



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

#### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000.**

---

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

**Autores:**

Andrade Melendres Jessica Tatiana

Guanotuña Guanotuña Jairo David

**Tutor:**

Ilbay Yupa Mercy Lucila Ing. Ph.D.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jessica Tatiana Andrade Melendres con cédula de ciudadanía No. 180514131-2 y Jairo David Guanotuña Guanotuña con cédula de ciudadanía No. 050386261-7, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000”, siendo la Ingeniera Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila, Tutora del presente trabajo; y, con eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 11 de agosto, 2021

Jessica Tatiana Andrade Melendres

Estudiante

C.C: 180514131-2

Jairo David Guanotuña Guanotuña

Estudiante

C.C: 050386261-7

Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Docente Tutor

C.C: 0604147900

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ANDRADE MELENDRES JESSICA TATIANA**, identificada con cédula de ciudadanía **180514131-2** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** -**LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre - Marzo 2017

Finalización: Abril - Agosto 2021.

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Determinación de la agresividad de la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Pastaza, en el periodo 1976 – 2000”.

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

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

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

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

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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

**CLÁUSULA QUINTA.**-El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declaran 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 11 días del mes de agosto del 2021.

Jessica Tatiana Andrade Melendres

**LA CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CESIONARIA**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUANOTUÑA GUANOTUÑA JAIRO DAVID**, identificado con cédula de ciudadanía **050386261-7** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre - Marzo 2017

Finalización: Abril - Agosto 2021.

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Determinación de la agresividad de la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Pastaza, en el periodo 1976 – 2000”.

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

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

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

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de agosto del 2021.

Jairo David Guanotuña Guanotuña

**EL CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CESIONARIA**

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

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

**“DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000”** de Andrade Melendres Jessica Tatiana y Guanotuña Guanotuña Jairo David, 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 también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 11 de agosto del 2021

Ing. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

**DOCENTE TUTOR**

CC: 0604147900

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

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto; los postulantes; Andrade Melendres Jessica Tatiana y Guanotuña Guanotuña Jairo David, con el título del Proyecto de Investigación “DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 11 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)

Lcda. Mtr. Kalina Fonseca Largo

CC: 1723534457

Lector 2

Ing. Mg. Caterine Donoso Quimbita

CC: 0502507536

Lector 3

Ing. Mg. Vinicio Mogro Cepeda

CC: 0501657514

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por bendecirme en cada paso de mi vida y por la fuerza de voluntad que me brinda para seguir adelante.

Agradezco a mis padres quienes me han apoyado en cada etapa de mi vida y sobre todo por la confianza, la comprensión, el respeto y el amor que me brindan.

A mi hermana Verónica Paola Andrade Melendres, su esposo e hijos (as) quienes complementan mi vida con risas, alegrías y felicidad y también a Melanie Melendres e hija quienes forman parte de mi vida.

Además, a la Universidad Técnica de Cotopaxi quién me dio la oportunidad de prepararme con una educación de calidad y excelencia, y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, en especial a la **Ph.D. Mercy Ilbay** quién en calidad de tutora me ha guiado en este proyecto de investigación y finalmente a mi amiga Katia Vinocunga quién me ha apoyado dentro y fuera del aula.

Jessica Tatiana Andrade Melendres

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida en primera instancia mi gratitud es a **DIOS** por mantenerme con salud y vida. Desde luego extendiendo un sincero agradecimiento a todos aquellos que caminaron junto a mí en todo momento y que de alguna forma u otra sus consejos y enseñanzas fueron plasmados en mi vida, por ser mi inspiración, apoyo y fortaleza desde lo profundo de mi corazón esta memoria es para, **mis padres, mis hermanos, mi novia, mis amigos, mis compañeros y docentes de la universidad.** Gracias a todos ustedes por depositar la confianza y creer en mí, por invertir en el amor, bondad, tiempo y apoyo.

