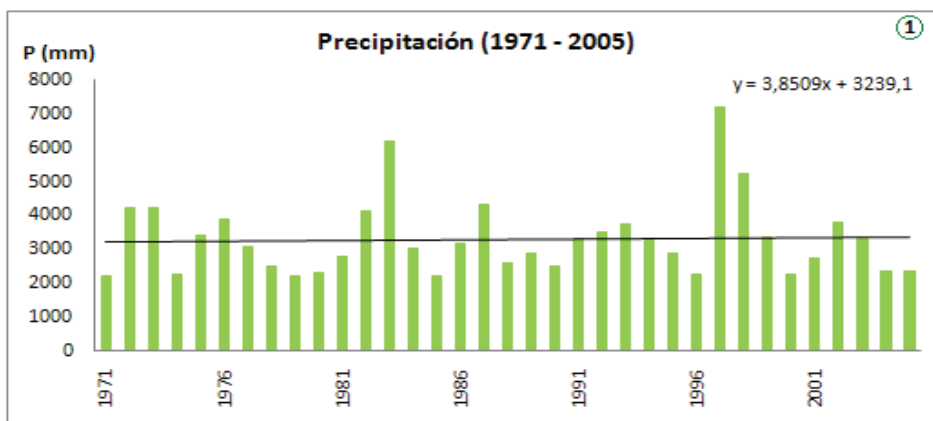


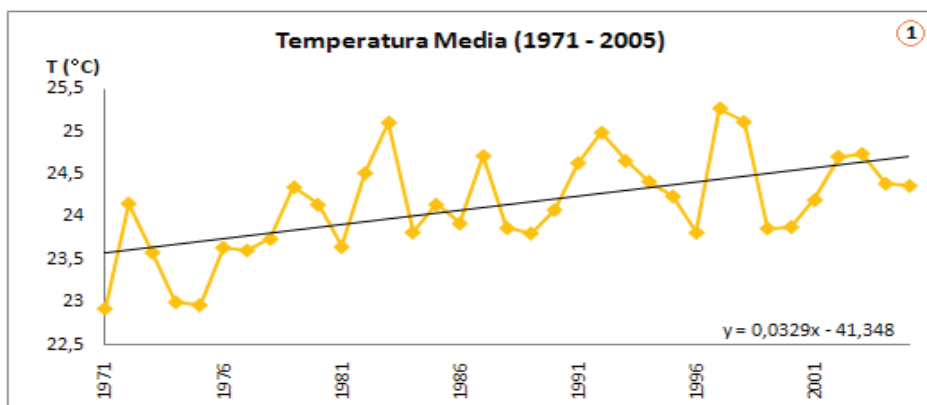
Fuente: INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
 Autor: Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Estación La Concordia (M025)

Estación climática principal, operada por el INAMHI, la cual se ubica en la provincia de Esmeraldas a una altura de 360 m s.n.m., entró en funcionamiento el 01 de febrero de 1973.

**Gráfico 18.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M025





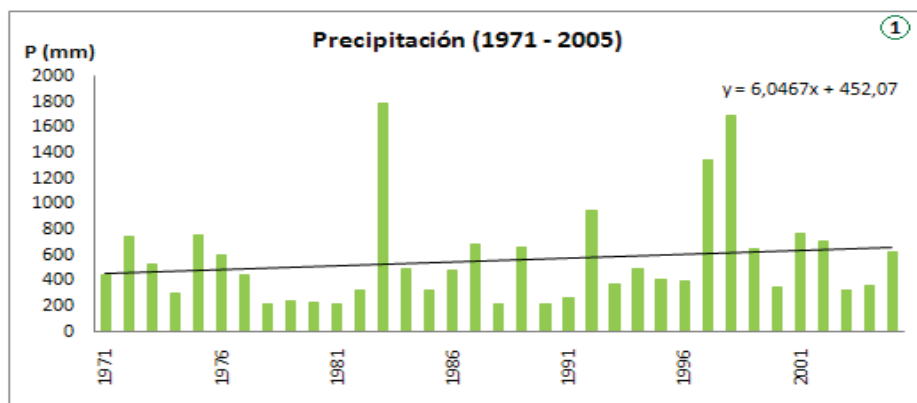
**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

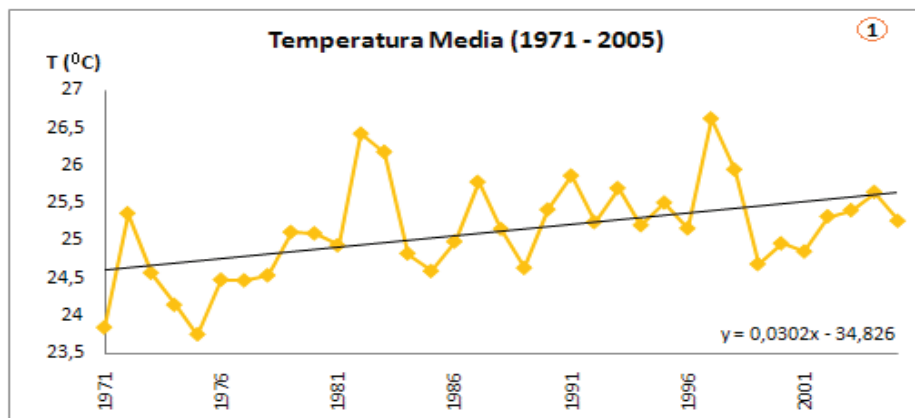
### Estación Portoviejo (M005)

Estación agrometeorológica perteneciente al INAMHI, se localiza en la provincia de Manabí y su cota es a los 60 m s.n.m., de conformidad al inventario se sabe que esta estación fue instalada el 01 de noviembre de 1962.

**Gráfico 19.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M005





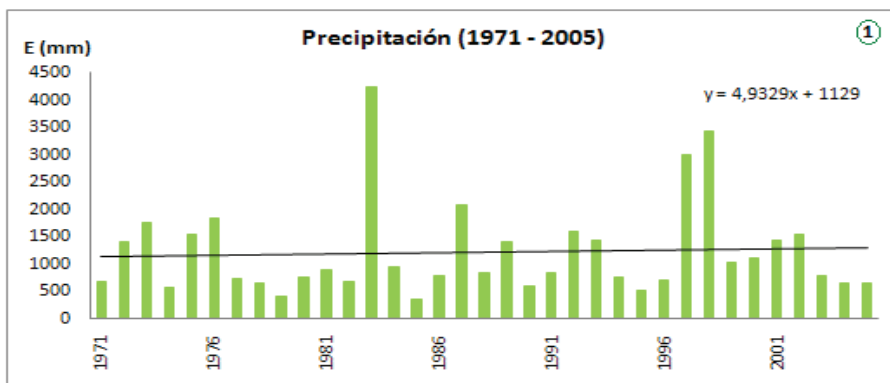


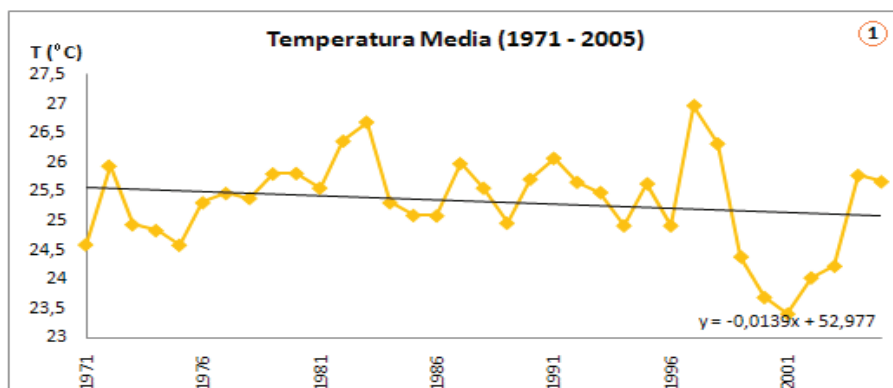
Fuente: INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
 Autor: Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Estación Guayaquil (José Joaquín de Olmedo SEGU)

Estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, ubicada en la provincia de Guayaquil a 5 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento enero de 1915.

