



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

Título:

**“DINÁMICA DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA
CUENCA ALTA DEL RÍO PASTAZA”.**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniera en Medio
Ambiente

Autor:

Merino Silva Daniela Alejandra

Tutora:

Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila

Latacunga - Ecuador

Septiembre 2020

DECLARACION DE AUTORIA

Yo, **Merino Silva Daniela Alejandra** con C.C. 0504460270 declaro ser la autora del presente proyecto de investigación “**Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza**” siendo la Ph.D. Mercy Ilbay tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 17 de septiembre del 2020

.....

Merino Silva Daniela Alejandra

C.C. 0504460270

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de parte Merino Silva Daniela Alejandra, identificado con C.C. N° 0504460270, de estado civil **soltera** y con domicilio en Latacunga- Cotopaxi parroquia Ignacio Flores, quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico. -

Fecha de inicio de la carrera: septiembre 2015-febrero 2016

Fecha de Finalización: mayo 2020- septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor: Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila

Tema: “Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza”.

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA. -Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad.

El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 17 días del mes de septiembre del 2020.

.....

Daniela Alejandra Merino Silva

LA CEDENTE

.....

MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

En Calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza” de Daniela Alejandra Merino Silva de la carrera de ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de septiembre del 2020

.....
Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila

CC: 0604147900

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

En calidad de Lectores del Proyecto de investigación con el título:

“Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza” de la srta. Daniela Alejandra Merino Silva de la carrera de ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de septiembre del 2020

Lector 1 (Presidente)

MsC. Kalina Fonseca Largo
CC: 1723534457

Lector 2

MsC. Vladimir Ortiz Bustamante
CC: 0502188451

Lector 3

MsC. José Agreda Oña
CC: 0401333201

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios Todopoderoso por bendecirme en cada etapa de mi vida.

Además, agradezco a mis padres, Ramiro y Miriam, por la confianza, el amor y la comprensión que tienen por mí y, sobre todo, por sus esfuerzos y sacrificios de cada día para que yo pueda convertirme en profesional.

A mis hermanos David y Marcelo, que siempre me han estado para mí con risas, enojo, alegrías y tristeza, ellos hacen de mi vida una aventura.

A todos mis profesores por las enseñanzas impartidas, especialmente agradezco a la PhD. Ilbay por ser mi guía para este proyecto. Finalmente, a todos mis amigos, quienes me dieron consejos, enseñanza o apoyo tanto dentro como fuera del aula.

Daniela Alejandra Merino Silva

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi padre, Ramiro, mi madre Miriam y mis hermanos David y Marcelo, quienes me han apoyado en cada paso que he dado para obtener el título de Ingeniera Ambiental.

También quiero dedicar este proyecto a mis abuelitos y tío quienes partieron hace ya varios años y sé, me han bendecido desde el cielo.

Daniela Alejandra Merino Silva

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE

TITULO: “DINÁMICA DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTAZA”.

Autora: Merino Silva Daniela Alejandra

RESUMEN

El cambio climático es uno de los temas de mayor discusión en la actualidad debido a que los efectos que derivan de estos cambios influyen en sistemas tanto sociales como ambientales. El presente trabajo se basó en evaluar la dinámica de los eventos climáticos extremos de la cuenca alta del río Pastaza. Por lo tanto, para el cumplimiento de los objetivos planteados, fue necesaria la recopilación de información a partir de series temporales de datos meteorológicos (temperatura, precipitación) obtenidos del INAMHI de 11 estaciones ubicadas dentro del área de estudio comprendido entre 1965 y 2014, con la menor cantidad de datos faltantes. Mediante el análisis estadístico se determinó la variabilidad de lluvias y temperatura; y el análisis de índice estandarizado de sequías (SPI) para la determinación intensidad, duración y frecuencia de las sequías. Como resultado se obtuvo que la cuenca alta del río Pastaza tiene una media anual de precipitación de 780 mm y un comportamiento no periódico de lluvias, gobernada por un régimen bimodal y temperatura media anual de cuenca de 15,3°C. Presentó una variabilidad de media a baja en su patrón de lluvia. Las anomalías negativas identificadas se presentan de manera frecuente a lo largo del período de estudio y con coincidencia con eventos ENSO de influencia NIÑO. La aplicación del índice SPI indicó que los fenómenos de sequía ocurren con un amplio rango de variabilidad desde sequías leves a extremas siendo las provincias de Cotopaxi (Pastocalle), Chimborazo (Alao), Tungurahua (Pillaro) las de mayor magnitud (extremas).

Palabras clave: Precipitaciones, Cambio climático, Dinámica temporal, Eventos climáticos, Índice SPI.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RECURCES

THEME: “DINÁMICA DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTAZA”.

Author: Merino Silva Daniela Alejandra

ABSTRACT

Climate change is one of the most discussed topics today because the effects of these changes influence both social and environmental systems. This work was based on the evaluation of the dynamics of extreme climate events in the upper Pastaza River basin. For the fulfillment of the proposed objectives, it was necessary to collect information from time series of meteorological data (temperature, precipitation) obtained from INAMHI of 11 stations located within the study area between 1965 and 2014, in which statistical analyses were applied to determine the variability of rainfall and temperature; and the analysis of standardized index of droughts (SPI) for the determination of intensity, duration and frequency of droughts. As a result, it was obtained that the high basin of Pastaza river has an annual average of precipitation of 780 mm and a non-periodic behavior of rains, governed by a bimodal regime and annual average temperature of basin of 15.3°C. The identified negative anomalies are frequently presented throughout the study period and coincide with ENSO events of NIÑO influence. The application of the SPI index indicated that the drought phenomena occur with a wide range of variability from light to extreme droughts being the provinces of Cotopaxi (Pastocalle), Chimborazo (Alao), and Tungurahua (Pillaro) the ones of greater magnitude (extreme).

Keywords: Precipitation, Climate change, temporal dynamics, Climate events, SPI index.

INDICE

DECLARACION DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INDICE.....	xii
INDICE DE TABLAS.....	xv
INDICE DE FIGURAS	xv
INDICE DE ECUACIONES	xvi
INDICE DE ANEXOS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Título del Proyecto:	1
1.2. Lugar de Ejecución:	1
1.3. Institución Que Auspicia.....	1
1.4. Carrera Que Auspicia.....	1
1.5. Equipo de Investigación:	1
1.6. Área de Conocimiento:.....	1
1.7. Línea de investigación:.....	1
1.8. Sub líneas de investigación de la Carrera:	1
1.9. Línea de vinculación	1
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5

6.	OBJETIVOS.....	6
6.1.	Objetivo general	6
6.2.	Objetivos específicos.....	6
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS	6
8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	7
8.1.	Cuencas Hidrográficas	7
8.1.1.	Delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas.....	8
8.1.2.	Metodología para delimitación de cuencas Pfafstetter	8
8.2.	Distribución de precipitación	9
8.3.	Distribución interanual de precipitaciones	9
8.4.	Cambio climático	9
8.5.	Extremos climáticos	10
8.6.	Marco legal.....	11
8.6.1.	TITULO I. Del cambio climático.....	11
8.6.2.	TITULO II. De la adaptación y mitigación del cambio climático.....	12
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	13
10.	METODOLOGÍA, TECNICAS Y DISEÑO NO EXPERIMENTAL	13
10.1.	Métodos.....	13
10.1.1.	Método cuantitativo	13
10.2.	Técnicas.....	14
10.2.1.	Búsqueda de datos	14
10.2.2.	Análisis de contenido.....	14
10.2.3.	Pruebas estadísticas.....	14
10.3.	Diseño No Experimental	14
10.3.1.	Área de estudio	14
10.3.2.	Datos meteorológicos	17
10.3.3.	Anomalías de las precipitaciones (AP).....	17

10.3.4.	Coeficiente de variación (CV)	18
10.3.5.	Desviación estándar (DS)	18
10.3.6.	Test de Mann Kendall (TREND).....	19
10.3.7.	Índice de sequía (SPI)	20
10.3.8.	Déficit hídrico	21
10.4.	Herramientas para analizar los resultados.....	22
10.4.1.	Qgis.....	22
10.4.2.	Excel	22
10.4.3.	TREND	22
10.4.4.	HYDRACCES	22
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
11.1.	Estudio hidro - meteorológico de la cuenca alta del río Pastaza.....	22
11.1.1.	Precipitación:	23
11.1.2.	Temperatura	24
11.2.	Variabilidad de precipitación	25
11.3.	Anomalía de precipitación	27
11.4.	Tendencias.....	27
11.4.1.	Precipitación	27
11.4.2.	Temperatura	28
11.5.	Frecuencia, duración e intensidad de las sequías	29
11.5.1.	Frecuencia de sequias	29
11.5.2.	Duración de sequias	30
11.5.3.	Intensidad de sequias	32
11.5.4.	Déficit hídrico	32
11.5.5.	Índice de precipitación mensual (12 meses)	33
12.	IMPACTOS	37
13.	PRESUPUESTO.....	38

14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
14.1.	Conclusiones	38
14.2.	Recomendaciones.....	39
15.	REFERENCIAS	40
16.	ANEXOS	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Beneficiarios del proyecto.....	4
Tabla 2:	Cronograma de actividades del proyecto de investigación	6
Tabla 3:	Estaciones meteorológicas	17
Tabla 4:	Valores de índice normalizado de precipitación (SPI).....	21
Tabla 5:	Análisis estadístico de variación de precipitación.....	26
Tabla 6:	Frecuencia de sequias en la cuenca del río Pastaza.....	30
Tabla 7:	Déficit hídrico	33
Tabla 8:	Presupuesto para la elaboración del proyecto de investigación	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la Cuenca alta del Río Pastaza.....	15
Figura 2.	Clima de la Cuenca alta del Río Pastaza	16
Figura 3.	Precipitación media en mm: a) estación M133, b) M369, c) M393, d), M371, e) M127, f) M395, g) M029, h) M396, i) M377, j) M376.....	23
Figura 4.	Variación de temperatura mensual promedio para 50 años (1965-2014).....	25
Figura 5.	Anomalía de precipitación media anual para el periodo 1965 al 2014 en la cuenca alta del río Pastaza	27
Figura 6.	Tendencia de precipitación para tres estaciones: a) M376, b) M127 y c) M395.....	28
Figura 7.	Tendencia de temperatura a) M029 y b)M127	29
Figura 8.	Duración de sequias en la cuenca alta del río Pastaza: a) estación M133, b) M395, c) M127, d) M029, e)M369, f) M376, g) M377, h) M396, i) M371, j) M393.....	30
Figura 9.	Intensidad de sequias en la cuenca alta del río Pastaza	32

Figura 10. Índice de sequía pluviométrica (SPI) para el área de la sub-cuenca alta del río Pastaza, durante la serie 1965-2014, para la estación M029 (a), M127 (b), M369 (c), M376 (d), M377 (e), M393 (f), M396 (g), M395 (h), M133 (i) y M371 (j)	34
---	----

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Anomalías de precipitación	18
Ecuación 2: CV = desviación estándar/ media	18
Ecuación 3: Desviación estándar (DS)	19
Ecuación 4: Test de Mann Kendall.....	19
Ecuación 4.1: Test de Mann Kendall.....	20
Ecuación 4.2: Test de Mann Kendall.....	20
Ecuación 5: Déficit hídrico	21

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Aval de traducción al idioma Inglés.	46
ANEXO 2. Hoja de vida del Tutor.	47
ANEXO 3. Hoja de vida del estudiante investigador	50
ANEXO 4. Metodología Pfafstetter para tipología de cuencas	53
ANEXO 5. Interfaz del software TREND	53
ANEXO 6. Ejecución del programa SPI en Windows	54
ANEXO 7. Zonas potencialmente expuestas a sequías	55
ANEXO 8. Software HYDRACCES.....	56

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del Proyecto:

Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza.

1.2. Lugar de Ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache, Barrio Salache, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona 3.

1.3. Institución Que Auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

1.4. Carrera Que Auspicia

Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

1.5. Equipo de Investigación:

Tutor de Titulación: Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa.

Estudiante Investigador: Daniela Alejandra Merino Silva.

1.6. Área de Conocimiento:

Ciencias naturales, matemáticas y estadística.

1.7. Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia energética y protección ambiental.

1.8. Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sostenibilidad Ambiental Manejo y Conservación del Recurso Hídrico

1.9. Línea de vinculación

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social

2. RESUMEN

El cambio climático es uno de los temas de mayor discusión en la actualidad debido a que los efectos que derivan de estos cambios influyen en sistemas tanto sociales como ambientales. El presente trabajo se basó en evaluar la dinámica de los eventos climáticos extremos de la cuenca alta del río Pastaza. Por lo tanto, para el cumplimiento de los objetivos planteados, fue necesaria la recopilación de información a partir de series temporales de datos meteorológicos (temperatura, precipitación) obtenidos del INAMHI de 11 estaciones ubicadas dentro del área de estudio comprendido entre 1965 y 2014, con la menor cantidad de datos faltantes. Mediante el análisis estadístico se determinó la variabilidad de lluvias y temperatura; y el análisis de índice estandarizado de sequías (SPI) para la determinación intensidad, duración y frecuencia de las sequías. Como resultado se obtuvo que la cuenca alta del río Pastaza tiene una media anual de precipitación de 780 mm y un comportamiento no periódico de lluvias, gobernada por un régimen bimodal y temperatura media anual de cuenca de 15,3°C. Presentó una variabilidad de media a baja en su patrón de lluvia. Las anomalías negativas identificadas se presentan de manera frecuente a lo largo del período de estudio y con coincidencia con eventos ENSO de influencia NIÑO. La aplicación del índice SPI indicó que los fenómenos de sequía ocurren con un amplio rango de variabilidad desde sequías leves a extremas siendo las provincias de Cotopaxi (Pastocalle), Chimborazo (Alao), Tungurahua (Pillaro) las de mayor magnitud (extremas).

Palabras clave: Precipitaciones, Cambio climático, Dinámica temporal, Eventos climáticos, Índice SPI.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La cuenca alta del río Pastaza es uno de los sistemas hidrológico de mayor relevancia de la cuenca del Amazonas. Esta área representa el sector agrícola de mayor producción de hortalizas y flores del país. Por ello se investigará la dinámica temporal de los eventos climáticos extremos a través del análisis del Índice SPI e identificación de las relaciones espaciales de dicha dinámica por medio de la aplicación de técnicas geo estadísticas avanzadas, considerando los datos de precipitación mensual disponibles, comprendidos en el área de la cuenca, que permitieron establecer la duración e intensidad de las sequías y las Oscilaciones del Sur (ENOS); Lo cual constituye un eje fundamental para la comprensión de dichas dinámicas en el área de estudio, ya que la falta o exceso del recurso hídrico representa un impacto negativo a la sociedad y el ambiente local.

Por lo tanto, los aportes del presente trabajo de investigación se ven reflejados en el conocimiento acerca de la afectación en la cuenca del río Pastaza debido a la variabilidad de eventos climático y en cuanto al grado de susceptibilidad de la cuenca ante estos eventos extremos. Asimismo, en la ejecución de este trabajo se considera como beneficiarios directos a la colectividad estudiantil perteneciente a la carrera de ingeniería en medio ambiente, ya que, al estar dentro de la rama de conocimiento de ciencias naturales, la comprensión de este tipo de información se aplica directamente en el campo del saber profesional. Además, se toma en cuenta como beneficiarios a la comunidad en general, ya que la Universidad Técnica de Cotopaxi y la carrera de Ambiental que tienen como meta la vinculación con la sociedad. Por lo que, la utilidad práctica del presente proyecto de investigación es aportar con la información significativa acerca de la presencia de dichos eventos y los periodos de tiempo en los que estos ocurren.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1:Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios Directos		Beneficiarios Indirectos			
Carrera de ingeniería en medio ambiente		Universidad Técnica de Cotopaxi		Provincias de Cotopaxi.	
Hombres	201	Estudiantes de nivelación	1080	Hombres	198625
				Mujeres	210580
		Estudiantes de primer ciclo en adelante	10500	Provincias de Chimborazo	
Mujeres	323	Docentes	350	Hombres	219202
		Funcionarios	182	Mujeres	239379
Total	524	Total	12112	Total	867786

Fuente: INEC 2010.

Carrera De Ingeniería En Medio Ambiente, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Elaborado por: Estudiante Investigador

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más severos que afronta la humanidad hoy en día, suponen impactos y riesgos que son sentidos en todo el mundo, y que van desde el aumento del nivel del mar a cambios en los patrones de lluvias, incremento de fenómenos climáticos extremos como inundaciones y sequías que afectan directamente a la calidad de vida de las personas (Informe La Rábida, Huelva, 2018); dichos cambios son el resultado del incremento o disminución de la intensidad de los fenómenos meteorológicos por la presencia de agentes contaminantes derivados de actividades humanas que aportan al incremento del efecto invernadero (Botero, 2015).

Además, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2014) menciona que, desde la década de los 70's del siglo pasado a escala mundial, la superficie afectada por las sequías ha aumentado, y advierte que, a corto y mediano plazo, el cambio climático hará que las áreas afectadas por sequías incrementen en extensión, implicando consecuencias negativas en múltiples sectores como: agricultura, suministro hídrico, producción de energía y salud.

Del mismo modo, según los análisis de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático presentados por el Ministerio del Ambiente (2012). Entre los impactos más probables dados por el cambio climático que se podrían verificar en el Ecuador destacan: la intensificación de eventos climáticos extremos, como los causados por la presencia del fenómeno “Oscilación Sur El Niño”; el incremento del nivel del mar; el retroceso de glaciares o la disminución de la escorrentía anual.

Por lo que, la creciente presión sobre el uso de los recursos hídricos ha llevado a la búsqueda de un mejor conocimiento de los factores climáticos que influyen en su distribución y variación espacial y temporal (Donoso, et al., 2001). Especialmente, con relación a eventos climáticos extremos con capacidad de crear condiciones de sequía o de inundación. Sin embargo, pese a la cantidad de información hidro-meteorológica, no se han realizado estudios de la dinámica de eventos climáticos (sequías, inundaciones, cambio climático) en la cuenca alta del río Pastaza.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar la dinámica temporal de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza.

