

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Trabajo de grado previo a la obtención del título de: Ingeniero Ambiental”

PROYECTO DE TITULACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO:

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL CANTÓN
CHAMBO.**

Autor:

Suárez Aróstegui Marlon Andrés

Tutor:

Ing. Iván Ríos PhD.

Riobamba – Ecuador

2018

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL CANTÓN CHAMBO”**

Presentado por: MARLON ANDRÉS SUÁREZ ARÓSTEGUI

Dirigida por: ING. IVÁN RÍOS PHD.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cuál se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remita la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para la constancia de lo expuesto firman:

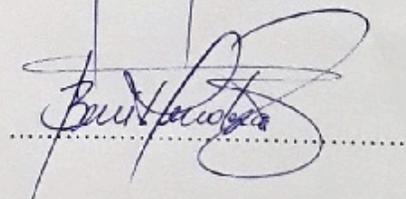
Ing. Iván Ríos PhD.

Tutor del proyecto



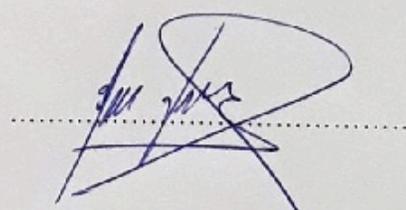
Ing. Benito Mendoza PhD.

Presidente del tribunal



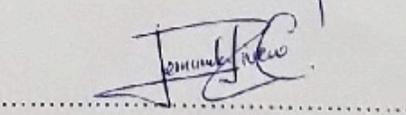
Ing. Mauro Jiménez Msc.

Miembro del tribunal



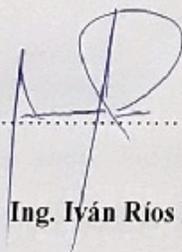
Ing. Ma. Fernanda Rivera C.

Miembro del tribunal



DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL** con el tema: : **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL CANTÓN CHAMBO”**, ha sido elaborada por el señor **MARLON ANDRÉS SUÁREZ ARÓSTEGUI**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con participación directa y contribuciones permanentes de mi persona en calidad de Tutor y directos del proyecto, por lo que se encuentra apoto para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Iván Ríos', is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and somewhat abstract.

Ing. Iván Ríos PhD

Tutor del proyecto

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **MARLON ANDRÉS SUÁREZ ARÓSTEGUI**, con cédula de identidad No. 060389172-2, soy responsable de las ideas, doctrinas resultados y propuesta realizadas en la presente investigación y el patrimonio intelectual de la misma Universidad Nacional de Chimborazo.



Marlon Andrés Suárez Aróstegui

C.I: 060389172-2

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, pues es él el encargado de llenar de bendiciones nuestras vidas, le agradezco por ponerme en el camino correcto.

Mi más profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mi madre por llenarme de motivaciones y por ayudarme a mejorar como persona.

A mis hermanos, tíos primos y familiares que, con un aliento de su voz supieron darme la fuerza para seguir adelante.

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo, especialmente a la carrera de Ingeniería Ambiental y a sus docentes por haberme formado para la vida profesional.

Agradezco también a mis amig@s que supieron apoyarme a lo largo del desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Iván Ríos y al Ing. Benito Mendoza quienes con su paciencia, tiempo, orientación y amistad, supieron guiarme a lo largo de éste trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Esta investigación esta dedicada a mi madre
María del Carmen Aróstegui Hidalgo,
por que es ese ser quien con su amor incondicional
me ha sabido apoyar en todos los aspectos de mi vida.

A mi hermano Sebastián que es como mi padre
por haberme enseñado lo que en realidad vale la pena,
por haberme apoyado cuando no encontraba salida,
te dedico esta investigación.

A mis enanos Santi y Mateo, por ser los que llenan
de alegría mi día a día
y porque me han enseñado que una palabra de niño
puede valer mucho mas que la de un adulto.

A mi abuela Piedad por apoyarme a lo largo
de mi carrera universitaria y por saber llenarme de amor y
a ti mi querido “coco” que
aunque ya no estás presente en nuestras vidas
sigues ahí, visitándome en mis recuerdos
y motivándome de la misma forma
en que lo hacías cuando estabas aquí.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

C.C: Cambio Climático.

V.C: Variabilidad Climática.

ET: Evapotranspiración.

ETr: Evapotranspiración Real.

ETo: Evapotranspiración Potencial o Teórica.

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

ENOS: El Niño Oscilación Sureña.

ÍNDICE

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
SIGLAS Y ABREVIATURAS	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT / SUMMARY	x
1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Problema	1
1.2.- Justificación	2
2.- OBJETIVOS	4
2.1.- General	4
2.2.- Específicos.....	4
3.- MARCO TEÓRICO	5
3.1.- Efecto Invernadero.....	5
3.2.- Calentamiento global.....	5
3.3.- Cambio Climático.....	5
3.4.- Variabilidad Climática.....	5
3.5.- Estaciones Meteorológicas.....	6
3.6.- Base de Datos meteorológicos.....	6
3.7.- Serie Temporal.....	6
3.8.- Curva masa de precipitación.....	6
3.9.- Estimación de datos de precipitación faltantes.....	7
3.10.- Métodos para la estimación de datos faltantes (Diarios y Mensuales).....	7
3.10.1.- Método de la Recta de Regresión Lineal.....	7
3.10.2.- Método de regresión normalizada.....	9
3.11.- Determinación de la Evapotranspiración Potencial por el método de Thornthwaite.....	9
3.12.- Anomalías Estandarizadas.....	10
3.13.- Parámetros sujetos al análisis en el proyecto de investigación.....	10
3.13.1.- Evapotranspiración (ET).....	10
3.13.2.- Temperatura (T).....	10
3.13.3.- Precipitación.....	11
3.14.- Correlación entre variables por el método de Pearson	11
4.- METODOLOGÍA	12
4.1.- Área de estudio para la investigación.....	12
4.2.- Obtención de la información climática	13
4.3.- Tratamiento de datos	14
4.4.- Validación de la información rellena.....	15
4.5.- Análisis de la base de datos.....	15
4.6.- Establecimiento de correlación entre variables	16
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1.- Base de Datos	17

5.1.1.- Precipitación	17
5.1.2.- Temperatura	17
5.2.3.- Evapotranspiración.....	18
5.2.- Validación de la información rellena.....	18
5.3.- Análisis de la Base de Datos	19
5.3.1.- Precipitación	19
5.3.1.1.- Análisis multitemporal mensual.....	19
5.3.1.2.- Anomalías de precipitación	21
5.3.1.3.- Hietogramas (Análisis Anual)	23
5.3.1.4.- Curva Masa de Precipitación	24
5.3.2.- Temperatura	26
5.3.2.1.- Análisis Multitemporal Mensual.....	26
5.3.2.2.- Análisis de Anomalías.....	26
5.3.3.- Evapotranspiración.....	27
5.3.3.1.- Análisis Multitemporal Mensual.....	27
5.3.3.2.- Análisis de Anomalías de Evapotranspiración	27
5.4.- Establecimiento de correlación entre variables	27
6.- CONCLUSIONES	29
7.- RECOMENDACIONES	30
8.- BIBLIOGRAFÍA.....	31
9.- ANEXOS.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE UBICACIÓN DEL CANTÓN CHAMBO.....	12
FIGURA 2. PRECIPITACIÓN MENSUAL DEL GRUPO 2 DE ESTACIONES, EN LOS 22 AÑOS DE ESTUDIO	20
FIGURA 3. ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN CEBADAS	22
FIGURA 4. HIETOGRAMA DE LOS 22 AÑOS DE ESTUDIO	24
FIGURA 5. CURVA MASA DE PRECIPITACIÓN, GRUPO 2 PERÍODO 3	25
FIGURA 6. GRÁFICO DE TEMPERATURA SEGUN MESES.....	26
FIGURA 7. DISPERSIÓN DE DATOS, CON LINEA DE TENDENCIA Y ECUACION DE RECTA	41
FIGURA 8. PRECIPITACIÓN MENSUAL DEL GRUPO 1 DE ESTACIONES	41
FIGURA 9. ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN GUANO.....	42
FIGURA 10. ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN GUASLÁN	43
FIGURA 11. ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN ESPOCH	44
FIGURA 12. ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN LICTO	45
FIGURA 13. ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN ALAO.....	46
FIGURA 14. HIETOGRAMAS GUANO PERÍODO 1.....	47
FIGURA 15. HIETOGRAMAS GUANO PERÍODO 2.....	47
FIGURA 16. HIETOGRAMAS ESTACIÓN GUANO PERÍODO 3	48
FIGURA 17. HIETOGRAMAS ESTACIÓN GUASLÁN PERÍODO 1	48
FIGURA 18. HIETOGRAMAS ESTACIÓN GUASLÁN PERÍODO 2.....	49
FIGURA 19. HIETOGRAMAS ESTACIÓN GUASLÑAN PERÍODO 3	49
FIGURA 20. HIETOGRAMAS ESTACIÓN ESPOCH PERÍODO 1	50
FIGURA 21. HIETOGRAMAS ESTACIÓN ESPOCH PERÍODO 2	50
FIGURA 22. HIETOGRAMAS ESTACIÓN ESPOCH PERÍODO 3	51
FIGURA 23. HIETOGRAMAS ESTACIÓN LICTO PERÍODO 1	51
FIGURA 24. HIETOGRAMAS ESTACIÓN LICTO PERÍODO 2	52
FIGURA 25. HIETOGRAMAS ESTACIÓN LICTO PERÍODO 3	52

FIGURA 26. HIETOGRAMAS ESTACIÓN CEBADAS PERÍODO 1	53
FIGURA 27. HIETOGRAMAS ESTACIÓN CEBADAS PERÍODO 2	53
FIGURA 28. HIETOGRAMAS ESTACIÓN CEBADAS PERÍODO 3	54
FIGURA 29. HIETOGRAMAS ESTACIÓN ALAO PERÍODO 1	54
FIGURA 30. HIETOGRAMAS ESTACIÓN ALAO PERÍODO 2	55
FIGURA 31. HIETOGRAMA ESTACIÓN ALAO PERÍODO 3	55
FIGURA 32. CURVA MASA DE PRECIPITACIÓN, GRUPO 1 PERÍODO 1	56
FIGURA 33. CURVA MASA DE PRECIPITACIÓN, GRUPO 1 PERÍODO 2	56
FIGURA 34. CURVA MASA DE PRECIPITACIÓN, GRUPO 1 PERÍODO 3	57
FIGURA 35. CURVA MASA DE PRECIPITACIÓN, GRUPO 2 PERÍODO 1	57
FIGURA 36. CURVA MASA DE PRECIPITACIÓN, GRUPO 2 PERÍODO 2	58
FIGURA 37. ANOMALÍAS DE TEMPERATURA ESTACIÓN GUASLÁN.....	59
FIGURA 38. ANOMALÍAS DE TEMPERATURA ESTACIÓN ESPOCH.....	60
FIGURA 39. ANOMALÍAS DE TEMPERATURA ESTACIÓN SANGAY.....	61
FIGURA 40. GRÁFICO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN MESES.....	62
FIGURA 41. ANOMALÍAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ESTACIÓN GUASLÁN.....	63
FIGURA 42. ANOMALÍAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN ESTACIÓN ESPOCH.....	64
FIGURA 43. ANOMALÍAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ESTACIÓN SANGAY.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 EFICIENCIA ESTADÍSTICA DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN OBTENIDO A UN 5% DE NIVEL DE SIGNIFICANCIA.....	8
TABLA 2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONTEMPLADAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	13
TABLA 3. VALIDACIÓN DE SERIES DE PRECIPITACIÓN RELLENADAS	18
TABLA 4. RESULTADOS DE LA CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES EN LA MISMA ESTACIÓN.....	28
TABLA 5. REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES ESTACIÓN GUANO	33
TABLA 6. REGISTRO DE PRECIPITACIONES ESTACIÓN ESPOCH.....	33
TABLA 7. REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES ESTACIÓN GUASLÁN	34
TABLA 8. REGISTRO DE PRECIPITACIONES ESTACIÓN LICTO.....	35
TABLA 9. REGISTRO DE PRECIPITACIONES ESTACIÓN ALAO	35
TABLA 10. REGISTRO DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN CEBADAS.....	36
TABLA 11. REGISTROS DE TEMPERATURA ESTACIÓN SANGAY.....	37
TABLA 12. REGISTROS DE TEMPERATURA ESTACIÓN GUASLÁN.....	37
TABLA 13. REGISTRO DE TEMPERATURA ESTACIÓN ESPOCH.....	38
TABLA 14. METODOLOGÍA DE LA RECTA DE REGRESIÓN LINEAL.....	39
TABLA 15. PARÁMETROS CALCULADOS EN EL MÉTODO DE RECTA DE REGRESIÓN LINEAL	39
TABLA 16. RECTA DE REGRESIÓN NORMALIZADA.....	40
TABLA 17. RECTA DE REGRESIÓN NORMALIZADA.....	40
TABLA 18. ESTIMACIÓN DE DATO FALTANTE DE TEMPERATURA.....	40
TABLA 19. CORRELACIÓN ENTRE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA ESTACIÓN ESPOCH.....	65
TABLA 20. CORRELACIÓN ENTRE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN ESTACIÓN ESPOCH.....	66
TABLA 21. CORRELACIÓN ENTRE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y TEMPERATURA ESTACIÓN ESPOCH.....	67
TABLA 22. CORRELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN ESTACIÓN GUASLÁN.....	68
TABLA 23. CORRELACIÓN ENTRE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y PRECIPITACIÓN ESTACIÓN GUASLÁN.....	68
TABLA 24. CORRELACIÓN ENTRE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y TEMPERATURA ESTACIÓN GUASLÁN.....	69
TABLA 25. CORRELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SANGAY.....	70
TABLA 26. CORRELACIÓN ENTRE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SANGAY.....	71
TABLA 27. CORRELACIÓN ENTRE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y TEMPERATURA ESTACIÓN SANGAY.....	72
TABLA 28. TABLA T DE STUDENT PARA EL TEST DE HIPÓTESIS R DEL MÉTODO DE PEARSON.....	73

RESUMEN

La variabilidad climática es un aspecto que se debe tomar en cuenta por los problemas de distinta índole que puede generar en un territorio. En el cantón Chambo no se cuenta con una base de datos adecuada donde se analice la variabilidad de los factores climáticos, para ello en esta investigación se estableció una base de datos respecto a precipitación, temperatura y evapotranspiración.

La información obtenida antes de ser sujeta a análisis fué tratada ya que existió dos problemas principales: el formato de registro oficial no permite manejarlo con libertad y existió una falta de datos en las estaciones meteorológicas. El programa usado fue Excel donde se completó los datos faltantes. Para los datos de precipitación se utilizó la metodología de regresión normalizada y la metodología de la recta de regresión lineal, también se realizó un análisis de la eficiencia de los datos rellenados. Para el factor de temperatura se usó el método de regresión estadística, mientras los datos de evapotranspiración se aplicó el método de Thornthwaite.

Se determinó que la precipitación presentó ciclos anuales levemente irregulares indicando que la afectación de los regímenes es leve. En la temperatura se observó que es un factor que posee leves fluctuaciones, en función de sus anomalías. Pero en evapotranspiración se notó irregularidades principalmente por que los datos reales y potenciales variaban en función de la estación.

El factor más irregular fué la precipitación, la variable más sensible a diferencia de las otras estudiadas. Además los factores no presentaron una correlación fuerte entre sí, no tienen dependencia directa el uno del otro debido a que en la zona de Ecuador, al existir diferentes tipos de ecosistemas el comportamiento climático es variado. Otra de las características notadas es que en los años 1997, 1998 y 1999, se registran las anomalías de precipitaciones más grandes del rango de datos estudiado.

ABSTRACT

Climate variability is an aspect that must be taken seriously because of the many problems that can be developed in a territory. In Chambo city there is not an adequate database where climate factors may be analyzed to understand variability of climatic factors, in this investigation a database of rainfall, temperature and evapotranspiration was established.

The information obtained before being analyzed, it was treated because there were found two main problems: the first one is related to the official data format that does not allow investigators to handle it with total freedom and there was a lack of data at weather stations. The used program was Excel where missing data was completed. For precipitation data fill, standardized regression methodology and Linear Regression methodology were used. An analysis of the efficiency of filled data was also made. For temperature factor, a statistical regression method was used; and to complete evapotranspiration data, it was applied Thornthwaite methodology.

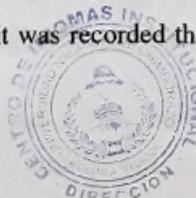
It was determined that the precipitation presented slightly irregular annual cycles indicating that schemes affectation are mild. Otherwise, temperature is a factor that has slight fluctuations, depending on its anomalies. But in evapotranspiration, irregularities were noted mainly because of real and potential data variability depending on the season.

The most irregular factor was precipitation, it is the most sensitive factor unlike the others studied. In addition, studied factors did not present a strong correlation, they do not have direct dependence on each other because in Ecuador there are different types of ecosystems, and so climate behavior varies. Another of the characteristics noted is that in years 1997, 1998 and 1999, it was recorded the largest precipitation anomalies of the data range studied.

Revised by:

Danilo Yépez O.

English profesor UNACH.



1.- INTRODUCCIÓN

El entendimiento de la variabilidad espacio temporal de los factores hidrológicos y en particular de la precipitación es un reto de gran importancia por las implicaciones ambientales, sociales, económicas y culturales de la distribución del recurso hídrico en cualquier país. Por otra parte, el análisis de los procesos hidrológicos bajo un contexto de cambio climático, además de incorporar mayor complejidad a dichos procesos, conlleva la necesidad de sumar esfuerzos hacia el entendimiento de la hidrología nacional con miras a una mejor gestión del recurso (Hurtado & Mesa, 2015).

Las líneas de investigación sobre la dinámica de los factores atmosféricos se centran en poder analizar, comprender y relacionar cómo es el comportamiento de estos; sin embargo, es importante poner atención y considerar que las actividades antrópicas pueden afectar directa o indirectamente a la evolución de estos factores en un área determinada y por ende, estos cambios pueden acarrear problemas socioeconómicos.

Para el cumplimiento de éste reto se genera una base de datos respecto a los factores ET, precipitación y temperatura con el objeto de poder conocer y entender como esta variabilidad ambiental ha ido evolucionando en un período de 22 años. Además de ellos se realiza una correlación entre los factores sujetos a estudio con el objeto de definir y comprender si es que los factores analizados poseen una relación fuerte entre sí.

1.1.- Problema

En la actualidad desde varios foros y plataformas institucionales a nivel mundial, se analizan de forma permanente la variabilidad climática concebida como el resultado de cambios naturales o antropogénicos en el forzamiento del sistema climático, las variaciones de intensidad de la radiación solar entrante, cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y de aerosoles, que actualmente son los más analizados y estudiados (Ríos, 2016).

En Ecuador el nivel de información sobre las diferentes fases del ciclo hidrológico presenta dos problemas fundamentales, el primero tiene que ver con la dispersión de información, la variedad de formato de registro y la falta de integración de la misma, el otro problema se refiere a la falta de un sistema de cobertura más detallado de información de los recursos hídricos. El

mayor registro y patrimonio para el análisis del ciclo del agua está relacionado con la información meteorológica (Ríos, 2016). Bajo este contexto, la problemática que surge para el análisis de datos respecto a las variables temperatura, precipitación y evapotranspiración se debe a la ausencia de una base de datos que posea información de cómo han sido los cambios de estos factores atmosféricos. Esta ausencia de información es fundamental para el entendimiento del comportamiento meteorológico.

Muchas veces las estaciones pueden dejar de registrar información en algunos periodos de tiempo, debido a fallas en los instrumentos o por ausencia del observador. Esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante (Cahuana & Yugar, 2009).

Para el análisis de los factores atmosféricos se requiere contar con una base de datos continuos que abarquen el intervalo propuesto para la investigación. Para tal fin, Cahuana y Yugar (2009) afirman: “La información pluviométrica o pluviográfica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada y analizada en tres aspectos importante: si los datos de la estación es completa, si es consistente y si es de extensión suficiente”(p.52).

1.2.- Justificación

Ecuador y el mundo en general se encuentran cursando una serie de cambios en los factores ambientales. Según Useros (2012) son sobradamente conocidas las interrelaciones del sistema hidrológico y los ciclos del agua, con la atmósfera y sus factores, y la dependencia que de estos dos tienen los distintos ecosistemas vivos. Las variaciones en uno y otro, especialmente la variación en los factores atmosféricos, determinan las características del clima y los efectos de este sobre los seres vivos y la especie humana, en particular.

El estudio de las precipitaciones es de vital importancia en la evaluación y predicción de la amenaza natural del área de estudio ya que es uno de los principales factores desencadenantes de los procesos de erosión, desbordamiento e inundaciones. Los datos climáticos precisos son de vital importancia para el manejo de recursos hídricos; sin embargo, son difíciles de estimar sobre todo en regiones donde la precipitación tiene una alta variabilidad espacial y las redes de pluviómetros son escasas, como es el caso del Ecuador (Castro, 2014)

Es importante contar con los datos, herramientas y metodología necesarias para poder abordar esta problemática identificando qué ciudades y en qué zonas se debe considerar planificar estrategias de adaptación para así acometer las inversiones necesarias (Barcena, Prado, Samaniego, & Ricardo, 2011).

En la provincia de Chimborazo especialmente en el cantón Chambo, no se cuenta con una base de datos idónea donde se pueda evidenciar cómo los factores ambientales atmosféricos han variado por la influencia del cambio climático respecto al tiempo. Por ello, para el desarrollo del análisis multitemporal, esta desinformación o desconocimiento genera una escasa comprensión de cómo han cambiado los factores mencionados, tampoco nos permite establecer una relación adecuada entre las mismas y no se podría estimar como seguirá siendo su comportamiento en el futuro. Los resultados de esta investigación generan una base de datos importante para poder entender como estas variables mencionadas han evolucionado a lo largo del tiempo por causa del cambio climático que, si bien se puede sentir y evidenciar sus efectos, no se tiene un registro de su comportamiento y de la relación entre los mismos. Por tal motivo se han desarrollado metodologías para el tratamiento y análisis de datos climáticos las cuales nos ayudan a mitigar los problemas mencionados anteriormente.

2.- OBJETIVOS

2.1.- General

Realizar un análisis multitemporal de la variabilidad climática de los factores ambientales: Precipitación, Temperatura, Evapotranspiración; en el cantón Chambo en la provincia de Chimborazo.

2.2.- Específicos

Establecer una base de datos respecto a los cambios en el tiempo de los factores precipitación, evapotranspiración y temperatura la zona de estudio.

Estudiar la variabilidad climática de la precipitación, temperatura y evapotranspiración en un periodo de 22 años.

Realizar una correlación de las variables de precipitación, temperatura y evapotranspiración en el cantón Chambo.

3.- MARCO TEÓRICO

3.1.- Efecto Invernadero.

Mecanismo por medio del cual la atmósfera de la tierra se calienta gracias a delgada capa de gases que rodea al planeta, es muy importante dado que en ella residen los gases que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta, además de que la atmósfera representa un medio importante en el que reside una buena parte de la vida de la Tierra (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007).

3.2.- Calentamiento global.

El calentamiento global se entiende como el aumento de las temperaturas del planeta debido al incremento de concentración de los gases de efecto invernadero que son responsables de este efecto. parte de la radiación solar que llega hasta la Tierra es retenida en la atmosfera. Como resultado de esta retención de calor, la temperatura promedio sobre la superficie de la Tierra alcanza unos 60 °F, lo que es propicio para el desarrollo de la vida en el planeta. No obstante, como consecuencia de la quema de combustibles fósiles y de otras actividades humanas asociadas al proceso de industrialización, la concentración de estos gases en la atmosfera ha aumentado de forma considerable en los últimos años (Weart, 2007).

3.3.- Cambio Climático.

Se puede decir que el cambio climático es la consecuencia a largo plazo de los dos fenómenos anteriormente mencionados. El IPCC (2007) indica que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco y que en su mayor parte se debe muy probablemente al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) provocado por actividades humanas como el uso extendido de combustibles fósiles (el petróleo, el gas o el carbón), la descomposición de residuos urbanos o ganaderos y los cambios en el uso de la tierra como consecuencia”.

3.4.- Variabilidad Climática.

La variabilidad climática es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o lluvia, varían de un año a otro. Incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones extremas, como las variaciones del número de aguaceros de un verano a otro. La

variabilidad climática es mayor a nivel regional o local que al nivel hemisférico o global (Quintero & Carvajal, 2012).

3.5.- Estaciones Meteorológicas.

Son dispositivos que contienen por lo menos un sensor, un dispositivo de acondicionamiento de la señal y un dispositivo para visualizar el dato (Renom, 2011).

3.6.- Base de Datos meteorológicos.

Es una serie de datos que contienen la información sobre el clima de varios sitios, se conforma de varias tablas con información; algunas de estas tablas contienen información climática, o sea datos de temperatura, precipitación evaporación y fenómenos naturales que son visibles al ojo humano, como tempestad eléctrica, granizo, niebla y estado del cielo. Otras tablas contienen información del sitio donde fueron registrada la información climática, como lo es la localidad, el municipio, coordenadas geográficas, cuenca La información climática es generada con la ayuda de instrumentos de medición de temperatura (termómetro), de precipitación (pluviómetro) y de evaporación (tanque de evaporímetro), todos estos debidamente emplazados en una estación meteorológica (Renom, 2011)

3.7.- Serie Temporal.

Una serie temporal o cronológica es una sucesión de observaciones de una variable tomadas en el transcurso del tiempo, de manera que los valores que toma la variable aparecen ordenados en el tiempo. Toda serie temporal refleja el comportamiento de una variable en el tiempo. Idealmente, suponemos que las observaciones se toman en intervalos regulares de tiempo y que no faltan observaciones intermedias (de la Fuente, 2008).

3.8.- Curva masa de precipitación.

La curva masa de precipitación según Cahuana y Yugar (2009), es la representación de la precipitación acumulada (diaria, mensual y/o anual) versus el tiempo y en orden cronológico. Esta curva se la obtiene directamente del pluviograma. La curva de masa de precipitación, en una curva no decreciente, la pendiente de la tangente en cualquier punto de la curva representa la intensidad instantánea en ese tiempo.

3.9.- Estimación de datos de precipitación faltantes.

En la mayoría de los estudios relacionados con hidrología y en investigaciones de los recursos naturales o relacionados con el medio ambiente, el punto de partida es la estimación de las precipitaciones. Por ello, conocer el comportamiento y la forma de evaluación que tiene la precipitación es de gran importancia. En la estimación de la precipitación, cuando hay carencia de datos, existen diversos métodos que van desde avanzadas tecnologías como el uso de satélites, programas estadísticos y modelaciones hidrológicas. Para la determinación de los datos faltantes se utilizan variados métodos, los cuales normalmente se basan en fórmulas empíricas, donde se relacionan determinadas variables hidrológicas que, independientemente de su base teórica, responden a la estructura de un estudio estadístico (Pizarro & Ausensi, 2009).

3.10.- Métodos para la estimación de datos faltantes (Diarios y Mensuales).

Según Cahuana y Yugar (2009) exponen que: “entre los métodos de estimación de registros diarios y mensuales faltantes se tienen:

- Método del promedio aritmético
- Método de la regresión normalizada
- Método del U. S. Nacional Weather Service
- Método Racional Deductivo”.

3.10.1.- Método de la Recta de Regresión Lineal.

Para completar registros anuales en uno o más años, seguidos o intercalados, el uso de regresión lineal entre la estación incompleta y otra u otras cercanas es de enorme ayuda para estimar valores faltantes. Se debe efectuar la regresión y obtener la correlación (coeficiente de determinación) para evaluar la bondad del ajuste lineal. Es preciso notar que para efectuar el análisis de regresión se debe cumplir que las series sean independientes e idénticamente distribuidas (Pizarro & Ausensi, 2009).

Para el cálculo de los datos faltantes por este método, se utilizarán las siguientes expresiones:

$$\text{Varianza en X} = S_X^2 = \frac{\sum X_i^2}{n} - (\text{media de X}) \quad (1)$$

$$\text{Varianza en Y} = S_Y^2 = \frac{\sum y_i^2}{n} - (\text{media de y}) \quad (2)$$

$$\text{Covarianza} = S_{xy} = \frac{1}{n} \sum x_i y_i - (\text{media de } X)(\text{media de } Y) \quad (3)$$

$$\text{Coeficiente de correlación "R"} = r_{xy} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x^2 S_y^2}} \quad (4)$$

$$\text{Pendiente de la recta} = m = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (5)$$

$$\text{Cálculo de } b = b = (\text{media de } Y) - m (\text{Media de } X) \quad (6)$$

$$\text{Calculo del dato faltante} = Y = mx + b \quad (7)$$

Antes de proceder a calcular el valor faltante, se debe optar por probar estadísticamente el coeficiente de correlación obtenido; a continuación la tabla donde se indica su nivel de significancia:

Tabla 1 Eficiencia estadística del coeficiente de correlación obtenido a un 5% de nivel de significancia

Pares completos	ro						
1	0.997	12	0.532	23	0.396	50	0.273
2	0.95	13	0.514	24	0.388	60	0.25
3	0.878	14	0.497	25	0.381	70	0.232
4	0.811	15	0.482	26	0.374	80	0.217
5	0.754	16	0.468	27	0.367	90	0.205
6	0.707	17	0.456	28	0.361	100	0.195
7	0.666	18	0.444	29	0.355	125	0.174
8	0.632	19	0.433	30	0.349	150	0.159
9	0.602	20	0.423	35	0.325	200	0.138
10	0.576	21	0.413	40	0.304	300	0.113
11	0.553	22	0.404	45	0.288	400	0.098

Fuente: (Cahuana & Yugar, 2009)

3.10.2.- Método de regresión normalizada.

Según Cahuana y Yaguar (2009), si la precipitación media anual (o mensual) de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10% de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada. El dato faltante anual o mensual P_x será igual a:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} P_n \right] \quad (8)$$

Donde: N_x = precipitación media anual o mensual en la estación incompleta, (mm); N_1, N_2, \dots, N_n = precipitación media anual (o mensual) en las estaciones auxiliares 1, 2 y n, (mm); P_1, P_2, P_n = precipitación anual (o mensual) observada en las estaciones 1, 2, ... y n para la misma fecha que la faltante (mm); n = número de pares completos en los datos observados.

Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales, los valores de N_1, N_2 y N_n corresponden al mes que se estima.

3.11.- Determinación de la Evapotranspiración Potencial por el método de Thornthwaite.

En su informe sobre la medición directa e indirecta de la evapotranspiración Álvaro, Damiano, Huillcahua, Oviedo & Taipe (2016) describen: “para el cálculo de la evapotranspiración, la fórmula se basa en la temperatura y en la latitud, útil para estimar la evapotranspiración potencial y tiene la ventaja de que la fórmula usa datos climatológicos accesibles (temperatura medias mensuales).

Thornthwaite, empíricamente halló las siguientes expresiones:

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (9)$$

$$I = \sum_{1}^{12} i \quad (10)$$

$$a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 - 1792 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0.49239 \quad (11)$$

$$ET_o = \frac{N}{12} * \frac{d}{30} * 16 * \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right) \quad (12)$$

Donde: ET_o = Evapotranspiración potencial (mm/mes); i = Índice térmico mensual; I = Índice térmico Anual; t = Temperatura mensual del mes, en °C; a = constantes a determinar, que dependen de cada lugar; N = Número máximo de horas sol para el mes considerado, según latitud; d = Número de días en el mes”.

3.12.- Anomalías Estandarizadas

La anomalía estandarizada se calcula restando la media del valor observado X y dividiendo para la desviación estándar. Las anomalías estandarizadas nos ayudan al análisis entre variables y entre estaciones meteorológicas. Las anomalías estandarizadas no presentan unidades, además de esto, todas las variables estandarizadas tienen una media nula y una desviación estándar igual a 1 (Góez & Poveda, 2005).

3.13.- Parámetros sujetos al análisis en el proyecto de investigación

3.13.1.- Evapotranspiración (ET).

Según Sánchez (2010) indica que: “la evapotranspiración es la consideración conjunta de dos procesos: la evaporación y la transpiración vegetal. La evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor. Este proceso se produce de la siguiente manera:

- a) Desde la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.
- b) Desde las superficies de agua (ríos, lagos, embalses)
- c) Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o en áreas de descarga de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.

La transpiración en cambio es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman el agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo respiran. Como son difíciles de medir por separado y además, en la mayor parte de los casos lo que interesa al técnico es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera, se consideran conjuntamente bajo el nombre de ET”.

3.13.2.- Temperatura (T).

Se puede definir la temperatura atmosférica (también conocida como temperatura del aire o ambiental) como el parámetro climático que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, así como a su evolución temporal y espacial en las distintas zonas climáticas. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos de climas, estando en función directa de la mayor o menor cantidad de radiación solar recibida (Sonora Luna & Anguita Virella, 2010).

3.13.3.- Precipitación.

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo (Sonora Luna & Anguita Virella, 2010).

3.14.- Correlación entre variables por el método de Pearson

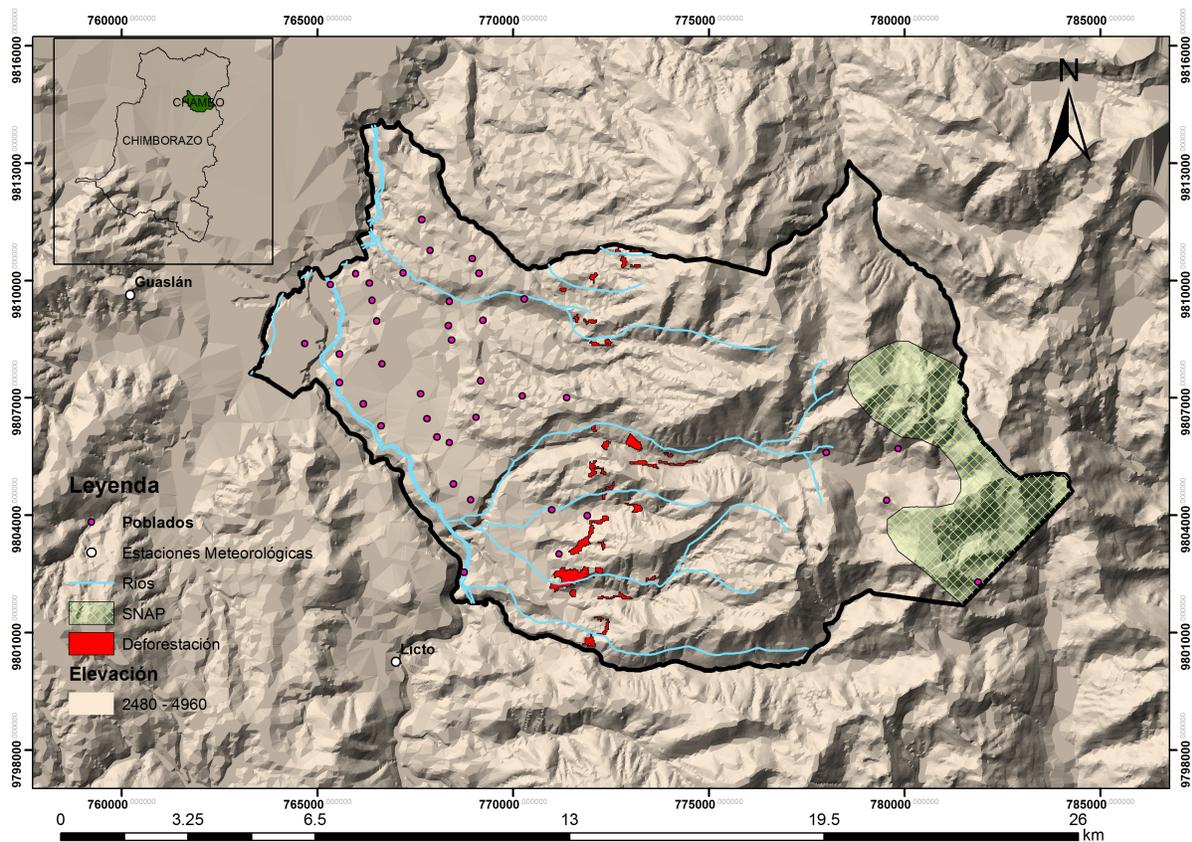
La correlación por el método de Pearson es una cuantificación de la fuerza de la relación lineal entre dos variables cuantitativas, se estudia por medio del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Dicho coeficiente oscila entre -1 y $+1$. Un valor de -1 indica una relación lineal o línea recta positiva perfecta. Una correlación próxima a cero indica que no hay relación lineal entre las dos variables. La correlación no implica causalidad. La causalidad es un juicio de valor que requiere más información que un simple valor cuantitativo de un coeficiente de correlación. El coeficiente de correlación cuando resulta el valor 0 indica que no existe asociación lineal entre las dos variables a estudio. Un coeficiente de valor reducido no indica necesariamente que no exista correlación ya que las variables pueden presentar una relación no lineal como puede ser el peso del recién nacido y el tiempo de gestación (Fernández & Díaz, 2001).

4.- METODOLOGÍA

4.1.- Área de estudio para la investigación

Cuvi (2010) citado por Moreno (2014), define que “la zona de estudio corresponde al cantón Chambo localizado al noroeste de la provincia de Chimborazo. Está ubicado entre los: 78° 34 minutos 59.88 segundos longitud Oeste, y - 1° 43 minutos 59.99 segundos latitud Sur. Su altitud oscila entre los 2.400 a 4.730 msnm, con un promedio de 2.780 msnm., enclavado en la región interandina, de la sierra central ecuatoriana, con una temperatura promedio de 14 °C. Chambo, ocupa una superficie territorial aproximada de 163 Km², que representan el 2,5 %, de la superficie total de la provincia” (p. 25). Además de ello, Quishpe (2017) indica que “Dentro del área de estudio se encuentra ubicada una importante zona de amortiguamiento perteneciente al Parque Nacional Sangay.

Figura 1. Mapa de ubicación del cantón Chambo



Elaborado por: Autor

Tabla 2. Estaciones meteorológicas contempladas para el desarrollo de la investigación

Código	Nombre de la estación	X	Y	Altitud
M0396	Alao	779982.2	9791632.1	3200
M1036	Riobamba Politécnica	761462.2	9817470.5	2740
M0408	Guano	763106.4	9821985.7	2620
M0407	Licto	767006.7	9800254.9	2840
M0133	Guaslán	760215.8	9809636.1	2850
M0395	Cebadas	762446.1	9788952.5	2930
M0041	Sangay (Parroquia Santa Ana)	722561.7	110597.97	880

Elaborado por: Autor

4.2.- Obtención de la información climática

Antes de comenzar con la obtención de la información es importante considerar qué estaciones meteorológicas se encuentran aptas para realizar el estudio. En la tabla 2 se puede observar las estaciones utilizadas para el desarrollo de la investigación. Los datos meteorológicos fueron seleccionados en función de 2 aspectos principales:

- Influencia climatológica sobre el área de estudio.
- Disponibilidad y cobertura de datos, de las estaciones meteorológicas.

Del total de estaciones, 6 de ellas (Alao, ESPOCH, Guano, Licto, Guaslán, Cebadas) fueron contempladas para elaborar la base de datos con respecto a la variable de precipitación. Mientras que 3 de ellas (ESPOCH, Guaslán, Sangay) fueron consideradas para el tratamiento de datos de temperatura ya que en las estaciones sobrantes no se recibió información alguna de temperatura por parte del INAMHI. Y por último, para la información con respecto a la evapotranspiración se consideró a las estaciones: ESPOCH, Guaslán y Sangay Sta. Ana. Cabe destacar que se opta por estas consideraciones debido a la principal problemática para el desarrollo de este estudio: falta de cobertura de datos meteorológicos. Para la obtención de la información se optó por realizar una solicitud dirigida al INAMHI, mostrada en el Anexo1. De ese modo la información climática que se analiza esta contemplada desde el año 1994 al 2015.

4.3.- Tratamiento de datos

Para la determinación de los datos faltantes se utilizan variados métodos, los cuales normalmente se basan en fórmulas empíricas, donde se relacionan determinadas variables hidrológicas que, independientemente de su base teórica, responden a la estructura de un estudio estadístico (Pizarro & Ausensi, 2009). Se inició identificando los meses y años que presentan ausencia de datos, tanto en precipitación, en temperatura, como en evapotranspiración. Obteniendo las tablas desde la 5 a la 13, indicadas en la sección de anexos.

Las celdas con color en las tablas mencionadas indican la falta de cobertura de datos meteorológicos. Para poder completarlos es necesario el empleo de técnicas de relleno de datos que utilicen modelos estadísticos para poder generar el menor rango de error posible. Las metodologías que se aplicaron fueron tomadas del libro de apoyo para la cátedra de hidrología de Cahuana y Yaguar, y del libro sobre medición directa e indirecta de la evapotranspiración; éstos procesos aplicados para el relleno de datos de precipitación corresponden a la recta de regresión lineal y a la recta de regresión normalizada. En el caso de la aplicación de la recta de regresión lineal, se estableció correlaciones entre los valores observados en una y otra estación. Tal consideración se la muestra en la tabla 14 y tabla 15 en el anexo1.

El método de completación por regresión lineal es uno de los más utilizados; se recomienda para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación en estudio y las de una estación pluviométrica cercana, que cuente con una estadística consistente y observada. Para ello se requiere establecer una regresión y correlación lineal entre una estación patrón y la estación que tenga carencia de información, mediante una ecuación lineal de dos variables (Pizarro & Ausensi, 2009).

Bajo este panorama, una de las metodologías adecuadas para continuar el relleno de datos es la de la recta de regresión normalizada, Es complementario al método anterior, y se define por la siguiente base conceptual: si en una zona cualquiera, la precipitación normal de la estación X, difiere en más de un 10% con alguna de las estaciones vecinas, entonces es necesario aplicar la ecuación (8), con este método se logra es realizar una estimación para la estación faltante, en función de las relaciones entre las precipitaciones de un período en estudio y las precipitaciones normales (Romero & Casimiro, 2015).

El método estadístico usado para el relleno de los datos de temperatura se efectuó mediante la metodología de regresión. “La regresión lineal múltiple trata de ajustar modelos lineales o linealizables entre una variable dependiente y más de una variable independiente, es una medida de la similitud de la variabilidad de dos magnitudes estocásticas (qué, cómo varían, las denominamos variables)” (Montero, 2016). De este modo se obtiene una ecuación de línea de tendencia en un gráfico de dispersión que nos permite estimar el dato faltante de temperatura. Gracias a la ecuación resultante en el gráfico, se puede reemplazar los valores y conocer el dato calculado; dichas tablas se encuentran indicadas en la tabla 18 y figura 7.

Para la generación de información respecto a la evapotranspiración de la zona de estudio se usa las consideraciones del método de Thornthwaite. El proceso que consiste en sacar un índice térmico mensual, seguido de un índice térmico anual para posterior a ello poder determinar la evapotranspiración potencial mediante la relación de sus índices térmicos, los números de días del mes, y el número de horas solo según la latitud de la zona de estudio (Álvaro et al., 2016).

4.4.- Validación de la información rellena

Carrera y Guevara (2016) plantean que uno de los aspectos importantes es conocer si los datos rellenos son suficientemente confiables para proceder con el análisis. Se debe entender que la tabla 1, utilizada para realizar la metodología de regresión lineal, es usada para conocer la eficiencia estadística entre dos series de datos climáticos; además de ello, se puede utilizar para poder medir la fiabilidad de las series de datos en una misma estación meteorológica, en donde las condiciones geográficas no cambian con el tiempo.

4.5.- Análisis de la base de datos

Para el análisis de la base de datos ya rellena, se estableció diferentes lineamientos en función del factor atmosférico a analizar. De esta manera se tiene que para el factor de precipitación se consideró 4 aspectos para su estudio, los cuales son: Análisis de series por anomalías estandarizadas, análisis por medio de curva masa de precipitación, análisis multitemporal mensual de cada estación y análisis a través de hietogramas.

Debido a la disparidad en las condiciones ambientales de cada estación, para el factor precipitación se optó por agrupar a las estaciones meteorológicas en función de su altura y de su

proximidad a la zona de estudio, de esta manera se tiene dos grupos de estaciones meteorológicas: el primero conformado por las estaciones Guaslán, ESPOCH y Guano; mientras que el segundo grupo se encuentra conformado por las estaciones de Licto, Alao y Cebadas. Como se puede ver, al tener estos dos grupos se tendrá series temporales más homogéneas debido a que en estaciones meteorológicas que se encuentran a mayor altura, la precipitación incrementa al estar en una zona alto andina.

En el caso de la temperatura y de la evapotranspiración, se estableció dos lineamientos principales, los cuales son el análisis con anomalías estandarizadas y el análisis multitemporal mensual de cada estación.

4.6.- Establecimiento de correlación entre variables

Un coeficiente de correlación mide el grado en que dos variables tienden a cambiar al mismo tiempo (Fernández & Díaz, 2001). En el análisis de datos climáticos es necesario conocer la relación que se presenta entre variables. Para el desarrollo del tercer objetivo planteado, se optó por realizar una correlación entre los factores sujetos a estudio; para tal efecto se utiliza las consideraciones de la correlación de Pearson, la cual indica el grado de dependencia que se presenta entre dos conjuntos de valores, en dos variables diferentes o iguales. El coeficiente de Pearson es calculado mediante la siguiente expresión:

$$r = \frac{\sum (x - \text{media de } x)(y - \text{media de } y)}{\sqrt{\sum (x - \text{media de } x)^2 \sum (y - \text{media de } y)^2}} \quad (13)$$

Para conocer si se acepta o no el valor de correlación es importante realizar el test de hipótesis, el cuál indica el error estándar de r; en la tabla 28 se puede ver los valores según los grados de libertad. Para conocer si el coeficiente r calculado es estadísticamente diferente de 0, se aplica la siguiente expresión:

$$\text{Error estándar de } r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} \quad (14)$$

Donde: **r**= valor de correlación calculado; **n**= total de número de datos. Si el valor error estándar de r es menor al r calculado, se puede decir que el coeficiente r es diferente de 0. Si el valor del r calculado supera al valor del error estándar multiplicado por la t de Student con n-2 grados de libertad, diremos que el coeficiente de correlación es significativo. El nivel de significación viene dado por la decisión que adoptemos al buscar el valor en la tabla de la t de Student (Fernández & Díaz, 2001).

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1.- Base de Datos

5.1.1.- Precipitación

Los datos recibidos presentaron problemas en cuanto a cobertura. En los anexos, desde la tabla 5 hasta la tabla 10, se muestra la cantidad de datos de precipitación que fueron rellenados por los métodos descritos en puntos anteriores. Para reconocer la aplicación del método de la recta de regresión lineal se puede ver los casilleros de color azul mientras que los datos rellenados con regresión normalizada se los presenta en color verde. En la tabla 14 y tabla 15 de la sección de anexos, se muestra el proceso de la metodología de regresión lineal. Es importante destacar que de los dos métodos utilizados para relleno de datos de precipitación. Se llegó a determinar de que en la mayoría de los casos la correlación lineal “R” entre las estaciones índice y las estaciones a tratar es alta; además en casi todos los casos resultó que Z es mayor o igual que Z_c . Así que por lo tanto el coeficiente de correlación en un 5% de significancia, indicó que la metodología resulta bastante confiable estadísticamente. Cuando el coeficiente “R” sea menor al valor indicado en la Tabla 1, se indetermina el valor; es decir la metodología no puede aplicarse. Para tal caso se procedió a completar los datos por el método de regresión normalizada. La metodología de regresión normalizada está ejemplificada en la tabla 16 y 17 de la sección de anexos.

5.1.2.- Temperatura.

Para la variable de temperatura se consideró utilizar las estaciones de ESPOCH, Guaslán y Sangay. La metodología estadística considerada para rellenar datos de temperatura fue la recta de regresión. En la tabla 18 y figura 7, se puede evidenciar como se realizó la estimación de datos de temperatura. Este método relaciona los datos observados en el mismo mes de un mismo año, con la altitud a la que se encuentra cada estación auxiliar. Para poder determinar el valor faltante de temperatura, se realiza un diagrama de los datos observados vs la altitud de la estación y se genera un gráfico de dispersión en donde la ecuación resultante de la línea de tendencia indicará el valor rellenado. El total de datos rellenados por medio de esta metodología fueron de 79; la mayoría de datos estimados por este método presentaron valores bastante ajustados a los demás valores observados.

5.2.3.- Evapotranspiración.

La evapotranspiración propuesta por Thornthwaite esta definida bajo condiciones establecidas entre regiones. Para este caso la metodología es aceptable porque en la zona de estudio se encuentra un humedal alto andino el cual fue sujeto a investigación en el mismo periodo de desarrollo de la presente tesis. Los datos de ET presentan las siguientes características porcentuales: la estación Guaslán posee datos 100% teóricos, la estación ESPOCH presenta un 71,6% de datos teóricos, mientras en lo que la estación sangay presenta un 100% de datos reales..

5.2.- Validación de la información rellena

Los datos son aceptables cuando el valor resultante de la correlación (Z) debe ser mayor o igual que el valor de eficiencia estadística (Zc) en función de los grados de libertad.

Tabla 3. Validación de series de precipitación rellenas

Guano		Guaslán		Espoch		Licto		Cebadas		Alao	
1994	X	1994	X	1994	X	1994	X	1994	X	1994	X
1995	Si	1995	SI	1995	Si	1995	No	1995	Si	1995	Si
1996	SI	1996	Si	1996	Si	1996	Si	1996	Si	1996	Si
1997	No	1997	No	1997	SI	1997	Si	1997	Si	1997	Si
1998	No	1998	No	1998	Si	1998	Si	1998	Si	1998	Si
1999	Si	1999	SI	1999	Si	1999	No	1999	No	1999	Si
2000	SI	2000	No	2000	Si	2000	No	2000	Si	2000	Si
2001	No	2001	Si	2001	No	2001	Si	2001	Si	2001	Si
2002	Si	2002	Si	2002	No	2002	Si	2002	Si	2002	Si
2003	Si	2003	SI	2003	No	2003	Si	2003	Si	2003	Si
2004	Si	2004	Si	2004	Si	2004	Si	2004	Si	2004	Si
2005	Si	2005	Si	2005	Si	2005	Si	2005	Si	2005	Si
2006	SI	2006	Si	2006	Si	2006	Si	2006	Si	2006	Si
2007	SI	2007	Si	2007	Si	2007	Si	2007	Si	2007	Si
2008	No	2008	Si	2008	Si	2008	Si	2008	Si	2008	Si
2009	No	2009	Si	2009	No	2009	Si	2009	Si	2009	Si
2010	No	2010	Si	2010	Si	2010	Si	2010	Si	2010	Si
2011	Si	2011	Si	2011	Si	2011	Si	2011	Si	2011	No
2012	Si	2012	Si	2012	Si	2012	Si	2012	Si	2012	No
2013	SI	2013	Si	2013	Si	2013	Si	2013	Si	2013	Si
2014	Si	2014	Si	2014	Si	2014	Si	2014	Si	2014	No
2015	Si	2015	Si	2015	Si	2015	Si	2015	Si	2015	No

Elaborado por: Autor

De tal modo, en la tabla 3 se indica la validación de las series temporales rellenas, considerando los años. Algunas series de datos no cumplen con lo contemplado en el análisis, pero se debe tener en cuenta que las series que presentan este incumplimiento poseen fluctuaciones en el régimen de precipitaciones. En lo que respecta a los factores de temperatura se puede decir que los datos obtenidos con la metodología mencionada, no presentaron fluctuaciones grandes en las series temporales completas. Mientras que para la evapotranspiración, los datos obtenidos son datos teóricos potenciales los cuales se obtienen por metodología estandarizada de Thornthwaite.

5.3.- Análisis de la Base de Datos

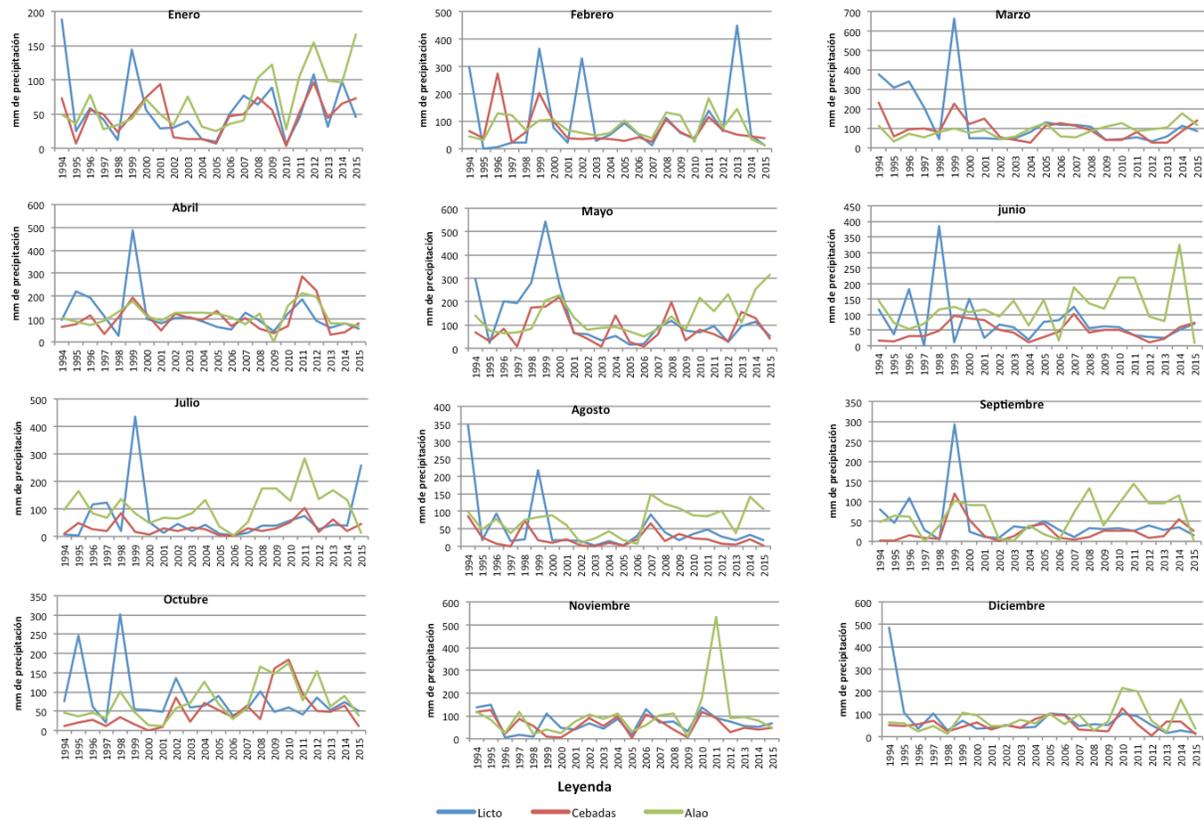
5.3.1.- Precipitación

Para el análisis de la variable de precipitación se definió 4 aspectos que fueron considerados los más importantes, estos criterios son: Análisis multitemporal mensual, Anomalías Estandarizadas, Hietogramas y Curva masa de precipitación. También se consideró agrupar a las estaciones meteorológicas en 2 grupos en función de la altitud y a la posición geográfica que presentaban. Para tal efecto se tiene que el primer grupo de estaciones lo comprenden las estaciones de Guano, Guaslán y ESPOCH; mientras que el segundo grupo de estaciones lo comprenden las estaciones de Licto, Cebadas y Alao. Además se agrupó los 22 años en tres períodos de tiempo los cuales son 1994 – 2000, 2001 – 2007 y 2008 – 2015.

5.3.1.1.- Análisis multitemporal mensual

El análisis mensual de las series temporales se usa para conocer los aumentos de lluvia y posibles eventos adversos. En la figura 2 y figura 8, se puede observar la precipitación mensual de los dos grupos de estaciones. En el primer grupo (Figura 2) se observó que el comportamiento de la precipitación es regular conforme avanzan los años, además de ello las fluctuaciones entre uno y otro año en la misma estación se encuentran relacionados directamente. En el segundo grupo (figura 8) se puede notar una mayor disparidad en las series temporales, esto se genera debido a que estas estaciones se encuentran en altitudes diferentes, si observamos la tabla 1 podemos observar la diferencia en la altitud del grupo de estaciones meteorológicas. Además se debe comprender que en los dos grupos de estaciones existen diferencias en el comportamiento de las precipitaciones.

Figura 2. Precipitación mensual del grupo 2 de estaciones, en los 22 años de estudio



Elaborado por: Autor

En los años 1997 y 1998, existe un incremento en la cantidad de agua precipitada. Esto puede explicarse ya que, gracias a datos históricos y publicaciones de libros se puede saber que en estos años el fenómeno de ENOS, tuvo un gran impacto en Ecuador y otros países de sudamérica. “Los más notables, en orden de magnitud descendente y sin considerar el actual, han sido los de 1982-1983, 1997-1998, 1957-1958 y 1972-1973” (Corporación Andina de Fomento, 2001). Las series temporales presentan un nivel de dependencia; esto se lo puede deducir de tres aspectos fundamentales, el primero tiene que ver con el entendimiento de las series temporales de manera gráfica el segundo tiene que ver con los resultados de la validación de datos los cuales indicaban la relación entre series temporales, mientras que el tercer aspecto tiene que ver con la comprobación de las anomalías estandarizadas que serán descritas a continuación

5.3.1.2.- Anomalías de precipitación

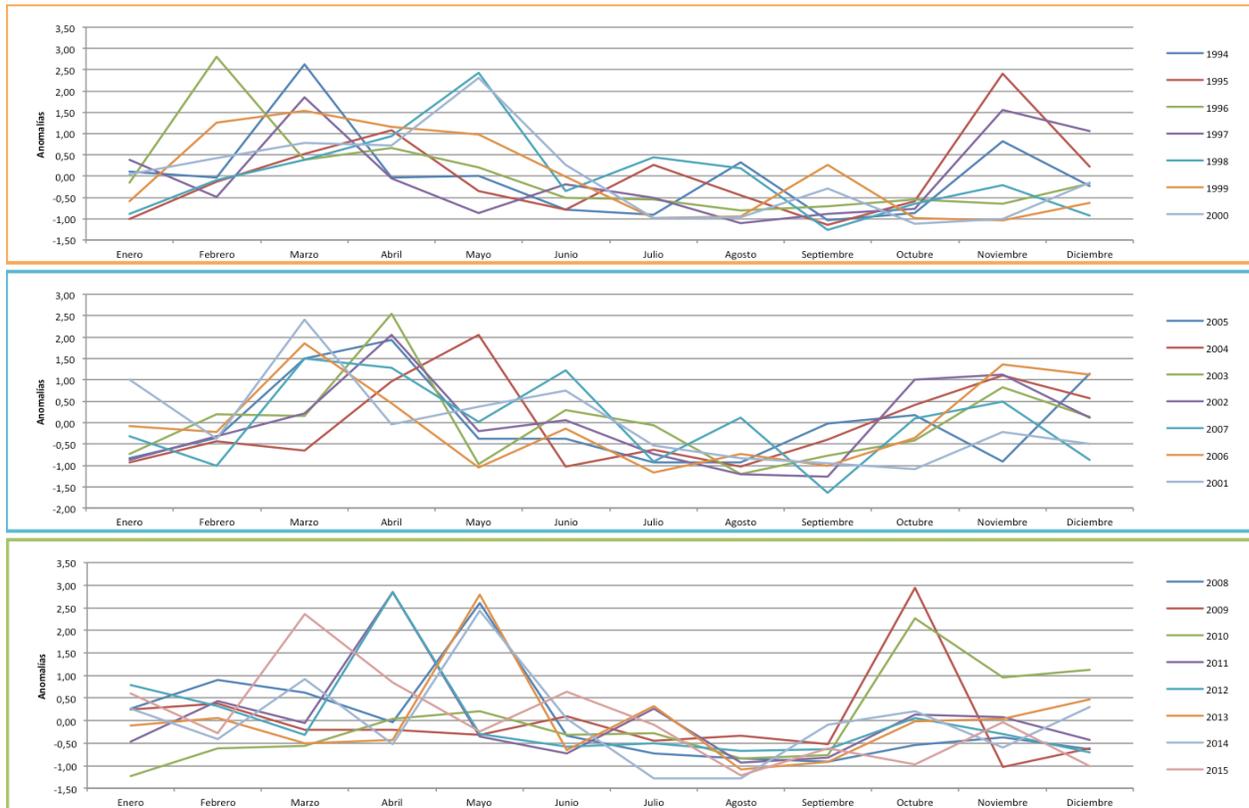
La detección de anomalías constituye un método estadístico para determinar el cambio experimentado en una medida determinada respecto a los datos anteriores. Se notó en la figura 10 que las anomalías de precipitación de los 3 períodos planteados en la estación de Guano presentan un ciclo bastante normal con pocas fluctuaciones en las lluvias interanuales. Se determinó también que en los meses donde se evidencia un mayor incremento de los regímenes de precipitación es en los meses Octubre-Noviembre.