**Gráfico 20.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SEGU





**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### 6.1.2. REGIÓN SIERRA

- Precipitación

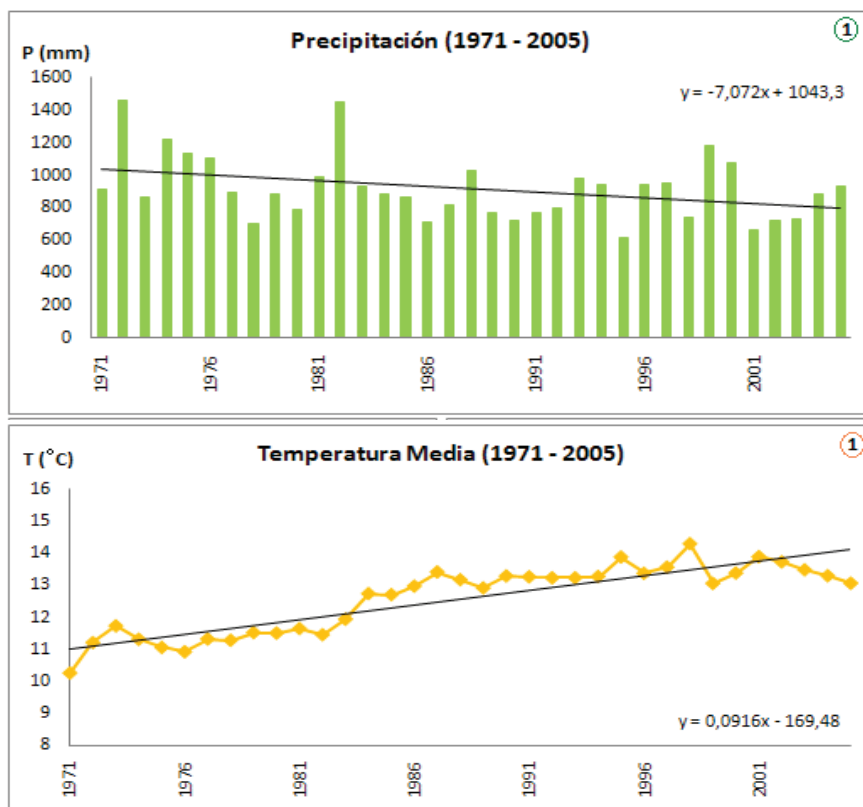
En las gráficas 1 correspondientes a la precipitación se observa una tendencia general de la región sierra a decrecer a través del tiempo, a excepción de la observada en las estaciones existentes en la zona centro del país en donde se observa que las precipitaciones tienden a incrementarse.

- Temperatura

A lo largo de la sierra ecuatoriana se nota un permanente incremento de la temperatura en los últimos 35 años, a excepción de la estación Latacunga ubicada en la zona centro del país en donde se observa el decremento de esta variable en el mismo periodo de estudio, agudizándose en los últimos 10 años.

#### **Estación Tulcán (El Rosal SETU)**

Estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, ubicada en la provincia del Carchi a 2 934 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento julio de 1929.

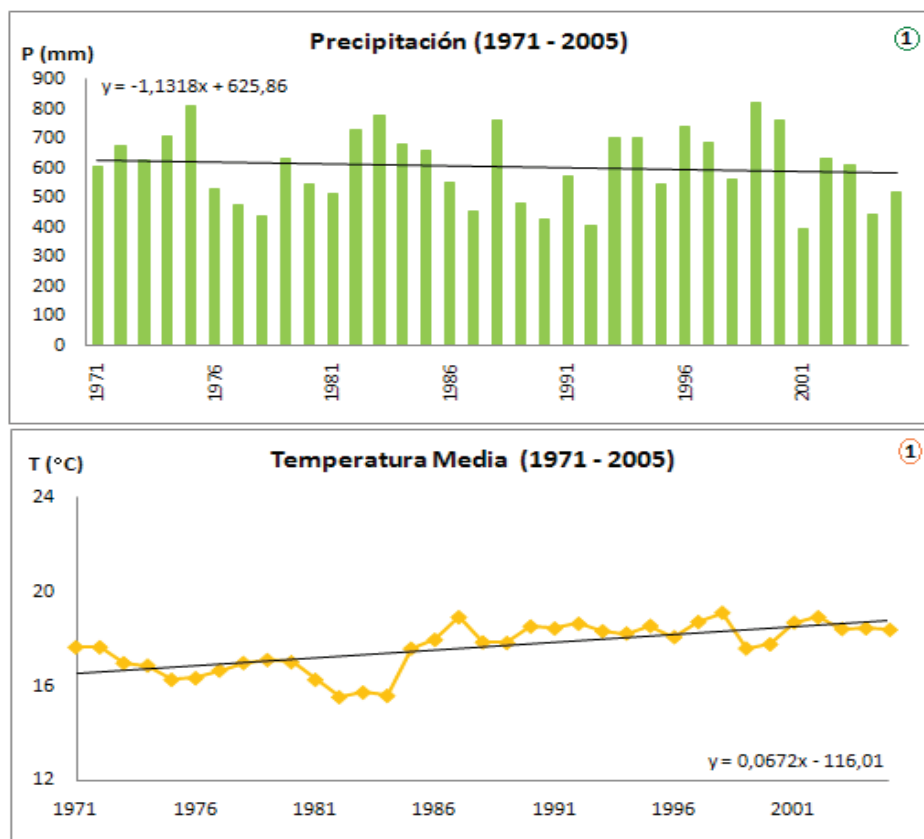
**Gráfico 21.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SETU

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### **Estación Ibarra (Atahualpa SEIB)**

Estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, ubicada en la provincia de Imbabura a 2 214 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento julio de 1929.

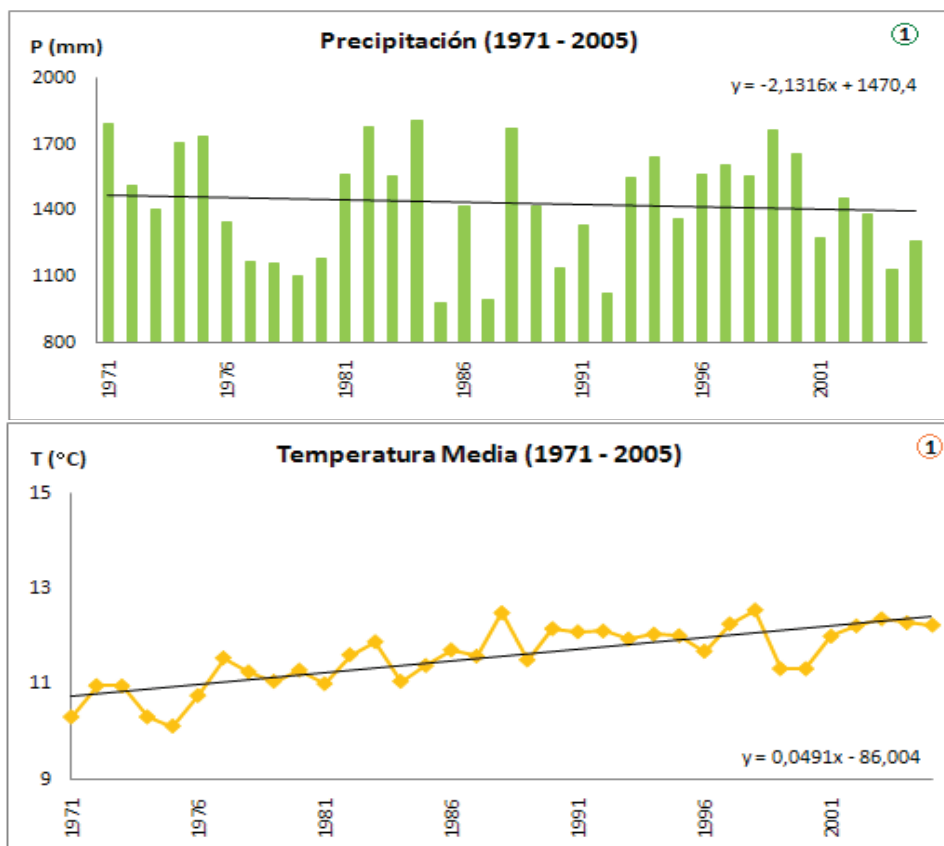
**Gráfico 22.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SEIB

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### **Estación Izobamba (M003)**

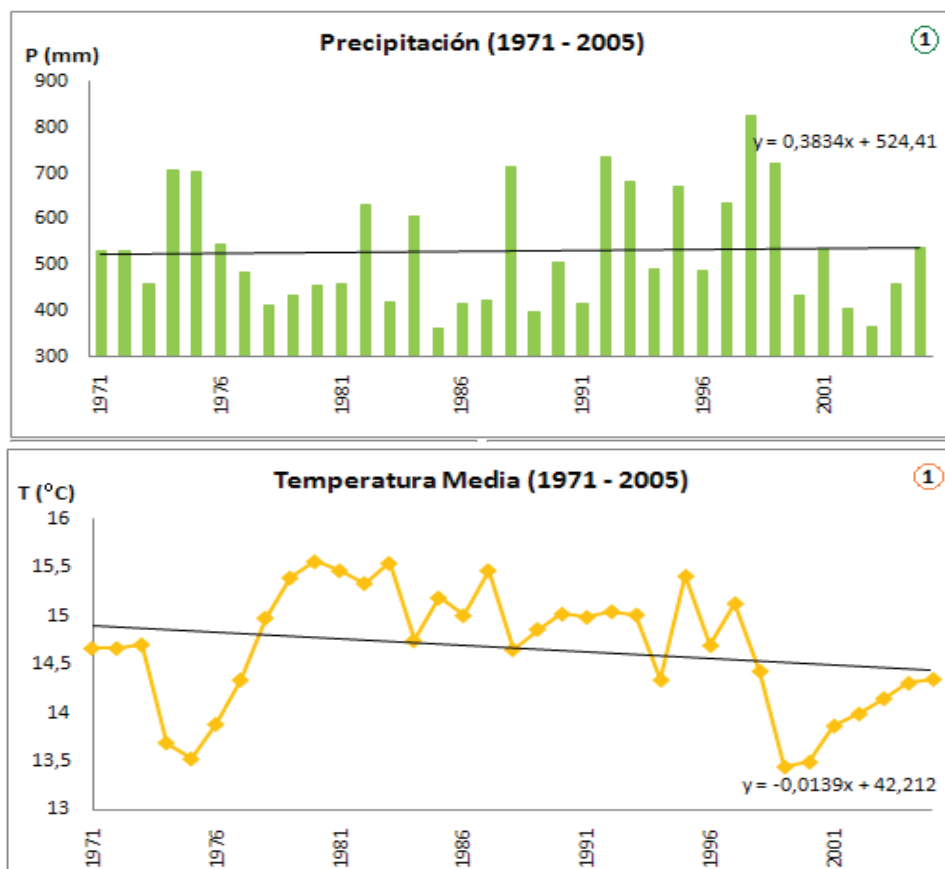
Estación agrometeorológica operada por el INAMHI, su ubicación esta en los 3 058 m s.n.m. en la provincia de Pichincha, entró en funcionamiento el 01 de febrero de 1960.