6.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio hidro meteorológico en la cuenca alta del río Pastaza, mediante la recopilación de datos de precipitación y temperatura de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.
- Determinar la variabilidad de precipitaciones utilizando métodos estadísticos.
- Establecer la intensidad, duración y frecuencia de las sequías, mediante el análisis SPI.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2: Cronograma de actividades del proyecto de investigación

ACTIVIDAD	Abr	May	Jun	Jul	Ago	sept
Desarrollo Del Tema						
Información General	X					
Descripción Del Proyecto						
Justificación Del Proyecto						
Beneficiarios Del Proyecto	X					
El Problema De Investigación						
Objetivos						
Fundamentación Científica		X				
Preguntas Científicas						
Metodologías		X				
Diseño No Experimental						
Herramientas Para Analizar Los Resultados						
Presupuesto Para La Elaboración Del Proyecto		X				

Cronograma De Actividades						
Presentación Del Plan De Titulación		X				
Recolección De Datos Meteorológicos			X			
Análisis y Estimación De Datos Faltantes			X			
Desarrollo De La Base De Datos De Temperatura y Precipitación			X			
Análisis De Tendencias (Variabilidad De Precipitación)				X		
Determinación De Periodos Húmedos y Secos				X		
Determinación De La Variabilidad Inter Anual En La Cuenca Alta Del Río Pastaza				X		
Determinación De Sequias Por SPI				X		
Procesamiento De Información				X		
Redacción Del Proyecto De Titulación				X	X	
Pre Defensa						X
Defensa Del Proyecto De Titulación						X

Elaborado por: Estudiante Investigador

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

8.1. Cuencas Hidrográficas

Las cuencas hidrográficas permiten una comprensión espacial del ciclo hidrológico. También cuantifica e identifica los efectos acumulativos de la actividad humana o externalidades a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, proporcionando clasificaciones importantes de afección positiva o negativa de la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Cotler, Ríos, Pineda, González y Galindo.

2013). Las cuencas hidrográficas son sistemas debido a que estos territorios cumplen con las siguientes condiciones (Senge, 1999).

- a) Entradas que son los insumos o flujos que ingresan para ser procesados en el sistema, tales como: precipitación, radiación solar, productos agroquímicos, mano de obra, energía de la maquinaria, semillas que se siembran, tecnologías e información, entre otros. Componentes que incluyen: suelo, bosque y selva, fauna y áreas protegidas, entre otros.
- b) Interacciones entre sus componentes, y entre éstos y las entradas para proporcionar estructura y función a la cuenca.
- c) Interrelaciones, por ejemplo: La degradación ambiental se relaciona con la falta de educación, organización y participación comunitaria deficientes y tecnologías inapropiadas, entre otros.

8.1.1. Delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas presentan distintos tamaños y jerarquías, es decir, cuencas mayores contienen a otras cuencas de inferior tamaño y estas a su vez contienen a otras de un aún menor tamaño y así sucesivamente. Por esta razón, se crearon términos como cuenca, sub-cuenca (unidad contenida dentro de una cuenca de mayor tamaño) o micro-cuenca (unidad contenidas dentro de sub-cuencas) (Núñez, M. A., 2011).

8.1.2. Metodología para delimitación de cuencas Pfafstetter

El método de codificación para las unidades hidrográficas fue desarrollado en Brasil por Otto Pfafstetter en 1989 y ha sido difundido por Khristine Verdin como parte del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) del Programa Ambiental de las Naciones Unidas desde 1997. Hoy es un estándar de codificación para unidades de hidrográficas. Este método asigna identificadores (ID) a drenajes dependiendo de la topología de superficie o área. Los identificadores se asignan a las unidades hidrográficas para asociarlas con las unidades de hídricas incluidas y las unidades hídricas con las que limita (Rivera y Reyes, 2017).

Este método implica asignar códigos a las unidades de drenaje basados en la topología de la superficie. Proporciona un código único para cada cuenca dependiendo de la ubicación del sistema hidrográfico (Rivera y Reyes, 2017).

8.2. Distribución de precipitación

El análisis de precipitación se considera particularmente importante en la planificación agrícola y pesquera. Esto se debe a que es posible la caracterización hidrológica y ecológica de la cuenca y la selección del método y las especies de plantas más apropiados en cada región (Erena y Rincón, 1996).

La precipitación anual y mensual varía mucho en todo el mundo, incluidos los valores promedio obtenidos de las observaciones de series largas (Fernández, 1996).

Los principales regímenes de precipitación son (Barry, Chorley y Guillot, 1972):

- A. En la zona intertropical:** su régimen depende de la altura, según sea mayor o menor es posible que haya una o dos estaciones lluviosas, correspondientes al paso del sol a través del techo debido al fuerte calentamiento, ascendencia y expansión del aire, y, en consecuencia, enfriamiento y condensación.
- B. Regímenes desérticos con lluvias solo ocasionales;** Lluvia en invierno, degeneración del régimen mediterráneo, o lluvia de verano, degeneración climática continental.
- C. Regímenes subtropicales mediterráneos:** tipo marítimo, tipo continental.
- D. Regímenes de latitudes más elevadas.** Tipo continental con máxima precipitación en verano; tipo marítimo, pero todos los meses son lluviosos con un máximo en invierno. Tipo de transición subcontinental con dos máximos de pluviosidad; tipo sub mediterráneo con un máximo de lluvias en primavera.
- E. Régimen de los monzones.** En general, la temporada de lluvias es el monzón de verano, pero debido al terreno y la orientación de las montañas, puede llover como un monzón de invierno.

8.3. Distribución interanual de precipitaciones

Las variaciones anuales en las variables climáticas entran en esta escala. Durante la temporada de lluvias, reconocemos que la precipitación en ciertas áreas no es la misma cada año, pero generalmente fluctúa hacia arriba o hacia abajo. La variabilidad climática definida en esta escala puede estar relacionadas con cambios en el balance de radiación en todo el mundo (Pabón, J., 2000).

8.4. Cambio climático

Los escenarios de cambio climático son una visión plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en una serie de relaciones climáticas consistentes, y deben usarse explícitamente

para estudiar los posibles impactos del cambio climático antropogénico, a menudo utilizados como insumo para modelar los impactos. El "escenario de cambio climático" es la diferencia entre el escenario climático y el clima actual (Cadilhac, Torres, Calles, Vanacker y Calderón., 2017).

Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), (2014), el Cambio climático se refiere a los cambios en las condiciones climáticas identificables (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas). Un cambio en la media y / o variabilidad de un rasgo que dura un largo período de tiempo, generalmente durante varias décadas. El cambio climático puede ser causado por procesos internos naturales o fuerzas externas como la regulación del ciclo solar, erupciones volcánicas o cambios antropogénicas constantes en la composición atmosférica o el uso de la tierra. La Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (1992), define al cambio climático en el artículo 1., como: "Cambio en el clima que puede estar directa o indirectamente relacionado con las actividades humanas que cambian la composición de la atmósfera de la Tierra y aumentan la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo similares".

8.5. Extremos climáticos

Según el IPCC (2014), los eventos climáticos extremos se definen como episodios o eventos meteorológicos raros o infrecuentes, según su distribución estadística para una ubicación específica. Y de acuerdo con esta definición, "raro" debe entenderse como un episodio mayor a 90 o menor que 10 de la función de probabilidad observada.

Los excedentes y la escasez de agua afectan el frágil equilibrio de la economía, que depende en gran medida de los recursos agrícolas, y hacen del clima uno de los principales problemas para los agricultores (Pourrut, y Nouvelot, 1995).

El fenómeno de El Niño-oscilación del sur (ENSO) es una perturbación anual climática caracterizada por un debilitamiento aperiódico de los vientos alisios y el calentamiento de la capa superficial en el Pacífico ecuatorial (Castillo Silva, 2003; Collins et al., 2010). Este fenómeno se caracteriza por una fuerte temperatura positiva (durante el período de El Niño) o negativa (La Niña) del nivel del mar (TSM) o más en las regiones costeras del Pacífico tropical (que pueden extenderse hacia el norte y el sur) que duran varios meses. Las anomalías positivas de TSM se asocian con una disminución de la termoclina y una disminución del movimiento costero hacia arriba, mientras que las anomalías negativas se asocian con un aumento de termoclinas y un aumento de la fuerza hacia arriba. En las costas del Pacífico y Sudamérica, los

niveles del mar son anormales (positivo de El Niño) y negativo (de La Niña) (Bello et al., 2004; Maturana et al., 2004).

En los últimos 20 años, los eventos de El Niño se han debilitado en promedio, y las anomalías en la temperatura del nivel del mar (TSM) se han desplazado al oeste del Medio Oeste del Pacífico. La razón de este cambio en El Niño se está volviendo poco clara y candente. Además, ICTZ (zona de convergencia intertropical), generalmente ubicada al norte del ecuador, no cruzó el ecuador durante el evento de El Niño, incluso en eventos extremos en 2015, a diferencia de los años 80 y 90. Otro cambio importante en los trópicos que se ha pasado por alto en gran medida anteriormente es el aumento de los vientos ecuatoriales en el Pacífico Oriental, en el que se puede confiar para obtener datos de viento, satélites y re análisis de campo. Combinamos el análisis observado con un modelo acoplado simulado y mostramos que el viento cruzado ecuatorial puede controlar efectivamente el estado promedio y la volatilidad del Pacífico tropical. Esto contribuye a la diversidad de El Niño e influye en el cambio de ITCZ. También se están discutiendo otros impactos del cambio climático pasado y futuro (Hu y Fedorov, 2016).

En Ecuador, un aumento en las fluctuaciones naturales como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es uno de los principales fenómenos que afectan a las regiones y países, incluidos los ciclos de 3, 5 y 3 años, produce alteraciones principalmente por los incrementos de las precipitaciones (fase de El Niño) y la falta de precipitación (fase de La Niña). Este fenómeno causó graves sequías e inundaciones en todo el país, incluida la costa, en el pasado, causando graves daños, resultando en la pérdida de vidas, la vida socioeconómica y ambiental (Ministerio del Ambiente, 2019).

8.6. Marco legal

Código Orgánico Ambiental compone en la actualidad la norma más importante del país en materia ambiental y pretende garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay (Código Orgánico Ambiental, 2017).

8.6.1. TITULO I. Del cambio climático.

Capítulo I: Disposiciones generales.

Artículo 247. Menciona que el propósito del libro IV del COA es establecer el marco legal e institucional para la planificación, articulación, coordinación y monitoreo de las políticas públicas orientadas a diseñar, gestionar y ejecutar a nivel local, regional y nacional, acciones

de adaptación del cambio climático de manera transversal, oportuna, eficaz, participativa, coordinada y articulada con los instrumentos internacionales ratificados por el Estado y al principio de la responsabilidad común pero diferenciada.

Art. 249. Las medidas y acciones para la gestión del cambio climático, considerarán prioritariamente reducir y minimizar las afectaciones causadas a las personas en situación de riesgo, grupos de atención prioritaria y con niveles de pobreza, a la infraestructura, proyectos nacionales y estratégicos, a los sectores productivos, a los ecosistemas y a la biodiversidad.

Capítulo II. Instrumentos para la gestión del cambio climático.

Art. 250. La gestión del cambio climático se realizará conforme a la política y la Estrategia Nacional de Cambio Climático, y sus instrumentos que deberán ser dictados y actualizados por la Autoridad Ambiental Nacional. Art. 252 Deberán incorporarse obligatoriamente criterios de adaptación al cambio climático en los procesos de planificación, planes, programas, proyectos específicos y estrategias de los diferentes niveles de gobierno y sectores del Estado.

8.6.2. TITULO II. De la adaptación y mitigación del cambio climático.

Capítulo I. Disposiciones generales para las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático

Art. 257. Se crearán y fortalecerán las capacidades del país para afrontar los impactos del cambio climático, con énfasis en la reducción de la vulnerabilidad y de acuerdo a las prioridades establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional. El Estado priorizará la inversión para la adaptación al cambio climático con especial énfasis en la prevención de desastres, en zonas vulnerables o de alto riesgo.

Art. 258. Criterios para el desarrollo de la adaptación:

1. Precautelar la calidad de vida de la población y de los ecosistemas;
2. Considerar los escenarios actuales y futuros del cambio climático en los instrumentos de planificación territorial, el desarrollo de infraestructura, el desarrollo de actividades productivas y de servicios, los asentamientos humanos y la protección de los ecosistemas;
3. Establecer escenarios óptimos y aceptables, derivados de los modelos de variabilidad climática actual y futura que deberán incluirse en los Planes de Desarrollo Nacionales y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados para garantizar la calidad de vida de la población y la naturaleza.

Capítulo II. Medidas mínimas para adaptación y mitigación.

Art. 261. La Autoridad Ambiental Nacional, coordinará con las entidades sectoriales priorizadas para el efecto y en base a las capacidades locales, lo siguiente:

Elaboración y difusión del mapa nacional de vulnerabilidades frente al cambio climático; Definición de los lineamientos y criterios sostenibles para la gestión de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial;

Rehabilitación y protección de las zonas vulnerables a inundaciones, sequías, heladas, y degradación del suelo, de acuerdo a la priorización que se dicte para el efecto; Manejo de forma integral de la zona marino costera, así como la promoción de su capacidad adaptativa a los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático; Diseño y promoción de programas de capacitación, educación, sensibilización y concienciación sobre la gestión del cambio climático considerando, los idiomas oficiales de relación intercultural; Impulso a la implementación de acciones preventivas y de control sobre las enfermedades derivadas de los efectos del cambio climático; Promoción de la restauración de zonas y ecosistemas degradados y afectados e impulso y articulación de medidas que protejan los bosques naturales

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Los eventos extremos como sequias e inundaciones afectan la dinámica climática de la cuenca alta del río Pastaza?

Si, según los resultados obtenidos de la realización de la presente investigación, la frecuente presencia de eventos climáticos extremos como sequias afectan a la cuenca alta del rio Pastaza.

10. METODOLOGÍA, TÉCNICAS Y DISEÑO NO EXPERIMENTAL

10.1. Métodos

10.1.1. Método cuantitativo

Para la realización del proyecto de investigación se empleó el método cuantitativo debido a que el problema de investigación está centrado en la dinámica de los eventos extremos como sequías e inundaciones en la cuenca alta del río Pastaza por lo que se utilizó distintos modelos estadísticos.

10.2. Técnicas

10.2.1. Búsqueda de datos

El proyecto de investigación contiene dentro del marco teórico la información necesaria acerca de la temática a realizar, para ello se hizo una recopilación de publicaciones de contenido científico-técnico, como artículos de revistas de bases científicas, libros, tesis, congresos, etc.

10.2.2. Análisis de contenido

Esta técnica facilitó la filtración de la información encontrada ya que pretende sustituir las dimensiones interpretacionistas y subjetivas del estudio de documentos por procedimientos estandarizados que intentan objetivar y convertir en datos los contenidos de determinados documentos o informes de organizaciones internacionales que realizan estudios de estos eventos.

10.2.3. Pruebas estadísticas

Se empleó la técnica de pruebas estadísticas ya que se analizaron datos medidos por una variable cuantitativa. Sin embargo, al tratarse de análisis de datos meteorológicos se toma en cuenta que la base de datos analizados no adoptará una distribución normal, siendo necesario pruebas estadísticas.

10.3. Diseño No Experimental

Dado el objetivo del proyecto de investigación, se recurrió a un diseño no experimental que se aplicó de manera longitudinal y cronológica.

10.3.1. Área de estudio

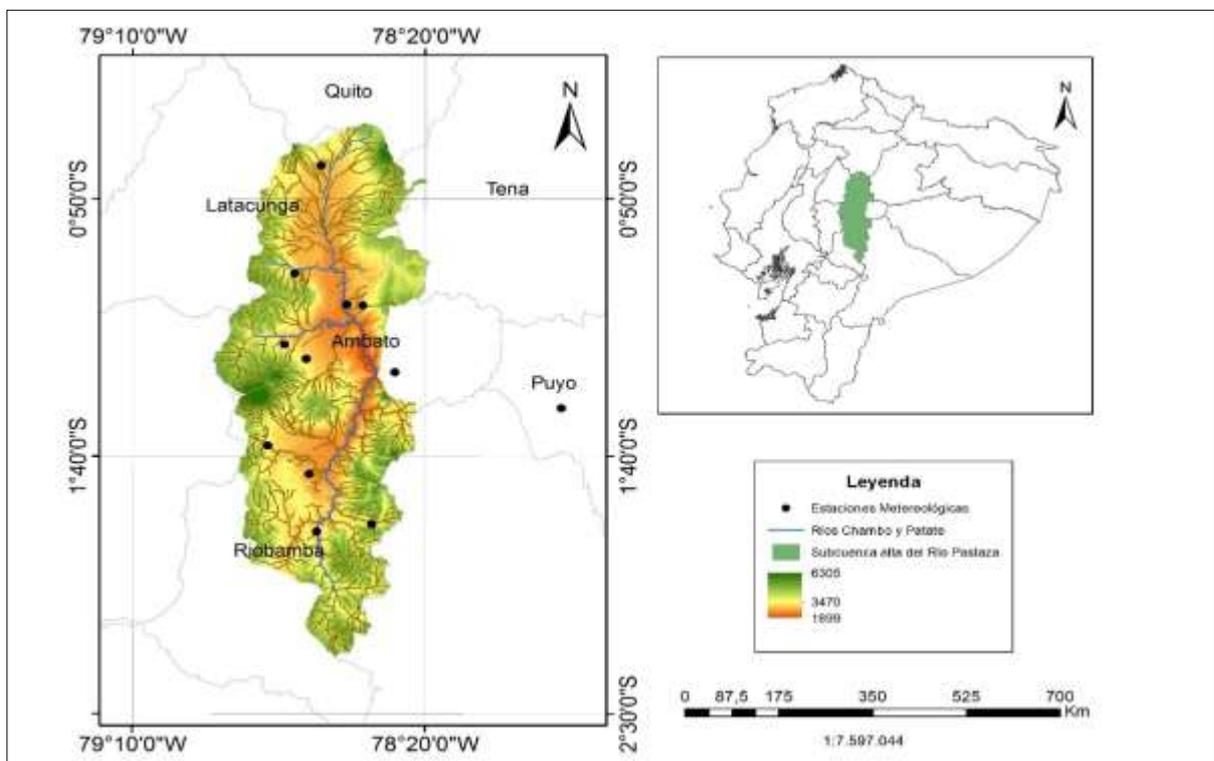
La cuenca del río Pastaza constituye la tercera cuenca de drenaje más importante del país, se encuentra ubicada en el oeste de la cordillera de los Andes en el Ecuador. Esta cubre un área total de 32182.34 km² (SENAGUA, 2011), y un gradiente altitudinal que oscila entre 1899 y 6305 msnm. La cuenca alta del Pastaza cruza las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo siendo sus principales afluentes los ríos Patate y Chambo (INEC, 2010).