Mi gratitud también a la Universidad Técnica de Cotopaxi por la oportunidad de estudio, a mi docente de tesis **Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila** por su tiempo, paciencia y apoyo incondicional a lo largo del proceso académico y por la investigación adjunta en la tesis.

Jairo David Guanotuña Guanotuña

## **DEDICATORIA**

La presente investigación lo dedico a mis padres **Peter Clanci Andrade Sillo** y **Fátima Irlanda Melendres López** quienes se han sacrificado para que pueda convertirme en Ingeniera en Medio Ambiente. También quiero dedicar a mis hermanas y sobrinos (as) Dylan Quizhpe, Samantha Quizhpe, Paula Quizhpe y Jamileth López quienes son la fuente de mi superación y quienes forman parte de mi vida.

Jessica Tatiana Andrade Melendres

## **DEDICATORIA**

Toda mi dedicación que se encuentra plasmado en la tesis lo ofrezco de todo corazón a mis padres, mis hermanos y mi novia, sin duda. Son personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en la que me encuentro

Jairo David Guanotuña Guanotuña

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

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000”.**

**AUTORES:** Andrade Melendres Jessica Tatiana  
Guanotuña Guanotuña Jairo David

**RESUMEN**

El aumento de la agresividad de la precipitación es un problema crítico en muchas cuencas altas del mundo, ya que este fenómeno ocasiona la pérdida de nutrientes, erosión del suelo, sedimentación en la parte media y baja de la cuenca. La presente investigación tiene como objetivo la determinación de la agresividad de la precipitación en la cuenca alta del río Pastaza, se consideró esta cuenca ya que representa el sector agrícola de mayor producción del país. Se seleccionó datos pluviométricos mensuales de 21 estaciones meteorológicas para el periodo 1976-2000. Para determinar la agresividad espacio-temporal de la precipitación se utilizó los índices de Fournier, Fournier Modificado, método de interpolación Kriging, Distancia Inversa Ponderada. También, se realizó el análisis de tendencias de la agresividad mediante el test estadístico no paramétrico Mann-Kendall. Los resultados de este estudio muestran agresividad de la precipitación media anual de muy baja, baja y moderada, las provincias de Cotopaxi y Tungurahua presentan valores promedios anuales inferiores a 100 y 200 lo que indica niveles muy bajos y bajos de erosividad hídrica. Cabe resaltar que las zonas Licto y Cajabamba pertenecientes a la provincia de Chimborazo ubicadas al sur de la cuenca a una altitud de 3160 y 2840 msnm poseen niveles de agresividad de moderada con valores superiores a 200, lo que muestra tendencias de erosividad alta de la precipitación ya sea con el paso del tiempo, el cambio climático, topografía, actividades agrícolas u otros factores. Además, la presente investigación cuenta con impactos ambientales, sociales y económicos los mismos que están sujetos a la conservación, planificación, zonificación y remediación del recurso suelo y agua. Los índices de agresividad climática permiten determinar cuantitativamente los posibles impactos de la precipitación en el suelo e identificar las zonas de menor y mayor erosividad, a través del análisis nos da la posibilidad de buscar estrategias de manejo integral del recurso suelo para un mundo sostenible.

**Palabra claves:** Agresividad, erosividad, índices de Fournier, Fournier Modificado, Pastaza.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI  
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: "DETERMINATION OF THE AGGRESSIVENESS OF PRECIPITATION IN THE UPPER PART OF THE PASTAZA RIVER BASIN, IN THE PERIOD 1976 - 2000".**