**Gráfico 23.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M003

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### **Estación Latacunga (Cotopaxi SELT)**

Estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, ubicada en la provincia de Cotopaxi a 2 785 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento el 01 de abril de 1934.

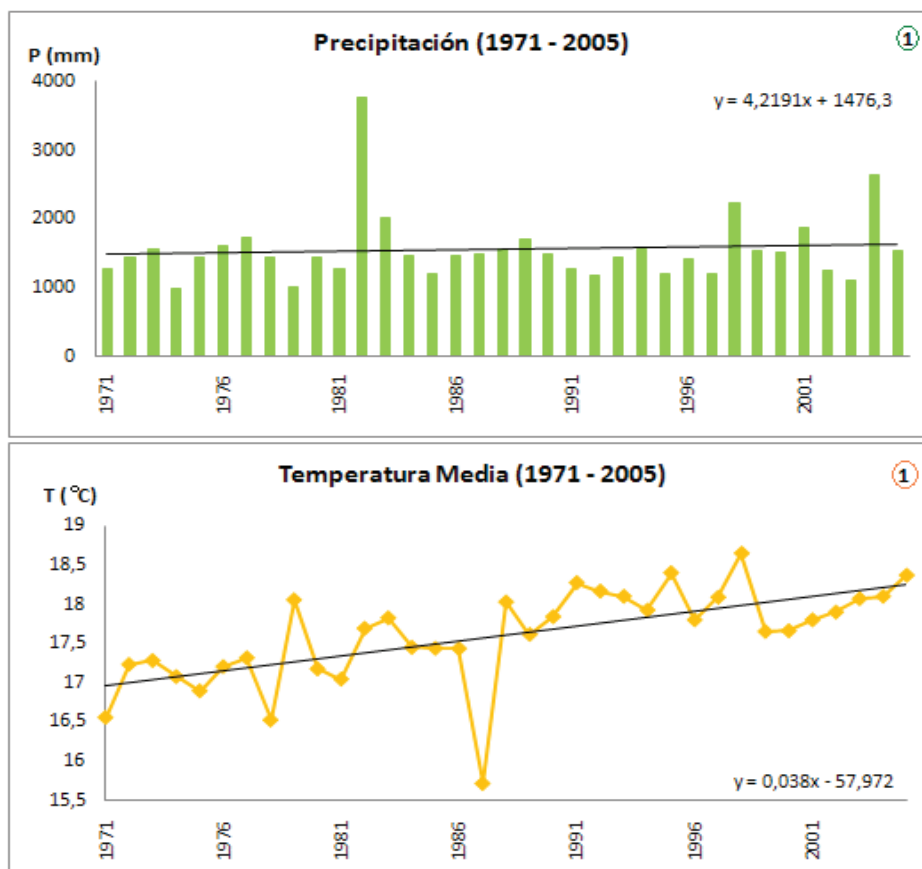
**Gráfico 24.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SELT

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Estación Baños (M029)

Estación climática principal, operada por el INAMHI, ubicada en la provincia de Tungurahua a 1 846 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento el 20 de junio de 1962 y fue reubicada el 05 de febrero de 1979.

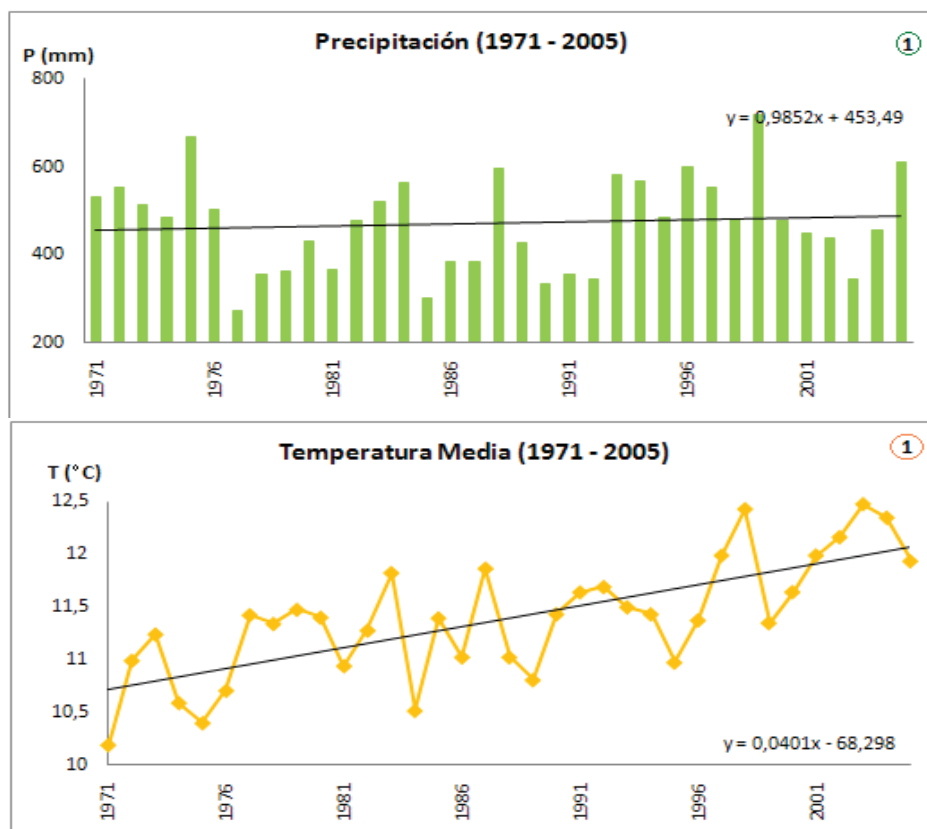
**Gráfico 25.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M029

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Estación Cañar (M031)

Estación climática principal, operada por el INAMHI, ubicada en la provincia de Cañar a 3 083 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento el 01 de abril de 1958 y fue reubicada el 01 de diciembre de 1998.

**Gráfico 26.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M031

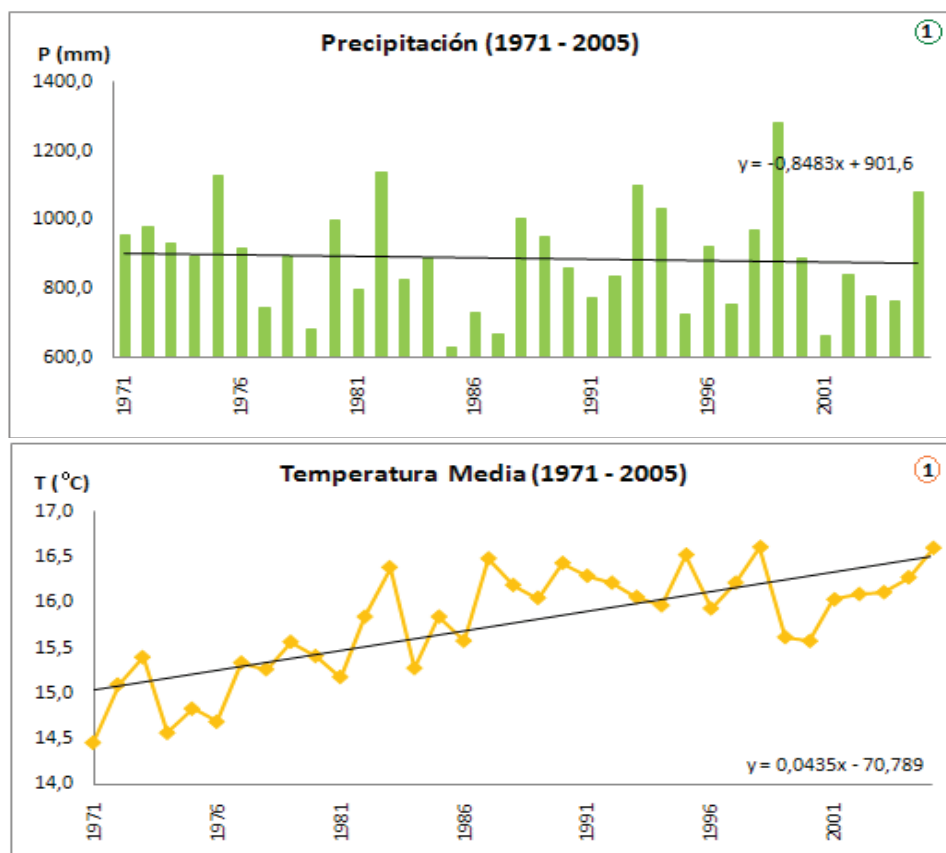
**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### **Estación Cuenca (Mariscal Lamar SECU)**

Estación aeronáutica, perteneciente a la DAC, ubicada en la provincia de Azuay a 2 516 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento septiembre de 1929.