Para el caso de la estación Guaslán (figura 11) se observó que las anomalías son mayores. Aquí se evidenció que los valores de fluctuación son notables. En el período número uno en los años 1995 y 1998 existe una diferencia grande respecto a los demás datos observados. Además los meses de abril en la todos los años, a excepción de 1994, 2003 y 2009, hubo grandes incrementos de lluvias, se notó que en la estación Guaslán el mes con mayor cantidad de precipitación será abril. En la estación ESPOCH (Figura 12) los ciclos anuales de precipitación no son tan regulares en el primer periodo de estudio. En este período se puede ver que en julio y septiembre de los años 1995 y 1999 respectivamente, las precipitaciones tuvieron un incremento notable. En lo que respecta a los otros dos períodos, se puede decir que no existió un evento adverso y que los ciclos anuales de precipitación son bastante regulares.

En la figura 13, en la estación Licto se notó más irregularidades a diferencia de las estaciones previamente analizadas. Las diferencias de anomalías de lluvias fluctúan considerablemente, esto quizá puede deberse a que Licto se encuentra en una zona más alta, considerandose una zona de páramo medio-alto. En los dos primeros períodos de tiempo las precipitaciones entre los meses de Enero a Junio las lluvias tienen un ciclo regular con incrementas no tan fuertes en uno y otro mes, en julio disminuyen, y en septiembre vuelve a incrementarse. Para el tercer período de estudio notamos que aún obedece al ciclo, pero en el mes de julio del año 2015 existe un pico de precipitación. En el caso de la estación Cebadas (Figura 3) los regímenes se comportan de acuerdo al ciclo de las precipitaciones observados en las demás estaciones, pero esta estación al igual que la estación Licto presenta fluctuaciones notables o incrementos en la cantidad de lluvias. Se puede observar que los meses donde existe un mayor incremento de precipitación corresponden a las fechas: Febrero 1996, Marzo 1994, Mayo 1998 2000, Marzo 2001, Abril 2003, Mayo 2004, Abril 2011 y 2012, Marzo 2015, Marzo 2008 2013 2014 y Octubre 2009 2010;

Según estas observaciones se puede plantear que a medida que incrementa la altura, lo hace un poco la irregularidad de los regímenes de precipitación a causa de las condiciones de los diferentes tipos de páramos que existen.

Figura 3. Anomalías de precipitación en la estación Cebadas.



Elaborado por: Autor

En la figura 14 de la estación Alao los ciclos anuales de precipitación no son regulares porque existen muchos picos de anomalías. Aquí se puede deducir dos posibles situaciones; la primera tiene que ver sobre la influencia del cambio climático sobre la climatología en general (la precipitación al ser el factor que más fluctuaciones presenta, se lo considera el factor atmosférico más sensible y susceptible a ser afectado por el C.C.) y el segundo tiene que ver con las características ambientales de la zona donde se encuentra la estación Alao. Si descartamos el C.C. y consideramos la segunda situación, se puede concluir que el páramo de Alao, a diferencia de los páramos alrededor del nevado Chimborazo que son secos, es un páramo que se encuentra próximo a la amazonía y por ende la humedad de esta repercute en un porcentaje sobre el clima

de Alao y de este modo repercute sobre el régimen de precipitaciones, esto se puede deducir ya que en las anomalías presentadas los incrementos son muy notables.

Además, se notó que en el primer grupo de estaciones desde los meses entre mayo-junio las precipitaciones tienden a disminuir en su ciclo anual, mientras que en meses de septiembre-octubre estos valores aumentan. En la mayoría de años, el ciclo anual de los regímenes de precipitación fueron bastante regulares. En el caso del segundo grupo de estaciones meteorológicas, se observa que existe una mayor disparidad en los valores de precipitación, esto producido principalmente a que desde la estación Licto la altura de las estaciones comienza a subir y su ubicación geográfica comienza a influenciar en el clima.

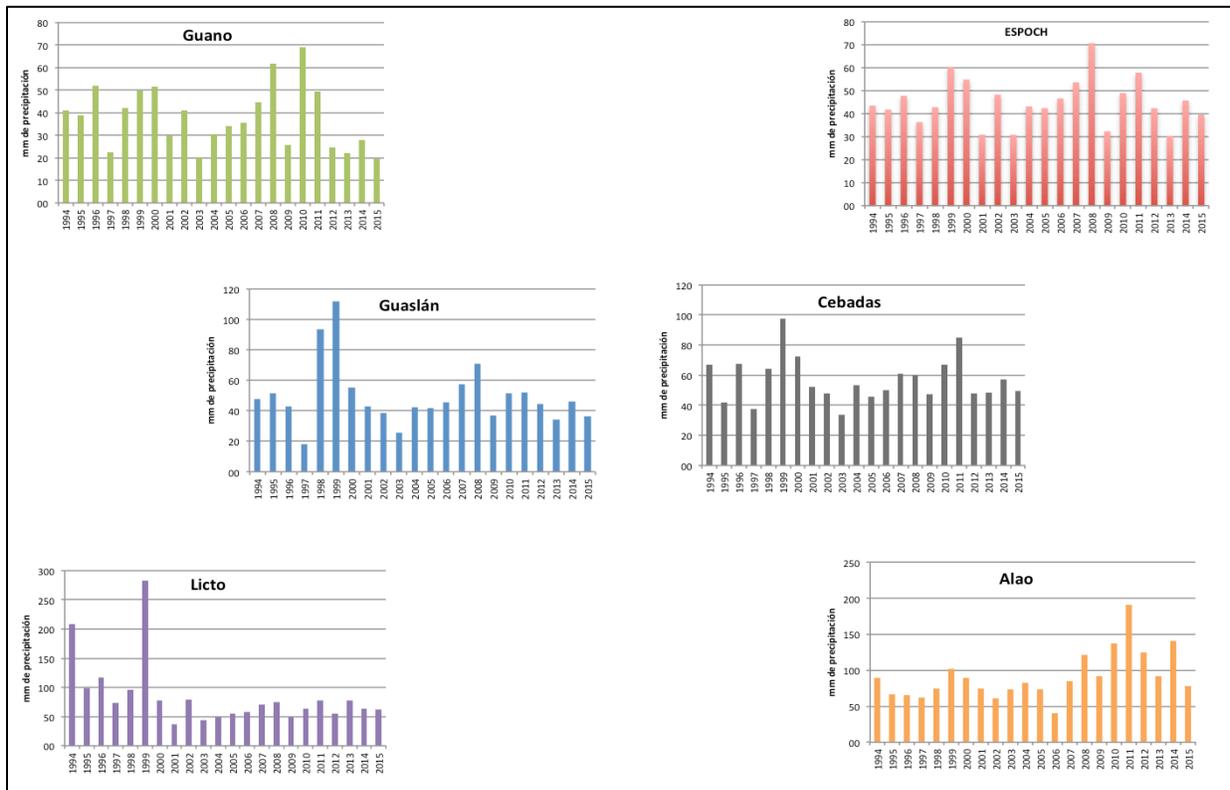
5.3.1.3.- Hietogramas (Análisis Anual)

El análisis de los hietogramas se enfocó a cuartiles (Trimestres) para definir en que cuartil del año se produce las lluvias torrenciales y así podemos entender de mejor manera el comportamiento pluviométrico. En la estación Guano el cuartil en donde mayor abundancia de lluvias se produjo fue el trimestre 4 porque en los meses de noviembre se generó los eventos más fuertes. En la estación Guaslán se evidenció que el cuartil 2 (segundo trimestre) las lluvias generalmente fueron más abundantes, además de esto en el trimestre 4 también existió lluvias en gran cantidad. Para el caso de la estación de la ESPOCH se encontró las mismas evidencias que en la estación de Guaslán y semejantes a la estación Guano. Las lluvias más fuertes en esta estación ocurrieron en el segundo trimestre o cuartil de los 22 años de estudio y en menor cantidad en el cuarto trimestre. Del primer grupo de estaciones se puede indicar que el régimen de precipitación es bastante regular y no se ha visto afectado significativamente en sus ciclos anuales; sin embargo si existen datos donde el desfase es notable, como se indicó en el punto de anomalías estandarizadas.

En la estación Licto se puede ver que el trimestre más recurrente con lluvias abundantes es el segundo (cuartil 2) sin embargo en el trimestre 1 también hubo precipitaciones abundantes a la misma cantidad que el trimestre. En el caso de Cebadas la historia se repite indicándonos que existe mayor abundancia de precipitación en el trimestre número dos pero sin embargo el trimestre inicial posee también eventos fuertes. Mientras que para Alao, únicamente en el trimestre 2 se registró eventos con lluvias abundantes. Un criterio ya observado previamente en

las anomalías; a medida que la elevación incrementa, lo hace la variabilidad de las precipitaciones y por ende el régimen de lluvias variará. Si planteamos un histograma de cada año de estudio que represente a la precipitación anual, se obtiene los cuadros de la figura 4. En la figura se evidenció que en la estación Guaslán, Cebadas y Licto en 1998 se dieron las precipitaciones mas abundantes, en Guano en el año 2010, ESPOCH en el año 2006 y Alao 2011.

Figura 4. Hietograma de los 22 años de estudio.



Elaborado por: Autor

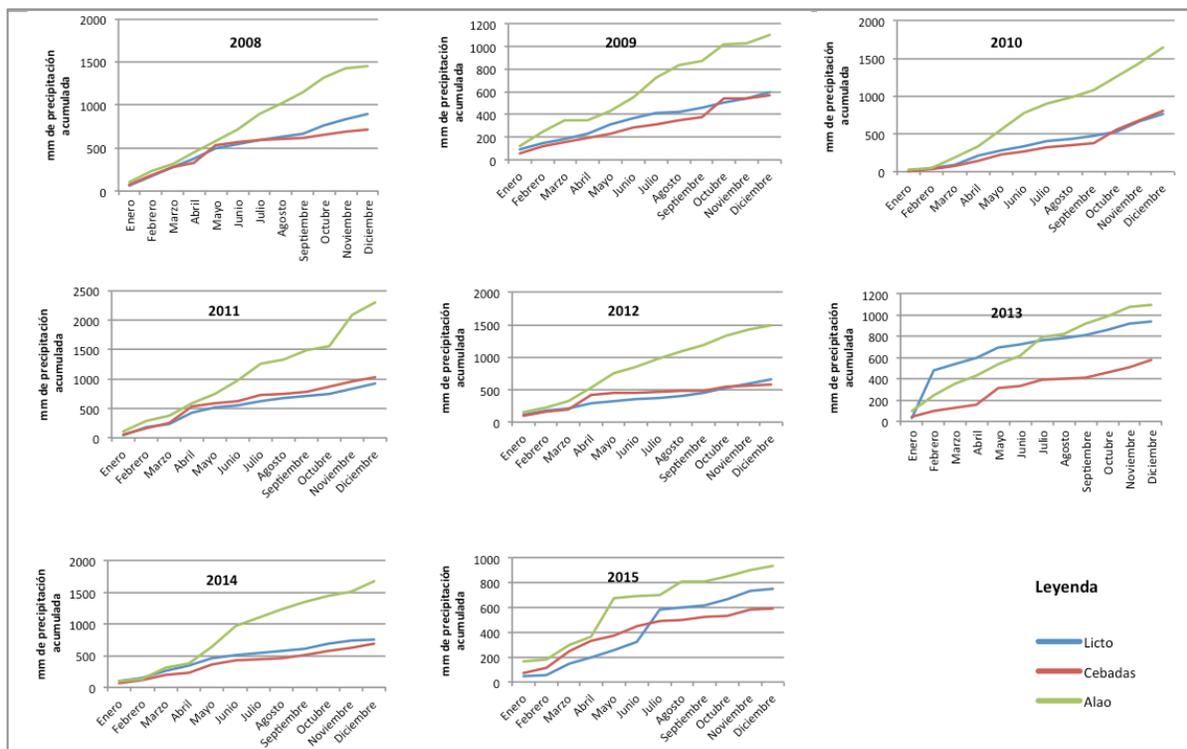
5.3.1.4.- Curva Masa de Precipitación

En las figuras 32, 33 y 34 se indica las curvas masa del primer grupo de estaciones. Las curvas obtenidas son bastante regulares, exceptuando de los años 1998 y 1999 de la estación Guaslán. Aquí se puede notar un incremento en el mes de Junio-1998 a Julio del mismo año indicando una eventualidad. Mientras que en el año 1999, en el mes de marzo inicia una abundancia en las precipitaciones pero esta decrece un poco a partir del mes de junio del 99. En el segundo período únicamente se observó un leve incremento de precipitación en el año 2001 de la estación Guaslán. Mientras que en el período 3 los datos son bastante homogéneos. Según esto se puede

decir que al observar las eventualidades mas fuertes de los años 98 y 99, estas pudieron haber sido consecuencia del fenómeno de ENOS que ocurrió en esos años.

En las figuras 35, 36 y 5 se observa las curva masa de precipitación del segundo grupo de estaciones. En el primer período de estudio la estación que más incrementos presenta es la de Licto. En el segundo período este fenómeno se regula y no presentan incrementos considerables; de este modo los datos de la estación de Alao comienzan a indicar que en esa zona las lluvias toman mas fuerza, sin embargo los incrementos no son significativos. Para el tercer período se determinó que las consideraciones del segundo período se repiten un poco; no obstante, en los años 2011, 2010 y 2015 se presentan incrementos en el comportamiento de las lluvias que generan picos irregulares en las series gráficas.

Figura 5. Curva masa de precipitación, grupo 2 período 3



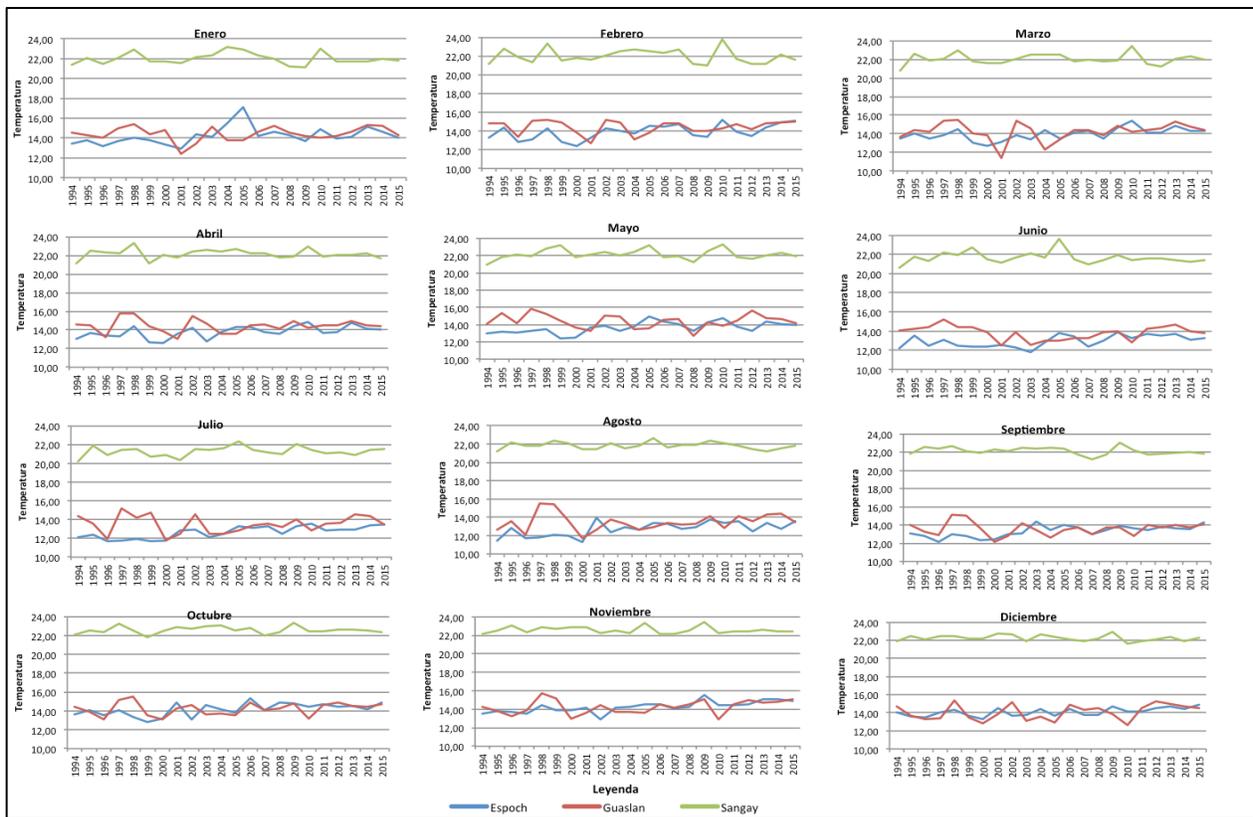
Elaborado por: Autor

5.3.2.- Temperatura

5.3.2..1.- Análisis Multitemporal Mensual

Se puede observar que en la figura 6 los datos de temperatura entre estaciones cercanas (Guaslán-ESPOCH) los datos no son dispares, únicamente representan las condiciones de temperatura que a su vez son bastante homogéneas y al no ser zonas distantes las mediciones serán muy similares. Este no es el caso de la estación Sangay ya que al estar en una zona de menor altura y al ser amazonía la temperatura será mayor.

Figura 6. Gráfico de temperatura según meses.



Elaborado por: Autor

5.3.2..2.- Análisis de Anomalías

Como se observa en las figuras 37, 38 y 39, los valores en las anomalías de la temperatura no presentan fluctuaciones grandes ya que la temperatura al no ser un factor tan sensible como la precipitación, esta será más homogénea a lo largo del tiempo. Las fluctuaciones más notables ocurrieron en la estación Sangay fueron en los meses Mayo 1999, Junio 2005, Febrero 2010 y

Mayo 2010. Algo que se puede percibir a simple vista, es que las curvas de anomalías de temperatura hacen una forma muy semejante a las anomalías de precipitación; es decir, alrededor de los meses de Mayo y/o Junio los valores de temperatura comienzan a disminuir a causa de la época invernal.

5.3.3.- Evapotranspiración

5.3.3.1.- Análisis Multitemporal Mensual

Se puede notar en la figura 40 que se generan series irregulares con picos muy pronunciados en ciertos años. Se debe tener en cuenta que los datos que se obtienen en la evapotranspiración varían entre datos teóricos y datos reales. De tal modo en ese rango de datos existe vacíos en los registros, a ello se debe la disparidad de los datos y de las series graficadas. En este aspecto, se dificulta un poco el análisis ya que las series no son lo bastante regulares y los datos no son completamente reales para poder establecer un análisis adecuado. Por tal motivo se procederá a realizar el análisis según las anomalías de evapotranspiración.

5.3.3.2.- Análisis de Anomalías de Evapotranspiración

Se puede notar en las figuras 41, 42 y 43 las anomalías de las tres estaciones utilizadas para evapotranspiración; en la estación guaslán las series temporales no presentan picos pronunciados y la regularidad entre años de cada período es adecuada. Esta característica puede deberse a que en todos los meses de los 22 años de estudio se estableció las consideraciones de Thornthwaitte. En el caso de la estación ESPOCH, se observa que las series temporales de los tres períodos tienen una regularidad aceptable. En el caso de la estación Sangay se puede evidenciar que las series temporales son también regulares; no obstante, en ciertas fechas como Julio 1997, Abril 2006, Junio 2001, Junio 2011 y Agosto 2010 se presentan picos tanto de incremento como de disminución en sus anomalías, esto nos indica que la zona del Sangay al estar en menor altitud y al ser una zona húmeda, la variabilidad de éste factor es más susceptible a ser afectada.

5.4.- Establecimiento de correlación entre variables

En las tablas 19 hasta la 27 se puede observar la metodología aplicada para la correlación entre variables según Pearson. En la siguiente tabla se puede evidenciar los resultados de los análisis de correlación.

Tabla 4. Resultados de la correlación entre variables en la misma estación

	ESPOCH			Guaslán			Sangay		
	<i>T - P</i>	<i>ET - P</i>	<i>ET - T</i>	<i>T - P</i>	<i>ET - P</i>	<i>ET - T</i>	<i>T - P</i>	<i>ET - P</i>	<i>ET - T</i>
Coefficiente “r”	-0.296	0.172	-0.297	-0.3	0.0858	0.998	-0.305	0.336	0.3
Error “r”	0.214	0.22	0.214	0.21	0.222	0.015	-0.305	0.211	0.21
r*t	0.368	0.38	0.368	0.31	0.384	0.0259	0.213	0.363	0.37
Resultados del test	No	No	No	No	No	Si	No	No	No

Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar en la estación ESPOCH las variables no presentan una correlación directa en el rango de estudio de años. Se puede observar que, estadísticamente, las tres variables en la estación no presentan una dependencia directa entre sí. En la estación Guaslán únicamente se correlacionaron las variables de evapotranspiración y de temperatura; pero es importante destacar que la evapotranspiración de Guaslán es de carácter potencial y esta cumple con la correlación de Pearson ya que en el momento en que se realizó los cálculos de la Eto, uno de los factores más determinantes en la metodología de Thornthwaite es el valor de la temperatura, por tanto al depender de la temperatura, se correlacionarán de manera directamente proporcional. En el caso de la estación Sangay tampoco se obtuvo resultados de correlación entre estas tres variables. Cabe destacar que a diferencia de los valores de evapotranspiración de la estación Guaslán, en la estación Sangay se cuenta con valores de Etr, por lo tanto, en esta estación al no correlacionarse los factores se puede deducir que la variabilidad climática esta sujeta tanto a los comportamientos propios del sistema climático, como a los factores ajenos al mismo (Erupciones volcánicas, eventos astronómicos, actividades humanas, etc.). Los valores de t para la prueba de Student se encuentran demostrados en la tabla 28.

6.- CONCLUSIONES

Se logró establecer una base de datos adecuada respecto a los factores de precipitación, temperatura y evapotranspiración en la zona de estudio. Como el problema principal fue la falta de cobertura, esta base de datos fue generada a partir las metodologías para la estimación de los datos faltantes en una estación meteorológica, por lo tanto bajo este contexto se pudo revisar la eficiencia estadística de las series temporales completadas y se llegó a la observación de que las metodologías de relleno usadas en la investigación son herramientas adecuadas y que se acercan bastante a la realidad al momento de extraer valores climáticos, estadísticamente hablando. Para el caso de precipitación, los métodos usados resultaron adecuados gracias a la comprobación realizada; mientras que para la temperatura y evapotranspiración, los métodos usados reflejan la importancia de considerar el análisis geoestadístico en modelos estocásticos para mejorar o reducir el error en los valores obtenidos.

Se analizó la información obtenida en la base de datos en base a consideraciones según el factor a estudiar. Para el caso de la precipitación se puede concluir que es el factor climático más sensible del sistema climático, en los análisis por anomalías se pudo evidenciar que los regímenes de lluvia anuales no varían drásticamente en función del tiempo estudiado en esta investigación, lo que se pudo notar con las anomalías es que si existen fluctuaciones en la cantidad de lluvia precipitada, estas fluctuaciones obedecen a patrones climáticos y geográficos. Gracias al análisis de hietogramas y de curvas masa de precipitación se pudo determinar que en el primer grupo de estaciones con menor altura (ESPOCH, Guaslán y Guano) se observó que las precipitaciones son más fuertes en el cuartil 2 y cuartil 4 de las series anuales; mientras que en el segundo grupo de estaciones se observó que las precipitaciones son más abundantes en los dos primeros cuartiles de los años de estudio. Además, en las curvas masa de precipitación se notó que en los años 1998 y 1999 el incremento de las precipitaciones fue fuerte; curiosamente en ese período de tiempo ENOS fue uno de los eventos más fuertes, históricamente hablando, y por ende la parte continental sufre sus consecuencias.

Gracias a los resultados de las correlaciones realizadas, se puede decir que en las estaciones estudiadas los factores ambientales analizados no presentan una relación directa en su evolución temporal. Si bien en los resultados de correlaciones éstos no presentan dependencia fuerte entre

sí, esto no quiere decir que la alteración de un factor no influya al ciclo normal de otro. Se debe tener en cuenta que en el análisis de los componentes climáticos no solo intervienen los tres factores estudiados en este trabajo, intervienen más factores como punto de rocío, intensidad de la luz solar, humedad, etc.

7.- RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de investigaciones que tengan que ver con análisis del sistema climático es importante contar con un registro de datos adecuado de las estaciones meteorológicas, estos registros deben ser concisos, completos, ordenados y presentarse en un formato estandarizado; todo esto se lo plantea con el objeto de tener un mejor acceso a la información climática, además de ello es necesario incorporar más estaciones meteorológicas a la red de estaciones del INAMHI ya que de esa manera se puede mejorar la cobertura de datos en el Ecuador .

Es importante y necesario realizar este tipo de investigaciones sobre el entendimiento climático por dos razones; la primera de ellos tiene que ver con mejorar el entendimiento de nuestro ambiente para poder generar mecanismos, planes, estrategias que nos ayuden a minimizar los efectos que causan las actividades antrópicas en el sistema climático, todo esto con proyección al manejo adecuado del agua, por que como sabemos es la unidad básica y fundamental de la vida y como se indicó en esta investigación; el agua es el factor más sensible del sistema climático y el factor más susceptible a cambios. El segundo punto de vista tiene que ver con socialización de la información para que la ciudadanía pueda conocer sobre estos fenómenos y que la conciencia social por un adecuado manejo y respeto ambiental.

8.- BIBLIOGRAFÍA

Castro, E. (2014). *Evaluación de Imágenes Satelitales de Precipitaciones (TRMM 3B43 mensual) en region Costa, Sierra y Oriente del Ecuador*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (10 de Octubre de 2007). Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *DGSCA - UNAM*, 11.

Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-233*. Cochabamba, Bolivia: Universidad mayor de San Simón.

Carrera, V., Guevara, P., Tamayo, L., Balarezo, L., Narváez, C., & Morocho, D. (Junio de 2016). Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media. *IDESIA*, 81 - 90.

Corporación Andina de Fomento. (2001). Las Lecciones de El Niño (Ecuador). *Memoria, Retos y Soluciones*, Ecuador (4), 300.

Sonora Luna, F., & Anguita Virella, F. (2010). *El agua en movimiento (Agua y Cambio Climático)*. Galicia: Proyecto de Educación Ambiental.

Weart, S. (2007). El Calentamiento Global. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 3.

Álvaro, A., Damiano, R., Huillcahua, R., Oviedo, C., & Taipe, R. (2016). *Medición directa e indirecta de la evapotranspiración*. Cuzco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio del Cuzco.

Barcena, A., Prado, A., Samaniego, J., & Ricardo, P. (2011). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Dinámicas, Tendencias y Variabilidad Climática. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 27.

De Luque Söllheim, A. L., & Martín Esquivel, J. L. (2011). Procesamiento de datos de estaciones meteorológicas de Gran Canaria para analizar tendencias de temperaturas en el contexto del cambio climático. In A. L. De Luque Söllheim, *Procesamiento de datos de estaciones meteorológicas de Gran Canaria para analizar tendencias de temperaturas en el contexto del cambio climático* (p. 89). Canarias, España: Climaimpacto.

de la Fuente, S. (2008). *Estadística Descriptiva: Series Temporales*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía Aplicada. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Díaz Padilla, G., Sanchez Cohen, I., Quiros, R., Garatuza Payán, J., & Watts Topr, C. (2008). Interpolación espacial de la precipitación pluvial en la zona de barlovento y sotavento del Golfo de México. *Agricultura técnica en México*, 34.

Fernández, P., & Díaz, P. (30 de 03 de 2001). Relación entre variables cuantitativas. *Revista de la Unidad Epidemiológica Clínica y Bioestadística* , 8.

Hurtado, A. F., & Mesa, O. J. (2015). Cambio climático y variabilidad espacio-temporal de la precipitación en Colombia. *Revista EIA* , 12 (24), 21.

Góez, C., & Poveda, G. (2005). Variabilidad de las anomalías y de la escala de fluctuación de caudales medios mensuales con el área de la cuenca. *Avances en Recursos Hidráulicos* (12), 12.

Martínez Curbelo, G., Cortés Cortés, M., & Pérez Fernández, A. (2016). Metodología para el análisis de correlación y concordancia en equipos de mediciones similares. *Revista científica multidisciplinar de la Universidad de Cienfuegos* , 6.

Montero, R. G. (2016). *Modelos de regresión lineal múltiple*. Granada, España: Documentos de trabajo de la Universidad de Granada.

Moreno, A. (2017). *ANÁLISIS DE LAS TRANSICIONES DE LOS CAMBIOS DE USO Y COBERTURA DEL SUELO MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS AÑOS (2001-2016) EN EL CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. . Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.

Pizarro, R., & Ausensi, P. (Septiembre de 2009). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la región del Maule, Chile. *Aqua-LAC* , 13.

Quishpe, A. (2017). *Caracterización Hidrometeorológica y estimación del balance hídrico de la cuenca del río Chambo*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Quintero, A., & Carvajal, M. (2012). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: Intersecciones con la gestión del riesgo. *Revista Luna Azul* , 34.

Renom, M. (2011). *Principios básicos de las mediciones atmosféricas*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.