El río Patate se encuentra en el lado norte de la cuenca de Pastaza. Recibe contribuciones de ríos importantes, especialmente de los ríos Cutuchi, Ambato y Pachanlica, que se originan en las laderas de los volcanes Cotopaxi (río Cutuchi) y Chimborazo (ríos Ambato, Pachanlica). La Cuenca Patate drena numerosas áreas que se encuentran aún en estado natural y algunas áreas de alta influencia de actividad humana. La parte superior incluye el Parque Nacional

Llanganates, que sirve como fuente de agua para los humedales y las poblaciones que viven en el valle del Patate (Rivadeneira, J., Anderson, E., & Davila, S. 2010).

El río Chambo se combina con el Patate para formar el cauce principal del río Pastaza. Actualmente, la parte baja del río Chambo tiene áreas principalmente agrícolas, con la excepción de la ciudad de Riobamba y sus alrededores. Las cabeceras de la cuenca Chambo descarga zonas de páramos de las laderas de los volcanes Chimborazo y Altar, y el río Chambo recibe aportes de los principales afluentes como los ríos Chimborazo, Chibunga y Guano (Rivadeneira, J., Anderson, E., & Dávila, S. 2010).

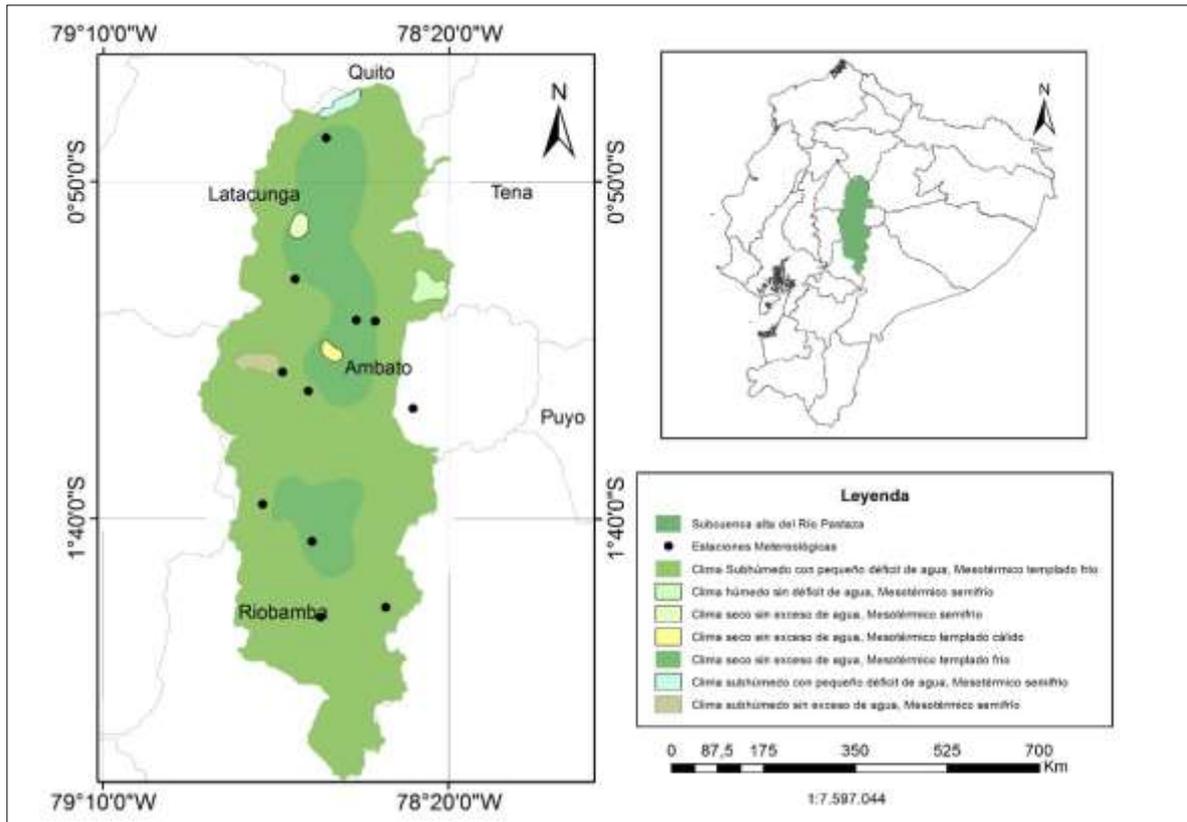
Figura 1.Ubicación de la Cuenca alta del Río Pastaza



Elaborado por: Estudiante Investigador

El área se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en las regiones costeras y trans amazónicas, semi húmedo o moderadamente húmedo en las zonas interandinas, cálido y seco en los valles de los interandinos, y frío en los páramos de más de 3000 m de altura. Registra influencia de masas de aire oceánica y Amazónica y las oscilaciones en las regiones intertropicales convergentes. La temperatura está relacionada con la altitud. Las altitudes entre 1500 y 3000 m varían de 8 a 20 ° C con un gradiente de temperatura de -5 ° C a una altitud de 1000 m (2, 8) (Varela A. y Ron, S. s. f.).

Figura 2. Clima de la Cuenca alta del Río Pastaza



Elaborado por: Estudiante Investigador

Dentro de esta cuenca se presentan algunas de las zonas agrícolas más importantes en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua. El área también incluye áreas industriales y urbanas relacionadas con las ciudades de Latacunga y Ambato (Rivadeneira, J. F., Anderson, E., & Dávila, S. 2010)

Hay 740,000 hectáreas de tierra para la producción agrícola, la mayoría de las cuales son cultivos. Las papas están en la parte superior de la lista, con el 58% del área de cultivo a nivel de la zona (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Pastaza), luego el tomate de árbol (39%), la mazorca de maíz suave (35%), el maíz dulce seco (25%) y la caña de azúcar (19%), arveja (18%), frijoles secos (12%), plátanos (11%), café (6%), cacao (3%) y maíz seco (1%). Además de estos productos, también hay productos que corresponden al sector de exportación agrícola, como flores, brócoli y alcachofa que tienen mayor presencia en la provincia de Cotopaxi (Semplades, 2015).

10.3.2.Datos meteorológicos

Para la realización del presente trabajo se utilizaron las variables meteorológicas de temperatura y precipitación mensuales proporcionados por el Instituto Nacional de meteorología e hidrología (INAMHI) de 11 estaciones meteorológicas (tabla N°3) consideradas oportunas al contar con un periodo prolongado (50 años) y menor porcentaje de datos faltantes (6%). Considerando que las estaciones se encuentran distribuidas a lo largo de la cuenca de la cuenca del río Pastaza. La completación de datos se realizó mediante los métodos de media aritmética mensual y vector regional en Hydracces.

Tabla 3: Estaciones meteorológicas

Código	Nombre	Periodo	Latitud (°S)	Longitud (°O)	Altitud (msnm)
M029	Baños	1965-2014	-1,391389	-78,419	1695
M126	Patate	1965-2014	-1,175278	-78,509167	2220
M133	Guaslan	1965-2014	-1,720833	-78,66111	2850
M369	Cusubamba	1965-2014	-1,071389	-78,702778	3175
M371	Pastocalle	1965-2014	-0,721944	-78,6275	3074
M376	Pilahuin	1965-2014	-1,301667	-78,732222	3314
M377	Tisaleo	1965-2014	-1,348333	-78,670278	3266
M393	San Juan-Chimborazo	1965-2014	-1,632222	-78,7825	3220
M395	Cebadas	1965-2014	-1,907778	-78,640833	2930
M396	Alao	1965-2014	-1,883333	-78,483333	3200
M127	Pillaro	1965-2014	-1,1725	-78,555	2793

Fuente: INAMHI

Elaborado por: Estudiante Investigador

10.3.3.Anomalías de las precipitaciones (AP)

Las anomalías de precipitación (AP) corresponden a la relación entre la cantidad de agua y la precipitación promedio a largo plazo en forma de lluvia, rocío, granizo o nieve, registrada en el período (i) en unidades de referencia espacial (j) durante el período (t) j se expresa como un porcentaje sobre cierto número (mm) (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2003). Por lo tanto, la utilidad de este proyecto de investigación es un indicador del comportamiento de la precipitación, de 50 años en la cuenca, promediando y dividiendo por la desviación media.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Anomalías de precipitación

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{S_x} = \frac{x_l}{S_x}$$

Donde:

Z= Anomalía de precipitación

x= Cantidad de agua

\bar{x} = Media

S_x = Desviación estándar de datos

10.3.4. Coeficiente de variación (CV)

El coeficiente de variación (CA) anual de las precipitaciones, permitió medir la variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca alta del río Pastaza para un periodo de 50 años.

Ecuación 2: CV = desviación estándar/ media

$$CV = \frac{S_x}{|\bar{X}|}$$

Donde:

S_x = Desviación estándar de datos

$|\bar{X}|$ = valor absoluto del conjunto de datos (x_1, x_2, \dots, x_n) y $\bar{X} \neq 0$

Para el caso de estudio la variabilidad fue clasificada en una escala de 0,3 a 0,6 donde:

- los valores $\geq 0,3$ son pequeñas variaciones de precipitación
- los valores de 0,3 a 0,6 corresponden a una variación media
- los valores $< 0,6$ son variaciones altas

10.3.5. Desviación estándar (DS)

Desviación estándar (S), es una medida de dispersión, que nos indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio (media), por lo tanto, sirvió para buscar probabilidades de que un evento ocurra.

La fórmula para la desviación estándar es:

Ecuación 3:Desviación estándar (DS)

$$\sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

x_i = dato i que esta entre (0, n)

\bar{x} = promedio de los datos

n = número datos

10.3.6. Test de Mann Kendall (TREND)

El test no paramétrico de Mann Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) fue aplicado para el análisis de tendencias con significancia estadística, teniendo en cuenta que este test es ampliamente utilizado en para determinar tendencias de incremento o decremento en series de datos hidro climáticos por su capacidad de extracción de tendencias confiables sin necesidad de tener un alto número de muestras y tolerando el ruido en la serie. Cuando el número de muestras es elevado ($n > 40$), como el caso del presente estudio, se utiliza el test estadístico Z para la determinación de la tendencia.

El uso de esta prueba se considera beneficioso y oportuno ya que los datos no necesitan confirmar ninguna distribución en particular. En esta prueba, cada valor de datos en la serie temporal es comparado con todos los valores posteriores. Inicialmente, se supone que las estadísticas de Mann-Kendall (S) son cero, y si un valor de datos en períodos de tiempo posteriores es mayor que un valor de datos en el período de tiempo anterior, S se incrementa en 1, y viceversa. El resultado neto de todos estos incrementos y decrementos da el valor final de S. Las estadísticas de Mann-Kendall (S) se dan como:

Ecuación 4:Test de Mann Kendall

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i)$$

Donde:

$\text{sign}(x_j - x_k) = 1,$

Si $(x_j - x_k) > 0$; 0, si $(x_j - x_k) = 0$; -1 si $(x_j - x_k) < 0$

Un valor positivo de S indica una tendencia creciente y un valor negativo indica una tendencia decreciente. Sin embargo, es necesario realizar el análisis estadístico para determinar la importancia de la tendencia. Kendall (1975) describe el procedimiento de prueba usando la prueba de aproximación normal. Esta prueba supone que no hay muchos valores vinculados dentro del conjunto de datos. La varianza (S) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4.1: Test de Mann Kendall

$$Var(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

Donde, n es el número de puntos de datos, g es el número de grupos vinculados y t_p es el número de puntos de datos en el grupo p.

La estadística Z normal se calcula como:

Ecuación 4.2: Test de Mann Kendall

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & , si S > 0 \\ 0 & , si S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & , si S < 0 \end{cases}$$

Se dice que la tendencia disminuye si Z es negativa y la estadística Z calculada es mayor que el valor z correspondiente al nivel de significancia del 5%. Se dice que la tendencia aumenta si la Z es positiva y la estadística Z calculada es mayor que el valor z correspondiente al nivel de significancia del 5%. Si la estadística Z calculada es menor que el valor z correspondiente al nivel de significancia del 5%, no hay tendencia.

10.3.7. Índice de sequía (SPI)

Para el análisis de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas se utilizó el índice de precipitación estandarizado (SPI) propuesto por McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist (1993) que cuantifica el déficit de precipitación para diferentes escalas temporales.

En referencia a la Guía del usuario del Índice de precipitación estándar (2012), el SPI de 1 mes refleja condiciones a corto plazo, su aplicación puede estar estrechamente relacionada con los tipos meteorológicos de sequía. El índice solo utiliza datos de precipitación y oscila entre -2 y

+2. Se basa en una probabilidad estandarizada de cierta cantidad de precipitación. Un valor negativo indica una condición de sequía (por debajo del valor medio) y un valor positivo indica una condición húmeda (por encima del valor medio). Un valor de cero representa condiciones normales (la mediana) en este caso. El sistema cuenta con una clasificación para definir las distintas intensidades de la sequía (McKee et al. 1993).

Tabla 4: Valores de índice normalizado de precipitación (SPI)

Valores de índices normalizado de precipitación	
2.0 o más	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente húmedo
-1.5 a -1.99	Severamente seco
-2.0 o menos	extremadamente seco

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (2012).

10.3.8. Déficit hídrico

Para la realización del cálculo de déficit hídrico fue requerida la utilización de la meteorología propuesta por Demoraes & D´ercole (2001), misma que establece que:

Ecuación 5: Déficit hídrico

$$\text{Déficit hídrico} = \text{precipitaciones} - \text{evapotranspiración real}$$

Esta metodología divide el déficit en tres rangos:

1. Grado 2: zonas con el máximo peligro de sequía. Se encuentran parcial o completamente en zonas que tienen un déficit hídrico anual superior a 700 mm.
2. Grado 1: áreas con peligro de sequía medio. Se encuentran parcial o completamente en zonas cuyo déficit hídrico anual está comprendido entre 300 y 700 mm.
3. Grado 0: zonas con peligro de sequía mínimo. Se encuentran en zonas cuyo déficit hídrico es inferior a 300 mm por año.

Teniendo en cuenta que la evapotranspiración se calculó mediante el método de Oudin, este método está basado en la relación de la variable temperatura y radiación solar.

10.4. Herramientas para analizar los resultados.

10.4.1.Qgis.

Es el Sistema de Información Geográfica de software libre que fue utilizado para la delimitación de la cuenca mediante herramientas de análisis espacial sobre un mosaico de imágenes del sensor Raster global DEM, disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/>

10.4.2.Excel

Al ser Excel un programa diseñado para el proceso y análisis de números, se utilizó para crear una base de datos que contenga toda la información encontrada para la realización del proyecto de investigación.

10.4.3.TREND

El software TREND ayuda a determinar las principales tendencias de cambio en una serie de mediciones digitales, facilitando la realización de pruebas estadísticas de tendencia, cambio y aleatoriedad en datos hidrológicos y otras series de tiempo. Cuenta con 12 pruebas estadísticas, basadas en el Taller de expertos de la OMM / UNESCO sobre detección de tendencias y cambios no interpretadas en múltiples formatos, por ello resulto útil en la realización del proyecto.

10.4.4.HYDRACCES

Hydraces es un software completo y de fácil uso en el que se puede importar y almacenar varios tipos de datos hidrológicos en una base de datos Microsoft Access 2000 y realizar los procedimientos básicos requeridos, en el caso de este proyecto, el software fue utilizado para la completación de datos. Disponible en:

<https://sites.google.com/site/hydraccess/espanol>

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Estudio hidro - meteorológico de la cuenca alta del río Pastaza

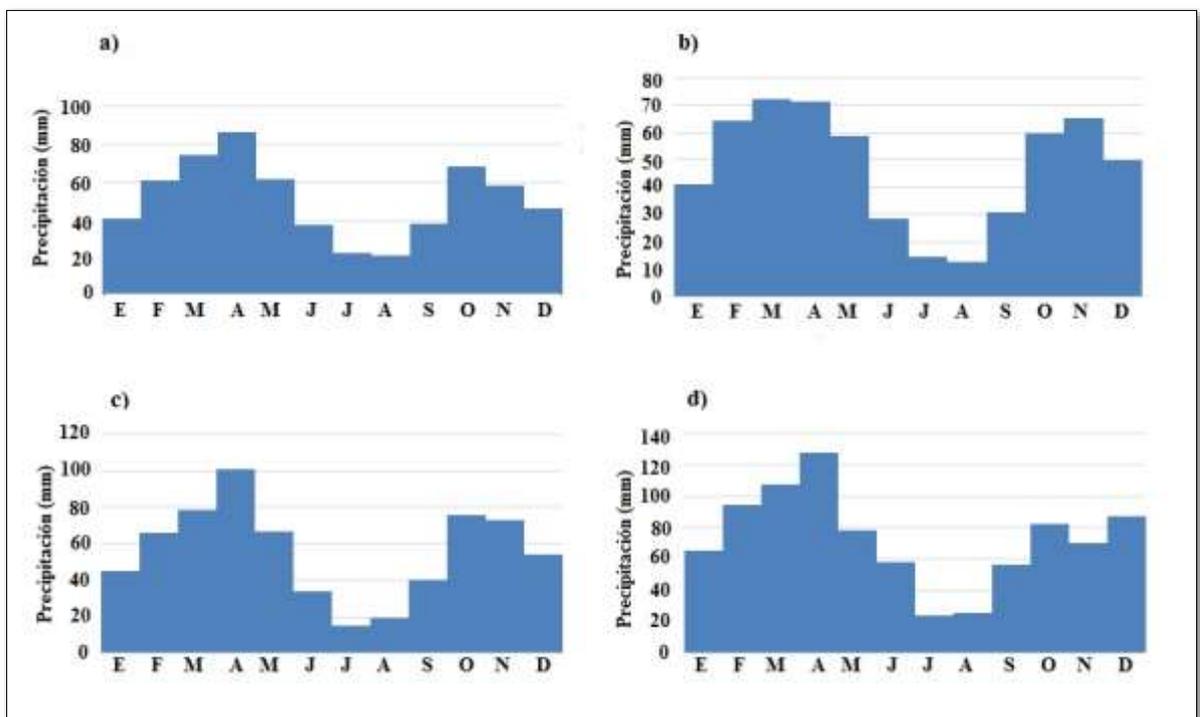
La climatología de la cuenca alta del río Pastaza se realizó a partir de los datos acumulados de la variable precipitación (mm) y promedio de la temperatura (°C). La información de las dos variables corresponde al periodo 1965 – 2014, dicha información se obtuvo mensualmente en 10 estaciones para precipitación y 4 estaciones de temperatura (tabla 3).