**AUTHORS:** Andrade Melendres Jessica Tatiana  
Guanotuña Guanotuña Jairo David

**ABSTRACT**

The increase in the aggressiveness of precipitation is a critical problem in many upper basins of the world, since this phenomenon causes the loss of nutrients, soil erosion, sedimentation in the middle and lower part of the basin. The objective of this research is to determine the aggressiveness of precipitation in the upper basin of the Pastaza river, this basin was considered since it represents the agricultural sector with the highest production in the country. Monthly rainfall data was selected from 21 meteorological stations for the period 1976-2000. To determine the spatio-temporal aggressiveness of the precipitation, the Fournier indices, Modified Fournier, Kriging interpolation method, Weighted Inverse Distance were used. Also, the aggressiveness trend analysis was performed using the Mann-Kendall non-parametric statistical test. The results of this study show aggressiveness of the average annual precipitation of very low, low and moderate, the provinces of Cotopaxi and Tungurahua present annual average values lower than 100 and 200, which indicates very low and low levels of water erosivity. It should be noted that the Licto and Cajabamba areas belonging to the province of Chimborazo located to the south of the basin at an altitude of 3,160 and 2,840 meters above sea level have moderate aggressiveness levels with values higher than 200, which shows trends of high erosivity of precipitation be it with the passage of time, climate change, topography, agricultural activities or other factors. In addition, this research has environmental, social and economic impacts, which are subject to the conservation, planning, zoning and remediation of soil and water resources. The climatic aggressiveness indices allow us to quantitatively determine the possible impacts of precipitation on the soil and identify the areas of less and greater erosivity, through the analysis it gives us the possibility of seeking comprehensive soil resource management strategies for a sustainable world.

**Key words:** Aggression, erosivity, Fournier indices, Modified Fournier, Pastaza.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1 Título del Proyecto .....	1
1.2 Lugar de Ejecución.....	1
1.3 Instituto que Auspicia.....	1
1.4 Carrera que Auspicia .....	1
1.5 Equipo de Investigación.....	1
1.6 Área de Conocimiento .....	2
1.7 Línea de Investigación .....	2
1.8 Sub líneas de Investigación de la Carrera.....	2
1.9 Líneas de Vinculación .....	2
1.10 Proyecto de Carrera.....	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
5. OBJETIVOS .....	4
5.1 Objetivo General .....	4
5.2 Objetivos Específicos .....	4

6.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
7.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA .....	6
7.1	Cuenca hidrográfica.....	6
7.2	Suelo .....	6
7.3	Degradación del Suelo .....	6
7.4	Erosión Hídrica .....	7
7.5	Erosividad .....	7
7.6	Precipitación.....	8
7.7	Tipos de Precipitación .....	8
7.7.1	Precipitación convectiva .....	8
7.7.2	Precipitación frontal o ciclónica .....	9
7.7.3	Precipitación de relieve u orográfica.....	9
7.8	Métodos para determinar la agresividad.....	9
7.8.1	Índice de Fournier.....	9
7.8.2	Índice de Fournier Modificado.....	10
7.9	Interpolación Espacial.....	10
7.10	Métodos de Interpolación Espacial.....	10
7.10.1	Deterministas .....	10
7.10.2	Geoestadísticos .....	11
7.11	Tipos de Interpolación Espacial .....	11
7.11.1	Distancia Inversa Ponderada.....	11
7.11.2	Kriging .....	11
7.11.3	Co-kriging .....	12
7.12	Métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes.....	12
7.12.1	Método de la Media Aritmética.....	12
7.12.2	Método de razón Q.....	12
8.	MARCO LEGAL.....	13

9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	16
10.	METODOLOGÍA, TÉCNICAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
10.1	Ubicación del área de estudio .....	16
10.2	Datos Meteorológicos .....	18
10.3	Métodos.....	19
10.3.1	Método cuantitativo.....	19
10.4	Métodos de completación de datos faltantes.....	19
10.4.1	Método de Media Aritmética.....	19
10.4.2	Método de razón Q.....	20
10.5	Determinación de la agresividad climática .....	20
10.5.1	Índice de Fournier.....	20
10.5.2	Índice de Fournier Modificado.....	21
10.6	Tendencias .....	22
10.6.1	Test estadístico no paramétrico Mann-Kendall.....	22
10.7	Coeficiente de Variación.....	23
10.8	Coeficiente de correlación .....	24
10.9	Interpolación Espacial.....	26
10.10	Herramientas para analizar los datos.....	26
10.10.1	Excel .....	26
10.10.2	Programa TREND .....	27
10.10.3	ArcGis .....	27
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	27
11.1	Agresividad climática de la precipitación .....	27
11.2	Análisis de Tendencias por el método de Mann-Kendall.....	31
11.3	Correlación de los índices de agresividad y distribución espacial.....	32
12.	IMPACTOS.....	33
13.	PRESUPUESTO .....	34