Ríos, I. A. (2016). *Incorporación de los efectos de erupciones volcánicas en modelos estocásticos de precipitación en cuencas hidrográficas, caso del volcán Tungurahua en la microcuenca del río Ambato*. Valencia, España: Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiental.

Romero, E., & Casimiro, W. (2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca Jetepeque, Perú. *Revista Tecnológica ESPOL* , 28, 42 - 52 .

9.- ANEXOS

1) Precipitación:

Tabla 5. Registro de las precipitaciones estación Guano

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	60.3	22.1	78.9	84.1	62.4	18.7	4.7	8.7	6.6	18.6	91.3	35.3
1995	6.9	5.5	49.5	85.1	43.4	16.3	64.3	19	9.6	43.4	100	23
1996	66.5	100.4	126.8	54.2	87.5	57.6	0	3.4	36.8	35.7	11	41.8
1997	45.9	13.7	24.8	24.4	2.2	11.3	0	0	21.4	13.2	85.7	25.6
1998	25.3	68.1	80.5	79	74.7	24.6	0	35.7	0	96.2	20.1	0
1999	23.7	72.3	99.3	72.8	34.4	79.7	6.5	20	55	11.8	56.7	63.5
2000	48.7	96.4	74.3	65.9	85.6	88.3	27.1	16.7	12.9	59.9	12.9	31.6
2001	20.9	25.4	83	19.6	18.9	19.3	13.5	0	23.7	6.8	37.7	86.7
2002	9	28	23.9	91.6	52.6	40.9	20.6	26.6	8.7	84	70.7	35.6
2003	22.4	18.3	22.9	29.1	6.4	30.6	22.6	0	5	32.8	27.8	22.9
2004	13.3	64	22.1	56.1	39.5	0	4.5	9	3.6	48.8	88.2	14.1
2005	9.9	35.7	64.1	34.6	25.6	38.1	6.5	0	0	85.7	19.5	91.2
2006	26.3	31.7	60.4	85.4	4.1	42.2	0	14.2	11.8	32.1	76.6	39.6
2007	20.6	21	55.1	123.3	45.9	50.4	7.8	60.8	0	51.1	52.2	46.6
2008	49.8	79.1	131	94.3	79.4	50.8	16.5	27.3	2	82.3	66.3	62.5
2009	51.7	55.5	24.5	17.8	14.3	56.3	5.3	3.2	5.2	34.1	13.9	28.1
2010	2.5	17.7	19.3	52.6	85	46.8	33.2	13.5	25.6	339.7	100.5	91.6
2011	42.1	83.1	41.3	131.3	33.7	14.1	7.9	6.7	33.6	41.7	96.1	59.7
2012	36.4	31.1	30.5	54.3	3.5	12.3	5.6	8.8	0	67	47.1	0
2013	18.3	69.8	31.8	8.7	52.2	19.1	6.2	0	3.6	46.3	6.5	0.9
2014	12.6	7.7	83.7	12.8	56.3	8.5	4.5	20.1	55.1	40.7	31.3	2.7
2015	39.2	12.8	29.1	17.4	20.5	7.6	17.5	0	1.2	29.7	45.8	11.3

Elaborado por: Autor

Tabla 6. Registro de precipitaciones Estación ESPOCH

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	47.5	29.1	104.2	86.8	43.2	20.8	7.7	9.8	8.8	35.6	96.9	31.4
1995	8.4	15.1	38.1	84.5	58.2	16.6	71.4	21.4	24.8	48.7	89.9	23.6
1996	75.3	91.6	87.2	74.3	68.7	26.7	8.8	5.6	43.3	52.1	9.1	30.6
1997	68.4	18.7	28.2	53.4	19.6	22.3	7.8	0.5	30.9	26.1	102.5	57.6
1998	23.8	19.6	84.7	101.1	71.3	31.6	26	15.4	5.9	74.3	53.5	6.9
1999	35.3	101.1	83.7	85.8	67	67.2	13.9	26.8	100.7	11	52.3	78.8
2000	62.8	91.8	61.4	86.8	139.3	76.2	6.7	17.2	46.1	13.1	20	36.6
2001	22	38.8	99.6	15.4	28.1	23.7	4.7	0	24.8	11.5	46.5	55.4

2002	26.7	29.4	55.9	61.8	54.6	49.4	7.5	22.7	18.4	107.1	67.3	78.6
2003	9.5	44.3	40.5	62.2	9.6	33.6	14.8	0	7.1	29.9	75.5	43.1
2004	8.6	81.3	30.7	102.6	38.9	5.4	30.8	3.5	25.5	64	100	26.5
2005	10.3	86.3	77.7	31	21.8	39.8	10	0.8	3.4	70.1	42.6	115.2
2006	20.9	50.5	81.9	66.1	27.7	48.6	6.7	18.9	9.8	31.1	113.1	84.4
2007	48.9	16.6	98.2	129.4	67.2	55.3	7.7	51.4	10.5	74.5	55	28.8
2008	66.5	81.5	79.6	89.8	126.3	51.1	11.5	41.5	27.4	82.2	104.4	86
2009	69.5	33.1	25.1	30.1	27.9	48.8	17.2	16	1.8	59	16.2	43.5
2010	1.1	29.6	29.7	81.2	62.5	48.2	51.4	15.7	28.2	61.3	103.9	74.9
2011	44.7	137.1	43.7	157.5	32.6	32.1	12.4	14.2	8.4	17.4	126.4	67.6
2012	62.2	58.3	28.5	96.6	6.6	11.1	6.6	8.7	16.2	95.2	83.5	34.9
2013	19.9	48.6	28.5	43.7	68.3	16.7	6	8.2	6.3	37.2	17.6	63.1
2014	81.7	18.5	70.3	38	89	33.6	12.6	19.7	65.1	61.7	28.1	30.5
2015	34	28.3	113.2	44.2	43.1	24.8	33.1	9.4	1.8	57.3	72	13.4

Elaborado por: Autor

Tabla 7. Registro de las precipitaciones estación Guaslán

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	19.1	34.7	76.8	45.1	86.4	38.7	10.6	39.2	10.6	14.1	104.7	94.1
1995	30.4	18.7	63.6	85.8	50.7	40.3	91.4	11.9	5.9	48.2	108.5	64.1
1996	41.2	50.7	70.9	120.1	35.2	10.8	14.9	20.5	41.2	57.5	21.4	30.7
1997	34.4	18.1	54.4	39.3	9.6	6.1	4	2.6	0.3	33.2	2.4	11.1
1998	29.4	37.5	36.1	199.7	141.3	51.1	446.9	30.7	2.3	132	10.7	4
1999	72.2	69.2	208.3	244.1	315.4	96.3	14.9	61.4	86.5	28.5	97.6	45.3
2000	93.8	86.4	51.5	86.6	141.2	45	29.4	11.5	10.3	29.6	46.1	28
2001	27.6	23.7	74.7	120.3	42.2	44.3	11.1	8	69.8	6.6	37.1	50.6
2002	28.7	50.8	20.9	79	53.4	41.7	10.6	13.5	24.1	75.8	25.3	36.3
2003	20.8	24.5	32.5	10.5	12	28.7	32.7	1.8	6.1	38.3	77.3	23.3
2004	17.8	58.3	54.1	129.1	44.6	5.7	9.2	5.9	17.2	56.3	91.1	18.6
2005	6.5	32.9	68.1	105	40.8	33.7	28.7	1.8	3.4	58.9	58.8	60.3
2006	53.7	68.3	67.5	69.3	13.5	52.2	8.3	20.1	14.8	40.8	81.4	59.2
2007	41.7	21.1	88.7	99.5	102.7	68	10.6	55.7	6.2	90.7	66.2	37.6
2008	62.2	77.2	103.3	89.4	64.3	49.9	16.1	37	33.2	101.1	101.7	113.9
2009	36.5	65.6	49.1	42.1	27.1	50.9	22.4	10	1.9	96.5	12.2	26.2
2010	5.2	16.8	53.8	167.4	49.9	39.5	35.5	9.7	26.8	43.8	99.5	71.5
2011	39.4	87.5	18.3	100.2	52.6	20.1	37.6	22.7	33.5	52.7	94.9	62.2
2012	55.6	77.5	30.7	65.7	23	15.4	16.2	22.4	15.4	110.6	89.4	9.7
2013	39.3	57.5	27.7	59.2	54	23.7	25.5	10.3	11.3	72.8	18	10.4
2014	75.9	17.2	84.4	51.1	113.5	31.9	9.7	17	38.2	36.5	38.7	41.1
2015	25.5	29.7	67.1	54.8	31.7	13.4	32.8	7.7	9.4	66.5	75.8	20

Elaborado por: Autor

Tabla 8. Registro de precipitaciones estación Licto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	188.1	298.1	377.4	97	297	118	6	347.2	79	76.2	139	486
1995	25.3	0	310.7	222	21.6	36.5	3.4	18.2	47.3	247.4	150.4	106.1
1996	59.4	5	338.6	193.9	200.3	183.2	117	94	109	63	4	34.7
1997	41.5	20.9	207.2	113	195	0	121.9	15.2	29.7	20.1	17.7	100.8
1998	12.5	21.4	46	25.6	280	384.1	19.4	18.9	4.9	302.1	9.1	28.5
1999	145	365.4	663.7	486.4	543.7	12	437.2	217.2	292.4	56.1	109	70.6
2000	56.4	78.7	47.9	101	271.5	151.3	50.8	16.6	25	52.3	47.6	34.3
2001	29	20.9	48.8	81.5	65.8	25	14.9	17.9	11.9	48.1	41.9	37.6
2002	30.3	329.8	42.6	102.5	59.4	68.8	44.5	15.6	7.9	135.3	67.9	52.8
2003	39.8	27.2	47.4	107.7	34.5	58.6	21.3	1.3	37.9	59.2	46.1	39.4
2004	13.9	50.2	79.3	89.6	52.1	21.1	43.4	14.1	33.9	63.8	88.6	44.6
2005	9.4	93.1	130.2	67.4	15.4	76	11.2	1.6	51.5	89.2	16.1	103.8
2006	49.5	49.8	115.4	53.3	17.2	82.1	2.8	30.1	27.6	40.3	129.9	99.8
2007	77.1	13.6	118.6	127	91.6	125.9	14.3	90.2	10.1	55.7	73.3	48.8
2008	63.7	111.8	106.5	92.5	117.1	58	40.6	40.4	32.6	102.5	74.6	55.8
2009	89.1	56.6	41.4	45.5	76.6	61.6	39.2	16.5	31.5	48.2	33.8	53
2010	6.3	39.3	45.1	124.8	68.9	58.7	59.1	36.1	32.4	58.9	136.4	100.8
2011	45.2	138.2	52.8	186	95.2	34.4	75.7	49.2	27	41.9	90.8	89
2012	108.1	63.1	33.3	94.2	24.6	27.5	25.6	28.5	39.4	85.4	74.3	52.2
2013	31.9	447.7	60.5	62.1	93.8	26.7	41.3	18.4	28.7	52.9	55.5	16.7
2014	97.1	47.5	114.6	81.3	112.4	50.8	37.8	33.5	35.8	73	53.1	28.1
2015	46.5	12.9	85	56.1	52.8	72.4	257.6	18	15.2	49.8	68.5	14.4

Elaborado por: Autor

Tabla 9. Registro de precipitaciones estación Alao

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	49.3	45	113.7	106	139.5	144.6	97.9	99.1	48.6	45.5	118.4	61.9
1995	35.9	32.3	32.6	88.5	76	73.8	165.1	48.6	63.6	36.6	84.5	57.9
1996	77.7	130.1	70.3	74.3	65.4	54.1	83.5	78.3	62.7	46.8	23.7	24.1
1997	27.6	121.5	55.8	92.1	69.4	69.7	68.5	37.1	38.8	31.4	118.6	47.7
1998	34.2	69	79.4	130.1	82.5	116.9	134.7	74.7	39.9	101.2	20.7	12.2
1999	43.2	102.1	98.8	176.6	206.7	125.6	82.9	83.3	101	49.4	42	106.5
2000	71.2	105.8	78.9	112.7	228.7	108.5	48.7	89.2	91.4	13.1	24.6	93.6
2001	49.3	68.3	88.8	92.6	132.9	115.6	68.2	59.6	89.8	10.6	76	46.5
2002	34.4	57.6	46	128.4	81.4	93	65.5	9.2	9.5	57.2	105	46.2
2003	75.7	48.6	57.6	126.8	86.2	146	85.4	21.9	31.2	71.2	88.2	75.2
2004	31.2	57.7	100.2	128.5	91.8	66.3	133.7	44.1	38.7	126.8	112.4	59.7
2005	24.9	101.6	128.9	124.5	71.3	149	37.5	16.5	17.9	68.1	33.5	103.9
2006	35	53.6	57.1	109.5	50.6	16.2	3.4	6.5	15.1	30.4	59	56.2

2007	40.1	36.9	52.2	76.2	84.2	188.6	52.5	149.7	72	58	103.2	99.2
2008	103.5	132.4	84.1	122.9	137.7	138	176.3	120.9	132.9	165.5	108.9	27.4
2009	122.6	122.4	106.3	0	78.5	119.1	173.5	109.8	39.2	148.3	8.9	68.2
2010	27.7	25.2	126.5	158.5	215.4	219.2	130.1	89.2	93.2	174.7	177.2	215.9
2011	105.3	185.3	86.6	212.8	159.1	219.2	283.7	85	144.1	77.2	532.7	201.3
2012	154.2	76.3	96.7	198.6	232.6	94.8	135.4	100.2	95.8	153.5	92.5	71.7
2013	98.7	145.1	105.4	80.6	111.5	78.5	169.2	36.9	95.8	63	95.3	21.7
2014	96.9	34.9	175.5	79.5	253.2	323.8	131.9	141.6	115.6	89.4	79.4	165.1
2015	166.1	12.3	118	67.9	316.1	62.2	13.4	106.2	26	39.6	49.8	36.7

Elaborado por: Autor

Tabla 10. Registro de precipitación estación Cebadas

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	73.5	65.1	232	64.8	67.6	17.8	10.8	87.2	2.1	12.6	118	53.1
1995	6.8	37.2	59.3	78.8	29.4	14.7	50.4	26.1	2.1	21.2	124.3	49.2
1996	56.9	272.9	95.1	116.5	82.7	30.2	27.7	8.4	16.1	26.9	20.1	54.9
1997	50.4	21.4	98.8	36	9	31.4	21.1	1	8.2	12.6	88.9	72.2
1998	24	59.5	81.7	106.2	173.9	47.7	84.2	72.1	6.4	35	54.6	22.5
1999	48.9	202.3	226.5	194.8	180.3	96	15.3	18	119.7	15.5	10.8	44.6
2000	74.8	99.3	123	119.1	221.7	89.1	8	9.8	54.1	0	7.2	62.3
2001	93.5	36.8	150.2	50.7	67.3	83.2	30.7	18.9	13.6	8.2	43.8	32.2
2002	15.6	36.3	56	124.3	40.5	49.8	21	3.3	0.9	85.2	89.6	51.9
2003	13	39.4	38.2	105.4	6.7	42	32.4	0	12.1	22.4	57.3	37.6
2004	13.8	34.9	26.2	94.8	140.5	10.1	26.3	9.9	36.9	71	100.1	77.7
2005	7.1	28.5	114.9	134.6	28	27.6	2.3	2.3	44.9	53.6	3.3	98
2006	46.8	40.8	125.7	68.4	6.8	44.1	2.1	19.9	8.9	35.1	105.4	95.5
2007	49.5	25.9	113.3	105.8	61.3	103.8	29.4	65.1	3.5	64.6	78.2	30.8
2008	73.9	107.2	92.4	57.5	198.4	41.6	21.2	15.3	11.2	31	40	26
2009	56.9	62.3	39.5	39.2	35.3	51	29.8	34.7	27.2	161.8	7.3	23.5
2010	3.5	34.9	38.6	69.5	77.9	50.5	52.9	23.5	27.1	183.9	116.8	124.9
2011	52.8	116.1	80.9	286.6	59.5	33.1	104.3	19.3	27.5	94.7	91.1	54.5
2012	96.5	67.7	28.4	223.5	29.3	12.5	16.6	6.9	8.5	51.2	30	4.6
2013	44.1	50.5	28.7	31.3	157.3	23	61	6.1	12.8	47.8	49.9	66.5
2014	65	45.2	84.9	41.9	130.1	58.3	18.9	18.9	54.4	63.6	39.5	66.2
2015	72.5	38.8	140.6	82	40.1	74.5	46.4	3	26.3	12.5	48.4	10.8

Elaborado por: Autor

2) Temperatura:

Tabla 11. Registros de temperatura estación Sangay

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	21.4	21.2	20.8	21.1	20.9	20.6	20.2	21.2	21.8	22.1	22.1	21.9
1995	22.1	22.8	22.6	22.5	21.8	21.8	21.9	22.2	22.6	22.5	22.5	22.5
1996	21.5	21.9	21.9	22.3	22.1	21.3	20.9	21.8	22.4	22.3	23.1	22.1
1997	22.1	21.3	22.1	22.2	21.9	22.2	21.4	21.8	22.7	23.2	22.3	22.5
1998	22.9	23.3	23	23.3	22.8	21.9	21.5	22.4	22.1	22.5	22.9	22.5
1999	21.7	21.5	21.8	21.1	23.2	22.7	20.7	22.1	21.9	21.8	22.7	22.2
2000	21.7	21.8	21.6	22.1	21.8	21.5	20.9	21.4	22.3	22.4	22.9	22.2
2001	21.6	21.6	21.6	21.8	22.1	21.1	20.3	21.4	22.1	22.9	22.9	22.8
2002	22.2	22.1	22.1	22.4	22.4	21.7	21.5	22.1	22.5	22.7	22.2	22.7
2003	22.3	22.5	22.5	22.6	22	22.1	21.4	21.5	22.4	23	22.5	21.9
2004	23.2	22.7	22.5	22.4	22.4	21.7	21.6	21.8	22.5	23.1	22.2	22.7
2005	22.9	22.5	22.5	22.7	23.2	23.6	22.3	22.6	22.4	22.5	23.3	22.4
2006	22.3	22.3	21.8	22.2	21.8	21.5	21.4	21.6	21.7	22.8	22.1	22.1
2007	22	22.7	22	22.2	21.9	21	21.2	21.9	21.2	22	22.1	21.9
2008	21.2	21.2	21.8	21.8	21.2	21.4	21	21.9	21.7	22.3	22.5	22.2
2009	21.1	21	21.9	21.9	22.5	21.9	22.1	22.4	23	23.3	23.4	22.9
2010	23	23.8	23.4	23	23.3	21.4	21.4	22.1	22.2	22.4	22.2	21.6
2011	21.7	21.7	21.5	21.9	21.8	21.6	21.1	21.8	21.7	22.4	22.4	21.9
2012	21.7	21.2	21.2	22.1	21.6	21.6	21.2	21.4	21.8	22.6	22.4	22.1
2013	21.7	21.2	22.1	22.1	22	21.4	20.9	21.2	21.9	22.6	22.6	22.4
2014	22	22.2	22.3	22.2	22.3	21.2	21.4	21.5	22	22.5	22.4	21.9
2015	21.8	21.6	22	21.7	21.9	21.4	21.5	21.8	21.8	22.3	22.4	22.3

Elaborado por: Autor

Tabla 12. Registros de temperatura estación Guaslán

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	14.5	14.8	13.7	14.6	14.1	14.1	14.4	12.6	14	14.4	14.3	14.7
1995	14.3	14.8	14.4	14.5	15.3	14.2	13.6	13.6	13.3	13.9	13.8	13.7
1996	14	13.4	14.2	13.2	14.2	14.4	11.9	12.1	12.9	13.1	13.2	13.3
1997	15	15.1	15.4	15.8	15.8	15.2	15.2	15.5	15.1	15.2	13.9	13.4
1998	15.4	15.2	15.5	15.8	15.2	14.4	14.2	15.4	15	15.5	15.7	15.4
1999	14.4	14.9	14	14.4	14.5	14.4	14.7	13.7	13.6	13.5	15.2	13.5
2000	14.8	13.8	13.9	13.9	13.7	13.9	11.8	11.7	12.1	13.1	13	12.8
2001	12.4	12.7	11.4	13	13.3	12.5	12.5	12.6	12.8	14.3	13.6	13.9
2002	13.4	15.2	15.4	15.5	15	13.9	14.6	13.8	14.2	14.6	14.4	15.2
2003	15.1	14.9	14.6	14.7	14.9	12.6	12.5	13.3	13.4	13.6	13.7	13.1

2004	13.8	13.1	12.3	13.6	13.5	13	12.5	12.6	12.6	13.7	13.7	13.6
2005	13.8	13.8	13.4	13.6	13.6	13	12.8	12.9	13.4	13.5	13.6	12.9
2006	14.6	14.8	14.4	14.5	14.6	13.3	13.4	13.4	13.7	14.9	14.5	14.9
2007	15.2	14.8	14.4	14.6	14.7	13.3	13.6	13.2	13	14.1	14.2	14.3
2008	14.5	14	13.9	14.1	12.7	13.9	13.2	13.3	13.7	14.3	14.5	14.5
2009	14.2	14	14.9	15	14.3	14	14	14.1	13.7	14.8	15.1	13.9
2010	14	14.3	14.2	14.2	13.9	12.8	12.8	12.8	12.8	13.2	12.9	12.6
2011	14.2	14.7	14.4	14.5	14.5	14.2	13.6	14.1	14	14.6	14.5	14.5
2012	14.6	14.2	14.6	14.5	15.6	14.4	13.7	13.6	13.7	14.9	15	15.3
2013	15.3	14.8	15.3	15	14.8	14.7	14.6	14.3	14	14.5	14.7	15
2014	15.2	14.9	14.8	14.5	14.7	14	14.4	14.4	13.7	14.4	14.8	14.7
2015	14.3	15	14.4	14.4	14.2	13.8	13.5	13.5	14.1	14.7	15.1	14.5

Elaborado por: Autor

Tabla 13. Registro de temperatura estación ESPOCH

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	13.4	13.3	13.5	13	13	12.2	12.1	11.4	13.1	13.6	13.5	14
1995	13.8	14.4	14	13.7	13.2	13.5	12.4	12.8	12.8	14.1	13.8	13.6
1996	13.2	12.8	13.5	13.4	13.1	12.5	11.7	11.7	12.1	13.5	13.7	13.5
1997	13.7	13.1	13.9	13.3	13.3	13.1	11.8	11.8	13	14.1	13.5	14
1998	14	14.3	14.5	14.4	13.5	12.5	11.9	12.1	12.8	13.4	14.4	14.3
1999	13.8	12.8	13	12.7	12.4	12.4	11.7	12	12.3	12.8	13.9	13.7
2000	13.3	12.4	12.7	12.6	12.5	12.4	11.8	11.3	12.4	13.2	13.9	13.3
2001	12.9	13.3	13.1	13.6	13.7	12.6	12.8	13.9	13	14.9	14.2	14.5
2002	14.4	14.3	13.9	14.2	13.9	12.3	12.9	12.4	13.1	13.1	12.9	13.7
2003	14.1	14	13.4	12.8	13.3	11.8	12.1	12.9	14.4	14.6	14.2	13.8
2004	15.5	13.7	14.4	13.8	13.8	12.8	12.5	12.6	13.4	14.2	14.3	14.4
2005	17.1	14.6	13.5	14.3	14.9	13.8	13.3	13.4	14	13.8	14.5	13.7
2006	14.2	14.5	14.1	14.3	14.4	13.4	13.1	13.3	13.7	15.3	14.5	14.4
2007	14.6	14.7	14.3	13.8	14.1	12.4	13.3	12.7	13	14.1	14.1	13.8
2008	14.3	13.6	13.5	13.6	13.3	13	12.5	12.9	13.4	14.9	14.3	13.8
2009	13.7	13.4	14.7	14.4	14.3	13.9	13.3	13.8	13.9	14.8	15.5	14.7
2010	14.9	15.2	15.4	14.9	14.8	13.3	13.6	13.4	13.6	14.4	14.4	14.1
2011	13.9	13.9	14.1	13.7	13.8	13.7	12.8	13.6	13.4	14.7	14.4	14.1
2012	14.1	13.5	14.1	13.8	13.3	13.5	12.9	12.5	13.8	14.4	14.5	14.5
2013	15.1	14.4	14.9	14.8	14.4	13.7	12.9	13.4	13.6	14.5	15.1	14.7
2014	14.6	14.9	14.3	14.1	14.1	13.1	13.4	12.7	13.5	14.2	15.1	14.4
2015	14	15.1	14.3	14	14	13.3	13.5	13.6	14.3	14.9	14.9	14.9

Elaborado por: Autor

Tabla 14. Metodología de la recta de regresión lineal

Septiembre GUANO - ALAO						
GUANO	ALAO					
Estación Índice	Estación Incompleta					
Y	X	Yi	Xi	Y^2	X^2	X*Y
79	48.6	79	48.6	6241	2361.96	3839.4
47.3	63.6	47.3	63.6	2237.29	4044.96	3008.28
109	62.7	109	62.7	11881	3931.29	6834.3
29.7		4.9	39.9	24.01	1592.01	195.51
4.9	39.9	292.4	101	85497.76	10201	29532.4
292.4	101	25	91.4	625	8353.96	2285
25	91.4	11.9	89.8	141.61	8064.04	1068.62
11.9	89.8	33.9	38.7	1149.21	1497.69	1311.93
7.9		51.5	17.9	2652.25	320.41	921.85
37.9		10.1	72	102.01	5184	727.2
33.9	38.7	32.6	132.9	1062.76	17662.41	4332.54
51.5	17.9	31.5	39.2	992.25	1536.64	1234.8
27.6		32.4	93.2	1049.76	8686.24	3019.68
10.1	72	27	144.1	729	20764.81	3890.7
32.6	132.9	39.4	95.8	1552.36	9177.64	3774.52
31.5	39.2	28.7	95.8	823.69	9177.64	2749.46
32.4	93.2	35.8	115.6	1281.64	13363.36	4138.48
27	144.1			0	0	0
39.4	95.8			0	0	0
28.7	95.8			0	0	0
35.8	115.6			0	0	0
15.2						
	Sumatoria	892.4	1342.2	118042.6	125920.06	72864.67

Elaborado por: El Autor

Tabla 15. Parámetros calculados en el método de recta de regresión lineal

Coefficiente de correlación "R"	0.639
Varianza en X	1246.839
Varianza en Y	4449.803
Covarianza	141.592
Pendiente	0.114
Media de X	78.953
Media de Y	52.494
Cálculo de "b"	43.528
Cálculo del dato faltante de precipitación	46.9

Elaborado por: El Autor

Tabla 16. Recta de regresión normalizada

Alao Septiembre 2003		
	Pn	Nn
Estaciones	Septiembre	Octubre
Guano	5	32.8
ESPOCH	7.1	29.9
Guaslán	6.1	38.3
Licto	37.9	57.2
Cebadas	12.1	22.4
Alao	X	71.2
n =		5
Cálculo del dato faltante		31.2

Elaborado por: El Autor**Tabla 17.** Recta de regresión normalizada

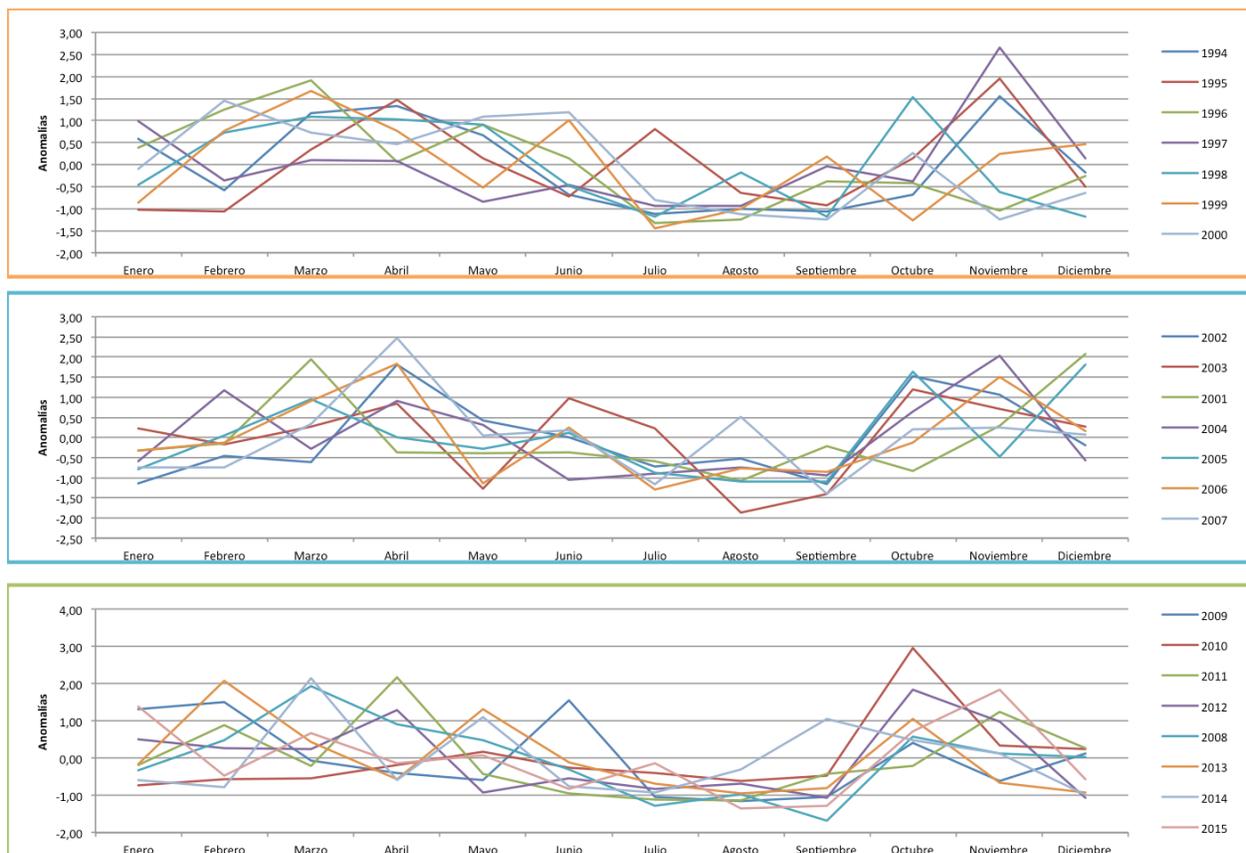
Licto Febrero 2001		
	Pn	Nn
Estaciones	Febrero	Marzo
Guano	25.4	83
ESPOCH	38.8	99.6
Licto	X	48.8
Cebadas	36.8	150.2
Alao	68.3	88.8
n =		4
Cálculo del dato faltante		20.9

Elaborado por: El Autor**Tabla 18.** Estimación de dato faltante de temperatura

Guaslán Octubre 1999		
Estación	Altitud	Temperatura
ESPOCH	2740	13.7
El Ángel	3055	11.3
Izobamba	3058	11.2
La Tola	2480	14.8
Inguincho	3185	9.8
Otavalo	2556	14.2
Pedro Fermín Cevallos	2910	13.2
Guaslán	2850	13.5

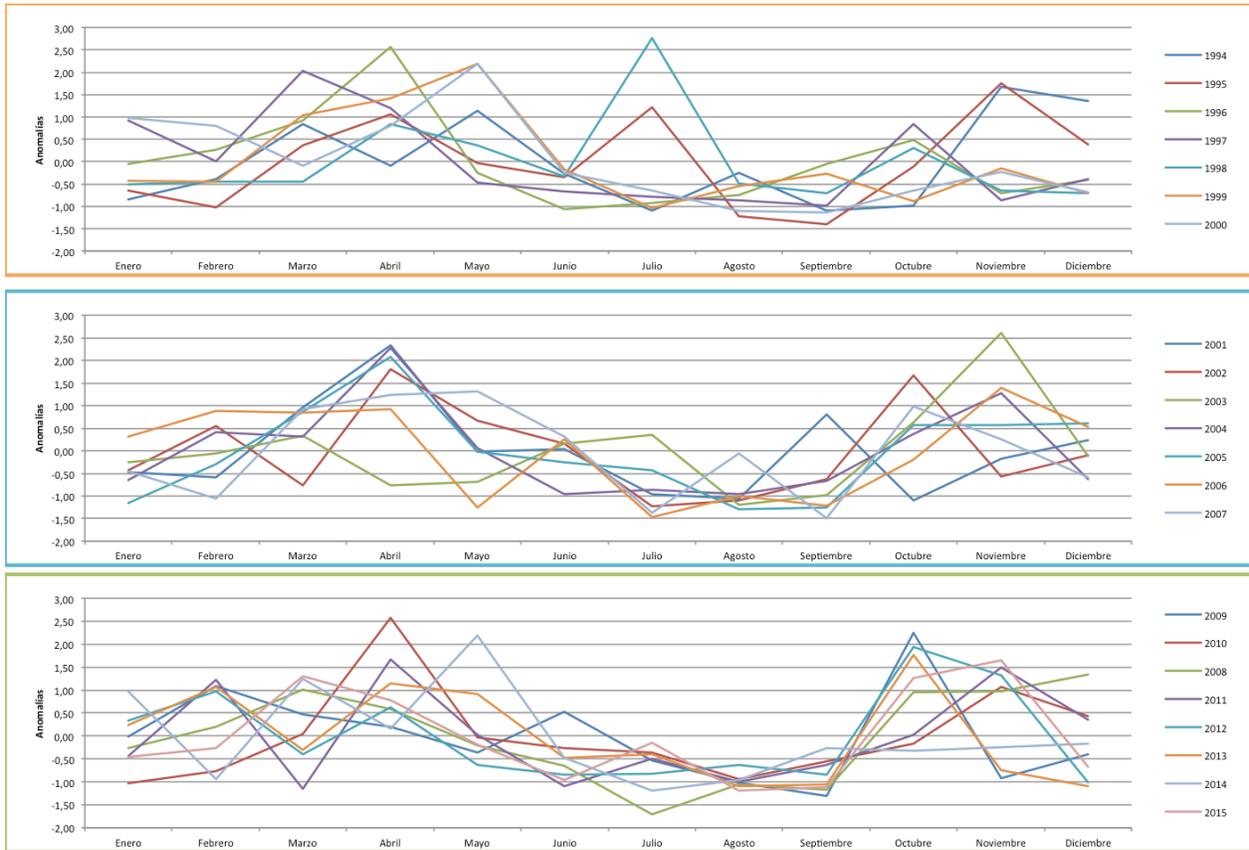
Elaborado por: El Autor

Figura 9. Anomalías de precipitación en la estación Guano.