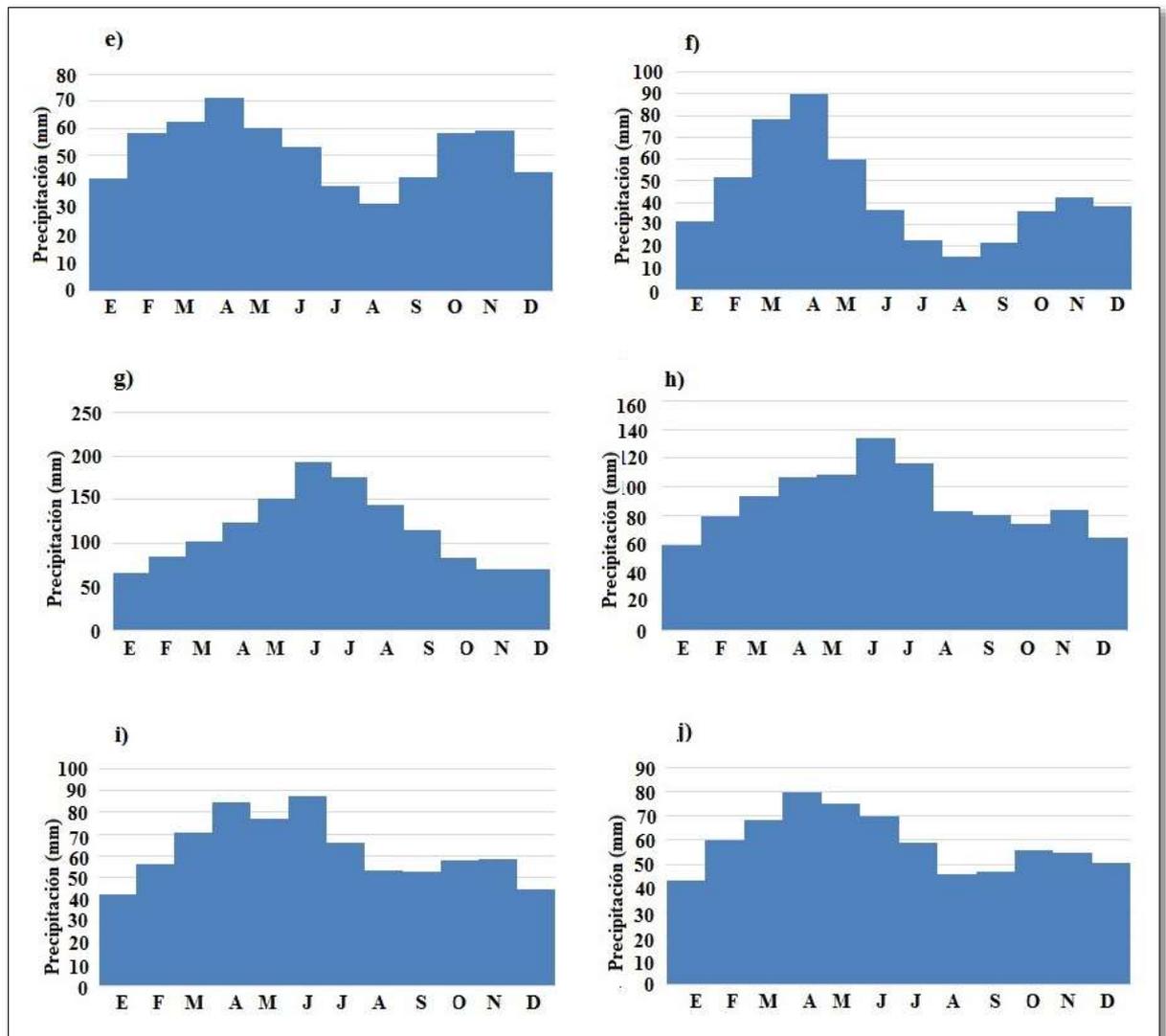
11.1.1. Precipitación:

La Figura 3 presenta una comparación de la media de precipitaciones en escala mensual de la cuenca en estudio, donde se observan dos periodos bien definidos (seco y húmedo) gobernados por un régimen bimodal; el periodo seco en las estaciones M133 (Figura N°3a), M369 (Figura 3b), M393 (Figura 3c), M371 (Figura 3d), M127 (Figura 3e), M395 (Figura 3f), está comprendido entre los meses de junio hasta septiembre con valores de precipitación que oscilan entre los 15 y 53 mm mensuales. Mientras que el periodo húmedo se presenta en los meses de enero hasta mayo y octubre a diciembre con valores de 79 hasta 128 mm al mes.

Con respecto a las estaciones M396 (Figura 3h), M377 (Figura 3i) y M376 (Figura 3j), se desarrolla un patrón de precipitaciones en un sub-régimen bimodal que presentan picos de precipitación en los meses de marzo a junio con valores de 70 a 134 mm. Mientras que la estación M029 (Figura 3g) presenta un régimen mono modal con un pico de precipitación de 194 mm en el mes de junio.

Figura 3. Precipitación media en mm: a) estación M133, b) M369, c) M393, d), M371, e) M127, f) M395, g) M029, h) M396, i) M377, j) M376



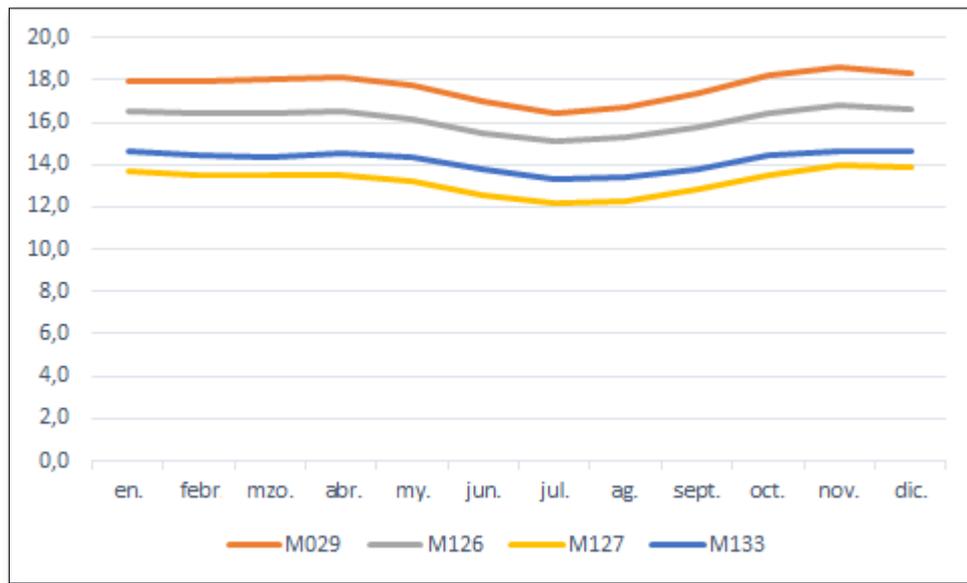


Elaborado por: Estudiante Investigador

11.1.2. Temperatura

Según el foro mundial del agua (2000), el clima ecuatorial meso térmico semi-húmedo a húmedo es el clima más característico de la zona interandina pues, salvo en los valles abrigados y las zonas situadas sobre los 3200 msnm ocupa la mayor extensión. Las temperaturas anuales medias están comprendidas generalmente entre 12 y 20°C, pero pueden en ocasiones ser inferiores en las vertientes menos expuestas al sol; las temperaturas mínimas descienden rara vez a menos de 0°C y las máximas no superan los 30°C. La figura 4 expone la variación mensual de temperatura por estación de la cuenca alta del río Pastaza, todas las estaciones presentan temperaturas promedio de 15,3 °C. Sin embargo, en los meses de junio a agosto la temperatura muestra un descenso en todas las estaciones en un promedio de 1,1°C.

Figura 4. Variación de temperatura mensual promedio para 50 años (1965-2014)



Elaborado por: Estudiante Investigador

11.2. Variabilidad de precipitación

Considerando la información meteorológica utilizada para la realización del estudio, con respecto a la precipitación, la estación Baños (M029) presentó un promedio de 1380 mm/año de lluvias en el periodo 1965-2014, teniendo como valor máximo (475 mm) en el mes de marzo de año 2001 y valor mínimo (9,3 mm) en diciembre de 1989; la estación Pillaro (M127) con un promedio de 623 mm/año presentando la mayor precipitación (165mm/mes) en febrero de 2008 y la menor (0 mm) en los meses junio, julio y agosto de 1997, volviendo a presentarse dicho valor en mayo, julio, agosto, septiembre y octubre de 1998; la estación Guaslan (M133) tiene un promedio de precipitación de 621 mm/año, presenta la mayor precipitación (315 mm) en el mes de mayo de 1999 y la mínima (0,3mm) en septiembre de 1997; la estación Cusubamba (M369) tiene un promedio de precipitación de 569 mm/año, presenta la mayor precipitación (256 mm) en febrero de 1975 y la mínima (0 mm) en el mes de octubre de 1990 volviendo a repetirse en octubre de 2012.

También, la estación Pastocalle (M371) presentó un promedio de 875 mm/año, teniendo como valor máximo (805 mm) en junio de 1969 y la mínima (0 mm) en julio de 1994; la estación Pilahuin (M376) tiene un promedio de precipitación de 709 mm/año, presentó la mayor precipitación (221 mm) en el mes de mayo de 2000 y la mínima (0mm) en enero de 1993; la estación Tisaleo (M377) tiene un promedio de precipitación de 750 mm/año, presenta la mayor precipitación (814 mm) en el mes de junio de 2005 y la mínima (0 mm) en enero de 2001; la

estación San Juan-Chimborazo tiene un promedio de precipitación de 668 mm/año, presentó la mayor precipitación (230 mm) en abril de 2011 y la mínima en (0 mm) septiembre de 1967, febrero de 1985, diciembre de 1989, julio de 1997, octubre de 2001, agosto de 2003 y 2004; La estación Cebadas (M395) presentó un promedio de 522 mm/año de lluvias, teniendo como valor máximo (304 mm) en el mes de marzo de 1993 mientras que el valor mínimo (0 mm) se presentó en los años 1967, 1972,1973, 1974, 1975, 1977, 1978, 1979, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1989, 1990, 1991, 1992, 2000 y 2003; la estación Alao presentó un promedio anual de precipitación de 1806 mm/año siendo el máximo valor mensual 649 mm dado en junio de 1986 y el valor mínimo 0 mm en abril de 2009.

Con respecto al coeficiente de variabilidad para las estaciones M029, M127, M133, M376 y M393 existe una variabilidad baja de datos ($CV < 0,30$) y una desviación estándar de 178, 125, 173, 121 y 131 mm/año respectivamente, mientras que para las estaciones M369, M371, M377, M395 y M396 la variabilidad de datos es media ($CV < 0,30$ a $0,6$) y la desviación estándar corresponde a 183 mm/año en M369, 402 mm/año en M371, 237 mm/año en M377, 211 mm/año en M395 y 363 mm/año en M396.

Tabla 5: Análisis estadístico de variación de precipitación

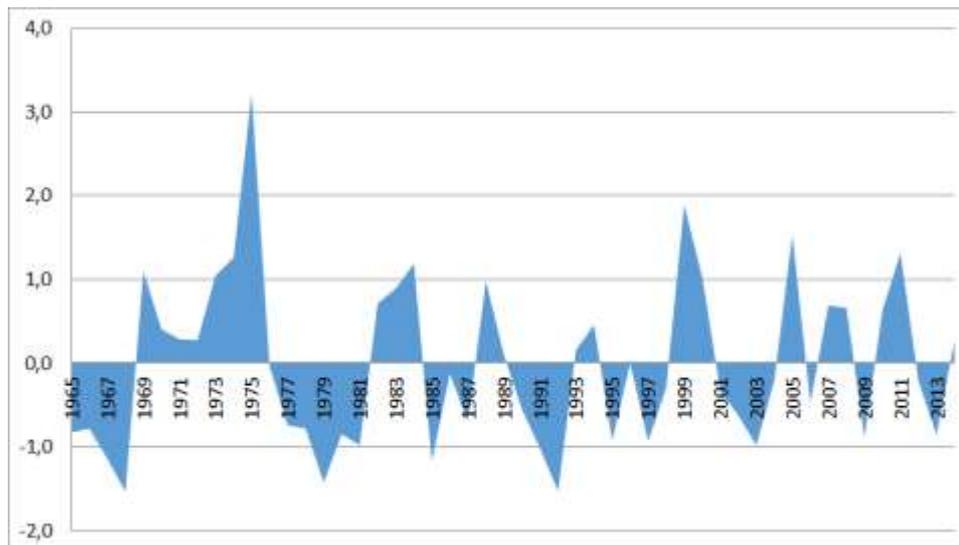
Código	Nombre	Precipitación anual	Precipitación máxima	Precipitación mínima	Desviación estándar	Coficiente de variabilidad
M029	Baños	1379,95	972,04	745	178,01	0,13
M127	Pillaro	622,69	922,70	345,17	124,62	0,20
M133	Guaslan	620,93	1381,25	215,50	173,03	0,28
M369	Cusubamba	569,07	1182,70	256,70	183,32	0,32
M371	Pastocalle	875,44	2167,60	508,70	402,22	0,46
M376	Pilahuin	709,27	989,50	498,40	120,38	0,17
M377	Tisaleo	749,84	2201,50	539,00	237,36	0,32
M393	San Juan Chimborazo	- 668,16	949,30	404,40	130,97	0,20
M395	Cebadas	522,35	1172,70	217,20	210,83	0,40
M396	Alao	1085,48	2332,30	634,50	362,46	0,33

Elaborado por: Estudiante Investigador

11.3. Anomalía de precipitación

El análisis de anomalías de precipitación, para el área de estudio y la serie 1965-2014, se presenta en la figura 4, donde se aprecian anomalías en fases marcadas de manera asimétrica, con predominancia de anomalías negativas a lo largo del periodo de estudio. Estos intervalos de sequía se presentan en los años 1965 a 1968, 1976 a 1981, 1985 a 1992, 1995 a 1998, 2001 a 2004, 2006, 2009, 2010 y 2013, mismos que tienen coincidencias con los años en los que se presentaron eventos ENSO de influencia NIÑO, mientras que las anomalías positivas presentadas en los años 1996 a 1990, 1969 a 1975, 1982 a 1984 y 1988 tienen coincidencia con la presencia del fenómeno de La Niña. Teniendo en consideración que la precipitación durante los ENSO en la Sierra es distinta a la de la Costa, ya que mientras el fenómeno de El Niño se presenta en la zona costera con el incremento de precipitaciones, en la región andina ocurre una disminución significativa de lluvias y se presenta un comportamiento totalmente opuesto durante la fase fría del ENSO (La Niña) (Francou, B., et al. 2000).

Figura 5. Anomalía de precipitación media anual para el periodo 1965 al 2014 en la cuenca alta del río Pastaza



Elaborado por: Estudiante Investigador

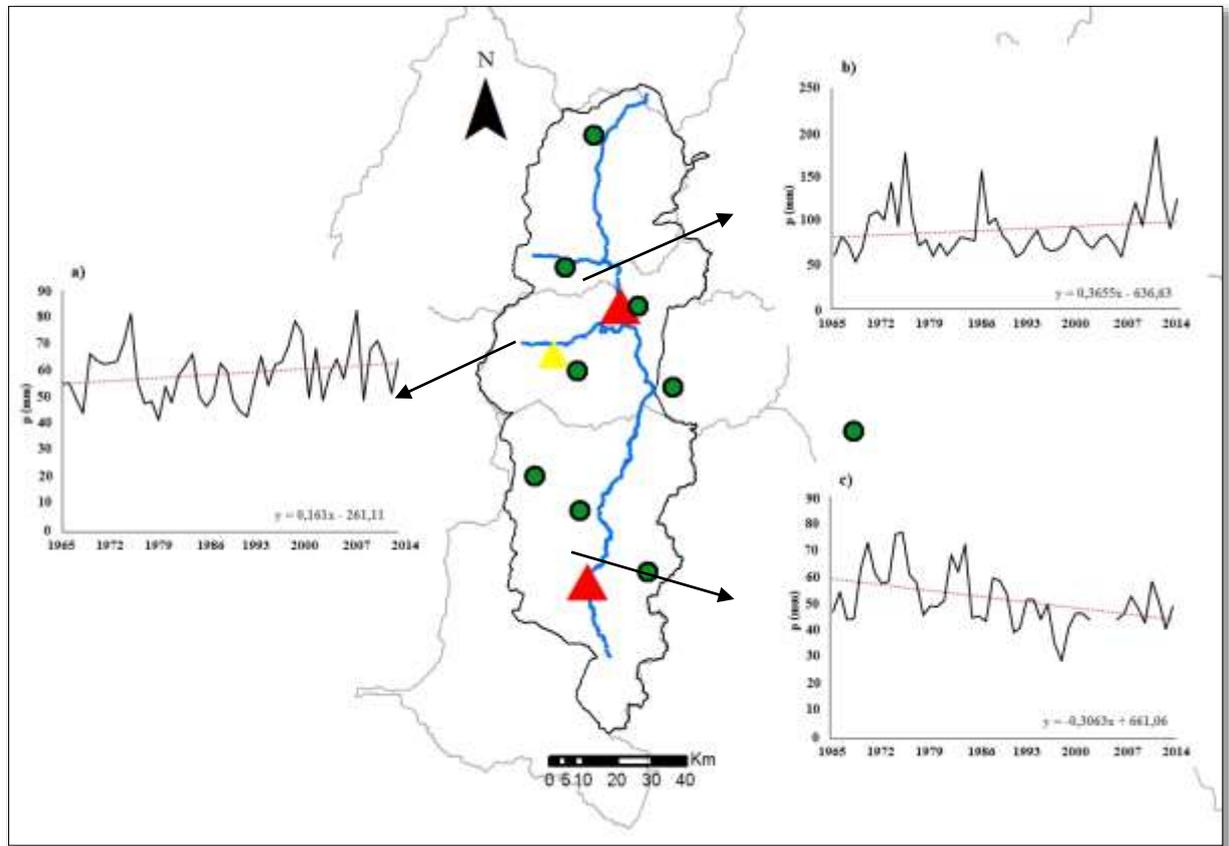
11.4. Tendencias

11.4.1. Precipitación

Para la tendencia de precipitación mediante el análisis de Mann Kendall se obtuvo como resultado gradientes que oscilan entre -2,74 a 4,51 para la estación M395 (c) es decir, tiene un aumento de 45,1% ($p < 0,05$); 1,72 en la estación M376 (a) ($p < 0,05$) esto es 17,2% de incremento de lluvia, es decir, se insinúa de acenso de precipitaciones en el periodo de estudio; Finalmente

la estación M127 (b) ($p < 0,05$) presenta un valor de -2,74 o 27,4% de disminución de precipitación, mientras que el resto de estaciones no presentan significancia estadística.