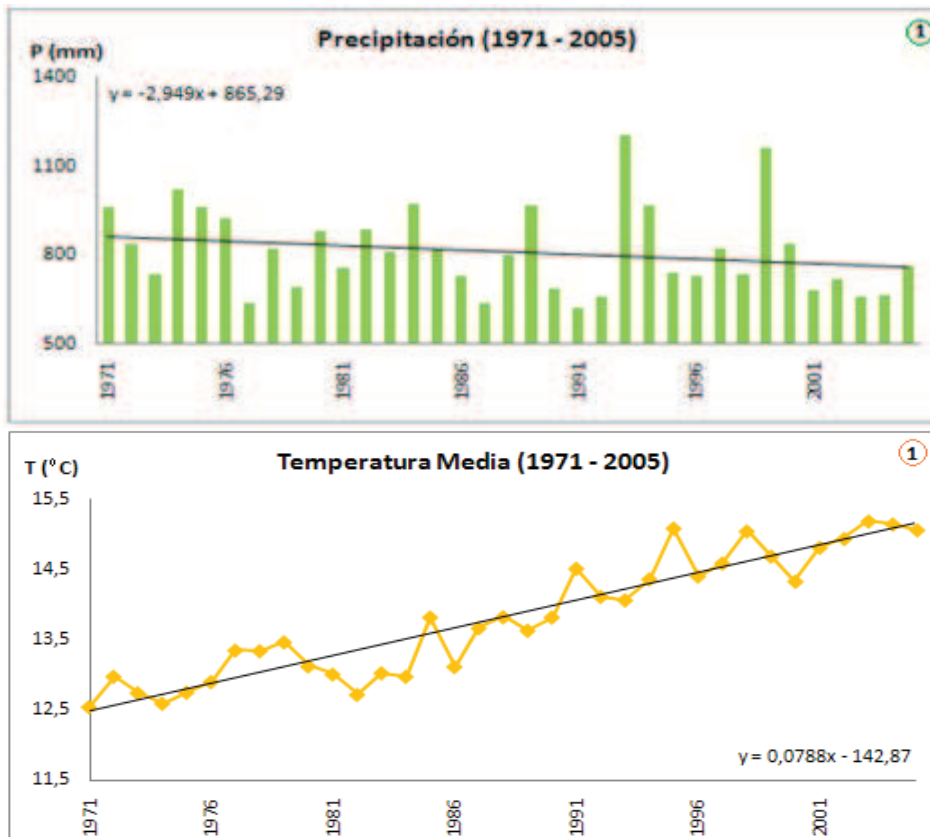


**Gráfico 27.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc SECU

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Estación Saraguro (M142)

Estación climática ordinaria, operada por el INAMHI, ubicada en la provincia de Loja a 2 525 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento el 01 de junio de 1963 y fue reubicada el 24 de septiembre de 2003.

**Gráfico 28.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M142

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC  
**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### 6.1.3. REGIÓN ORIENTE

- Precipitación

En las correspondientes gráficas para la región oriente de la variable precipitación se observa que durante los 35 años se localizan de manera puntual fluctuaciones del clima, eventos que no reflejan una variabilidad climática acentuada al futuro.

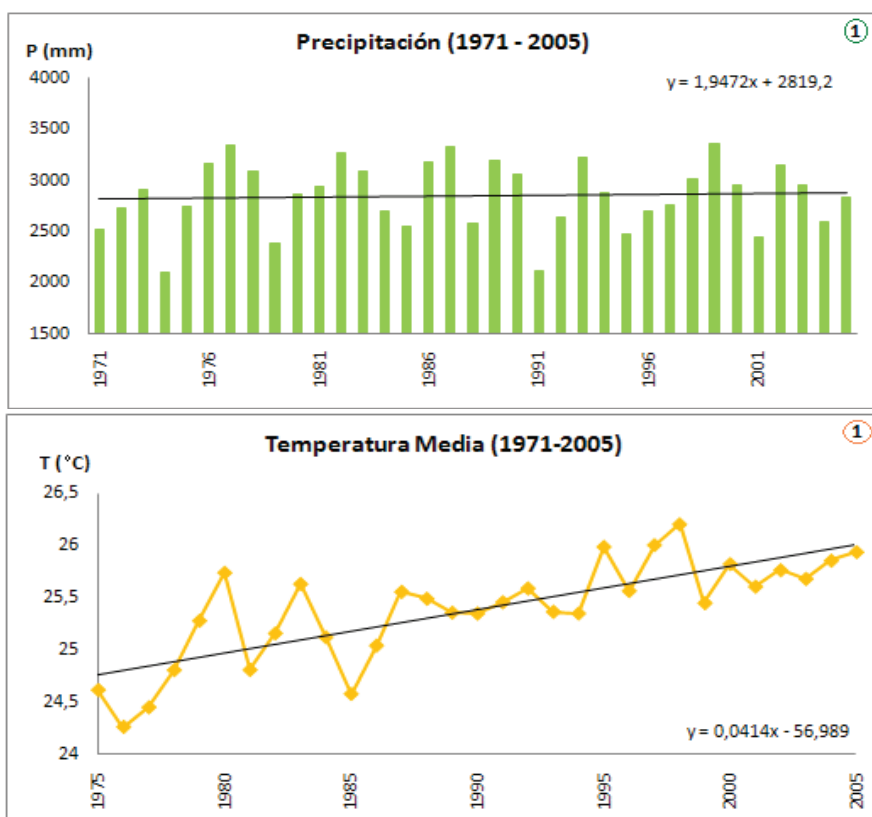
- Temperatura

Para el oriente en el análisis de la gradiente de temperatura se visualiza que se está sufriendo de un incremento en los valores de temperatura, con el paso de los años.

### Estación Nuevo Rocafuerte (M007)

Estación agrometeorológica, operada por el INAMHI, ubicada en la provincia de Orellana a 205 m s.n.m., el inventario indica que esta estación entró en funcionamiento enero de 1976.

**Gráfico 29.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M007

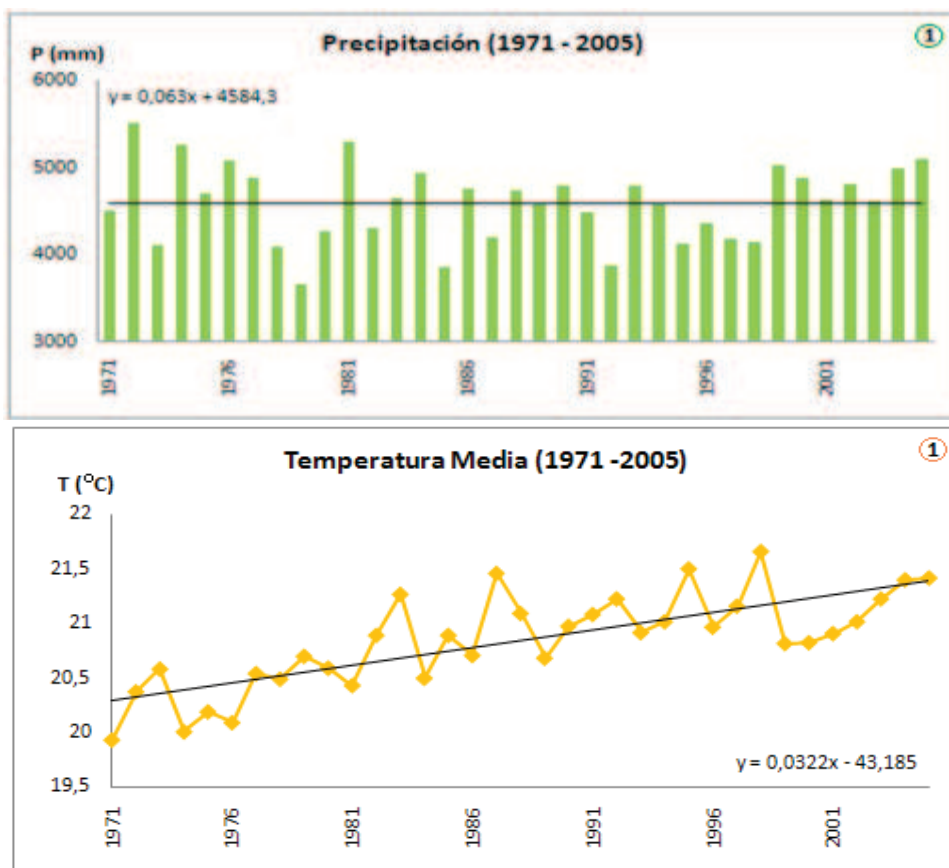


**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

### Estación El Puyo (M008)

Estación agrometeorológica operada por el INAMHI desde el 01 de enero de 1930, se localiza en la provincia de Pastaza a una cota de 960 m s.n.m..