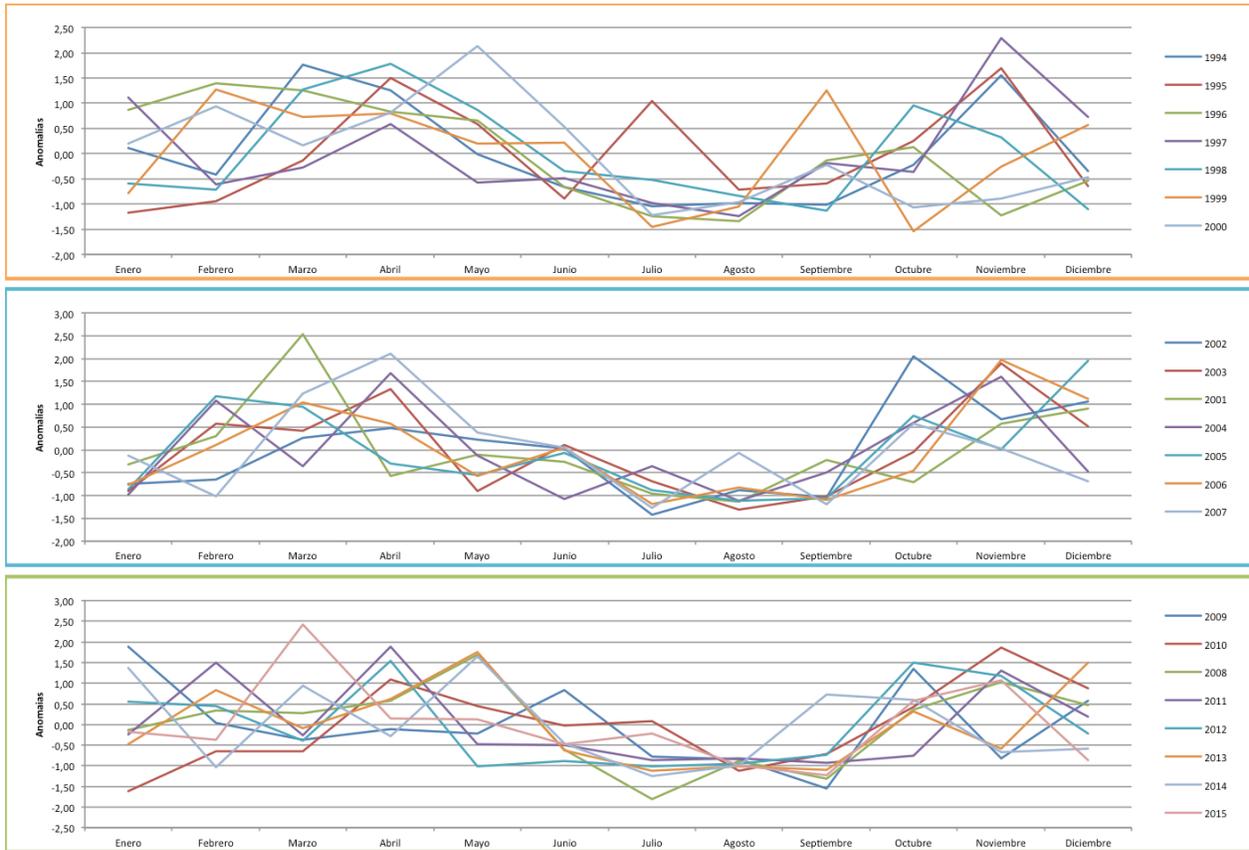
Elaborado por: Autor

Figura 10. Anomalías de precipitación en la estación Guaslán.



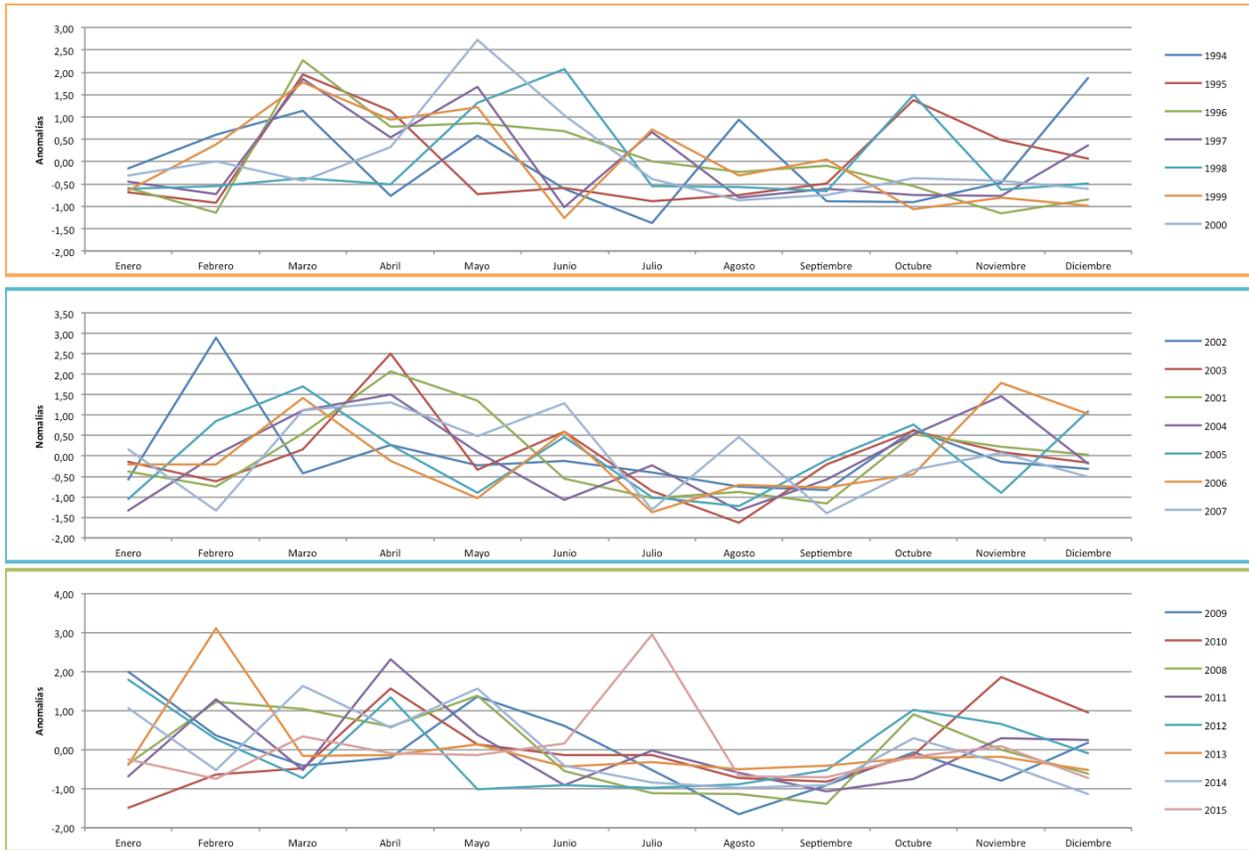
Elaborado por: Autor

Figura 11. Anomalías de precipitación en la estación ESPOCH.



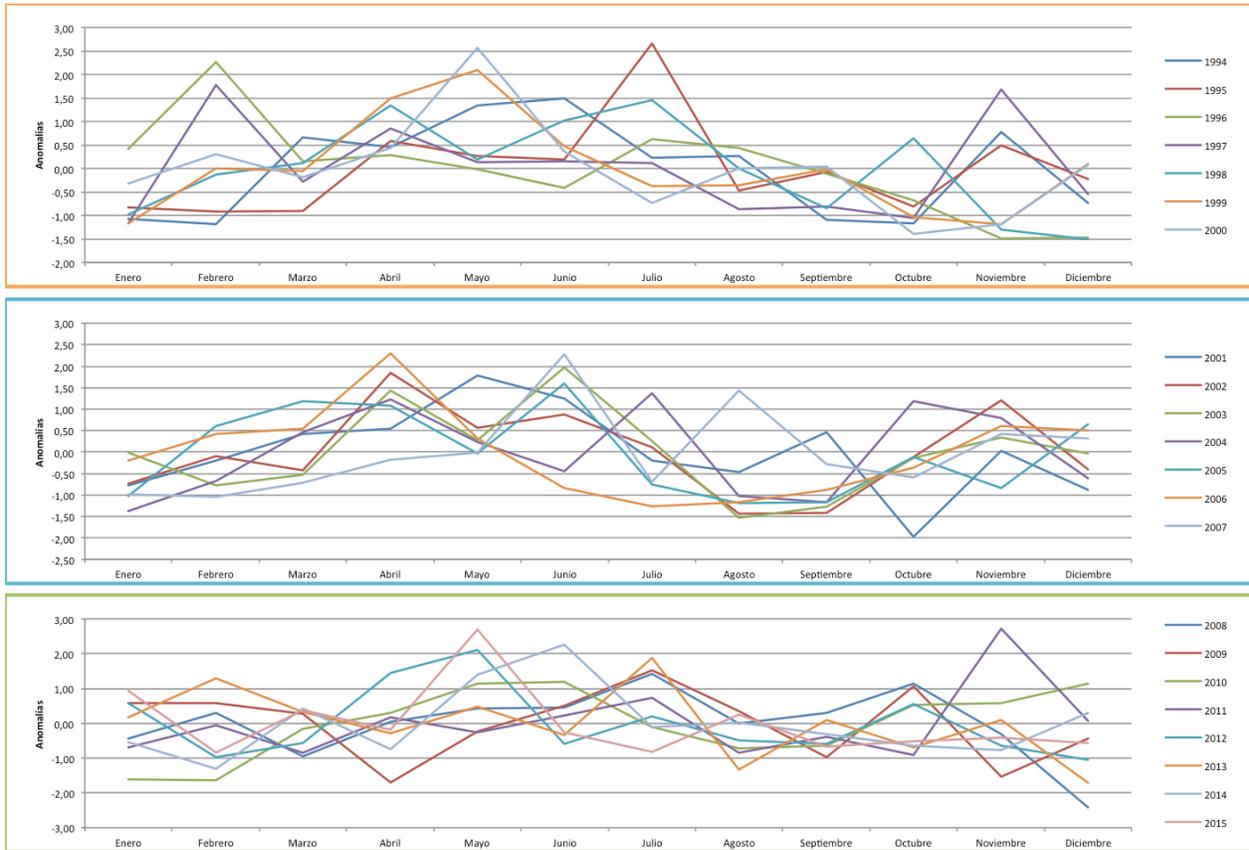
Elaborado por: Autor

Figura 12. Anomalías de precipitación en la estación Licto.



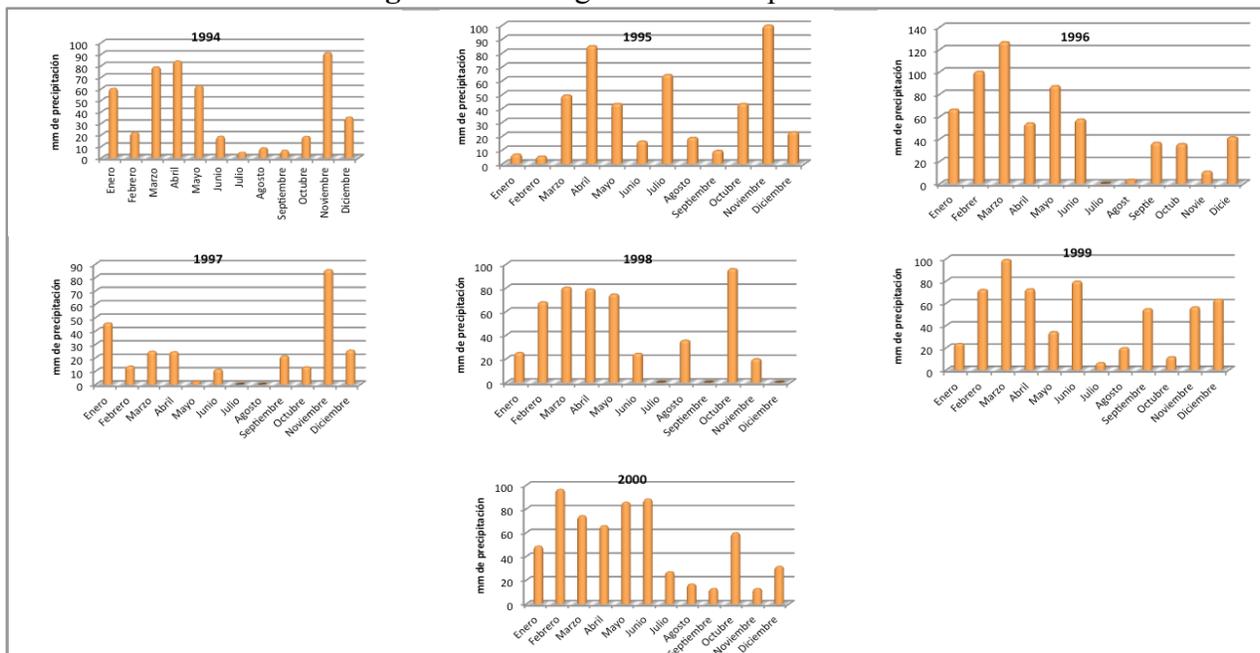
Elaborado por: Autor

Figura 13. Anomalías de precipitación en la estación Alao.



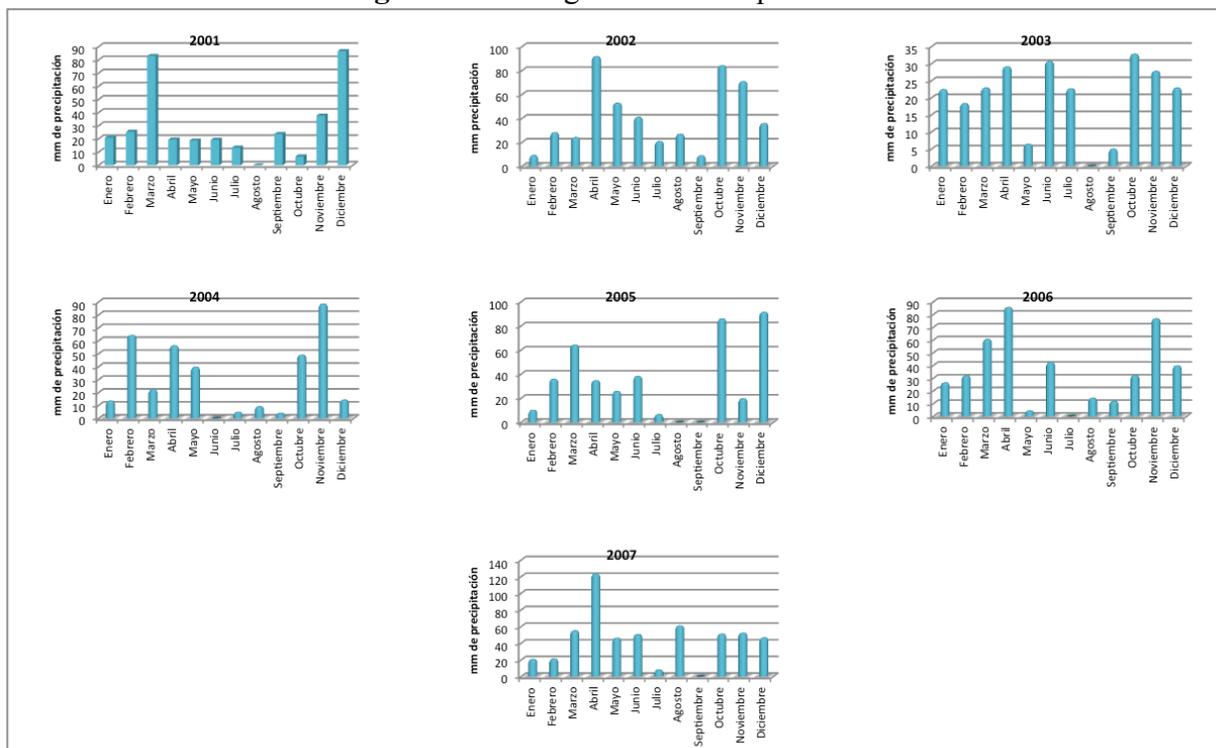
Elaborado por: Autor

Figura 14. Hietogramas Guano período 1.



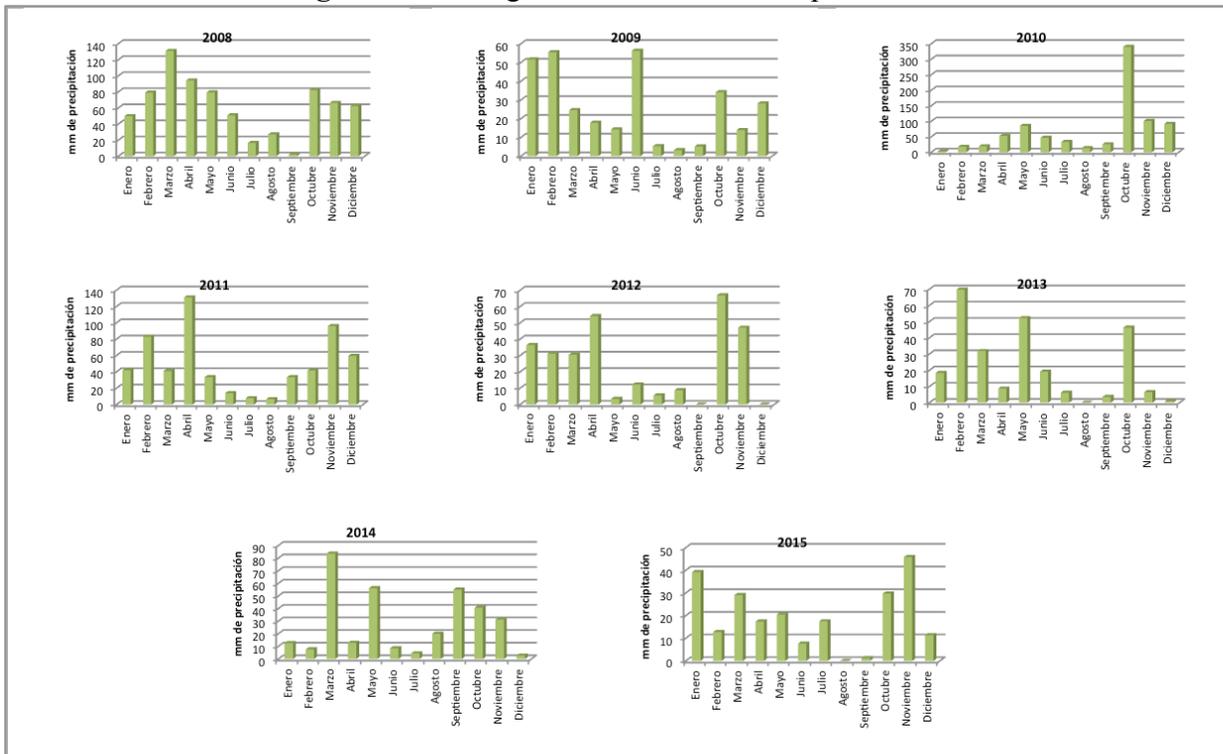
Elaborado por: Autor

Figura 15. Hietogramas Guano período 2.



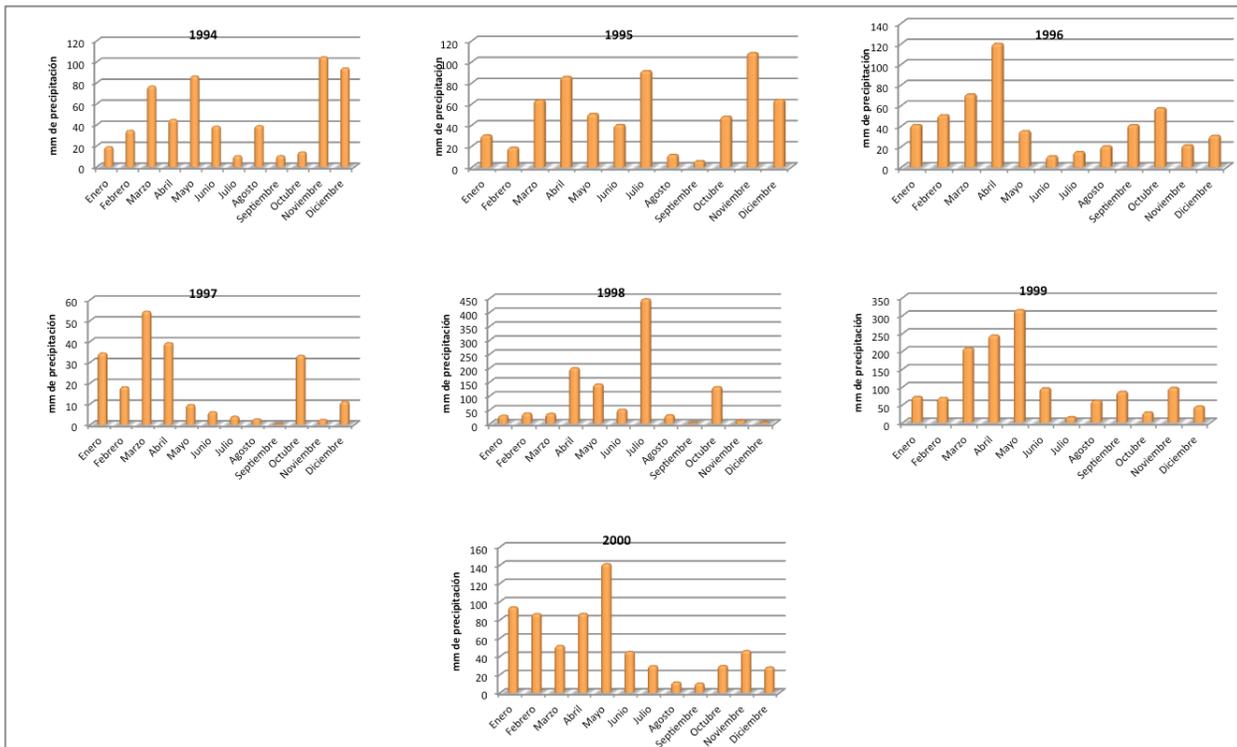
Elaborado por: Autor

Figura 16. Hietogramas estación Guano período 3.



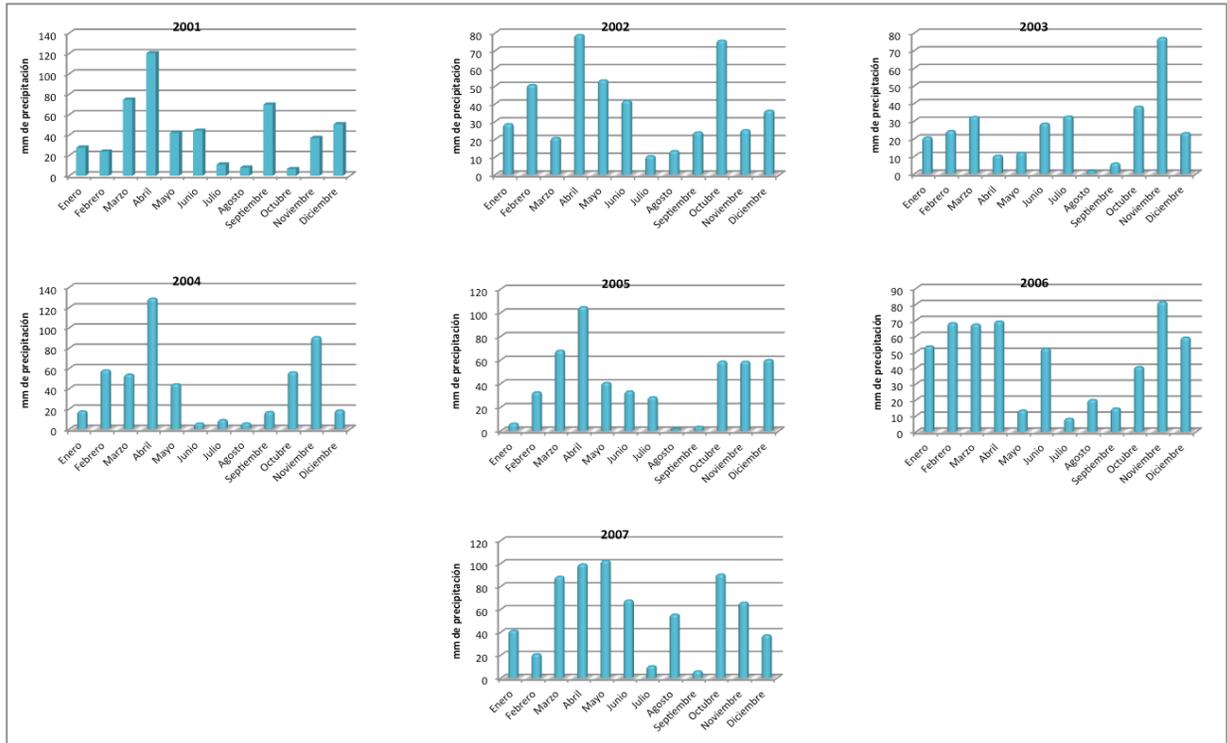
Elaborado por: Autor

Figura 17. Hietogramas estación Guaslán período 1.