Figura 6. Tendencia de precipitación para tres estaciones: a) M376, b) M127 y c) M395

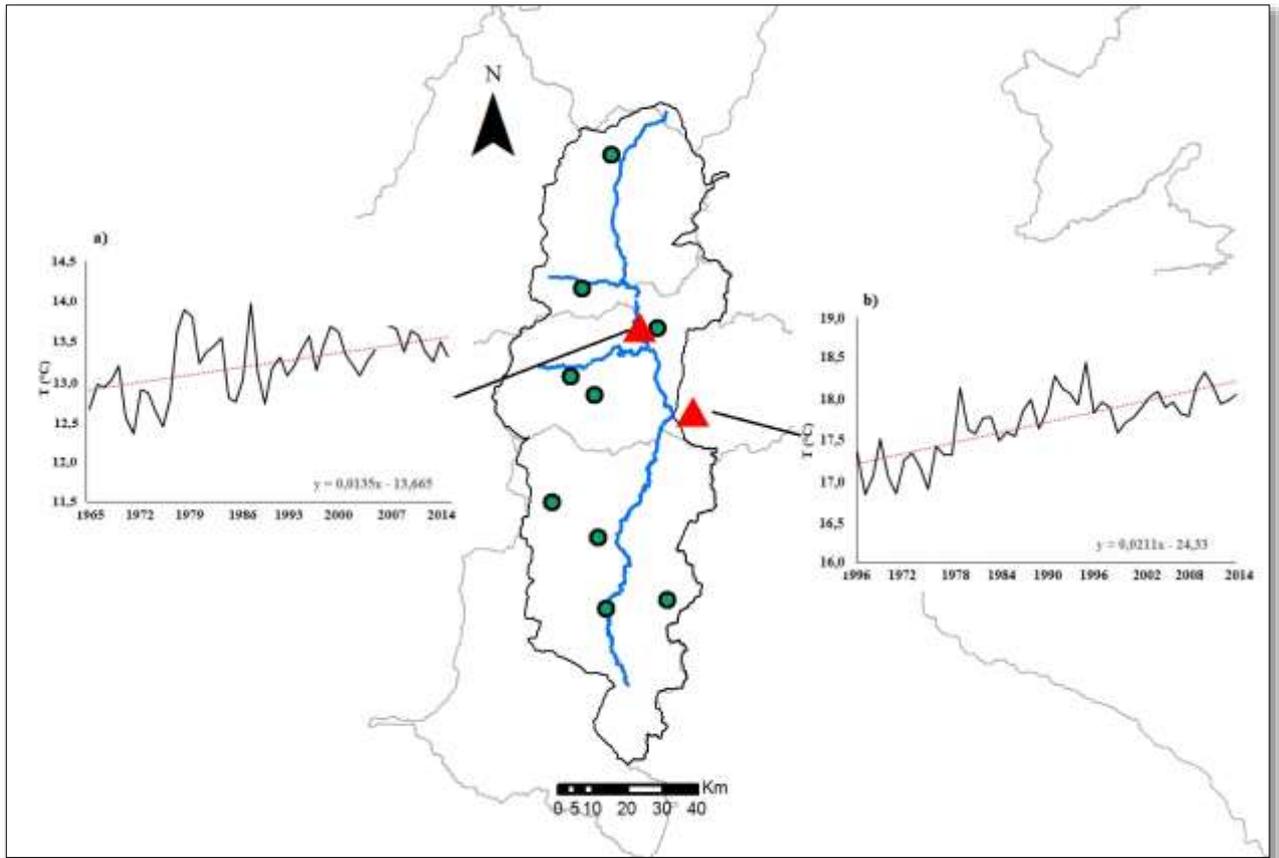


Elaborado por: Estudiante Investigador

11.4.2. Temperatura

Partiendo de las cuatro estaciones estilizadas se obtuvo como resultado que los gradientes son de 3,96 para la estación M029 es decir, tiene un aumento de temperatura del 39,6% ($p < 0,05$); 3,9 en la estación M127 que se traduce en 39% ($p < 0,05$); 1,42 en 14,2% para la estación M133, mientras que en la estación M126 se presenta una gradiente de -0,602 que representa una disminución de 6,02% de la temperatura, y 99% en las estaciones M029 y M127, mientras que las estaciones M126 y M133 no presentan significancia.

Figura 7. Tendencia de temperatura a) M029 y b) M127



Elaborado por: Estudiante Investigador

11.5. Frecuencia, duración e intensidad de las sequías

11.5.1. Frecuencia de sequías

En la Tabla 6 se evidencia que las estaciones ubicadas en la zona centro (Tungurahua: M376) y sur (Chimborazo: M133 y M393) de la cuenca alta del río Pastaza presentaron el mayor número de sequías (≥ 72). Sin embargo, toda la cuenca mostró verse afectada por sequías mensuales para un periodo de 50 años (1965-2014). Esta información es corroborada por Demoraes & D'ércole (2001), donde se indica que la provincia de Tungurahua fue una de las provincias afectadas por la sequía para el periodo 1988 a 1998.

Tabla 6: Frecuencia de sequías en la cuenca del río Pastaza

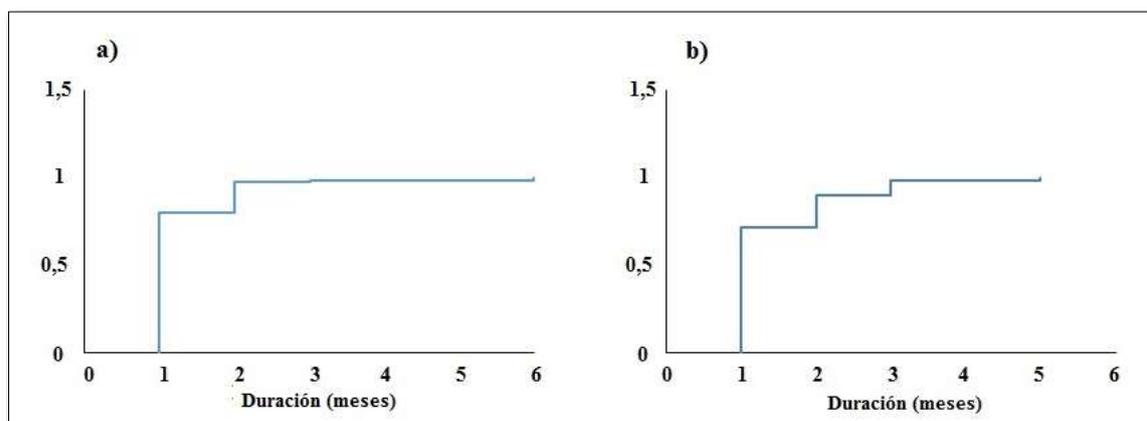
Estaciones	N ^a de Sequías	Frecuencia %	Años
M029	66	11,00	1965-2014
M127	63	10,50	1965-2014
M133	75	12,50	1965-2014
M369	65	10,83	1965-2014
M371	65	10,83	1965-2014
M376	72	12,00	1965-2014
M377	71	11,83	1965-2014
M393	74	12,33	1965-2014
M395	67	11,17	1965-2014
M396	68	11,33	1965-2014

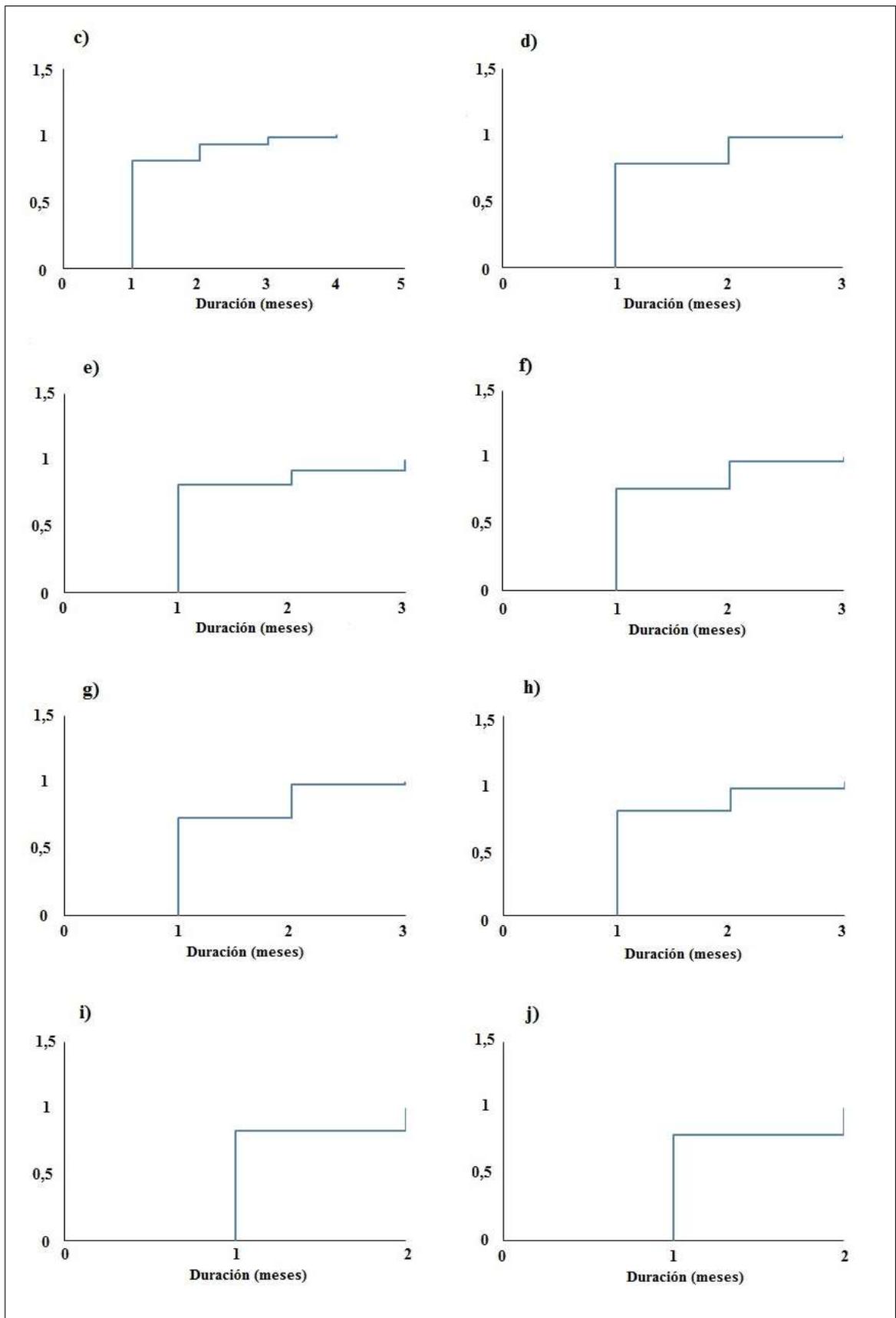
Elaborado por: Estudiante Investigador

11.5.2. Duración de sequías

La mayor duración de sequías se presentó en la provincia de Chimborazo: estación Guaslan M133 (Figura 8a) con seis meses consecutivos de sequía en año 1997. Seguido de la estación Cebadas M395 (Figura 8b) con cinco meses consecutivos para el año 1981. En la estación Pillaro M127 (Figura 8c) provincia de Tungurahua, se evidencio una duración máxima de cuatro meses correspondientes al año 1998. También se presentó sequías máximas de tres meses consecutivos para las estaciones Baños M029 (Figura 8d), Cusubamba M369 (Figura 8e), Pilahuin M376 (Figura 8f), Tisaleo M377 (Figura 8g), Alao M396 (Figura 8h), mientras que las estaciones Pastocalle M371 (Figura 8i) y San Juan- Chimborazo M393 (Figura 8j) presentan sequías máximas de dos meses consecutivos.

Figura 8. Duración de sequías en la cuenca alta del río Pastaza: a) estación M133, b) M395, c) M127, d) M029, e)M369, f) M376, g) M377, h) M396, i) M371, j) M393



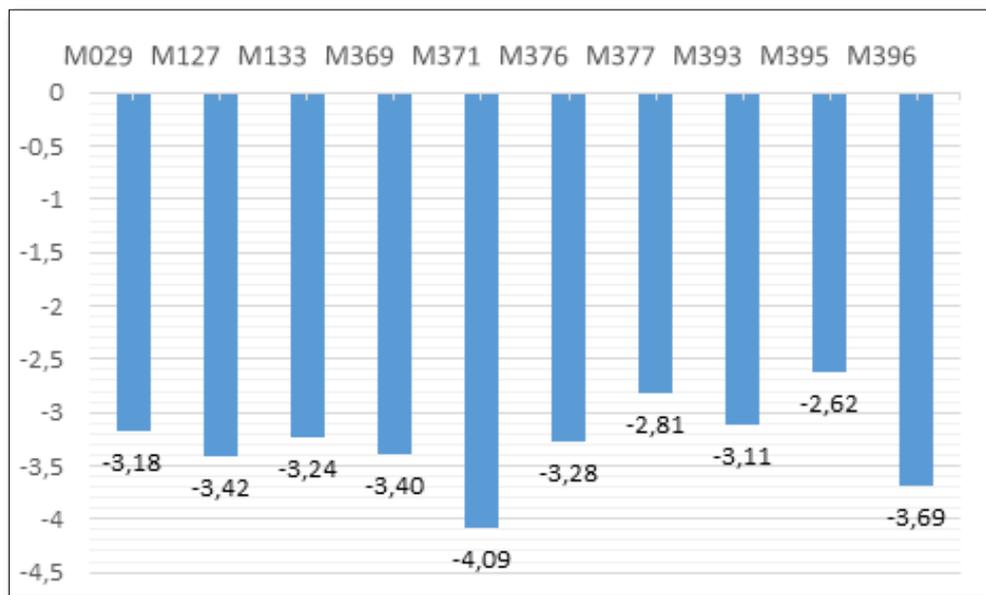


Elaborado por: Estudiante Investigador

11.5.3. Intensidad de sequias

La cuenca alta del río Pastaza se ve afectada por las sequias durante el periodo 1965 a 2014, la mayor intensidad fue de -4.09 se presentó en la provincia de Cotopaxi (M371) en el mes de mayo de 1993, seguido de Chimborazo con un valor de -3.69 (M396) para el mes de julio de 2006. Tungurahua, también, se vio afectada con una intensidad de -3.42 (M127) para la zona de Pillaro febrero de 2006. Cotopaxi vuelve a presentar un valor extremo de -3.40 para la zona Cusubamba en noviembre de 1978. Tungurahua, también, se vio afectada con una intensidad de -3.28 para la zona Pilahuin (M376).

Figura 9. Intensidad de sequias en la cuenca alta del río Pastaza



Elaborado por: Estudiante Investigador

11.5.4. Déficit hídrico

Se observa que los déficits hídricos calculados para la cuenca alta del río Pastaza en el periodo 1965 -2014 se presentaron en las estaciones: Tungurahua, Baños (M029) en un rango de 375 (en el año 2001) a -96,0 mm/año (en el año 1974), teniendo mayor frecuencia de ocurrencia los meses de enero a marzo; para la estación Pillaro (M127) el rango es desde 88,9 (en el año 2008) hasta -326 mm/año (en el año 1965). Sin embargo, la presencia de déficits se da en todo el periodo de estudio. También la estación (M133) cuenta con una escala de 224, 13 (en el año 1999) a 95,58 mm/año (en el año 1997) por consiguiente, las estaciones evaluadas para déficit hídrico en la cuenca muestran un grado de sequias medio (grado 1) como lo indica Demoraes & D'ércole (2001).

Tabla 7: Déficit hídrico

Cod.	Menor déficit	Año	Mes	Mayor déficit	Año	Mes
M29	374,8	2001	3	-96,0	1974	3
M127	88,9	2008	2	-326,1	1965	4
M133	224,13	1999	5	-95,58	1997	9

Elaborado por: Estudiante Investigador

11.5.5. Índice de precipitación mensual (12 meses)

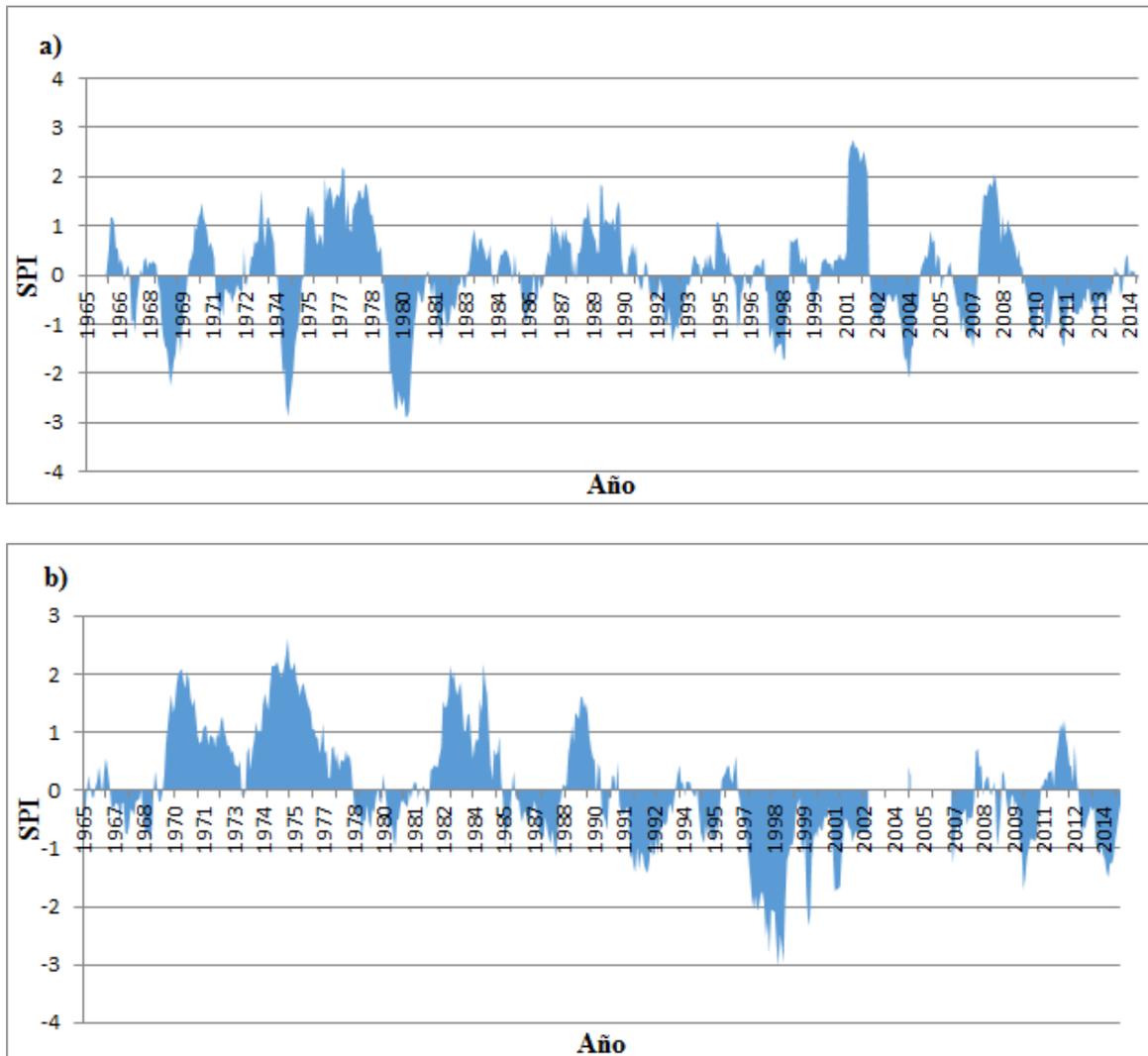
En la figura N°9 se muestra los resultados obtenidos para el índice SPI-12 en 10 estaciones meteorológicas elegidas para el estudio, donde se presentan condiciones de sequías: severas (-1,5 a -1,99) y extremas (-2 o menos). Para la estación M029 (a) en los años 1967, 1968, 1974, 1979, 1981, 1997, 1998, 2003 y 2004; la estación M127 (b) en los años de 1997 a 1999, 2001; la estación M369 (c) en los años 1977, 1981, 1982, 1987 y 1991; la estación M376 (d) en los años 1968 a 1969, 1977, 1979, 1980, 1986 a 1988, 1990 a 1993 y 2010; la estación M377 (e) en 1968, 1969, 1979, 1980 1986 y 2014; la estación M393 (f) en 1967 a 1970, 1977, 1978, 1980, 1981, 1986, 1987, 2002, 2006, 2010 y 2011; la estación M396 (g) en 1968, 1969, 2006 y 2007; la estación M395 (h) de 1966 a 1969, 1972 a 1975, 1977 a 1983 y de 1986 a 1988; la estación M133 (i) en 1997, 1998, 2002 y 2004; mientras que en la estación M371 (j) presenta condiciones de precipitación moderadamente húmedas (-1 a -1,49) en los años 1966 a 1968 y 2010 a 2013. De este resultado la estaciones en estudio encuentran coincidencia de sequias con los con años en los que se presentó el fenómeno.