**Gráfico 30.** Tendencia Precipitación, Temperatura y Evaporación Turc M008

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos, DAC

**Autor:** Adriana Troncoso, Juan Gabriel Barros

En el 0 se resumen las tendencias detectadas para cada una de las regiones, a partir de las variables precipitación y temperatura media.

**Cuadro 35.** Resumen de Tendencias por regiones

Variable / Región	Precipitación	Temperatura
<i>Costa</i>	Tendencia Creciente	Tendencia Creciente
<i>Sierra</i>	Tendencia Decreciente (excepto zona centro)	Tendencia Creciente (excepto zona centro est. Latacunga)
<i>Oriente</i>	Tendencia Fluctuante (pero constante)	Tendencia Creciente

## **6.2.CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

### **6.2.1. CONCEPTO CAMBIO CLIMÁTICO**

La tierra posee un equilibrio que depende de la cantidad de radiación solar que ingresa, además de la concentración de gases que proporcionan de manera natural el efecto invernadero.

Se tiene claro conocimiento de que el planeta presenta una dinámica de renovación, las cuales se han presentado en períodos de decenios a miles de millones de años, encontrándose la más relevante aquella producida en los ciclos de 100 000 años (periodos de glaciación e interglaciación).

Al intensificarse la actividad humana industrializada, el equilibrio existente en el planeta se trastorna y genera alteraciones en la manera en que se distribuyen las distintas variables climáticas a lo largo del tiempo, lo cual implica un cambio de un estado climático a otro.

Al hablar de actividad humana industrializada se hace referencia a la generación permanente de Gases de Efecto Invernadero (GEI), los que a través de sus moléculas absorben y emiten radiación de onda larga proveniente del sol, estas ondas son reflejadas de la superficie hacia el espacio, siendo los factores de control de transferencia de energía la interacción de las variables climáticas.

Al existir mayor cantidad de GEI dentro de la troposfera, las regulaciones que deben producirse para mantener el equilibrio, hace que la capacidad de las variables climáticas se altere, produciendo un incremento en la temperatura, provocando la evaporación de las grandes masas de agua, derivándose en el incremento de las precipitaciones y por lo tanto de la humedad relativa.

Al ser un ciclo acelerado, los procesos se deriva en eventos extraordinarios (tifones, huracanes, tormentas, El Niño, La Niña, etc) con tiempos de ocurrencia demasiado cortos, dejan de obedecer a proceso cíclicos y paulatinos.

### **6.2.2. CONCEPTO VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

Es un proceso que responde a análisis estadísticos dentro de escalas temporales y espaciales, el cual puede corresponder a fases internas del sistema climático o fenómenos externos de igual manera naturales (REYES, S.; 2001).

La variabilidad climática se identifica en periodos cortos de tiempo, tiempo en el cual se observan oscilaciones alrededor del valor medio de la serie, la diferencia existente entre el valor puntual y el medio de la serie se lo conoce como anomalía, el conjunto de anomalías determina la variabilidad climática (IDEAM, 2005).

### **6.2.3. ANALISIS DEL ESTUDIO**

Con base en los estudios realizados se puede concluir que el Ecuador está sometido a un incremento notorio de la temperatura en las tres regiones del país en el lapso de 35 años. Uno de los factores que influyen notablemente en el incremento de temperatura es el cambio del uso del suelo en varias zonas del país y los grandes procesos de industrialización, lo que nos da la certeza de que estamos dentro del proceso denominado cambio climático al interior del país, mas aun es importante tener en cuenta que el planeta ha sufrido fluctuaciones permanentes en el clima, las cuales se producen en millones de años, lo que lleva a pensar que el proceso de cambio que estamos registrando puede responder a una pequeña parte ascendente de estas variabilidades climáticas que posee el planeta.

Ahora se debe analizar de manera aislada el proceso que presenta la precipitación dentro del país en cada unas de las regiones, puesto que no presenta una única tendencia.

Para el caso de la región costa se detectó que el incremento de precipitaciones es un hecho real, puesto que se presenta un fenómeno muy acelerado en el ciclo del

agua debido a las altas temperaturas y el rápido proceso de evaporación que se vinculan entre sí.

Para la región sierra se observa que las precipitaciones tiene un descenso en el transcurso de 35 años consecutivos, que al vincularlo con la presencia de altas temperaturas y continuas corrientes de aire que arrastran la poca humedad del ambiente, generan un cambio inverso al proceso de la región costa, con la peculiaridad de temperaturas extremas.

El proceso que se observa en la región oriental es diferente a las dos regiones anteriores, el incremento de temperatura se manifiesta pero no genera vínculo en las precipitaciones de la zona, su tendencia a lo largo de 35 años se mantiene constante, debido a la cobertura vegetal, la baja industrialización y el cambio lento en el uso del suelo, además de la presencia de corrientes provenientes del Caribe y el océano Atlántico, las cuales mantiene a la región con el grado de humedad necesario para que las precipitaciones ni se incrementen ni disminuyan.

La dinámica inherente de los fluidos genera que zonas expuestas a continuos cambios de dirección de las corrientes de aire, produzcan procesos acelerados dentro de las dinámicas del clima, debido a las coyunturas existentes entre una variable climática a otra. Adicionalmente a este comentario se debe señalar que dentro de las gráficas y estudios realizados se detecta la presencia de una corriente en sentido diagonal al país la cual ingresa por el golfo de Guayaquil y toma una dirección hacia el norte de la región sierra, la que modifica las tendencias generales en ciertos sectores

#### **6.2.4. DETECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO (INAMHI, 2001)**

De manera puntal se debe establecer la diferencia existente entre variabilidad climática y el cambio climático; el primero es un proceso presente de forma natural en el sistema como por ejemplo los fenómenos El Niño y La Niña, los cuales recurren a periodos de tiempo significativamente largos; en cambio el

cambio climático responde a procesos acelerados y progresivos, que no responden a fenómenos cíclicos.

Gran parte de las actividades que el hombre desarrolla están directamente relacionadas con la variabilidad climática, ya que sus ciclos han sido registrados de manera constante para establecer patrones de conducta que les permita asociar periodos de tiempo con procesos productivos principalmente.

Al generarse cambios en la manera en que se originan y presentan las variables climáticas, las actividades que están asociadas a dicha variabilidad se ven afectadas en su desarrollo, ya que limitan la capacidad del ser humano en la generación de bienes y servicios.

De manera semejante, procesos recurrentes dan la posibilidad de prevenir la presencia de fenómenos extremos asociados con lluvias intensas y los periodos secos como sequías; escenario que desatan desbordamientos, deslizamientos, inundaciones y represamientos para el primer caso y tormentas de polvo, e incendios forestales para el segundo caso.

Dentro del contexto del estudio sobre cambio climático en el Ecuador realizado por el INAMHI para el año 2001, los parámetros en los cuales se centra la investigación son la precipitación, las temperaturas máximas y mínimas absolutas y la temperatura media, a las cuales se les analiza a través de medias móviles lo que les permite filtrar tendencias en series temporales.



## CAPÍTULO 7.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1.CONCLUSIONES

- " Ecuador se conforma por cuatro regiones naturales, tres de ellas se localizan dentro del continente las cuales se las distingue tanto por sus características, geográficas, topográficas, hidrográficas, orográficas; la ubicación del Ecuador dentro del cinturón de bajas presiones atmosféricas permite la convergencia de masas de aire caliente y húmedas proveniente de las latitudes sobre y bajo la línea ecuatorial, con características de temperatura y humedad propias. El país se localiza dentro de la Zona Intertropical Tórrida o Tropical la cual tiene la particularidad de presentar variaciones en las temperaturas mensuales entre 2°C y 5°C de temperatura durante todo el año, adicionalmente la presencia de la cordillera de los Andes constituye un componente más para la presencia de diversos climas en nuestro país.
- " Un fenómeno importante que se produce en las costas ecuatorianas, es la presencia continua de la corriente de Humboldt, corriente que posee la particularidad de registrar tendencias bajas en la temperatura del agua para regiones intertropicales y subtropicales, además la presencia de vientos alisios empujan las aguas calientes superficiales del Pacífico, creando así las corrientes norte y sur ecuatoriales que son parcialmente compensadas por una contracorriente ecuatorial.
- " Además la influencia de "El Niño" hace que cuando está presente, las precipitaciones diarias se caractericen por un incremento de su intensidad, en la zona bajo influencia de este fenómeno.
- " Es importante indicar que de las variables del clima, la de mayor importancia es la precipitación ya que es por ella que se generen resultados biológicos además de la descomposición de suelos, la presencia de erosión así como

también la fracturación de rocas, lo cual establece las actividades directas del hombre con la superficie.