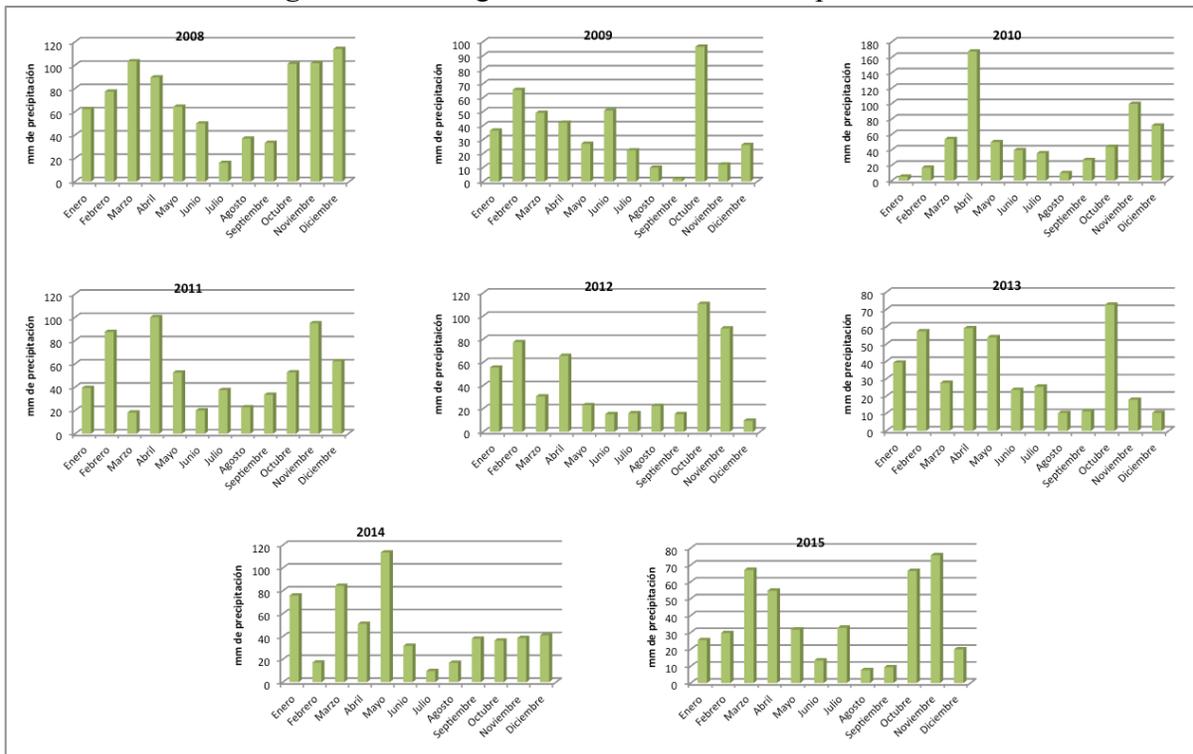
Elaborado por: Autor

Figura 18. Hietogramas estación Guaslán período 2.



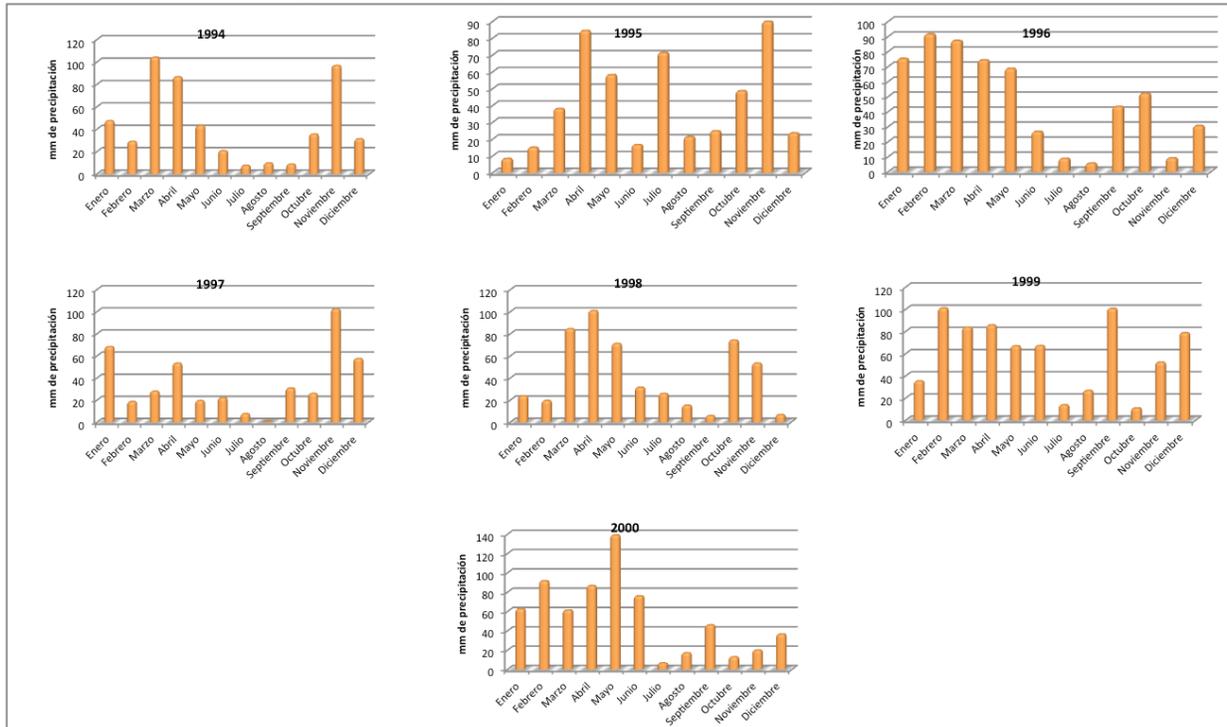
Elaborado por: Autor

Figura 19. Hietogramas estación Guaslán período 3.



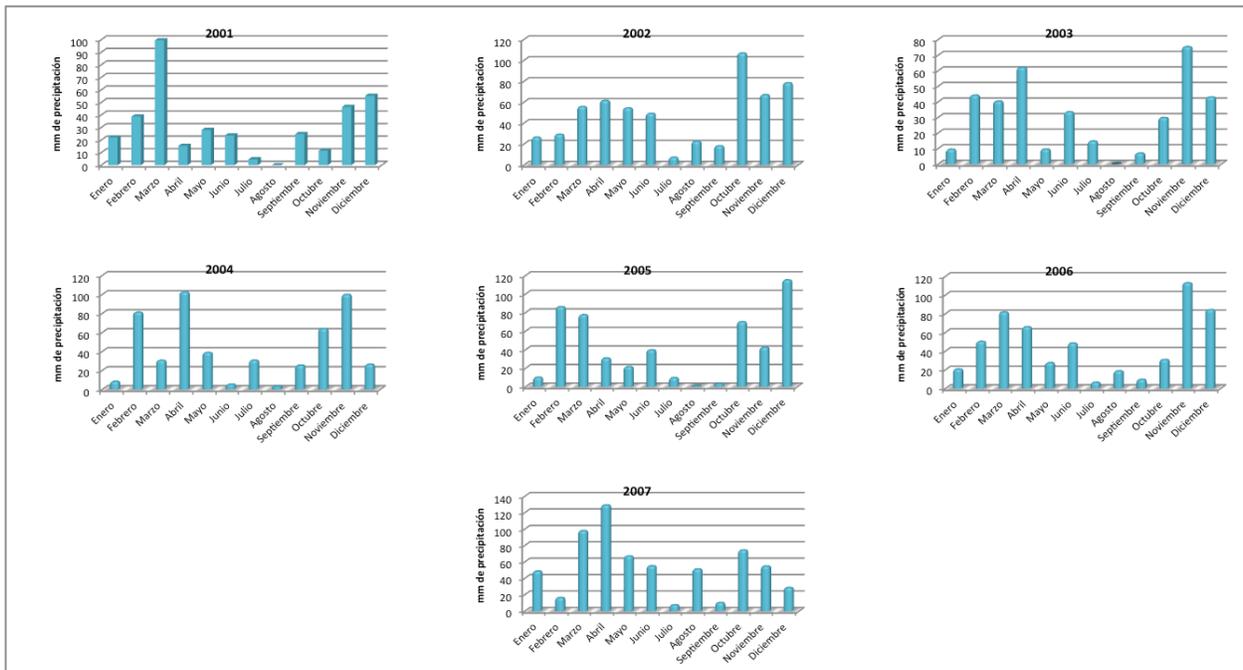
Elaborado por: Autor

Figura 20. Hietogramas estación ESPOCH período 1.



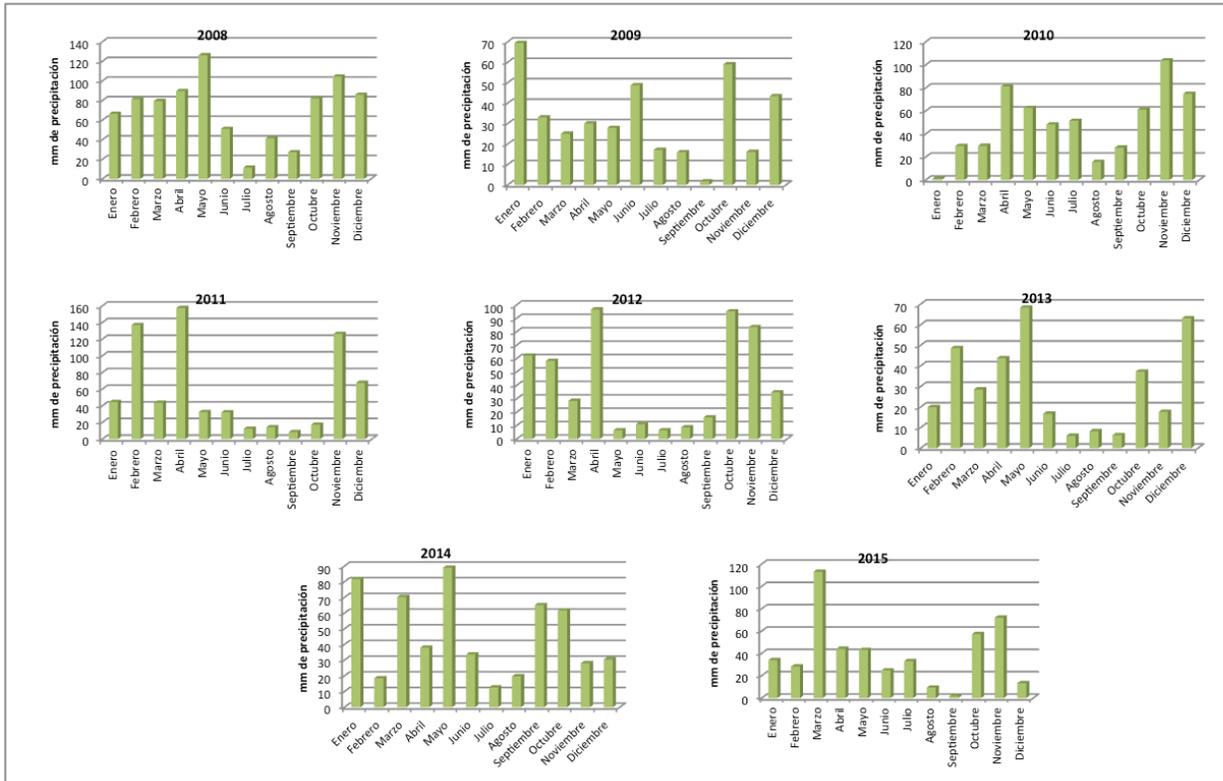
Elaborado por: Autor

Figura 21. Hietogramas estación ESPOCH período 2.



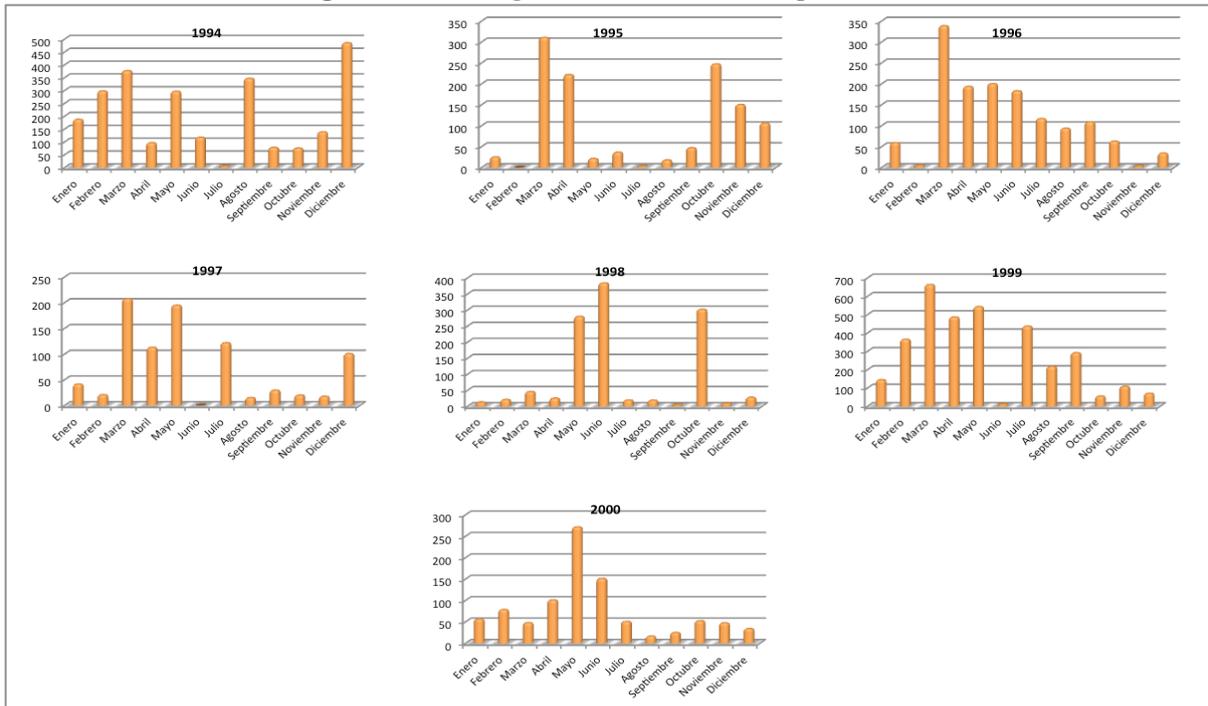
Elaborado por: Autor

Figura 22. Hietogramas estación ESPOCH período 3.



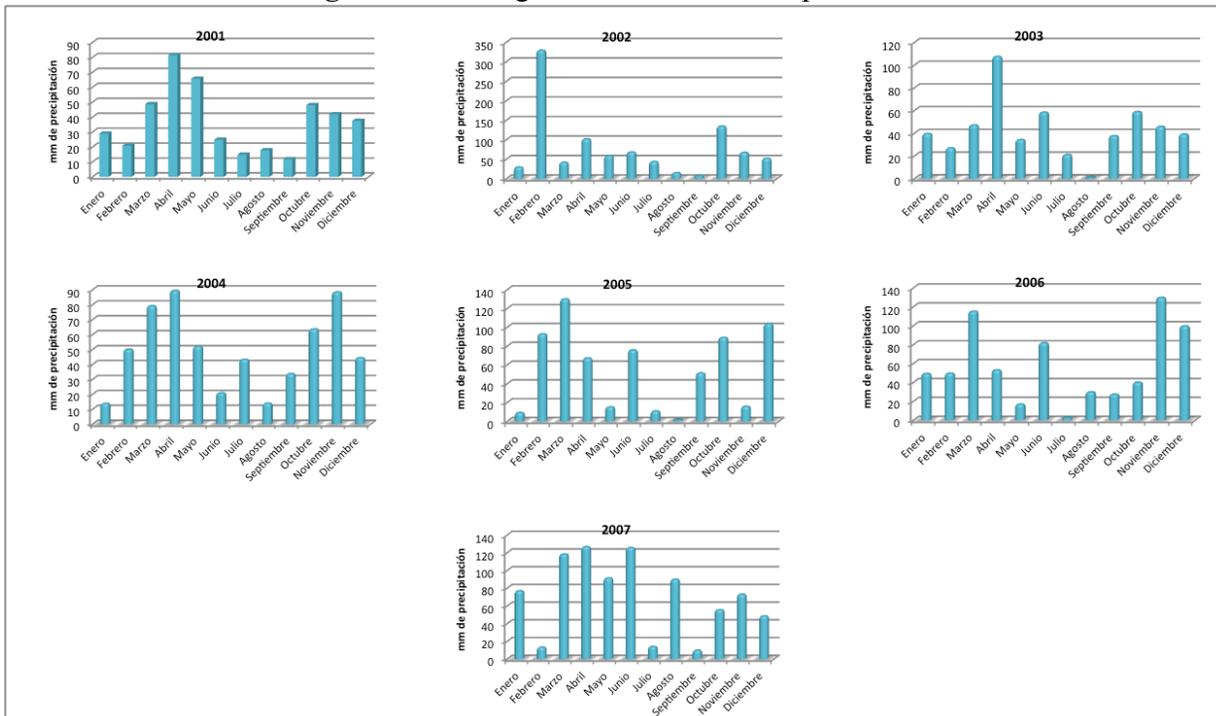
Elaborado por: Autor

Figura 23. Hietogramas estación Licto período 1.



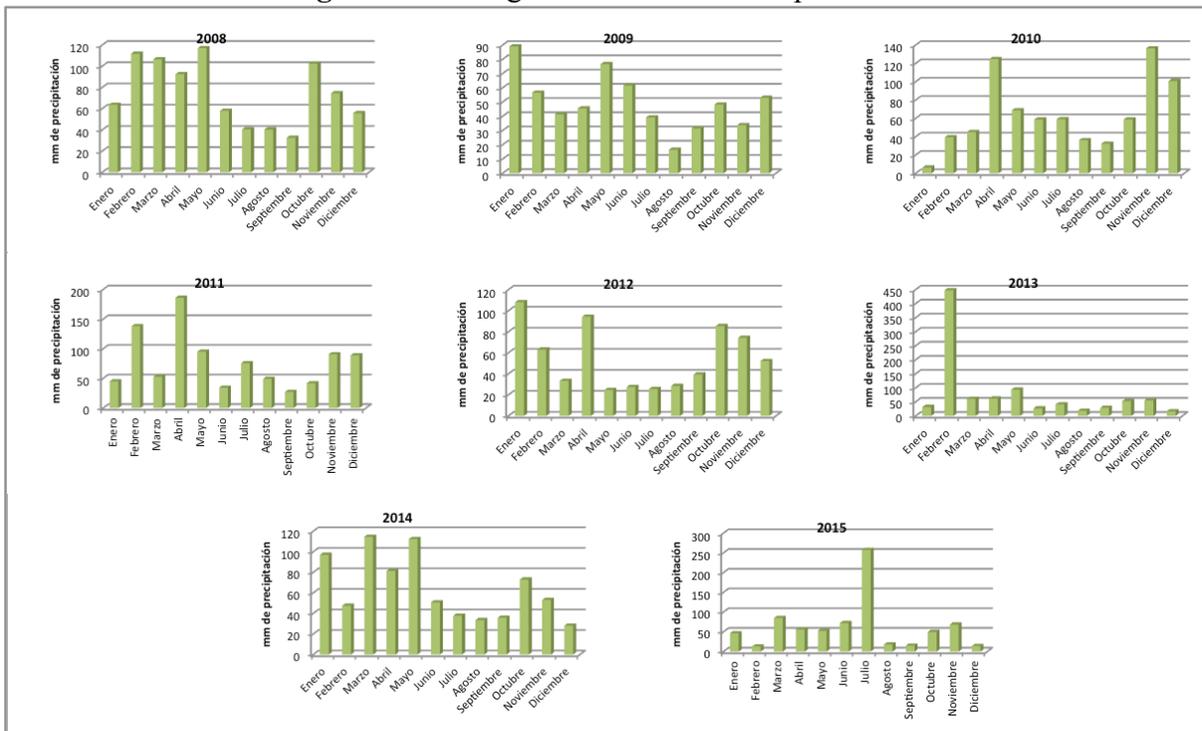
Elaborado por: Autor

Figura 24. Hietogramas estación Licto período 2.



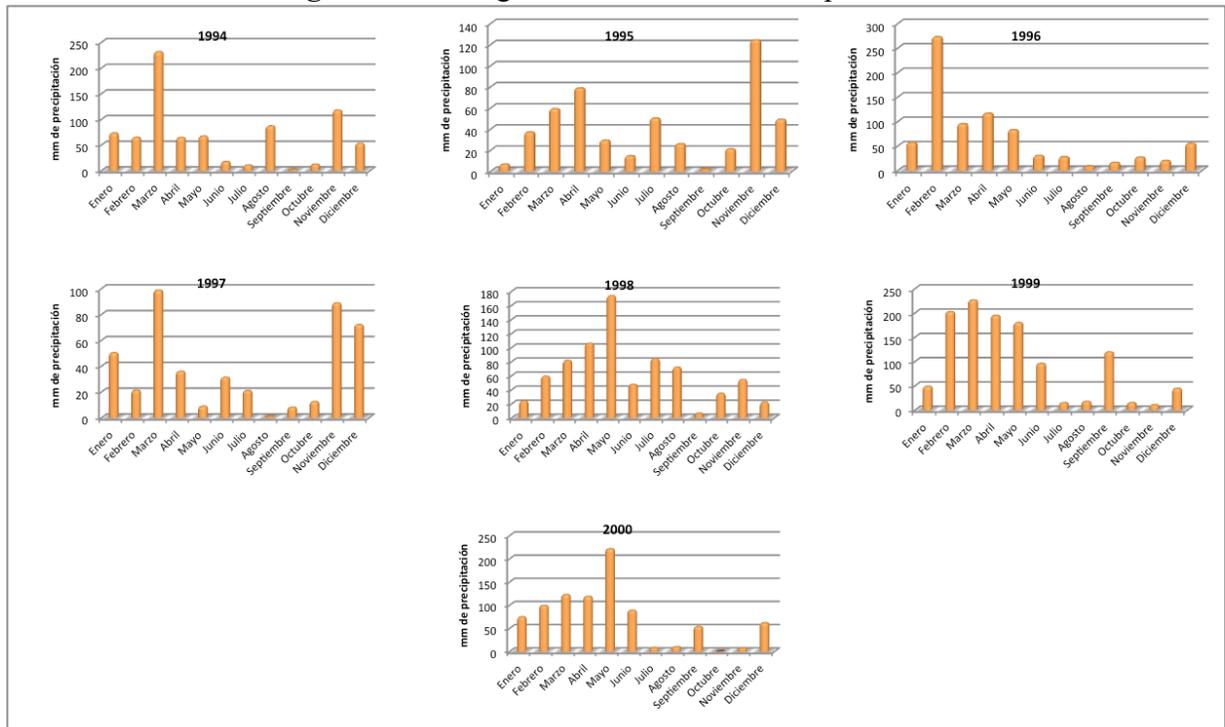
Elaborado por: Autor

Figura 25. Hietogramas estación Licto período 3.



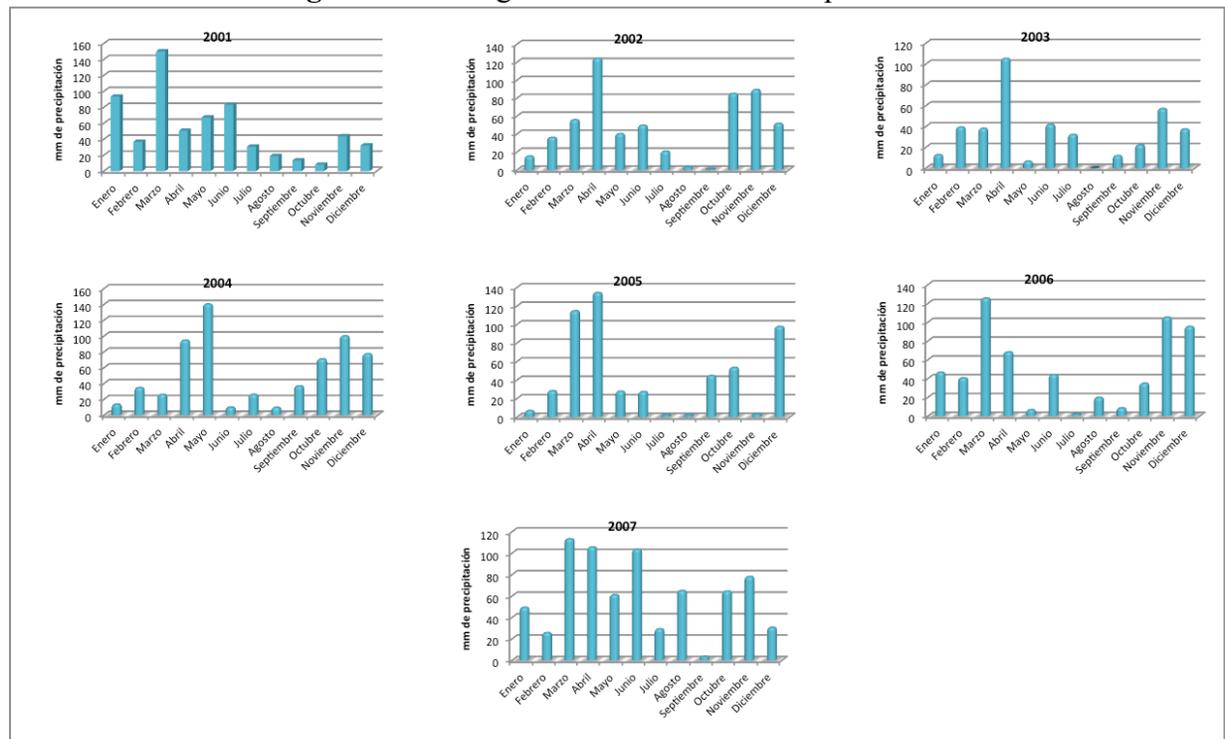
Elaborado por: Autor

Figura 26. Hietogramas estación Cebadas período 1.



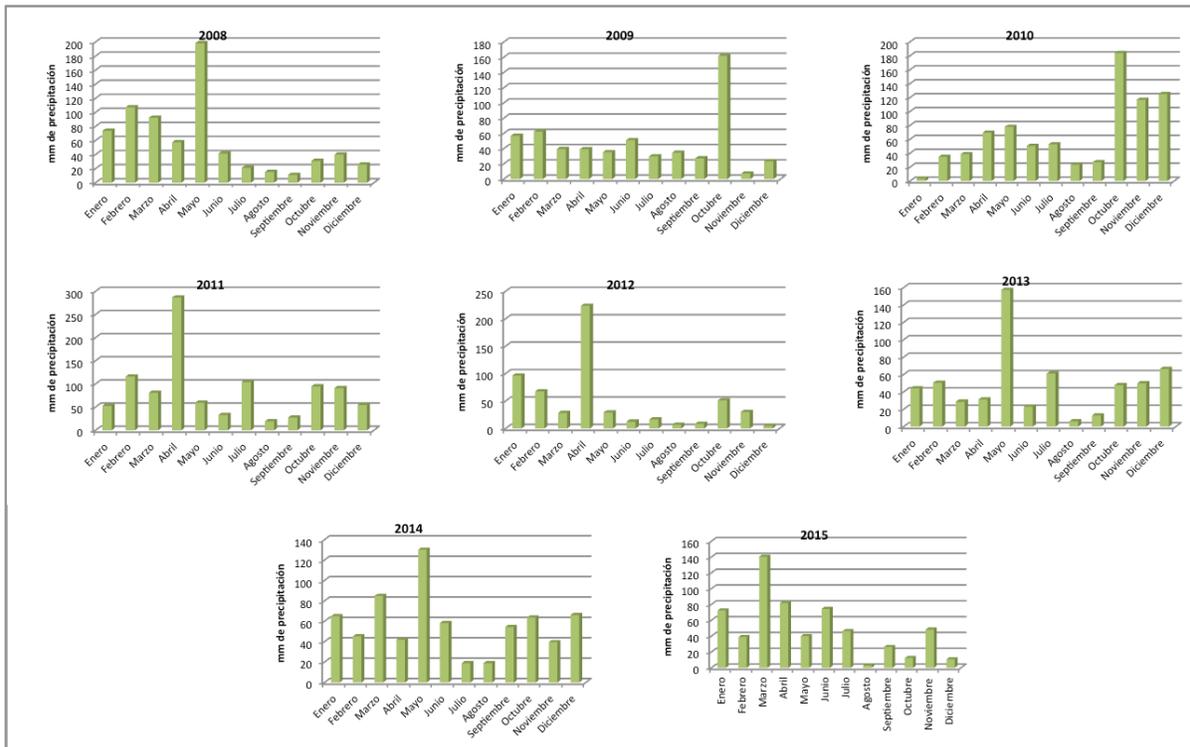
Elaborado por: Autor

Figura 27. Hietogramas estación Cebadas período 2.



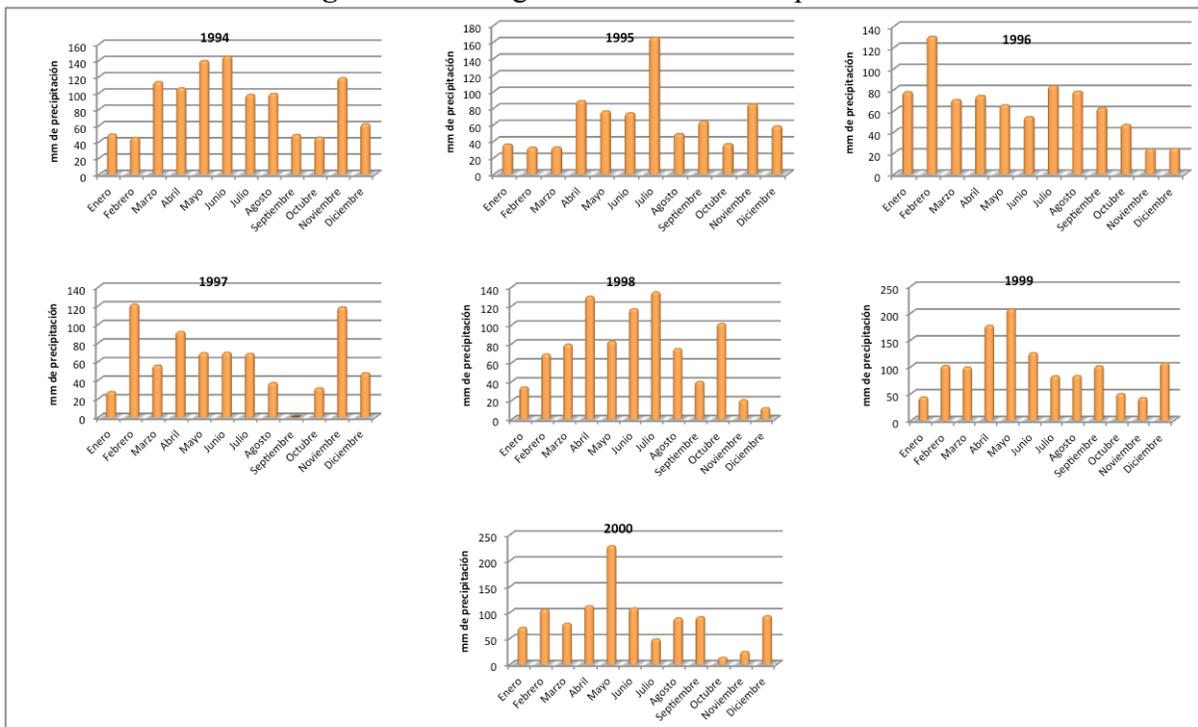
Elaborado por: Autor

Figura 28. Hietogramas estación Cebadas período 3.