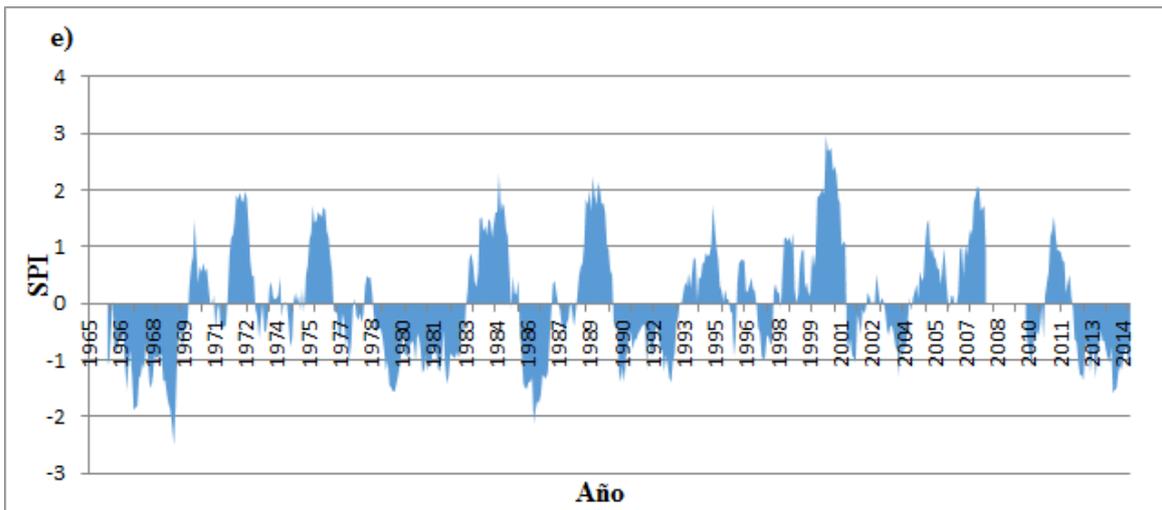
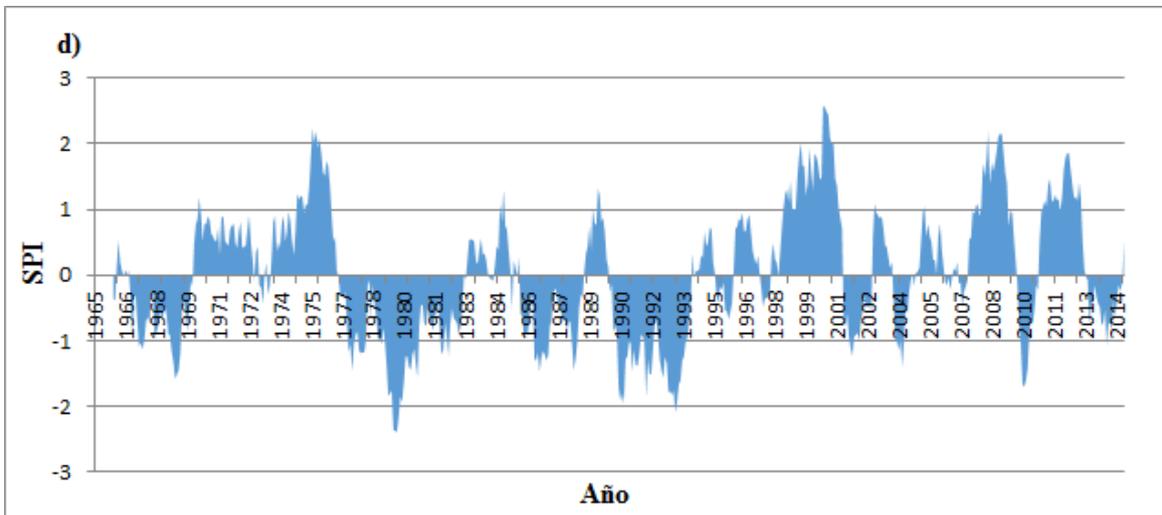
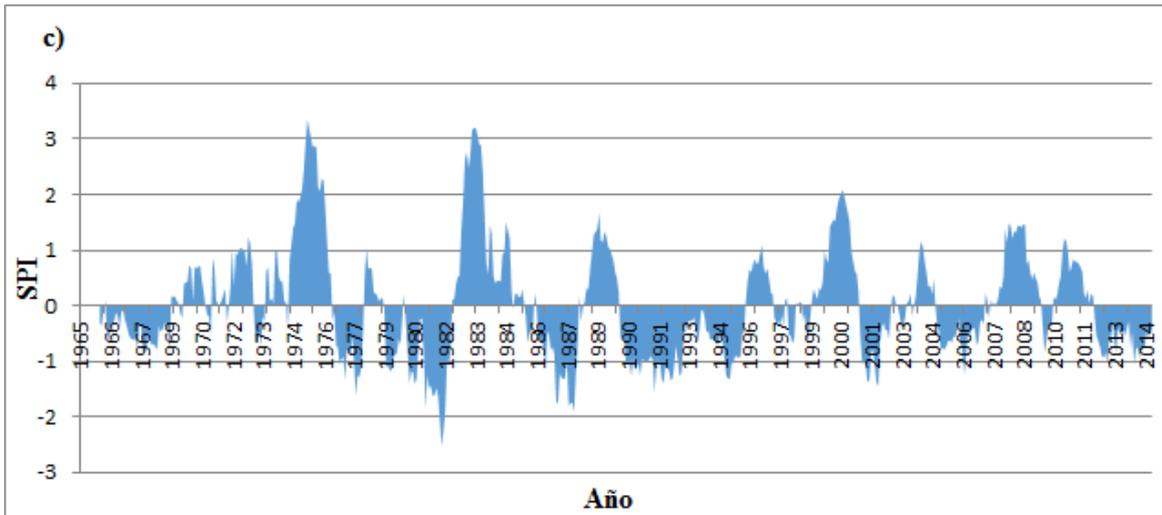
También, Semplades (2015) menciona que, la sequía del 2010 en las provincias de la Sierra (Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua, Chimborazo, que en conjunto abarcaban el 43% del área cultivada), afectó el 98% de la superficie, de la cual, el 2% fue declarada como pérdida total, dejando a 18.000 familias fuertemente afectadas económicamente por este evento.

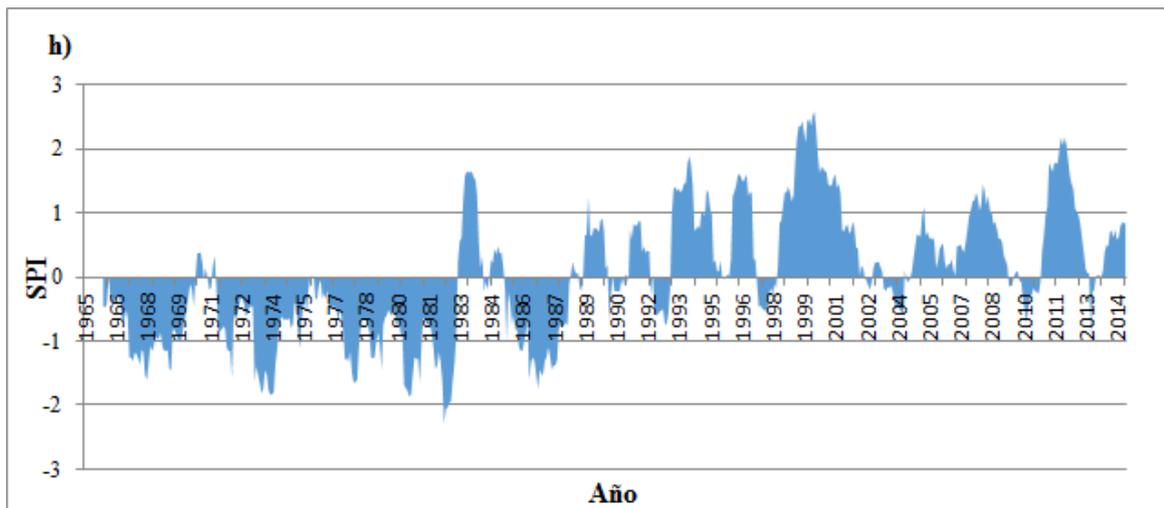
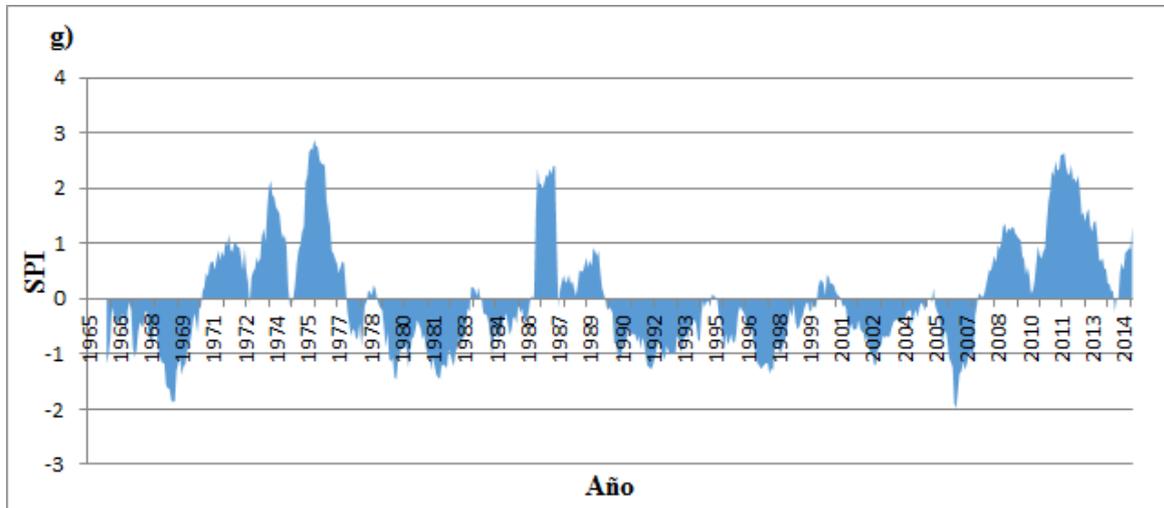
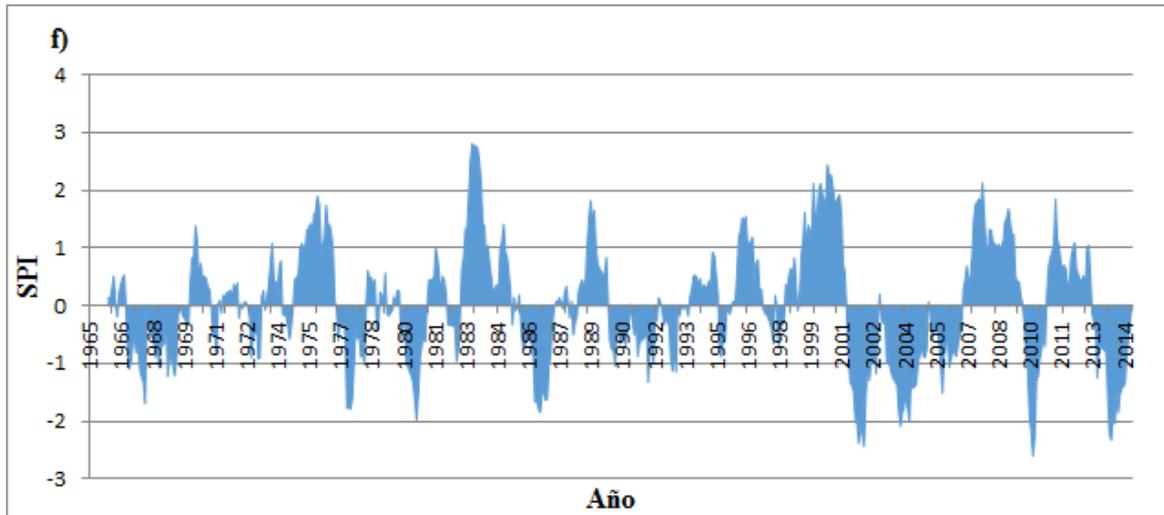
Con respecto a los años de máximas precipitaciones, las estaciones muestran condiciones de lluvia muy húmedo (1.5 a 1,99) y extremadamente húmedo (2,0 o más) en los años 1970-71, 1975-78, 1989-1990, 2001, 2007-08 en la estación M029 (a); 1970-72, 1982-85, 1988-89 en M127 (b); 1974-75, 1982-83, 1989-1990 en M369 (c); 1975, 1999-2000, 2008, 2011-12 en la estación M376 (d); 1972,1975, 1984, 1989, 1995, 2001 y 2007 en la estación M377 (e); 1975-76, 1983-85, 1989, 1996-97, 2000-01, 2007-2008, y 2011-12 en M393 (f); 1974-77, 1987, 2011-2013 en la estación M396 (g); 1983, 1994, 1996, 1999-2000, 2011-2012 en la estación

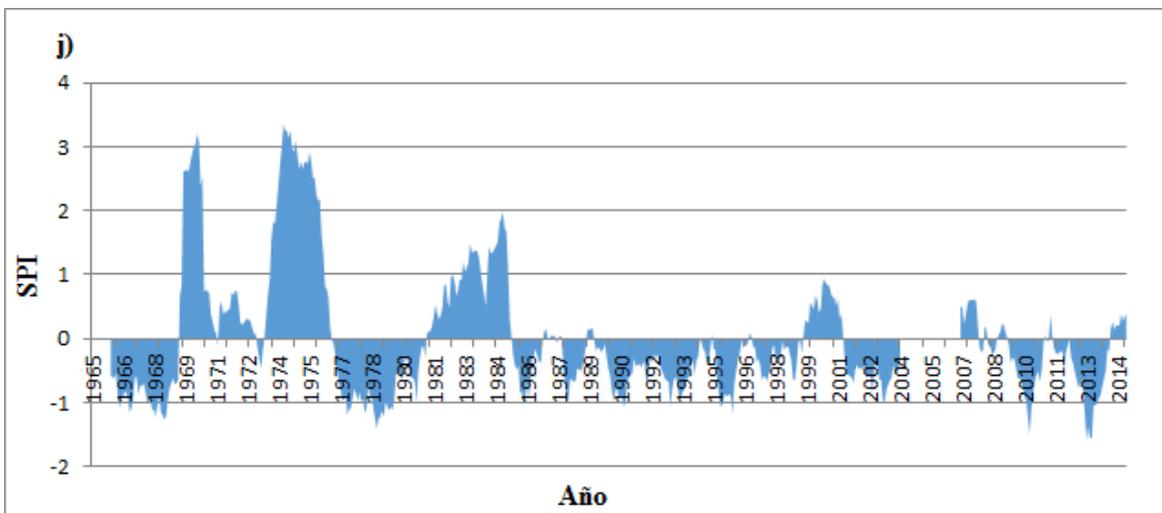
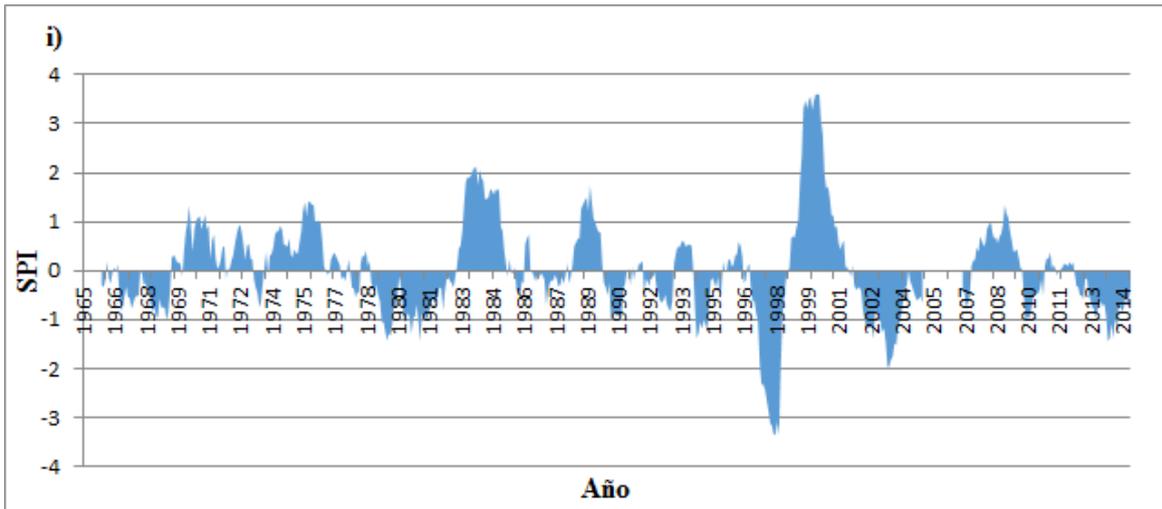
M395 (h); 1983-84, 1988-89, 1999-2000 en M133 (i); 1969-70, 1974-76, 1983-84 en la estación M371 (j).