- " Ecuador cuenta con una red meteorológica de alrededor 1 197 estaciones, las cuales se encuentran distribuidas en todo el país, de la cantidad total de estaciones inventariadas se conoce que 364 estaciones se encuentran en funcionamiento actualmente.
- " En el siguiente cuadro se puede observar que de la cantidad total de estaciones recopiladas.

<b>Tipo de Estación</b>	<b>N° estaciones</b>	<b>%</b>
Estaciones – Pluviométricas	92	42,40
Estaciones – Pluviográficas	16	7,37
Estaciones - Climatológica Principal	18	8,29
Estaciones - Climatológica Ordinaria	47	22,12
Estaciones - Climatológica Especial	1	0,46
Estaciones - Agrometeorológicas	12	5,53
Estaciones - Aeronáuticas	30	13,82
<b>Total</b>	216	

- " Para el relleno de información se generan regresiones y se admiten como aceptables aquellas que presentan su coeficiente de correlación  $r > 0,7$ , aquella información que no pudo ser rellena se la utilizó como referencial para la generación de los mapas, a continuación se observa que el porcentaje de vacíos por cada una de las variables.

Variable	Costa		Sierra		Oriente	
	cantidad	%	cantidad	%	cantidad	%
Precipitación Media	916	3,51	5 483	9,07	1 309	25,97
Temperatura Media	0	0,00	1 439	5,56	0	0,00
Temperatura Máxima Absoluta	1 729	17,90	7 590	33,47	0	0,00
Temperatura Mínima Absoluta	1 622	16,79	6 799	33,04	0	0,00
Evaporación	8 353	94,71	18 976	96,13	1 581	94,11
Humedad Relativa	3 526	27,98	6 972	25,94	803	27,31
Heliofanía	328	6,51	664	7,53	437	34,68
Radiación Solar	0	0,00	0	0,00	366	43,57

" En el siguiente cuadro se aprecia que de la cantidad total de estaciones por región, tiene una concentración importante en la región sierra con más del 65% a lo largo de la faja andina.

Tipo de Estación	Costa	Sierra	Oriente
Estaciones – Pluviométricas	28	63	1
Estaciones – Pluviográficas	1	14	1
Estaciones – Climatológica Principal	6	12	0
Estaciones – Climatológica Ordinaria	15	30	2
Estaciones – Climatológica Especial	0	1	0
Estaciones – Agrometeorológicas	4	6	2
Estaciones – Aeronáuticas	9	17	4
<b>Sub Total</b>	63	143	10
<b>Porcentaje (%)</b>	29,17	66,20	4,63
<b>Total</b>	216		

" En relación a la distribución altitudinal de las estaciones, en el siguiente cuadro se observa las mayores concentraciones.

Tipo de Estación	0-500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 3000	>3000
Estaciones - Pluviométricas	29	2	7	28	26
Estaciones - Pluviográficas	2	0	5	4	5
Estaciones - Climatológica Principal	6	0	5	2	5
Estaciones - Climatológica Ordinaria	13	2	2	23	7
Estaciones - Climatológica Especial	0	0	0	0	1
Estaciones - Agrometeorológicas	5	1	1	4	1
Estaciones - Aeronáuticas	12	3	3	12	0
<b>Sub Total</b>	67	8	23	73	45
<b>Porcentaje</b>	31,02	3,70	10,65	33,80	20,83

" Cuantitativamente se puede decir que el Ecuador cuenta con una superficie total de 256 370km<sup>2</sup>, en donde para la región costa una estación cubre un área

de aproximadamente 1 262km<sup>2</sup>, lo que equivale el 1,59% del área regional; para la sierra se tiene un área cubierta de 631m<sup>2</sup> por estación, lo que equivale al 0,70% de la superficie andina y en el oriente, que es la sección más vulnerable, vemos que una estación abriga un área de 8 779km<sup>2</sup>, lo que corresponde el 10% del espacio.

- ” Un procedimiento que se aplica para conocer la homogeneidad de la información es el test de secuencias, en el siguiente cuadro observamos que la cantidad de estaciones heterogénea es alta en el país para cada una de las variables, lo que nos muestra de alguna manera que la información meteorológica no ha tenido una adecuada manipulación, ya que la homogeneidad trata de reflejar cambios en la ubicaciones de las estaciones, vacíos en las series de información, daños en los equipos, cambios bruscos del clima, deforestaciones e incendios

Variable	Homogéneo		Heterogéneo		Incierto		Total
	cantidad	%	cantidad	%	cantidad	%	
Precipitación Media	142	65,1%	46	21,1%	30	13,8%	218
Temperatura Media	23	23,2%	70	70,7%	6	6,1%	99
Temperatura Máxima Absoluta	23	28,4%	25	30,9%	33	40,7%	81
Temperatura Mínima Absoluta	27	35,5%	19	25,0%	30	39,5%	76
Evaporación	7	9,7%	24	33,3%	41	56,9%	72
Humedad Relativa	29	28,2%	44	42,7%	30	29,1%	103
Heliofanía	24	66,7%	8	22,2%	4	11,1%	36
Radiación Solar	3	50,0%	2	33,3%	1	16,7%	6

- ” Las curvas de doble masa permitir de manera gráfica analizar la calidad de la información, detectar disminuciones o incrementos de las variables consideradas dentro del periodo de estudio. De las estaciones seleccionadas se concluye que tienen una tendencia aceptable, ya que mantienen una única pendiente a lo largo de toda la serie, con la existencia de dos desviaciones con tendencias paralelas a la principal asegurando que los cambios visibles son procesos ligados a la variabilidad climática.
- ” La información utilizada corresponde al periodo 1971 a 2005, acogiendo la recomendación de la OMM de que el periodo de análisis de datos meteorológicos sea de aproximadamente 30 años, iniciando en cualquier año

que termine en 1, pero de manera adicional se ha tratado de que este estudio recoja la información de los últimos años publicados por el INAMHI.

- " A través de las curvas de masas residuales, tenemos una idea clara de los periodos húmedos y secos que se han presentando en el tiempo; tanto para la sierra como para la costa se tiene tres periodos húmedos y tres periodos secos, es decir, se tiene la presencia de un ciclo completo y un medio ciclo adicional, el cual comienza a mediados de la década de los 90s, los periodos en la región oriente tienen otro comportamiento, sus lapsos de duración tienen a ser mayores, aunque dentro de los 35 años de estudio mantiene la misma cantidad de ciclos que las estaciones en la sierra y la costa.
- " Para la precipitación máxima se observa la distribución areal de las precipitaciones máximas anuales; se identifica que las precipitaciones entre 4 000 y 4 500 mm se presentan en el 19,7 % del área del Ecuador, siendo este el mayor porcentaje para esta variable climática.
- " Se observa la distribución areal de la precipitación media, correspondiendo el mayor porcentaje de área de cobertura (20.8 %) a la lluvia entre 3 000 a 3 500 mm de lámina anual.
- " Se observa los valores que presentan los rangos de variación para la variable precipitación mínima, siendo el rango mayor dentro del territorio de 2 000 a 2 500 mm con un porcentaje de 23,18%.
- " Se presentan los rangos de variación para la variable temperatura máxima absoluta, el mayor porcentaje es de 32 a 34 °C dentro del Ecuador, alcanzando el 30,12 % del área total.
- " Se presentan los valores de variación para la temperatura media, donde se determina que el rango con mayor incidencia dentro del territorio es entre 24 a 26 °C con un porcentaje del 31,89 % del territorio nacional.
- " Se presenta los rangos de variación para la temperatura mínima absoluta, siendo el rango entre 18 a 20 °C el valor con mayor presencia dentro del territorio nacional, abarcando un área de 22,07 % del total.
- " Se observa los rangos de variación para la evaporación media en el país, aproximadamente entre 700 a 850 mm al año es el valor más representativo, se ubica en el 33,86 % del territorio nacional continental.