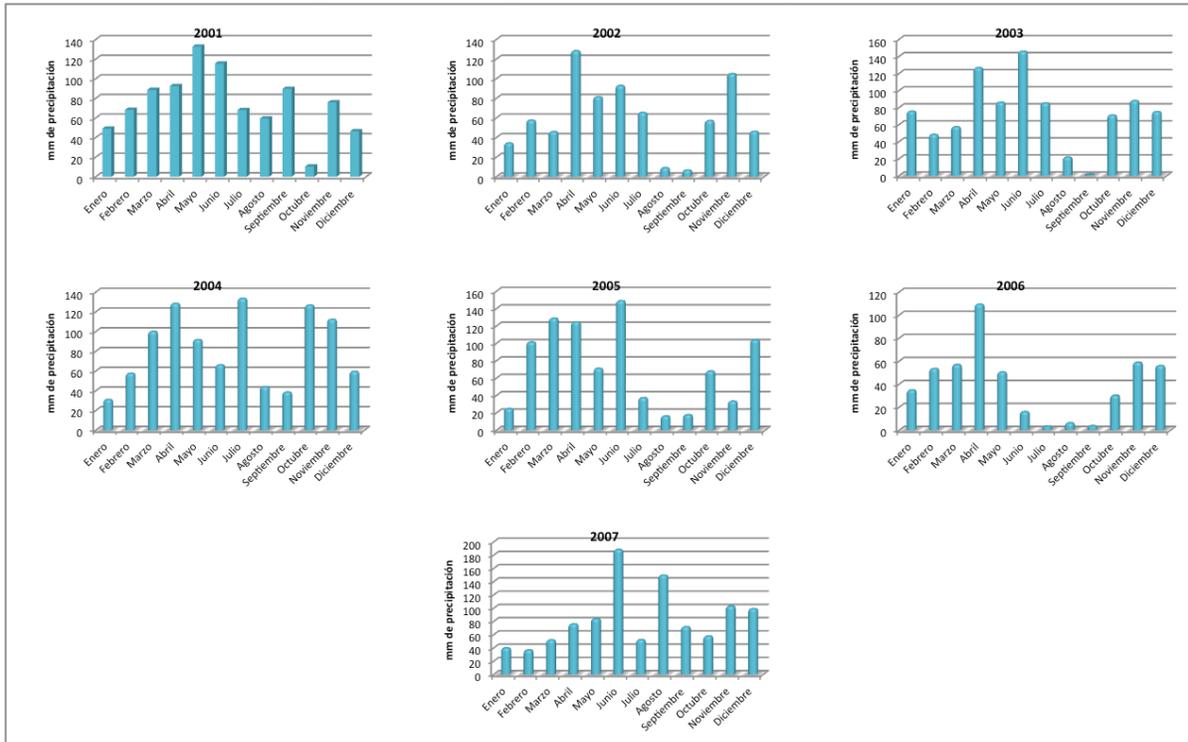
Elaborado por: Autor

Figura 29. Hietogramas estación Alao período 1.



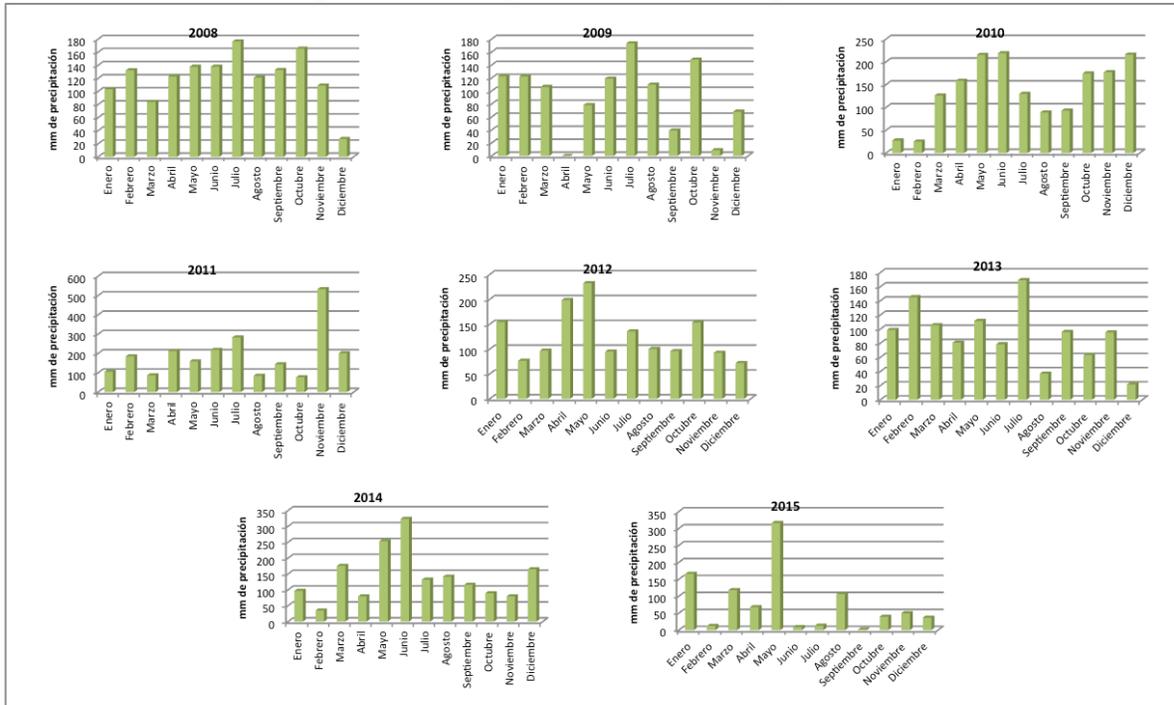
Elaborado por: Autor

Figura 30. Hietogramas estación Alao período 2.



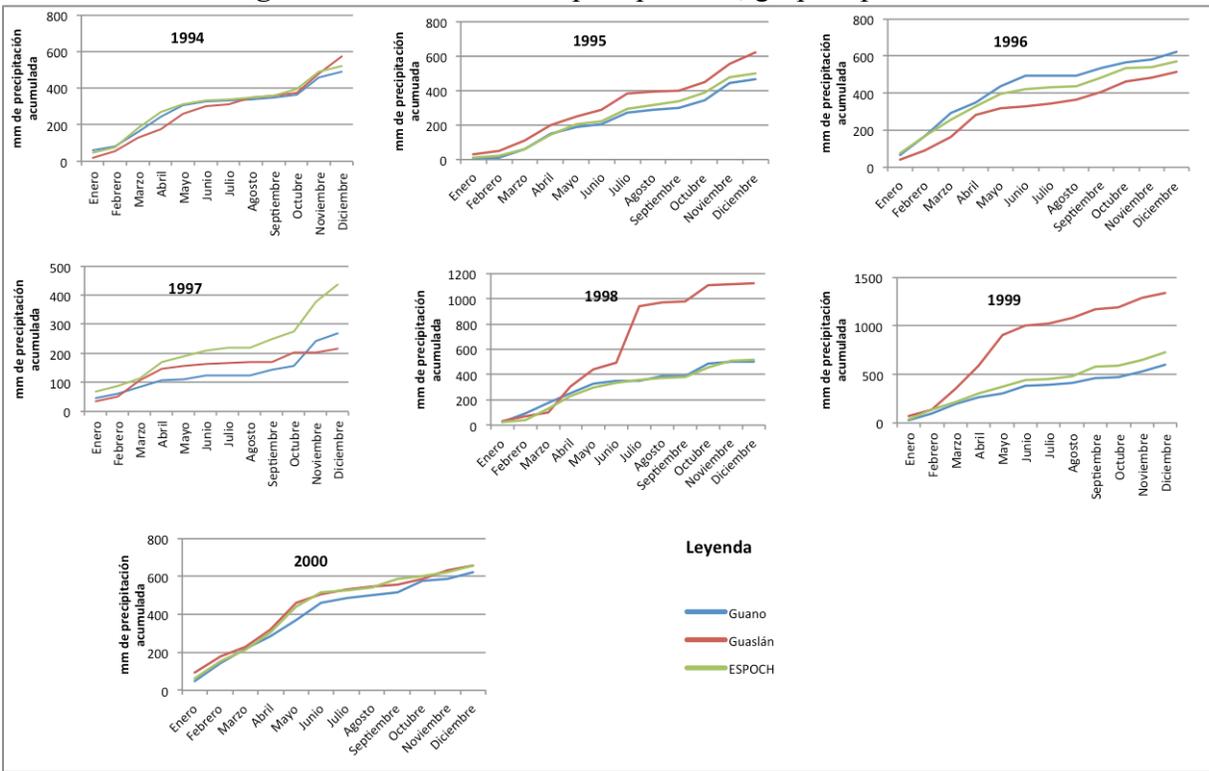
Elaborado por: Autor

Figura 31. Hietograma estación Alao período 3.



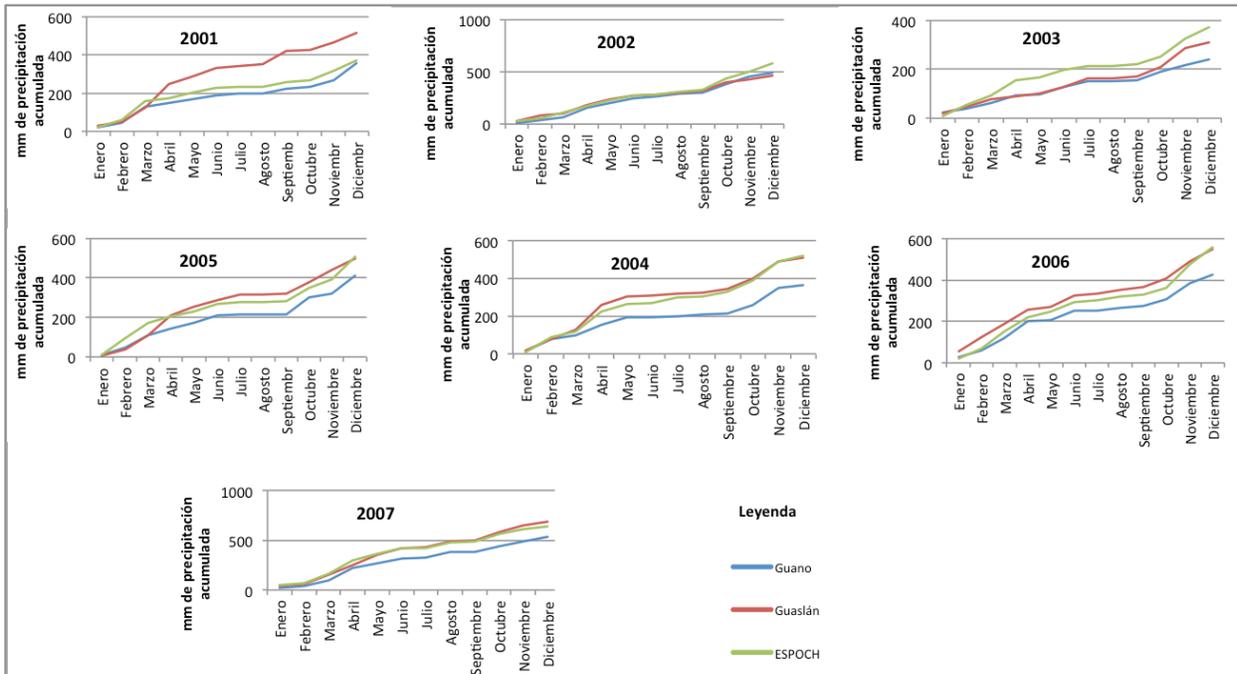
Elaborado por: Autor

Figura 32. Curva masa de precipitación, grupo 1 período 1.



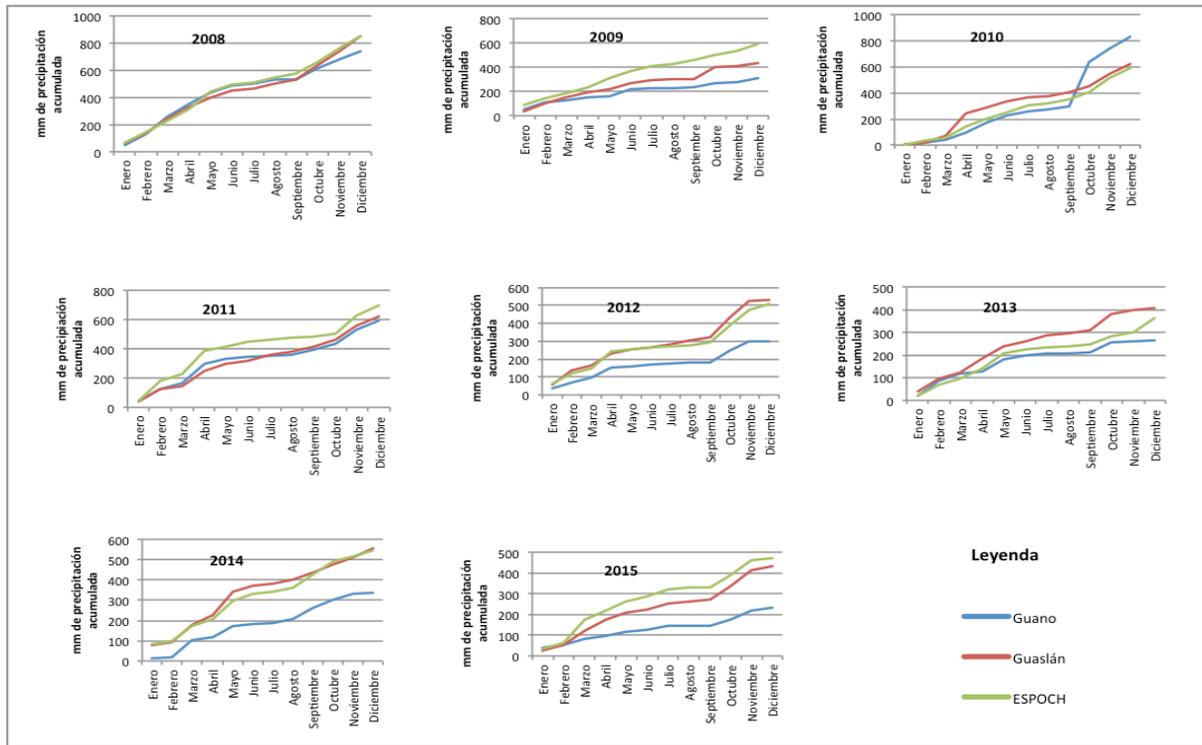
Elaborado por: Autor

Figura 33. Curva masa de precipitación, grupo 1 período 2.



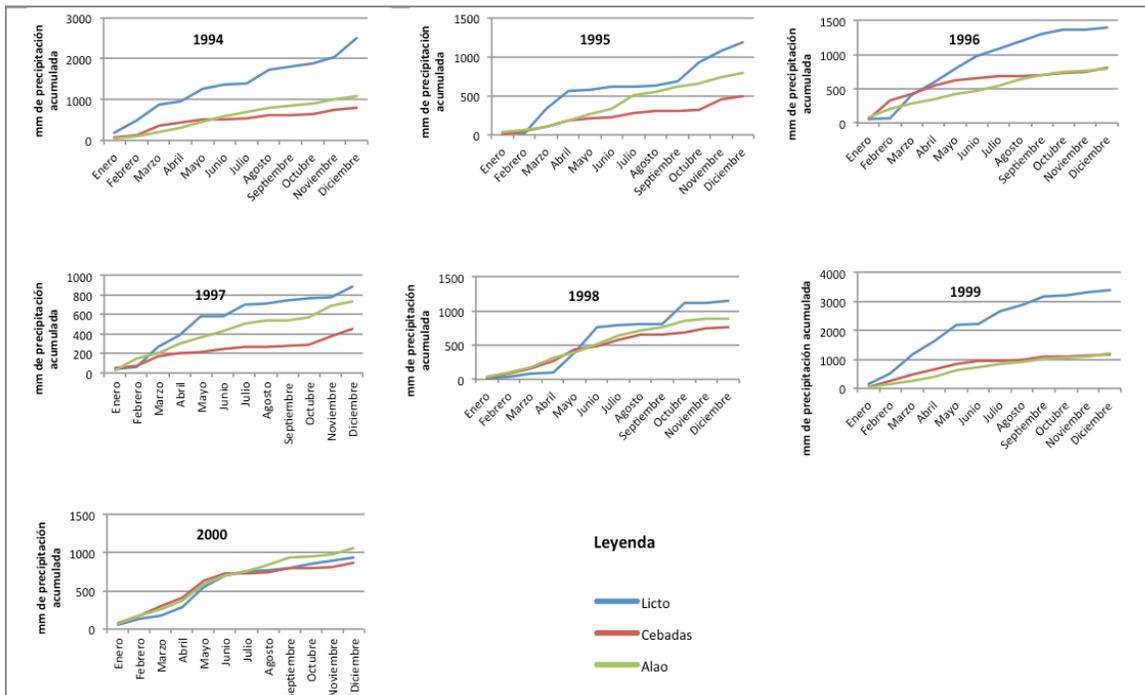
Elaborado por: Autor

Figura 34. Curva masa de precipitación, grupo 1 período 3.



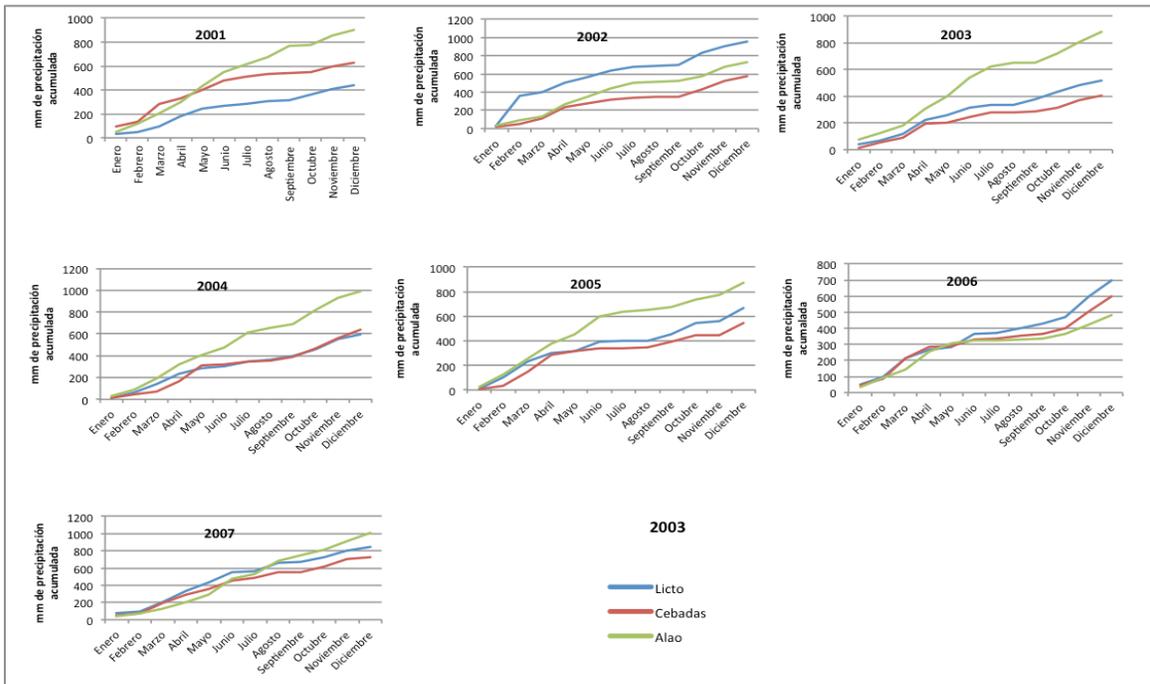
Elaborado por: Autor

Figura 35. Curva masa de precipitación, grupo 2 período 1.



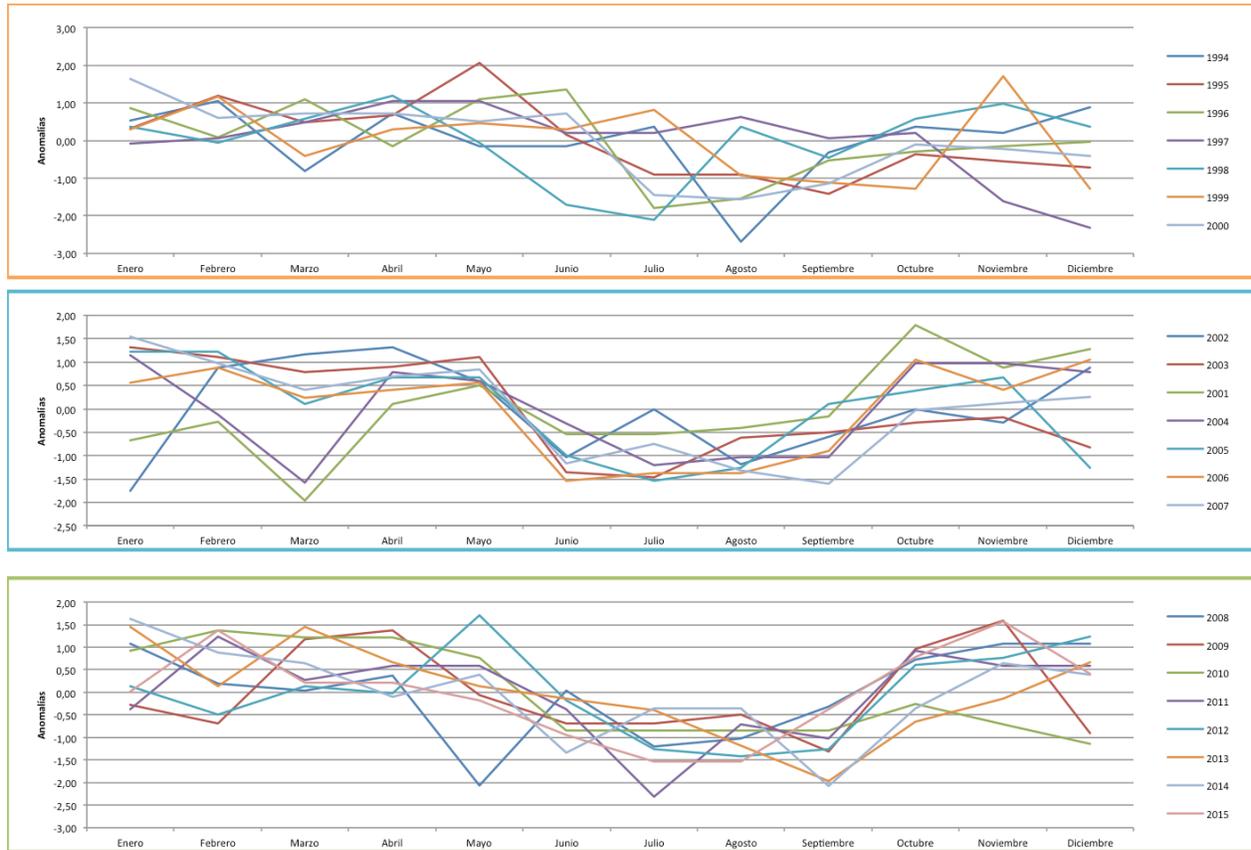
Elaborado por: Autor

Figura 36. Curva masa de precipitación, grupo 2 período 2.



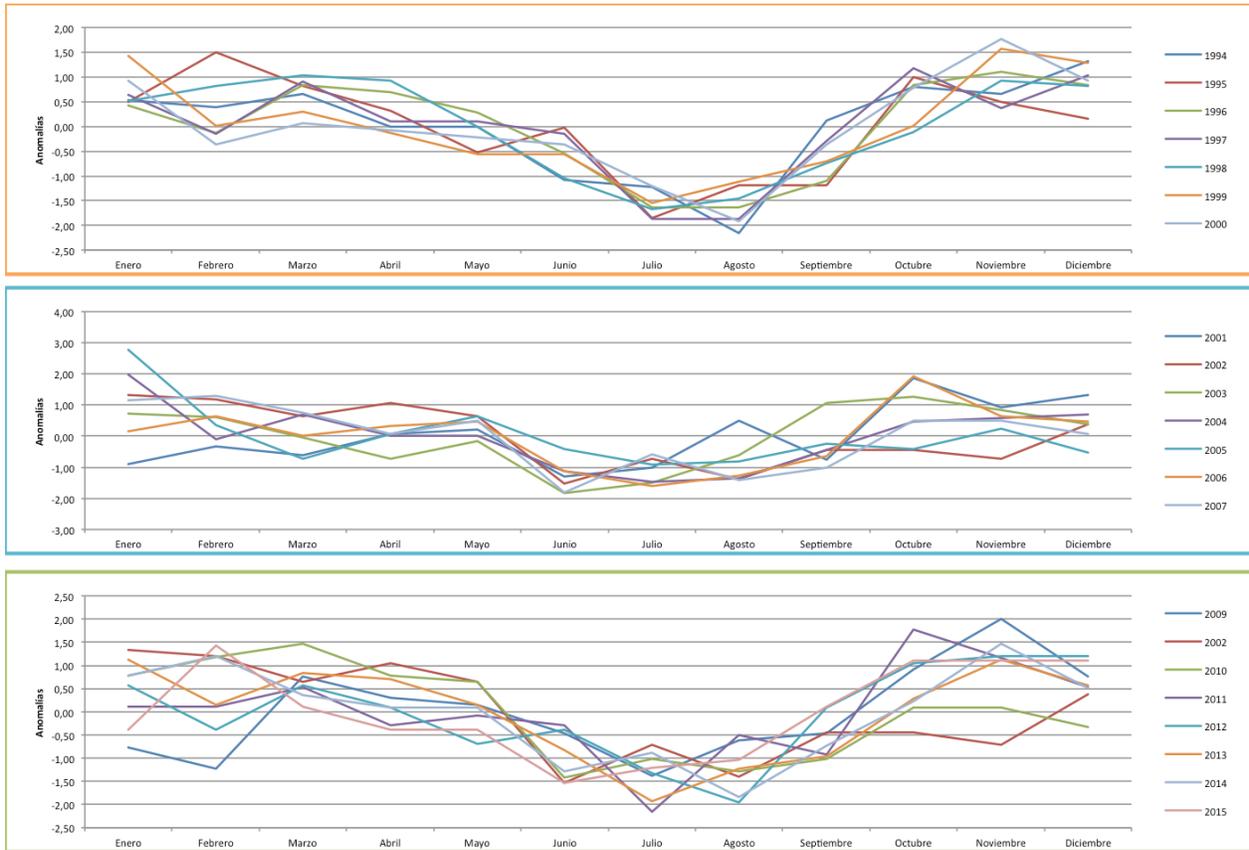
Elaborado por: Autor

Figura 37. Anomalías de temperatura estación Guaslán.



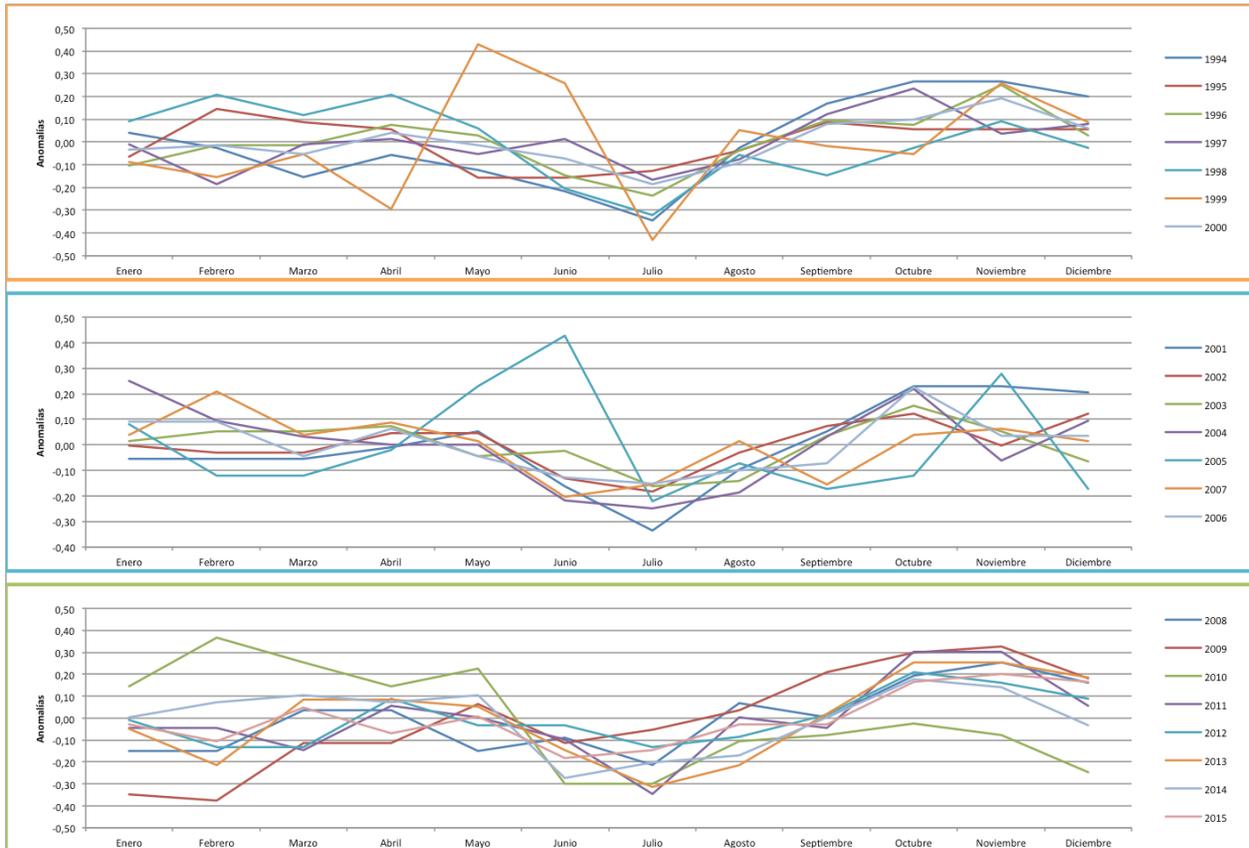
Elaborado por: Autor

Figura 38. Anomalías de temperatura estación ESPOCH.