Figura 10. Índice de sequía pluviométrica (SPI) para el área de la sub-cuenca alta del río Pastaza, durante la serie 1965-2014, para la estación M029 (a), M127 (b), M369 (c), M376 (d), M377 (e), M393 (f), M396 (g), M395 (h), M133 (i) y M371 (j).









Elaborado por: Estudiante Investigador

12. IMPACTOS

El estudio de la dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca alta del río Pastaza es una herramienta apta para analizar la evolución del clima con base en el registro de precipitaciones durante un periodo de 50 años, para que los actores tanto políticos como la sociedad en general cuenten con información útil para la adopción de decisiones, la implementación de un manejo integral del recurso agua y evitar consecuencias que pueden llegar a ser dramáticas en lo que se refiere a los excesos o déficit de agua (inundaciones, sequías) que resultan de la presencia de eventos climáticos extremos en el área.

13. PRESUPUESTO

Tabla 8: Presupuesto para la elaboración del proyecto de investigación

RECURSOS	DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Humano	Investigadores	2	10	20
Tecnológico	Computador	100	1,00	100
	Software SPI	1	400	400
	Software TREND	1	200	200
Oficina	Libreta	1	1,50	1,50
	Esferos	3	0,50	1,50
	Resma De Papel	2	5,50	11
Otros	Información Meteorológica	10	50	500
	Movilización	10	20	200
	Sub total			1434
10% imprevisto			143,4	
Total			1577,4	

Elaborado por: Estudiante Investigador

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

El estudio de las variables de precipitación y temperatura se realizó mediante una base de datos mensuales, en la cual se estimó los periodos faltantes, conformando de esta manera una base de datos confiable. La cuenca alta del río Pastaza tiene una media anual de 780 mm y un comportamiento no periódico de lluvias, gobernado por un régimen bimodal de precipitación con periodos de lluvia en los meses de febrero a mayo seguido de octubre a diciembre y un periodo seco entre los meses de junio hasta septiembre. La temperatura media anual de la cuenca fue 15,3°C y un rango comprendido entre 12 a 20°C.

La cuenca alta del río Pastaza presentó una variabilidad de media a baja ($0.13 \leq CV \leq 0.45$) en su patrón de lluvia. Sin embargo, la zona norte de la cuenca alta presentó variabilidad alta. Los resultados de tendencia evidencian incremento de las precipitaciones para la zona centro y sur (M376, M127 y M395). Las anomalías negativas se presentan de manera más frecuente en la

cuenca alta del río Pastaza a lo largo del periodo de estudio y con coincidencia con eventos ENSO de influencia NIÑO en los años 1965, 1981, 1992, 1998, 2006, 2010. Con respecto a la temperatura, también existió incremento en el centro de la cuenca alta del río Pastaza (M029 y M127).

El Índice Estandarizado de Precipitación aplicado al estudio de la cuenca alta del río Pastaza permitió la evaluación de eventos de sequía para distintos periodos temporales (mensual y anual). Con un amplio rango de variabilidad desde sequias leves a extremas, siendo las provincias de Cotopaxi (Pastocalle), Chimborazo (Alao), Tungurahua (Pillaró) las de mayor magnitud (extremas). Al considerar la duración la estación de Guaslan y Cebadas (Chimborazo) fueron las de mayor afectación (>5meses), de igual manera la mayor frecuencia se encuentra en la provincia de Chimborazo estación Guaslan y San Juan. Esto indica que la cuenca del Chambo es el más afectado en duración y frecuencia de las sequías. Sin embargo, la cuenca alta del río Patate (Cotopaxi) presentó la mayor intensidad y la cuenca baja (Tungurahua) es la zona con menor déficit hídrico (-326) observado para un periodo de 50 años.

14.2. Recomendaciones

Los resultados presentados en el trabajo muestran que el área de estudio está sujeta a variabilidad climática por lo que es necesario continuar con estudios y observaciones periódicas para evaluar las tendencias de cambio.

Dada la importancia hídrica y económica de la cuenca es recomendable la realización de un estudio de zonas de vulnerabilidad ambiental, teniendo en cuenta los criterios de población, áreas forestales y productoras tanto de agua como de cultivo e industria.

Para mejorar la ejecución de estudios climatológicos es necesario que el INAMHI realice una valoración de la información hidro meteorológica existente y futura para evitar vacíos en los registros de información.

15. REFERENCIAS

- ✓ Almarza, C., Chazarra, A., & Pedraza, B. (1999). Adaptación del SPI para el análisis de la variabilidad intra-anual de periodos secos. *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, (1).
- ✓ Barry, R. G., Chorley, R. J., & Guilló, A. M. (1972). *Atmósfera, tiempo y clima* (No. 551.5 B 279ae551. 5 B 279ae551. 5 B 279ae).
- ✓ Bello, M., Castillo, M., Maturana, J., Valenzuela, C. & Barbieri, M. A. (2004). Featuring ENSO 1997-2000 in Central Chile. *Gayana (Concepción)*, 68 (2), 48-53. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071765382004000200008&lng=es&tlng=en. 10.4067/S0717-65382004000200008
- ✓ Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la investigación* (No. 001.42 B4564m Ej. 1 022619). Pearson.
- ✓ Botero E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf;jsessionid=1064AD34F5BD0E3BE0C9A8805BF7A6B9?sequence=1
- ✓ Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., & Calderón, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*.
- ✓ Campos-Aranda, D. F. (2015). Contraste de los índices DPP, SPI y RDI para clasificación de sequías, en la estación climatológica Zacatecas, México. *Tecnología y ciencias del agua*.
- ✓ Castillo Silva, M. (2003). *Ciclos El Niño / La Niña s.l.* (Anuario SHOA Tomo 55). Recuperado del sitio de Internet del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile: http://www.shoa.cl/servicios/enos/pdf/2003_ciclos.pdf
- ✓ Cedeño J, Donoso MC (2010): Atlas Pluviométrico del Ecuador. Documentos Técnicos del PHI-LAC, No 21, UNESCO.
- ✓ Código Orgánico Ambiental, (2017). Título I. Del cambio climático.
- ✓ Comisión Nacional del Agua (2010). *Estadísticas del agua*. Semarnat/Conagua. México. Recuperado de:
- ✓ Comisión Nacional del Agua y Alianza WWF/Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. (2011). *Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México*. México: Semarnat.
- ✓ Consejo Nacional De Recursos Hidricos. (2002). *Ivisión Hidrografica Del Ecuador* (Propuesta (Propuesta del CNRH y el Grupo Interinstitucional para oficializar en el Ministerio

de Relaciones Exteriores. Recuperado de:
http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/dtrabajo/SG_REG_EMAB_IX_dt%203_Ax2.pdf

✓ Corporación Andina de Fomento - CAF. (2000). El fenómeno El Niño 1997-1998. Memoria, Retos y Soluciones. Vol. IV: Ecuador.

✓ Cotler, H., Ríos, E., Pineda, R.F., González, I. Y Galindo, A. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Colección: Cuadernos de divulgación ambiental. SEMARNAT-CECADESU, Red Mexicana de Cuencas Hidrográfica

✓ Donoso, M.C., Vargas, C., Castellero, M., Martínez, D., Leaman, K. & Nakayama, N. (2001). Panama Canal case study: impacts and responses to the 1997-1998 El Niño. In “Once burned, twice shy? Lessons learned from the 1997-1998 El Niño”. Editado por M. Glantz. UNEP-1063, 147-158.

✓ Eduardo, R. P. (2015). Manejo de cuencas y adaptación al cambio climático. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/281374585_MANEJO_DE_CUENCAS_Y_ADAPTACION_AL_CAMBIO_CLIMATICO

✓ Erena, m., Rincon, I. (1996). Distribución espacial de las precipitaciones en la región de murcia (españa).

✓ Farrow, A. (2009). Spatial analysis of social vulnerability to the El Niño phenomenon in Ecuador: producing an assessment of vulnerability. Tesis de Doctorado. School of Environmental Sciences, University of East Anglia.

✓ Fernández García, F. (1996). Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación. Madrid, Editorial Síntesis.

✓ Garreaud, R. D. (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences*, 22, 3.

✓ Garrido A., Pérez D.J.L. y Enríquez C. (2010). “Delimitación de zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México”. En: Cotler H. (Coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación

Gonzalo Río Arronte I.A.P. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultapublicacion.html?Id_pub=639

✓ Guide. World Meteorological Organization.

✓ Gutierrez, F., Piechota, T., & Dracup, J. (1998). Conexiones entre caudales de algunos ríos de la costa norte y central del Perú y El Niño. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*. 27, 829-838.

- ✓Hernández, F., Zambrano, E. (2007). Inicio, Duración y Término de la Estación Lluviosa en Cinco Localidades de la Costa Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico.
- ✓<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2010-16Junio2010.pdf>
- ✓CEPAL. (s.f). Informe nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador. Recuperado de: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/6/23346/InEc00100.23346.pdf>
- ✓Hu S., Fedorov A., (2016). El Niño diversity, cross-equatorial winds, and the intertropical convergence zone.
- ✓INEC (2010). Censo Nacional Económico 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://www.inec.gov.ec/cenec/>
- ✓INETER, A., UNI, G. P. (2014). Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter.
- ✓Informe la rábida, huelva. (2018). Cambio climático y desarrollo sostenible en ibero américa 2018. Recuperado de: <https://www.segib.org/wp-content/uploads/Cambio-Clim--tco-y-Desarrollo-Sostenible-en-Iberoam--rica.pdf>
- ✓Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2003). Cálculo de la anomalía de precipitación en Colombia: una propuesta de ajuste a índice actual. Nota técnica del IDEAM (IDEAM METEO/009- 2003). Bogotá. IDEAM
- ✓Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAHMI. (2000). Análisis del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en el Ecuador. Comité Nacional sobre el Clima GEF-PNUD. Proyecto ECU/99/G31 Cambio Climático. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador.
- ✓Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.- K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.
- ✓IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B.

Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. Maccracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

✓Isla, F. I. & Toldo, E. E. (2013), ENSO impacts on Atlantic watersheds of South America. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 4 (1-2), 34-41. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v4i1-2.33032>

✓Jiménez, S. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. Serie Avances de Investigación n°66 de la Fundación Carolina. 2012.

✓Kaown, D., Hyun, Y., Bae, G. O., Oh, C. W., & Lee, K. K. (2012). Evaluation of spatio-temporal trends of groundwater quality in different land uses using Kendall test. *Geosciences Journal*.

✓Kendall, M. G. (1975). << Rank correlation methods >> 4Th Ed., Charles Graffin, Londres.

✓López, R. F. P., & Patrón, E. R. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.

✓MAE. (2009). Proyecto de Adaptación al Cambio Climático a través de una Efectiva Gobernabilidad del Agua en el Ecuador.

✓Mann, H. B. (1945). <<Non-paramétrica test against trends>>. *Econometrica*.

✓Maturana, J., Bello, M. & Manley, M. (2004). Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En Avaria, S., Carrasco, J., Rutllant, J. & Yáñez, E. (Eds.). *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus efectos en Chile* (pp. 13-27). Valparaíso, Chile: Comité Oceanográfico Nacional.

✓McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, 17–22 January 1993. Boston, American Meteorological Society, 179–184.

✓Mercado-Mancera, G., Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F., & García-Hernández, J. L. (2010). Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zona áridas. *Universidad y ciencia*.

✓Mesa Sánchez, Ó. J., Poveda Jaramillo, G., Vélez Upegui, J. I., Mejía Valencia, J. F., Hoyos Ortiz, C. D., Mantilla Gutiérrez, R., Montoya, M. I. (1999). Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia.

- ✓Ministerio De Agricultura Y Ganadería, Acuicultura Y Pesca, (2019). MAG Presenta Avances De Sus Proyectos En Pastaza. Recuperado de: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-presenta-avances-de-sus-proyectos-en-pastaza/>
- ✓Ministerio del ambiente, (2019). Primera contribución determinada a nivel nacional para el acuerdo de París bajo la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático. Obtenido de: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ecuador%20First/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>
- ✓Ministerio del Ambiente. (2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025. Recuperado de: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140074.pdf>
- ✓Molina, M., Sarukhán, J., & Carabias, J. (2017). El cambio climático: causas, efectos y soluciones. Fondo de Cultura Económica.
- ✓Núñez, M. A. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual*, 5(1).
- ✓Ochoa A, Pineda L, Crespo P, Willems P. (2014): Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates and WRF retrospective precipitation simulation over the Pacific-Andean region of Ecuador and Peru. *Hydrology and Earth System Science*
- ✓Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F. and Loumagne, C., (2005). Which potential evapotranspiration input for a rainfall-runoff model? Part 2 - Towards a simple and efficient PE model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology* 303(1-4), 290-306.
- ✓Pourrut P, Nouvelot JF (1995): Anomalías y fenómenos climáticos extremos. Artículo V. En: El agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía (Pourrut P, Ed.), Estudios de Geografía 7, Corporación Editora Nacional, Quito.
- ✓Pourrut, P., & Gómez, G. (1995). Los regímenes hidrológicos ecuatorianos. *EL AGUA EN EL ECUADOR*. Clima, precipitaciones, escorrentía. Corporación Editora Nacional. Estudios de Geografía, 7.
- ✓Rivadeneira, J. F., Anderson, E., & Davila, S. (2010). Peces de la cuenca del Pastaza, Ecuador. Fundación Natura.
- ✓Rivera, C., Reyes, Y. (2017). Aplicación de metodología de Pfafstetter para el estudio de identificación y análisis de micro cuencas de municipios de MAMCEPAZ. *Ciencias Espaciales*.

- ✓Secretaria del agua. (2014). Coordinación regional demarcación hidrográfica de Pastaza. Recuperado de: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Informe-Preliminar-DH-Pastaza-2014.pdf>
- ✓Semplades, (2015) Agenda Zonal ZONA 3-Centro. Provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza 2013 – 2017. Recuperado de: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Agenda-zona-3.pdf>
- ✓SENAGUA (2011). Base de datos de Información Geográfica. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://sni.gob.ec/coberturas>.
- ✓Senge, P. M. (1999). La Quinta Disciplina. El Arte y la Práctica de la Organización Abierta al Aprendizaje. Ed. Granica. España.
- ✓Svaboda, M., Hayes, M., Woodm D., (2012). Wood Standard Precipitation Index User
- ✓Varela A. y S. Ron, (s. f.). Geografía y Clima del Ecuador. BioWeb Ecuador. Recuperado 5 de mayo de 2020, de <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>
- ✓Waylen, P. R. & Caviedes, C. N. (1990). Annual and seasonal fluctuations of precipitation and streamflow in the Aconcagua River Basin, Chile. *Journal of Hydrology*, 120, (1990) 79-102. doi:10.1016/0022-1694(90)90143-L
- ✓World Vision. (2004). Manual de Manejo de Cuencas. El Salvador.
- ✓Zavala, C. S., Contreras, A. L., Belda, D. L., & Rivera, E. D. (2009). Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera*.
- ✓ Naciones Unidas (1992). Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático (CMNUCC).

16. ANEXOS

ANEXO 1. Aval de traducción al idioma inglés.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita egresada de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS y RECURSOS NATURALES: MERINO SILVA DANIELA ALEJANDRA**, cuyo título versa "**DINÁMICA DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTAZA**", lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020.

Atentamente,


Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
CC: 05026173-50



ANEXO 2.Hoja de vida del Tutor.