- " Se observa que el rango de variación para la humedad relativa media en el país es mayor entre 81 a 84% localizado en el 30,95 % del país.
- " El mapa de isolíneas de la precipitación máxima muestra que la distribución espacial es similar para la región costa y el oriente, presentándose concentraciones en forma de núcleos de máximos y mínimos en las estribaciones de las cordilleras correspondientes y en la región sierra donde se ubican las hoyas.
- " La presencia de núcleos en el mapa de precipitación media se mantiene aunque su concentración no es puntual, pues su área de influencia abarca una mayor área, se observa claramente la diferencia entre la costa norte y la costa centro sur del país, la primera tiende a registrar valores altos y la segunda muestra una escases de lluvias. Por el contrario la región oriental muestra una tendencia media a incrementar las precipitaciones al adentrarse hacia la zona selvática.
- " Para la precipitación mínima absoluta, la presencia de núcleos es evidente, presentándose los valores mínimos sobre las hoyas de la región interandina, aumentando de manera gradual hacia la costa hasta un máximo de 2 000 mm localizado en la zona norte del país, concentrándose en un núcleo de valores altos, que tiende a disminuir nuevamente al acercarse hacia el perfil costanero. El comportamiento de la precipitación mínima en la región oriente tiene un comportamiento distinto a lo que sucede en la costa, sus mayores valores se localizan en una franja circundante a la propia Amazonía, en aquellos sectores donde la actividad humana se ha incrementado.
- " La temperatura máxima sobre el territorio nacional, se distribuye de tal manera que el gradiente se incrementa mientras se aleja de las cordilleras occidental y oriental, presentándose un núcleo muy claro de máximas precipitaciones en la región costa específicamente sobre la provincia de Manabí, y un incremento máximo en la región más extrema de la Amazonía, en la región sierra se observa presencia de pequeños núcleos localizados sobre hoyas específicas de la región.
- " Con base en el mapa isolíneas de temperatura media se puede indicar que de manera semejante a la temperatura máxima absoluta, la distribución de la temperatura se incrementa mientras más se aleja de la región sierra,

concentrándose los valores máximos para la costa en los sectores de la provincia de Manabí, el Golfo de Guayaquil y el perfil costanero de la provincia de Esmeraldas, los valores mínimos de temperatura se presentan en aquellos lugares en donde la altitud del terreno alcanza sus picos.

- " La isolínea de temperatura mínima absoluta, presenta núcleos de valores mínimos los cuales se localizan en zonas altas de la región sierra, su valor más extremo se localiza sobre la estación ubicada en el volcán Cotopaxi donde se presentan valores bajo cero, los valores más altos de esta distribución se presentan en la costa centro y norte y en el centro de la región oriental la cual se extiende hasta la región fronteriza.
- " Si observamos el mapa de isolíneas de evaporación podemos ubicar la existencia de núcleos de valores máximos y mínimos, para cada una de las regiones se observa que en aquellos sitios donde se presentan las mayores temperaturas y las menores precipitaciones se tiene altos valores de evaporación y de manera opuesta donde se presentan las menores precipitaciones y temperaturas bajas los valores de evaporación no llegan a presenta evaporaciones mínimas.
- " Con relación a la humedad relativa en el mapa se observa que la menor humedad se localizan en región sierra y en la parte centro de la región costa ubicada de manera específica en la entrada del golfo de Guayaquil; mientras que la mayor humedad se localizan en la región centro norte y sur de la región costa y de manera completa en la región oriente.
- " El siguiente cuadro se recopila la información representativa del país, recopilando aquellos valores extremos existentes en los últimos 35 años.

VARIABLE	VALOR MAX.	MEDIA	VALOR MIN.
Precipitación (mm)	El Corazón (M123)	Costa norte y Sierra centro	Costa
	2 014,0	98,1	0,0
T. Media Mensual (°C)	Arenillas (M179)	Costa Centro	Cañar (M031)
	32,5	18,3	1,7
T. Máxima Absoluta (°C)	Nuevo Rocafuerte (M007)	Sierra Sur	Pisayambo (M219)
	34,9	24,1	8,8
T. Mínima Absoluta (°C)	Machala Utm (M185)	Costa Centro	Tulcán (M059)
	27,1	15,0	0,6
Evaporación (mm)	Jama (M167)	Sierra Centro	El Corazón (M123)
	315,60	87,86	1,70
Humedad Relativa (%)	Cotopaxi (M120)	Costa y Sierra Sur	Quimiag (M095)
	99,0	81,4	10,3
Heliofanía (h)	Olmedo Pichincha (M023)	Sierra Norte	El Puyo (M008)
	329,9	113,4	0,0
Radiación Solar	Izobamba (M003)	Oriente Centro	El Puyo (M008)
	503,62	293,23	157,50

” Como un método de comparación se ha recopilado la información existente del 2006, para este análisis en especial se trabaja solo con la información histórica, la que se presenta en el siguiente cuadro.

VARIABLE	VALOR MAX.	MEDIA	VALOR MIN.
Precipitación (mm)	Pinllopata (M367)	Atahualpa-Ibarra (SEIB)	Costa
	1408,1	105,6	0,0
T. Media Mensual (°C)	Los Perales San Vicente (SESV)	El Puyo (M008)	Papallacta (M188)
	28,8	21,0	9,3
T. Máxima Absoluta (°C)	Portoviejo (M005)	Sierra centro y sur	Papallacta (M188)
	38,8	28,0	17,2
T. Mínima Absoluta (°C)	Babahoyo (M051)	Baños (M029)	San Gabriel (M103)
	22,8	12,0	1,0
Evaporación (mm)	Zapotillo (M151)	Sierra centro y sur	El Corazón (M123)
	258,2	101,2	7,4
Humedad Relativa (%)	Costa centro	Sierra	Camilo Ponce (SETM)
	97,0	80,0	42
Heliofanía (h)	Tomalón (MA2T)	Babahoyo (M051)	El Corazón (M123)
	252,8	116,0	11,4

” Los valores máximos, se pueden apreciar en el sur del país, en cambio los mínimos para temperatura están en *Mariscal Sucre (M043)*, y para



evaporación en *El Corazón (M123)*, se puede distinguir que los valores mínimos se encuentran en lugares interiores de la región costera.

- " Se puede percibir el aumento de humedad en los primeros seis meses del año, su porcentaje máximo es del 99 %, al interior de la Costa Centro, mientras el valor mínimo es de 44% en *Camilo Ponce-La Toma (SETM)*, los aumentos de humedad son confirmados con los aumentos en la precipitación, temperatura, y evaporación en esos meses, al igual que los valores en heliofanía.

### **Región Costa**

- " Dentro del análisis de tendencias se reconoce que las lluvias para la región costa comienzan en los meses de Noviembre-Diciembre, extendiéndose hasta los meses de Marzo-Abril, teniendo su pico en estos meses, con un mínimo en Julio, Agosto, y Septiembre, con ausencias de lluvias en muchos meses.
- " La tendencia de la precipitación es ascendente, la gradiente positiva es de un promedio de 5, la tendencia de la temperatura es también ascendente, con una gradiente casi 5 veces menor a la precipitación, la evaporación toma también una tendencia creciente, lo cual parece lógico por la conexión que esta variable tiene con la temperatura.
- " La temperatura para la región costa es mayor en los meses de Diciembre a Abril, y baja en los meses de Julio a Octubre, se puede apreciar casi una misma variación en los gráficos de evaporación pero resulta curioso que en los meses de febrero-marzo, hay un descenso en los valores de evaporación contrario al aumento apreciable de temperatura, esta diferencia también se manifiesta pero en sentido contrario de signos, en los meses de agosto-septiembre, donde encontramos un crecimiento de evaporación pero un descenso de temperatura, casi la misma anomalía se encuentra en los gráficos de heliofanía, lo que se puede entender por la presencia de corrientes bajas o altas de aire.
- " Para el caso de la región costa se detectó en el análisis de tendencias que el incremento de precipitaciones es un hecho real, puesto que se presenta un

fenómeno muy acelerado en el ciclo del agua debido a las altas temperaturas y el rápido proceso de evaporación que se vinculan entre sí.

### **Región Sierra**

"

" En la región sierra se puede apreciar que la época de lluvias comienza en Noviembre y termina en Abril, los meses restantes son de pocas lluvias, teniendo su mínimo en el mes de Agosto, los gráficos de heliofanía, guardan una similitud con este formato, lo cual parece un poco contradictorio, pero se puede ver con esta contradicción los variados días que tiene la Sierra ecuatoriana.

" La temperatura tiene un promedio de 13 °C para la región sierra, su valor máximo es de 28°C, y su mínimo de 1°C, este máximo se da entre los meses de Noviembre-Enero, y los mínimos entre Abril-Junio. Los periodos de mayor y menor evaporación son muy variados entre las diferentes estaciones, lo que se puede apreciar claramente es la tendencia creciente de la variable, y la máxima humedad relativa, se localiza en los meses de Marzo, Abril y Mayo, mientras los mínimos en Julio, Agosto y Septiembre.

" Para la región sierra se observa que las precipitaciones tiene un descenso en el transcurso de 35 años consecutivos, que al vincularlo con la presencia de altas temperaturas y continuas corrientes de aire que arrastran la poca humedad del ambiente, generan un cambio inverso al proceso de la región costa, con la peculiaridad de temperaturas extremas.