14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
14.1	CONCLUSIONES .....	35
14.2	RECOMENDACIONES .....	36
15.	REFERENCIAS.....	37
16.	ANEXOS .....	42

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b>	Beneficiarios del proyecto de investigación. ....	3
<b>Tabla 2.-</b>	Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos. ....	5
<b>Tabla 3.-</b>	Características de las 21 estaciones en la cuenca alta del río Pastaza: nombre, ubicación y la altitud. ....	19
<b>Tabla 4.-</b>	Índices que determinan la agresividad. ....	21
<b>Tabla 5.-</b>	Índices que determinan la agresividad. ....	22
<b>Tabla 6.-</b>	Interpretación del Coeficiente de Variación .....	24
<b>Tabla 7.-</b>	Interpretación del coeficiente de correlación.....	25
<b>Tabla 8.-</b>	Presupuesto para la elaboración del proyecto de investigación. ....	34
<b>Tabla 9.-</b>	Agresividad de la precipitación de la cuenca alta del río Pastaza.....	42
<b>Tabla 10.-</b>	Precipitaciones de la cuenca alta del río Pastaza.....	45
<b>Tabla 11.-</b>	Índice de Fournier de la cuenca alta del río Pastaza. ....	48
<b>Tabla 12.-</b>	Agresividad del Índice de Fournier Modificado de la cuenca alta del río Pastaza.....	50
<b>Tabla 13.-</b>	Coeficiente de Correlación. ....	52
<b>Tabla 14.-</b>	Coeficiente de Variación mediante el IF e IFM.....	55

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b>	Ubicación de la cuenca alta del río Pastaza .....	17
<b>Figura 2.-</b>	Esquema metodológico para la agresividad de la serie de tiempo de la lluvia.....	18
<b>Figura 3.-</b>	Agresividad de la precipitación máxima a través del Índice de Fournier Modificado.28	
<b>Figura 4.-</b>	Distribución temporal de la agresividad de las precipitaciones mediante el Índice de Fournier Modificado. ....	29
<b>Figura 5.-</b>	Distribución espacial de la cuenca alta del río Pastaza mediante el Índice de Fournier Modificado.....	30
<b>Figura 6.-</b>	Análisis de tendencia de la precipitación.....	31
<b>Figura 7.-</b>	Análisis de tendencia del Índice de Fournier Modificado. ....	32