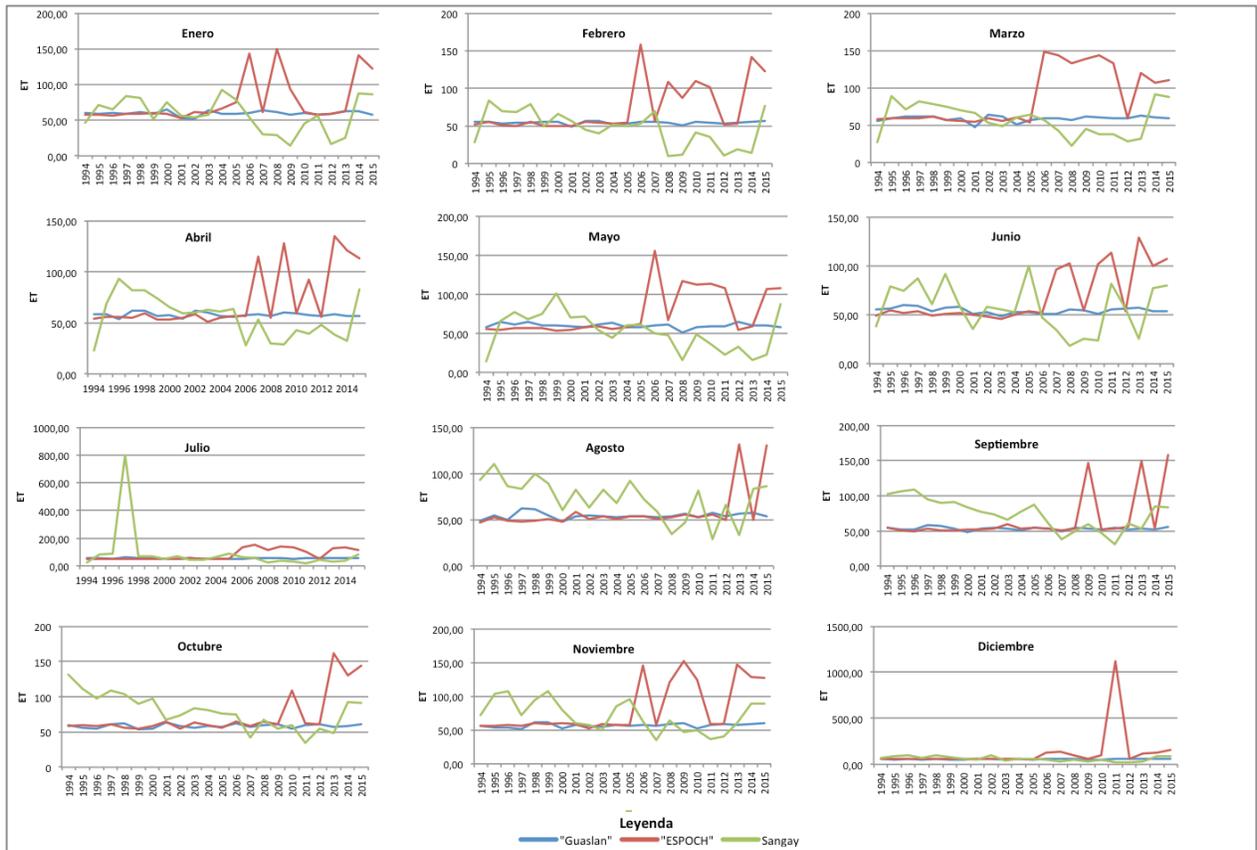
Elaborado por: Autor

Figura 39. Anomalías de temperatura estación Sangay.



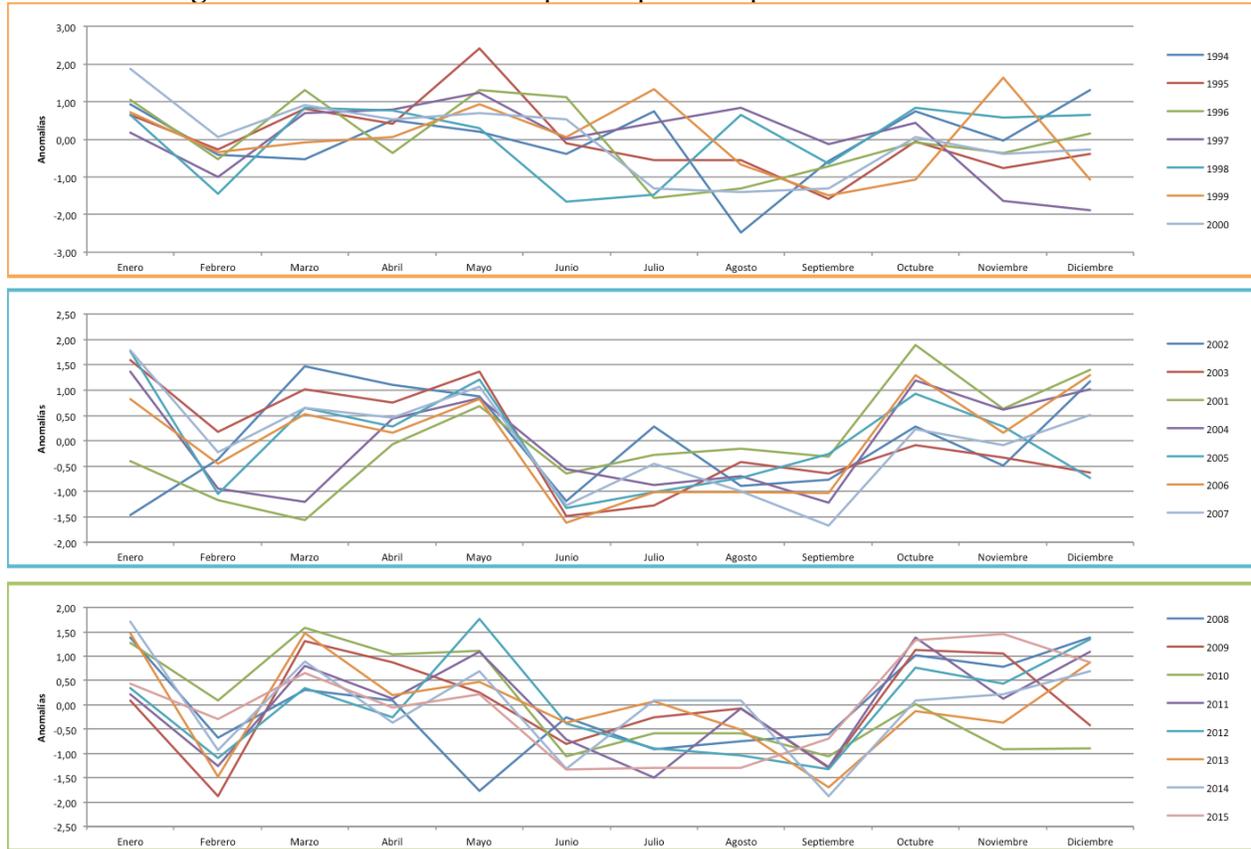
Elaborado por: Autor

Figura 40. Gráfico de evapotranspiración según meses.



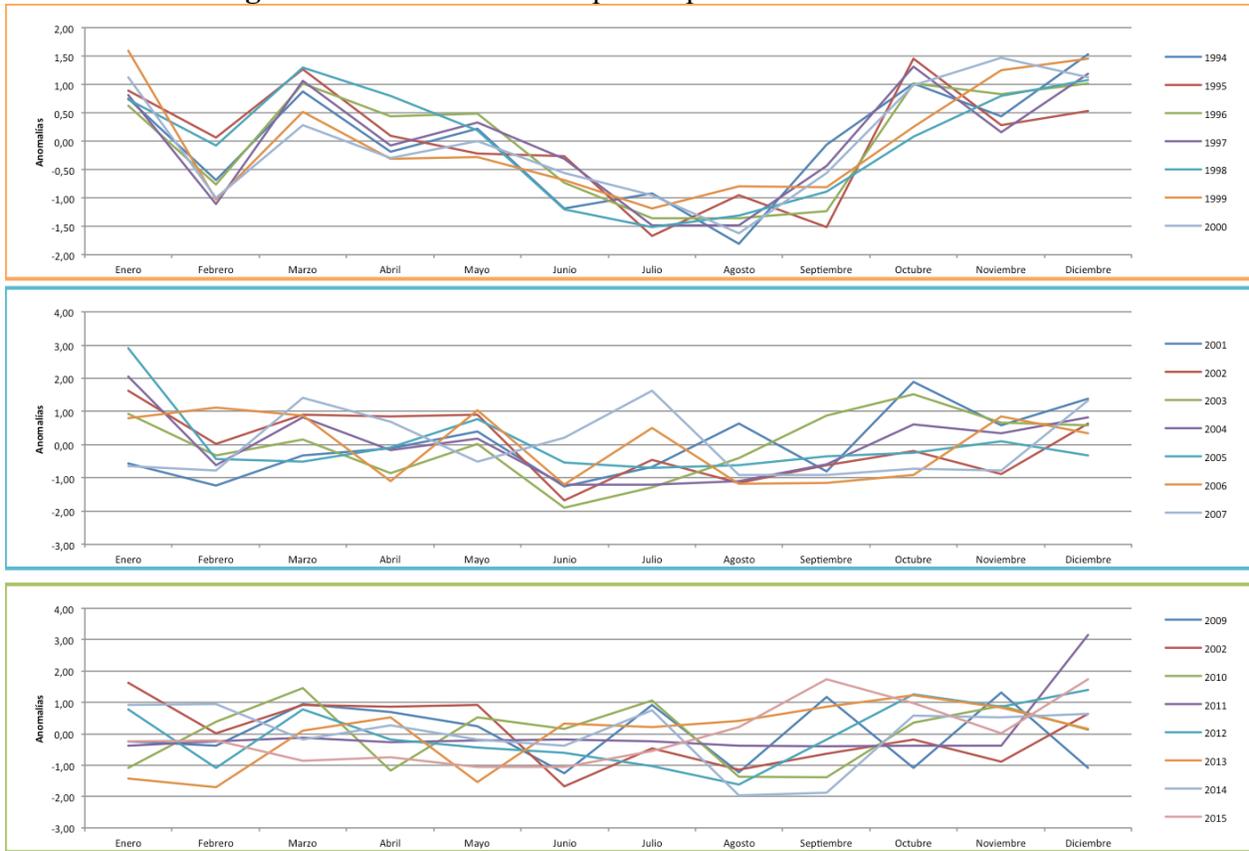
Elaborado por: Autor

Figura 41. Anomalías de Evapotranspiración potencial estación Guaslán.



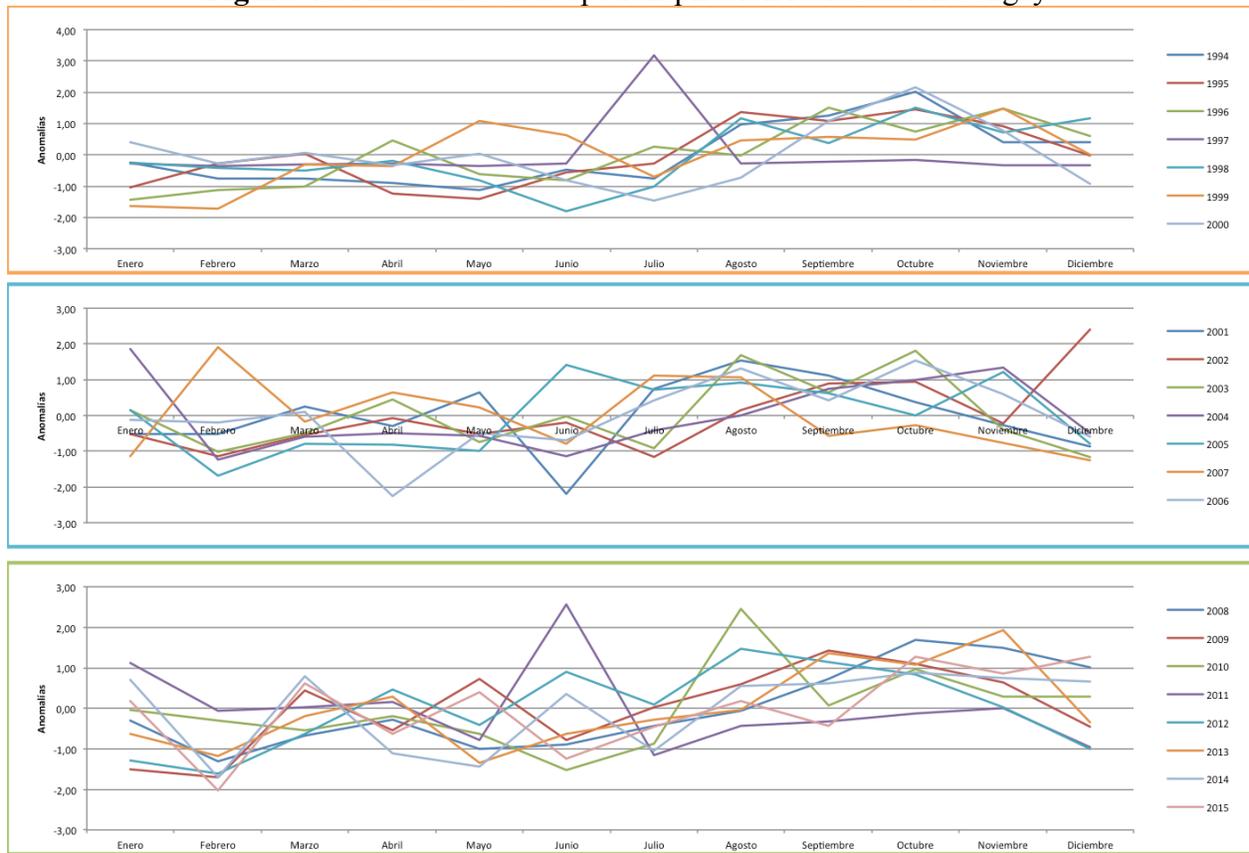
Elaborado por: Autor

Figura 42. Anomalías de evapotranspiración estación ESPOCH.



Elaborado por: Autor

Figura 43. Anomalías de evapotranspiración real estación Sangay.



Elaborado por: Autor

Tabla 19. Correlación entre precipitación y temperatura estación ESPOCH.

Espoch				
Temperatura	Precipitación	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
13.0	43.5	-1.56	-0.63	0.987990803
13.5	41.7	-3.32	-0.13	0.443574768
12.9	47.8	2.73	-0.75	-2.050495308
13.2	36.3	-8.71	-0.43	3.704646422
13.5	42.8	-2.20	-0.13	0.294262899
12.8	60.3	15.26	-0.85	-12.97475099
12.7	54.8	9.79	-0.99	-9.713064437
13.5	30.9	-14.17	-0.10	1.422105071
13.4	48.3	3.24	-0.22	-0.703432808
13.5	30.8	-14.20	-0.19	2.727183669
13.8	43.2	-1.89	0.14	-0.267371255
14.2	42.4	-2.63	0.60	-1.574437227
14.1	46.6	1.60	0.46	0.732397684
13.7	53.6	8.58	0.10	0.855010374

13.6	70.7	25.61	-0.05	-1.290080535
14.2	32.4	-12.69	0.56	-7.081774664
14.3	49.0	3.93	0.69	2.718568139
13.8	57.8	12.80	0.20	2.555007848
13.7	42.4	-2.68	0.10	-0.26655844
14.3	30.3	-14.70	0.65	-9.5504407
14.0	45.7	0.69	0.39	0.270359174
14.2	39.6	-5.49	0.59	-3.247581482
Covarianza	-1.455	n	22	-28.76129952
Coef "r"	-0.296	Xm	45.042	
Eficiencia de "r"	0.214	Ym	13.642	
Eficiencia de "r" * t	0.368	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 20. Correlación entre precipitación y evapotranspiración estación ESPOCH.

Espoch				
ET	Precipitación	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
54.5	43.5	-1.54	-24.39	37.58983119
55.4	41.7	-3.34	-23.47	78.41117692
54.5	47.8	2.76	-24.45	-67.46451476
54.9	36.3	-8.74	-23.99	209.6795737
55.4	42.8	-2.24	-23.47	52.59053161
54.1	60.3	15.26	-24.79	-378.2257059
54.0	54.8	9.76	-24.90	-242.9756937
55.6	30.9	-14.14	-23.34	330.1172592
55.3	48.3	3.26	-23.62	-76.96719092
55.4	30.8	-14.24	-23.56	335.5385288
56.2	43.2	-1.84	-22.72	41.82286317
57.0	42.4	-2.64	-21.95	57.97441965
107.1	46.6	1.56	28.18	43.93766286
87.5	53.6	8.56	8.62	73.77871887
97.8	70.7	25.66	18.88	484.5486163
102.4	32.4	-12.64	23.45	-296.4178318
96.7	49.0	3.96	17.78	70.37914115
171.5	57.8	12.76	92.62	1181.692876
56.1	42.4	-2.64	-22.82	60.27014591
116.1	30.3	-14.74	37.20	-548.3115714
112.3	45.7	0.66	33.34	21.9745905
126.3	39.6	-5.44	47.41	-257.944022

Covarianza	57.714	n	22	1211.999405
Coef "r"	0.172	Xm	45.041	
Eficiencia de "r"	0.220	Ym	78.917	
Eficiencia de "r" * t	0.380	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 21. Correlación entre evapotranspiración y temperatura estación ESPOCH.

Espoch				
ET	Temperatura	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi-Ym	A*B
54.5	13.0	-0.63	-24.39	15.41293963
55.4	13.5	-0.13	-23.47	3.093774327
54.5	12.9	-0.73	-24.45	17.89421232
54.9	13.2	-0.43	-23.99	10.35858528
55.4	13.5	-0.13	-23.47	3.093560683
54.1	12.8	-0.83	-24.79	20.61820202
54.0	12.7	-0.93	-24.90	23.19982171
55.6	13.5	-0.13	-23.34	3.077274355
55.3	13.4	-0.23	-23.62	5.474653748
55.4	13.5	-0.13	-23.56	3.10584658
56.2	13.8	0.17	-22.72	-3.820854166
57.0	14.2	0.57	-21.95	-12.47298185
107.1	14.1	0.47	28.18	13.19410867
87.5	13.7	0.07	8.62	0.587722137
97.8	13.6	-0.03	18.88	-0.600857452
102.4	14.2	0.57	23.45	13.32334735
96.7	14.3	0.67	17.78	11.87799512
171.5	13.8	0.17	92.62	15.57628657
56.1	13.7	0.07	-22.82	-1.556027863
116.1	14.3	0.67	37.20	24.85408603
112.3	14.0	0.37	33.34	12.2754609
126.3	14.2	0.57	47.41	26.93651023
Covarianza	9.786	n	22	205.5036663
Coef "r"	-0.297	Xm	13.632	
Eficiencia de "r"	0.214	Ym	78.917	
Eficiencia de "r" * t	0.368	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 22. Correlación entre temperatura y precipitación estación Guaslán.

Guaslán				
Temperatura	Precipitación	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
14.2	47.8	-1.54	0.11	-0.168850436
14.1	51.6	2.25	0.04	0.096995523
13.3	42.9	-6.45	-0.75	4.830562443
15.1	18.0	-31.42	0.98	-30.68254993
15.2	93.5	44.10	1.15	50.77745638
14.2	111.6	62.26	0.16	9.952626837
13.2	55.0	5.57	-0.87	-4.819942608
12.9	43.0	-6.38	-1.16	7.379097796
14.6	38.3	-11.04	0.53	-5.811211547
13.9	25.7	-23.67	-0.21	4.895480372
13.2	42.3	-7.05	-0.91	6.396503099
13.4	41.6	-7.80	-0.72	5.580890725
14.3	45.8	-3.62	0.18	-0.639065083
14.1	57.4	8.01	0.04	0.346010675
13.9	70.8	21.40	-0.19	-4.068522153
14.3	36.7	-12.67	0.26	-3.292398416
13.4	51.6	2.24	-0.70	-1.563124426
14.3	51.8	2.43	0.24	0.590821281
14.5	44.3	-5.08	0.43	-2.208503214
14.8	34.1	-15.24	0.68	-10.30814337
14.5	46.3	-3.11	0.47	-1.457038567
14.3	36.2	-13.18	0.22	-2.875371901
Covarianza	1.09	n	22	22.95172348
Coef "r"	-0.30	Xm	49.379	
Eficiencia de "r"	0.21	Ym	14.073	
Eficiencia de "r" * t	0.37	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 23. Correlación entre evapotranspiración y precipitación estación Guaslán.

Guaslán				
ET	Precipitación	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
56.8	47.8	-1.54	0.13	-0.206053061
56.7	51.6	2.25	0.01	0.01494545
55.3	42.9	-6.45	-1.40	9.047369179
58.7	18.0	-31.42	2.06	-64.7875787

59.1	93.5	44.10	2.46	108.3428121
56.9	111.6	62.26	0.23	14.25244581
55.0	55.0	5.57	-1.64	-9.118232372
54.4	43.0	-6.38	-2.31	14.71757211
57.7	38.3	-11.04	1.03	-11.40333046
56.2	25.7	-23.67	-0.51	12.02371363
55.0	42.3	-7.05	-1.70	11.96482548
55.2	41.6	-7.80	-1.50	11.72871644
57.0	45.8	-3.62	0.30	-1.072172708
56.7	57.4	8.01	0.02	0.15702322
56.4	70.8	21.40	-0.31	-6.58180092
57.2	36.7	-12.67	0.49	-6.169973737
55.2	51.6	2.24	-1.48	-3.30936826
57.1	51.8	2.43	0.42	1.031131359
57.7	44.3	-5.08	1.03	-5.22895567
58.1	34.1	-15.24	1.38	-21.07161202
57.6	46.3	-3.11	0.92	-2.873030003
57.0	36.2	-13.18	0.35	-4.676936626
Covarianza	2.228	n	22	46.78151021
Coef "r"	0.0858	Xm	49.379	
Eficiencia de "r"	0.2228	Ym	56.675	
Eficiencia de "r" * t	0.384232864	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 24. Correlación entre evapotranspiración y temperatura estación Guaslán.

Guaslán				
ET	Temperatura	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
56.8	14.2	0.11	0.13	0.01472533
56.7	14.1	0.04	0.01	0.000287316
55.3	13.3	-0.75	-1.40	1.049278172
58.7	15.1	0.98	2.06	2.013530776
59.1	15.2	1.15	2.46	2.829231438
56.9	14.2	0.16	0.23	0.036590532
55.0	13.2	-0.87	-1.64	1.415967007
54.4	12.9	-1.16	-2.31	2.669089384
57.7	14.6	0.53	1.03	0.543984808
56.2	13.9	-0.21	-0.51	0.105055971
55.0	13.2	-0.91	-1.70	1.538169488
55.2	13.4	-0.72	-1.50	1.074838202

57.0	14.3	0.18	0.30	0.052273748
56.7	14.1	0.04	0.02	0.000846206
56.4	13.9	-0.19	-0.31	0.058493504
57.2	14.3	0.26	0.49	0.126535186
55.2	13.4	-0.70	-1.48	1.032917243
57.1	14.3	0.24	0.42	0.103209593
57.7	14.5	0.43	1.03	0.44770593
58.1	14.8	0.68	1.38	0.935561554
57.6	14.5	0.47	0.92	0.432213374
57.0	14.3	0.22	0.35	0.077429165
Covarianza	0.788	n	22	16.55793393
Coef "r"	0.998	Xm	14.073	
Eficiencia de "r"	0.0150	Ym	56.675	
Eficiencia de "r" * t	0.025947857	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 25. Correlación entre temperatura y precipitación estación Sangay.

Sangay				
Temperatura	Precipitación	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi-Ym	A*B
21.3	355.6	28.73	-0.77	-22.21391414
22.3	304.5	-22.37	0.27	-6.006805556
22.0	295.5	-31.34	-0.08	2.552446338
22.1	352.3	25.41	0.09	2.377219066
22.6	288.8	-38.12	0.54	-20.71871843
22.0	394.4	67.49	-0.10	-6.62134154
21.9	417.3	90.42	-0.16	-14.89957386
21.9	368.4	41.48	-0.20	-8.218099747
22.2	325.1	-1.74	0.17	-0.293576389
22.2	311.8	-15.09	0.18	-2.669624369
22.4	306.9	-20.00	0.35	-7.037878788
22.7	327.1	0.20	0.69	0.138712121
22.0	339.1	12.22	-0.08	-0.994917929
21.8	339.9	13.05	-0.21	-2.694034091
21.7	284.4	-42.47	-0.36	15.49068182
22.3	319.3	-7.58	0.24	-1.781846591
22.5	272.2	-54.69	0.44	-23.80330492
21.8	260.0	-66.88	-0.26	17.14938447
21.7	336.5	9.60	-0.31	-2.941818182
21.8	296.4	-30.44	-0.21	6.284359217

22.0	321.0	-5.90	-0.06	0.332992424
21.9	374.9	48.00	-0.17	-8.309090909
Covarianza	-4.042	n	22	-84.87875
Coef "r"	-0.3050	Xm	326.867	
Eficiencia de "r"	0.2130	Ym	22.048	
Eficiencia de "r" * t	0.367280485	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 26. Correlación entre evapotranspiración y precipitación estación Sangay.

Sangay				
ET	Precipitación	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
56.2	355.6	28.73	-8.03	-230.6249453
88.5	304.5	-22.37	24.27	-542.919739
86.5	295.5	-31.34	22.23	-696.7861508
141.7	352.3	25.41	77.47	1968.475302
84.5	288.8	-38.12	20.23	-771.1742322
80.7	394.4	67.49	16.42	1108.119339
69.6	417.3	90.42	5.32	481.3874155
63.1	368.4	41.48	-1.13	-47.03754542
61.0	325.1	-1.74	-3.24	5.638164333
55.7	311.8	-15.09	-8.53	128.6648625
67.9	306.9	-20.00	3.60	-71.98886253
76.7	327.1	0.20	12.40	2.479555292
55.7	339.1	12.22	-8.58	-104.7749004
44.9	339.9	13.05	-19.34	-252.4268922
35.2	284.4	-42.47	-29.08	1234.777371
37.5	319.3	-7.58	-26.73	202.5155308
45.6	272.2	-54.69	-18.70	1022.810199
36.7	260.0	-66.88	-27.53	1841.273178
39.8	336.5	9.60	-24.42	-234.413346
34.3	296.4	-30.44	-29.93	911.0091952
66.4	321.0	-5.90	2.16	-12.74317043
85.4	374.9	48.00	21.12	1013.861348
Covarianza	331.244	n	22	6956.121677
Coef "r"	0.336	Xm	326.867	
Eficiencia de "r"	0.211	Ym	64.260	
Eficiencia de "r" * t	0.363	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 27. Correlación entre evapotranspiración y temperatura estación Sangay.

Sangay				
ET	Temperatura	A	B	C
Yi	Xi	Xi - Xm	Yi - Ym	A*B
56.2	21.3	-0.77	-8.03	6.205250914
88.5	22.3	0.27	24.27	6.518935357
86.5	22.0	-0.08	22.23	-1.810555974
141.7	22.1	0.09	77.47	7.248477886
84.5	22.6	0.54	20.23	10.99728727
80.7	22.0	-0.10	16.42	-1.610765127
69.6	21.9	-0.16	5.32	-0.877185705
63.1	21.9	-0.20	-1.13	0.224630522
61.0	22.2	0.17	-3.24	-0.545668362
55.7	22.2	0.18	-8.53	-1.508119341
67.9	22.4	0.35	3.60	1.266622221
76.7	22.7	0.69	12.40	8.598609355
55.7	22.0	-0.08	-8.58	0.698456021
44.9	21.8	-0.21	-19.34	3.993168938
35.2	21.7	-0.36	-29.08	10.60627416
37.5	22.3	0.24	-26.73	-6.288736105
45.6	22.5	0.44	-18.70	-8.139355056
36.7	21.8	-0.26	-27.53	7.060560418
39.8	21.7	-0.31	-24.42	7.48265455
34.3	21.8	-0.21	-29.93	6.177985857
66.4	22.0	-0.06	2.16	-0.121901155
85.4	21.9	-0.17	21.12	-3.656365498
Covarianza	2.50	n	22	52.52026114
Coef "r"	0.30	Xm	22.048	
Eficiencia de "r"	0.21	Ym	64.260	
Eficiencia de "r" * t	0.37	t (20)	1.7247	

Elaborado por: Autor

Tabla 28. Tabla t de Student para el test de hipótesis r del método de Pearson.

Grados de libertad	Nivel de significancia al 5%
1	6.313
2	2.920
3	2.353
4	2.131
5	2.015
6	1.943
7	1.894
8	1.859
9	1.833
10	1.815
11	1.795
12	1.782
13	1.770
14	1.761
15	1.753
16	1.749
17	1.739
18	1.734
19	1.729
20	1.724
21	1.720
22	1.717
23	1,713
24	1.710
25	1.708

Fuente: (Fernández & Díaz, 2001)