HOJA DE VIDA**1. DATOS PERSONALES**

Apellidos: ILBAY YUPA	Ci: 0604147900
Nombres: MERCY LUCILA	RUC: 0604147900001
Fecha de nacimiento: 30 de octubre del 1983	Lugar: Archidona
Lugar de trabajo: Latacunga	Cargo: Docente-Investigadora
Dirección domiciliaria: Hermanas Páez	Ciudad: Latacunga
E-mail: merckyu@hotmail.com	Celular: 0987533861

2. FORMACIÓN ACADÉMICA

Nº	Títulos de Grado	Universidad	País
1	Ingeniera Agrónoma	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador
2	Magister en Riego y Drenaje	Universidad Agraria del Ecuador	Ecuador
3	PH.D en Recursos Hídricos	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú

3. EXPERIENCIA**3.1 Profesional**

Nº	Empresa-Institución	Posición	Mec-año	Mec-año
1	MAGAP-Dirección de Riego_Zonal 2	Analista de Tecnificación de Riego	10/2016	05/2017
2	SENAGUA-Dirección de riego y drenaje_Quito	Analista de Estudios y Proyectos de Riego y Drenaje	3/2015	08/2015
3	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo	Técnica especialista de Suelo y Riego	04/2011	12/2013
4	INIAP/Programa Nacional de Fruticultura_Ambato	Técnica	03/2010	02/2011

3.2 Docente

Nº	Cursos - Materias	Institución	Mec-año	Mec-año
1	- Riego y drenaje - Hidráulica - Hidrología - Manejo Integrado de Recursos Hídricos	Universidad Técnica de Cotopaxi	06/2017	Actualidad
2	- Riego y Drenaje - Diseño de sistemas de Riego - Fruticultura	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	03/2014	02/2015

3.3 Consultoría en general

Nº	Nombre del proyecto	Institución	Año
1	Estudio técnico de la calidad de agua y uso potencial agrícola de la quebrada Tiliche, barrio Planchaloma La Merced	Junta de agua de riego Tiliche	2017
2	"Estudio Hidrológico de la cuenca alta del río Guayas, para el sistema de riego del directorio de aguas de la comunidad la Moya - parroquia Guasuntos- cantón Alausí, Chimborazo"	GAD de Chimborazo	2017
3	Estudio Hidrológico del Sistema de Riego Chambo Guano	Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chambo-Guano- Chimborazo	2012
4	Economía agraria con la capacitación especializada en análisis de rentabilidad agropecuaria	H. Gobierno Provincial de Tungurahua	2012
6	Facilitador en Agropecuaria Orgánica: Programa "Soy Emprendedor"	GAD de Chimborazo	2012

4. CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS

4.1 Cursos y Seminarios

Nº	Nombre	Institución	País	Año
1	Cálculo y evaluación de la huella hídrica como herramienta para la sostenibilidad territorial y la adaptación al cambio climático	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura	Costa Rica	2019
2	Enfoques de la Escuela Nacional de Irrigación Parcelaria	MAG- Cooperación Española	Ecuador	2019
3	Formación en educación a Universitaria a Distancia	Universidad Politécnica de Madrid	Madrid-Ecuador	2019
4	I Congreso Binacional Ecuador-Perú "Agropecuaria, Medio Ambiente y Turismo"	Universidad Nacional Agraria La Molina- UTC	Ecuador	2019
5	Aprendamos a Educar 2	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2019
6	Jornada de capacitación Pedagógica CAREN 18-19	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2019
7	Docencia Universitaria: Planificación y Evaluación Educativa	Universidad Técnica de Ambato	Ecuador	2018
8	Aprendamos a Educar 1	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2018
9	Jornada de capacitación Técnica CAREN 18-19	Universidad Técnica de Ambato	Ecuador	2018
10	Actualización de conocimientos CAREN18-18	Universidad Técnica de Cotopaxi	Ecuador	2018
11	La importancia de la irrigación productiva para la agricultura familiar campesina	MAGAP-AECID-IFAD-FAO-BANCO MUNDIAL	Ecuador	2017
12	Regionalización Hidrológica basado en los L-MOMENTOS	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2017
13	Planificación Estratégica en Sistemas de Abastecimiento	AECID-Embajada de España en Bolivia	Bolivia	2017
14	Como publicar un artículo exitoso en revistas internacionales	Universidad Nacional Agraria La Molina – WILEY	Perú	2017
15	Gestión Participativa en Cuencas Hidrográficas	Ministerio del Ambiente- JICA-PANAMA	Panamá	2016
16	Diseño y Sistemas de Riego Por Aspersión Con GESTAR V. 2014	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2016
17	Ordenamiento Territorial Ante el Cambio Climático	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2015
18	Variabilidad Climática y sus Impactos en la Hidrología	Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú	2015
19	Introducción a La Meteorología y a la Climatología Con Énfasis en la Agro meteorología	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2014
20	Sistemas de Información Geográfica	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2014
21	Evaluación de la calidad de los suelos	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2014

4.4. Ponente en Congresos

Nº	Congresos (ÁREAS)	ENTIDADES	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	1st International Workshop on the Environment and Climate Change: Towards a Resilient Future For Ecosystems (ICEC 2019)	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	11/2019	11/2019
2	III Convención Científica Internacional UTM 2019	Universidad Técnica de Manabí	10/2019	10/2019

3	VI Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	11/2018	11/2018
4	Congreso: Ecosistemas Acuáticos Tropicales en el Antropoceno-ACUATROP	Universidad San Francisco de Quito, la Universidad de las Américas, la Red Macrolatinos, Society for Freshwater Science, la Asociación Ecuatoriana de Limnología, y la Sociedad de Odonatología Latinoamericana	07/2018	07/2018
6	Curso-Taller de "Estadística para Recursos Naturales"	Universidad Técnica de Cotopaxi	04/18	05/2018
8	I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotopaxi	12/2017	12/2017
7	V Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	10/2017	10/2017
8	I Convención Científica Internacional UTM 2019	Universidad Técnica de Manabí	10/2017	10/2017
8	I Congreso Internacional de Agricultura Sustentable	UTC-Coordinación de Educación Continua	05/2017	05/2017
10	IV Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	12/2016	12/2016
11	XV Reunión Binacional Uruguay/Argentina de Agrometeorología	Asociación Argentina de Agrometeorología	08/2014	08/2014

5. PUBLICACIONES

No.	TÍTULO	EDITORIAL	AÑO PUBLICACIÓN
1	Regionalization of precipitation, its aggressiveness and concentration in the Guayas river basin, Ecuador	La Granja: Revista de ciencia de la vida	2019
2	Comparación de Métodos de Interpolación para la Estimación de Temperatura del Reservorio CEASA.	Revista Bases de la Ciencia	2018
3	Estimación de datos faltantes de precipitación en la subcuenca del río Patate	Revista Bases de la Ciencia	2017
4	Efectos del riego deficitario en el rendimiento y eficiencia hídrica del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	CIDE	2017

6. IDIOMAS

No.	IDIOMA	HABLADO %	ESCRITO %	COMPRESIÓN %
1	INGLÉS	60	70	70
2	PORTUGUÉS	30	40	50

7. INFORMACIÓN ADICIONAL QUE CONSIDERE UTIL

Abanderada de la provincia-ITES Riobamba
Segunda mejor egresada del año 2010-Agronomía-Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH
Becada de la ESPOCH para estudios de tercer nivel
Becada de la OEA para estudios de Doctorado

ANEXO 3. Hoja de vida del estudiante investigador

HOJA DE VIDA**DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: Merino Silva
NOMBRES: Daniela Alejandra
DIRECCIÓN: Hnos. del buen pastor/ San Francisco
TELÉFONO: 0987015321
ESTADO CIVIL: Soltera
EDAD: 23 Años
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
CEDULA DE IDENTIDAD: 0504460270
CORREO ELECTRÓNICO: alejas_97@hotmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS**PRIMARIA**

Escuela "Club Rotario"
 Latacunga-Ecuador

SECUNDARIA

Colegio De Bachillerato Primero de Abril
 Latacunga-Ecuador

TÍTULO

BACHILLERATO UNIFICADO

SUPERIOR

Universidad Técnica De Cotopaxi
 Latacunga-Ecuador

ESPECIALIDAD

INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

CURSOS REALIZADOS**LUGAR:**

MINISTERIO DEL AMBIENTE
 DIRECCIÓN COTOPAXI

CERTIFICADO:

REGLAMENTO AL CÓDIGO OR
 GÁNICO DEL AMBIENTE

DURACIÓN:

8 HORAS

LUGAR:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CERTIFICADO:	1 JORNADAS DE DIFUSIÓN AMBIENTAL
DURACIÓN:	40 HORAS
LUGAR:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CERTIFICADO:	CURSO – TALLER DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
DURACIÓN:	40 HORAS
LUGAR:	GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO PROVINCIAL
CERTIFICADO:	CAPACITACIÓN A LOS SUJETOS DE CONTROL EN PLANES DE MANEJO AMBIENTAL, PLANES DE ACCIÓN, PLANES DE EMERGENCIA, INFORMES DE CUMPLIMIENTO Y AUDITORÍAS EN EL CANTÓN LATACUNGA, ENFOCADO EN LA EDUCACIÓN SOBRE LOS PROBLEMAS DE CAMBIO CLIMÁTICO
DURACIÓN:	8 HORAS
LUGAR:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CERTIFICADO:	1 SEMINARIO INTERNACIONAL EN FISCALIZACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL
DURACIÓN:	40 HORAS
LUGAR:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CERTIFICADO:	CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES “UN NUEVO RETO PARA LA CONSERVACIÓN AMBIENTAL”
DURACIÓN:	40 HORAS

LUGAR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CERTIFICADO: III SEMINARIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL DE COOPERACIONAL UNIVERSITARIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE – ECUADOR 2017

DURACIÓN: 40 HORAS

LUGAR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CERTIFICADO: FUNDAMENTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

DURACIÓN: 40 HORAS

PASANTIAS REALIZADAS

LUGAR: MINISTERIO DEL AMBIENTE DIRECCIÓN COTOPAXI

CERTIFICADO: REALIZACIÓN DE PRACTICAS PRE-PROFESIONALES

DURACIÓN: 327 HORAS

LUGAR: UNIVERSIDAD TÉCNICAS DE COTOPAXI

CERTIFICADO: "REGIONALIZACIÓN, SU AGRESIVIDAD Y CONCENTRACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN EL ECUADOR".

DURACIÓN: 160 HORAS

IDIOMAS

IDIOMA	HABLADO %	ESCRITO %	COMPRENSIÓN %
INGLÉS	70	80	80

REFERENCIAS PERSONALES

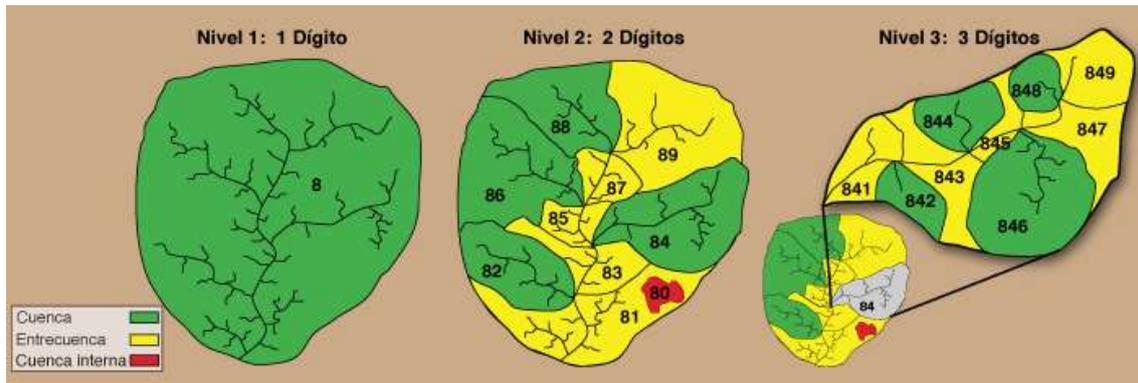
Ing. Miriam Silva

Teléfono: 0998202884

PhD. Mercy Ilhay

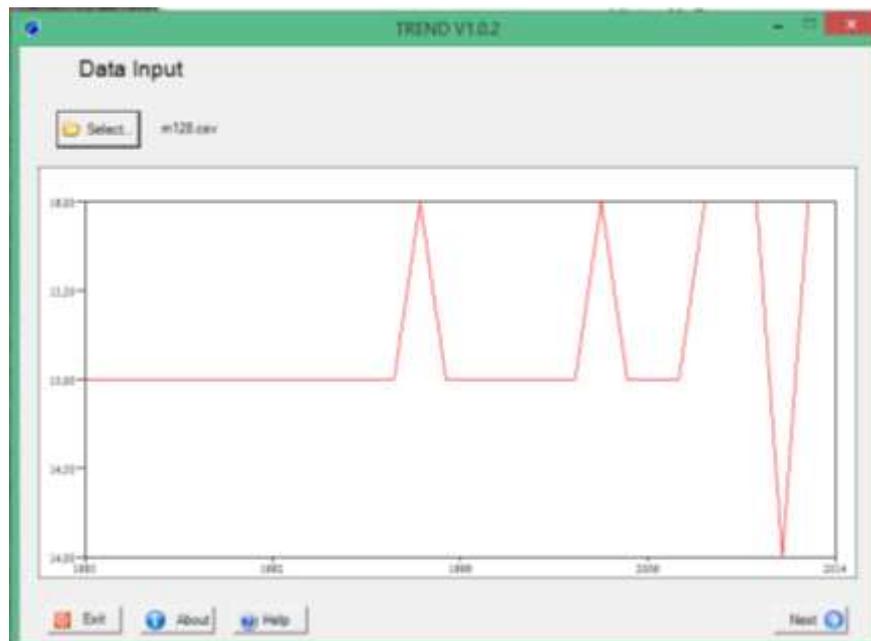
Teléfono: 0987533861

ANEXO 4. Metodología Pfafstetter para tipología de cuencas



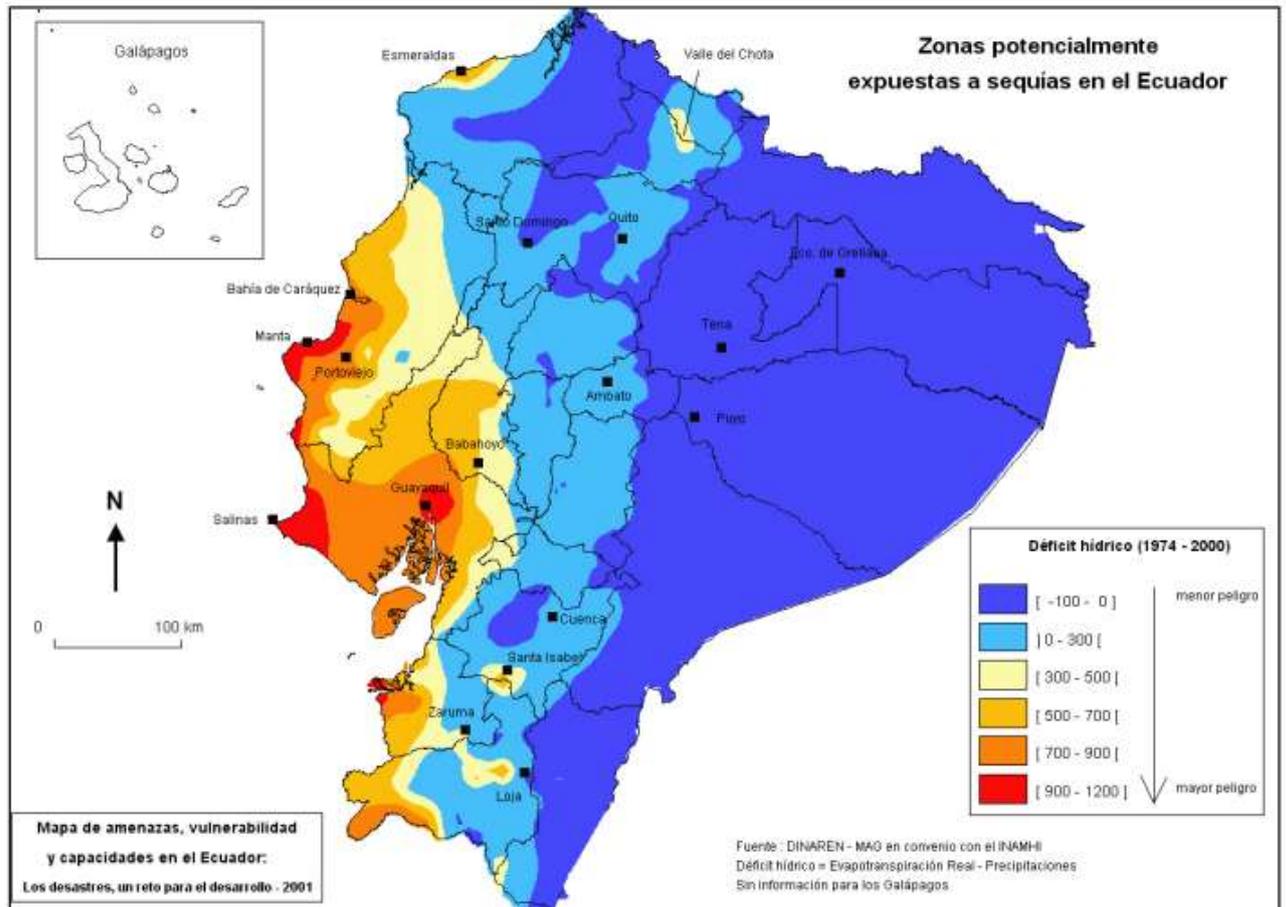
Fuente: http://ponce.sdsu.edu/pfafstetter_sistema_presentacion.html

ANEXO 5. Interfaz del software TREND



Fuente: <https://www.mediafire.com/file/iiupext291i2pcq/TREND-2019.rar/file>

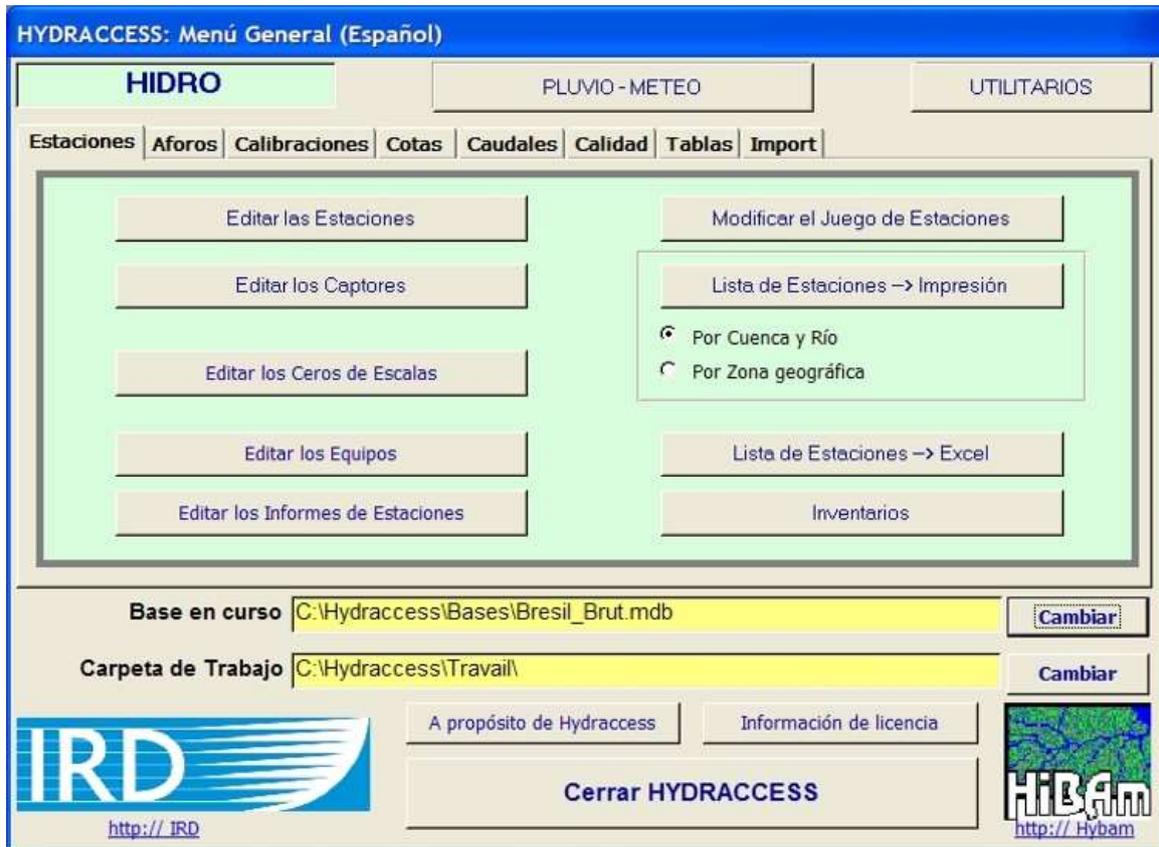
ANEXO 7. Zonas potencialmente expuestas a sequías



Mapa N°12

Fuente: (Demoraes & D'ércole, 2001)

ANEXO 8. Software HYDRACCES



Fuente: <https://sites.google.com/site/hydraccess/espanol>