<b>Figura 8.-</b> Correlación del Índice de Fournier Modificado con la precipitación. ....	33
<b>Figura 9.-</b> Agresividad de la precipitación a través del Índice de Fournier. ....	43
<b>Figura 10.-</b> Distribución temporal de la agresividad de las precipitaciones del Índice de Fournier. .....	43
<b>Figura 11.-</b> Distribución espacial de la cuenca alta del río Pastaza mediante el Índice de Fournier. .....	44
<b>Figura 12.-</b> Tendencia de la estación M0057.....	45
<b>Figura 13.-</b> Tendencia de la estación M0127.....	45
<b>Figura 14.-</b> Tendencia de la estación M0128.....	46
<b>Figura 15.-</b> Tendencia de la estación M0373.....	46
<b>Figura 16.-</b> Tendencia de la estación M0377.....	46
<b>Figura 17.-</b> Tendencia de la estación M0395.....	47
<b>Figura 18.-</b> Tendencia de la estación M0407.....	47
<b>Figura 19.-</b> Análisis de tendencia del Índice de Fournier. ....	48
<b>Figura 20.-</b> Tendencia de la estación M0004.....	48
<b>Figura 21.-</b> Tendencia de la estación M0407.....	49
<b>Figura 22.-</b> Tendencia de la estación M0057.....	50
<b>Figura 23.-</b> Tendencia de la estación M0373.....	50
<b>Figura 24.-</b> Tendencia de la estación M0376.....	51
<b>Figura 25.-</b> Tendencia de la estación M0395.....	51
<b>Figura 26.-</b> Tendencia de la estación M0407.....	51
<b>Figura 27.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la precipitación .....	52
<b>Figura 28.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la precipitación. .....	52
<b>Figura 29.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la altitud. ....	53
<b>Figura 30.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la altitud. ....	53
<b>Figura 31.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la latitud. ....	53
<b>Figura 32.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la altitud. ....	54
<b>Figura 33.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la longitud.....	54
<b>Figura 34.-</b> Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la longitud. .	54

#### ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.-</b> Media Aritmética. ....	20
<b>Ecuación 2.-</b> Razón Q. ....	20

<b>Ecuación 3.-</b> Índice de Fournier.....	21
<b>Ecuación 4.-</b> Índice de Fournier Modificado .....	21
<b>Ecuación 5.-</b> Test Mann-Kendall .....	22
<b>Ecuación 6.-</b> Varianza (S).....	23
<b>Ecuación 7.-</b> Valor estadístico Z.....	23
<b>Ecuación 8.-</b> Coeficiente de Variación .....	24
<b>Ecuación 9.-</b> Coeficiente de Correlación.....	25

### **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo No. 1.-</b> Agresividad de la precipitación.....	42
<b>Anexo No. 2.-</b> Distribución temporal. ....	43
<b>Anexo No. 3.-</b> Distribución espacial .....	44
<b>Anexo No. 4.-</b> Análisis de tendencia de la precipitación.....	45
<b>Anexo No. 5.-</b> Análisis de tendencia del Índice de Fournier. ....	48
<b>Anexo No. 6.-</b> Análisis de tendencia del Índice de Fournier Modificado.....	50
<b>Anexo No. 7.-</b> Correlación de los índices de agresividad climática. ....	52
<b>Anexo No. 8.-</b> Coeficiente de Variación .....	55
<b>Anexo No. 9.-</b> Aval del traductor.....	56

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1 Título del Proyecto

DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000.

### 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 Instituto 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

#### Autor 1.

**Nombres completos:** Jessica Tatiana Andrade Melendres

**Dirección:** Ambato

**Teléfono:** 0987483576

**Correo:** *jessica.andrade1312@utc.edu.ec*

**Fecha de nacimiento:** 19/11/1997

**Cédula de identidad:** 180514131-2

#### Autor 2.

**Nombres completos:** Jairo David Guanotuña Guanotuña

**Dirección:** Latacunga

**Teléfono:** 0983051754

**Correo:** *jairo.guanotuña2617@utc.edu.ec*

**Fecha de nacimiento:** 17/01/1996

**Cédula de identidad:** 0503862617

#### Tutor de Titulación

**Nombres completos:** Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

**Dirección:** Latacunga

**Teléfono:** 0987533861

**Correo:** *mercy.ilbay@utc.edu.ec*

**Fecha de nacimiento:** 30/10/1983

**Cédula de identidad:** 0604147900

**Lector 1.** Lcda. Mtr. Kalina Fonseca

**Correo:** *kalina.fonseca@utc.edu.ec*

**Teléfono:** 0996267102

**Lector 2.** Ing. Mg. Caterine Donoso

**Correo:** *caterine.donosos@utc.edu.ec*

**Teléfono:** 0998504076

**Lector 3.** Ing. Mg. Yenson Vinicio Mogro Cepeda

**Correo:** *vinicio.mogro@utc.edu.ec*

**Teléfono:** 0987061018

## **1.6 Área de Conocimiento**

Recursos Naturales y Ciencias de la Tierra

## **1.7 Línea de Investigación**

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

## **1.8 Sub líneas de Investigación de la Carrera**

Manejo y conservación del recurso hídrico/Manejo y conservación del recurso suelo.