"

### **Región Oriental**

" Las precipitaciones en la región oriental son constantes, no se encuentra un periodo mensual de cero, tenemos un máximo de 3467, 54 mm, siendo este valor el mayor en las tres regiones, se puede ver un incremento de lluvias en los meses de Marzo a Agosto, teniendo picos pronunciados en los meses de Junio.

- " Para la región amazónica la temperatura es muy horizontal, casi no se tiene cambios, las pequeñas oscilaciones se ubican en los meses de Julio y Mayo respectivamente, la evaporación presenta picos más pronunciados, pero se puede ver con claridad sus máximos valores en los meses de Diciembre-Enero.
- " Se tiene los valores más bajos de Heliofanía, y Evaporación, comparados con las otras dos regiones, esto se puede entender por la gran nubosidad y temperatura con la cual se caracteriza la región oriental.
- " El proceso que se observa en la región oriental es diferente a las dos regiones anteriores, el incremento de temperatura se manifiesta pero no genera vínculo en las precipitaciones de la zona, su tendencia a lo largo de 35 años se mantiene constante, debido a la cobertura vegetal, la baja industrialización y el cambio lento en el uso del suelo, además de la presencia de corrientes provenientes del Caribe y el océano Atlántico, las cuales mantiene a la región con el grado de humedad necesario para que las precipitaciones ni se incrementen ni disminuyan.
- " En el siguiente cuadro se encuentra un resumen de las tendencias detectadas durante este estudio para cada una de las regiones, en las variables precipitación, temperatura media y evaporación de Turc que vincula las variables anteriores, en donde se observa que las tendencias en las regiones son independientes entre ellas, pero presentan una predisposición al ascenso en las variables seleccionadas.

<b>Variable / Región</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Evaporación (Turc)</b>
<i>Costa</i>	Tendencia Creciente	Tendencia Creciente	Tendencia Creciente
<i>Sierra</i>	Tendencia Decreciente (excepto zona centro)	Tendencia Creciente (excepto zona centro est. Latacunga)	Tendencia Creciente (excepto en los últimos 10 años)
<i>Oriente</i>	Tendencia Fluctuante (pero constante)	Tendencia Creciente	Tendencia Creciente

- " Al existir una misma cantidad de agua pero un incremento de temperatura en la región, observamos que los valores de evaporación tienden ser mayores al paso de los 35 años, de manera adicional la presencia de vegetación selvática alta evita el ingreso de toda lámina de precipitación a la capa del suelo lo que

- genera un proceso acelerado de evaporación y precipitación continua debido al incremento de la temperatura en la zona.
- " Al intensificarse la actividad humana industrializada, el equilibrio existente en el planeta se trastorna y genera alteraciones en la manera en que se distribuyen las distintas variables climáticas a lo largo del tiempo, ya que al existir mayor cantidad de GEI dentro de la troposfera, las regulaciones que deben producirse para mantener el equilibrio, hace que la capacidad de las variables climáticas se incremente, produciendo un incremento en la temperatura, provocando la evaporación de las grandes masas de agua, derivándose en el incremento de las precipitaciones y por lo tanto de la humedad relativa.
  - " De manera puntal se debe establecer la diferencia existente entre variabilidad climática y el cambio climático; el primero es un proceso presente de forma natural en el sistema como son los fenómenos de El Niño y La Niña, los cuales recurren a periodos de tiempo significativamente largos, el segundo es un proceso reciente acelerado y progresivo, que no responde a fenómenos cíclicos.
  - " Con base en la distribución de caudales en las principales cuencas del país se puede concluir que se detecta que existe un déficit de agua para cubrir aquellos meses que corresponden a los periodos de secos, correspondientes a las épocas de estiaje definidos por años hidrológicos en la costa de julio a octubre, en la sierra de junio a septiembre y oriente de octubre a marzo y de manera particular el río Pastaza presenta la dificultad de no poder cubrir demandas a lo largo de todo el año puesto que la cantidad de extracciones que se tienen es mayor a su capacidad de reposición.
  - " El cambio climático que se vive en el país responde a transformaciones acentuadas en los procesos típicos de una región, los cuales se vinculan a una única variable como es la temperatura, el incremento excesivos genera alteraciones en los demás eventos los cuales se verán disminuidos, incrementados o sostenidos dependiendo de la presencia de corrientes marítimas o corrientes de aire, quienes son los portadores de humedad a una zona.

## 7.2.RECOMENDACIONES

Es importante que se realice una calibración del instrumental meteorológico en cada una de las estaciones existentes en el país, para que los datos con los que se trabajen a futuro constituyan información homogénea, adicionalmente se recomienda que las estaciones existentes en el país sean implementadas con nuevos equipos de medición, para que la capacidad de predicción, análisis de tendencias y generación de modelos climáticos en el país sea la más adecuada.

Se recomienda realizar un continuo levantamiento de información de cada una de las variables meteorológicas a partir del 2007, para mantener actualizada la base de datos, fundamento del desarrollo de un Atlas Climatológico.

Para obtener un Atlas Climatológico que contenga información a nivel mensual es necesario el levantamiento de datos en mayor número de estaciones que el desarrollado para este estudio.

Se recomienda un continuo control de la homogeneización de los datos, a través de estudios de rachas, y curvas de dobles masas, además es necesario de una actualización del inventario de las estaciones con una revisión en campo de los equipos existentes, y el control del real posicionamiento geográfico de las mismas.

El mantenimiento de las estaciones, y control de observadores en la toma de lecturas ayudará de manera significativa en el mejoramiento de la información.

Es necesario que el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología con ayuda de los entes gubernamentales afines, instalen un número de estaciones necesarias en sitios claves como valles, picos altos de las cordilleras y la región amazónica de tal manera que la modelación de las isolíneas se apegue de la mejor manera a la representación de la topografía en el Ecuador, para de esta manera procurar que el proceso de interpolación sea mayor al de extrapolación.

De manera adicional al punto anterior se recomienda que el incremento de estaciones en las regiones amazónica e insular se realice de forma conjunta para que en posteriores estudios del clima en el Ecuador se pueda realizar un análisis que incluya ambas regiones y que el grado de incertidumbre de las interpolaciones disminuya.

Es necesario que se mantenga la transferencia de información entre los entes que controlan las distintas estaciones meteorológicas del país, ya que permite mantener los modelos actualizados y la continuidad de los datos publicados en los anuarios, evitando confusiones en estudios posteriores al presente.

## CAPÍTULO 8.

### BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA, Anuarios Meteorológicos. Dirección de Informática. Quito

CASTILLO, Francisco; CASTELLVI, Francesc. Agrometeorología. Ediciones Mundi Prensa. Madrid 2001.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas Climatológico de Colombia. Imprenta Nacional de Colombia. Colombia 2005.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. Atlas de Energía Solar del Perú. Lima 2003.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to Climatological Practices. Secretariat of the World Meteorological Organization. Geneva 1983.

CHOW, Ven; MAIDMENT, David; MAYS, Larry. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. Bogota 1994.

CASAS, María del Carmen; ALARCÓN, Marta. Meteorología y clima. Ediciones UPC. Barcelona 1999.

MONSALVE, Germán. Hidrología en la Ingeniería. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995.

BLANDIN, C. Análisis y Estudios Climatológicos en el Ecuador. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Quito 1989

POURRUT, P. Los Climas del Ecuador – Fundamentos Explicativos. Orstom. Quito 1983.

NARANJO, Plutarco. El Clima Del Ecuador. Editorial Casa de la Cultura. Quito 1981.

ROSSEL, F. Influencia de El Niño sobre los Regímenes Hidro-Pluviométricos del Ecuador. Serie INSEQ N°18 1997.

RODRIGUEZ, Ivan. Evaluación de la Influencia del Campo Climático en las Sequías: Caso de estudio – Sierra Central. Escuela Politécnica Nacional. Quito 2006.

ORTEGA, Fernanda. Catastro de Estaciones Hidrometeorológicas del Ecuador. Quito 2006.

MOREANO, Ricardo. Sistema de información para la interpolación espacial y temporal de datos sobre el tiempo atmosférico y el clima del Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Quito 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA y MINISTERIO DEL AMBIENTE, Análisis del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos en el Ecuador Quito 2001

KENNEDY, John; NEVILLE, Adam. Estadística para Ciencias e Ingeniería. Editorial Harla. México 1982.

REYES, Sergio. Introducción a la Meteorología. Universidad Autónoma de Baja California. Baja California 2002.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. WMO Statement on the Status of Global Climate in 2005. Geneva 1983.

CENTELLA, A., MINISTERIO DEL AMBIENTE. Escenario de Cambio Climático en Ecuador utilizando el Sistema de Modelación Regionales PRECIS. Quito 2008.

IPCC. Clime Change: The Physical Science Bases, Contribution of Working Grouped I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental on Climate Change. Summary for Policymakers. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. Estudio de Lluvia Intensas. Quito 1999.

DIRECCIÓN DE AVIACIÓN CIVIL. Registros Climatológicos Mensuales. Quito 2008.



# **ANEXO**

**ATLAS CLIMATOLÓGICO DEL ECUADOR**