## **1.9 Líneas de Vinculación**

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

## **1.10 Proyecto de Carrera**

“Estrategias de sensibilidad y conservación ambiental en sectores priorizados de la provincia de Cotopaxi”.

“Regionalización, su agresividad y concentración de las precipitaciones en Ecuador”.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La agresividad climática es considerada como el efecto erosivo de las precipitaciones sobre el suelo creando un problema crítico en las cuencas hidrológicas de altas montañas hasta los pisos altitudinales más bajos. A causa de este fenómeno evidenciado se vio como necesidad determinar la agresividad de la precipitación en la cuenca alta del río Pastaza, ya que las precipitaciones logran desequilibrar todo el cauce de la cuenca a través de derrumbes, deslaves, arrastre de materiales que afectan a los principales producciones de cultivos tales como hortalizas, cereales, tubérculos, frutas y flores en la parte media y baja de la cuenca, dentro de esta cuenca existen zonas agrícolas de mayor

influencia del país como son las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo las mismas que poseen una gran diversidad de cultivos, además estas zonas corresponden al sector de exportación agrícola en flores, brócoli y alcachofa. La estimación de esta variable es de gran utilidad a la hora de tomar decisiones sea esta para la conservación del suelo, planificación agrícola o establecer políticas ambientales, además los beneficiarios son los habitantes de la cuenca alta del río Pastaza, la Universidad Técnica de Cotopaxi, la carrera de Medio Ambiente y la comunidad en general por lo que la investigación cuenta con aportar información significativa en los tres ámbitos fundamentales ya sean ambiental, social y económico.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios del presente proyecto de investigación están determinados a través del censo de población y vivienda del año 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC y la página de la Universidad Técnica de Cotopaxi, además se considera la institución vinculada al manejo del recurso hídrico, como se detalla a continuación:

**Tabla 1.-**Beneficiarios del proyecto de investigación.

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS					
Provincia del Pastaza		Universidad Técnica de Cotopaxi		Carrera de Medio Ambiente			
Mujeres	Hombres	Alumnos registrados en nivelación	1080	Estudiantes de Nivelación		Estudiantes de carrera	
41715	42218	Estudiantes de primer ciclo en adelante	10500	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
		Docentes	350	500	580	5000	5500
		Empleados	182				
<b>TOTAL: 83933</b>		<b>TOTAL: 12112</b>		<b>TOTAL: 11580</b>			

Fuente:(INEC, 2010), (utc.edu.ec).

Elaborado por: Andrade T., David G., 2021.

#### **4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El aumento de la intensidad de la lluvia es un problema crítico en muchas cuencas del mundo ya que este fenómeno ocasiona la erosión del suelo, esto se da por el cambio atroz que el clima está tomando, generando así variaciones en la atmósfera dando lugar a las precipitaciones variadas y fuertes. La erosividad de las precipitaciones provoca pérdidas de fertilidad del suelo, daños a la agricultura, infraestructura y contaminación del agua. Investigaciones previas a nivel mundial reportan que la problemática predominante es la erosividad del suelo debido a la agresividad de la precipitación, la erosión del suelo es un problema ambiental muy severo que está afectando a la mayoría de los países, este hecho convierte al suelo en un recurso no renovable. Ecuador, se caracteriza por una gama de climas ampliamente diversificado con regímenes térmicos y pluviométricos muy variados por lo que la cordillera de los Andes desempeña un papel fundamental en la modificación de las precipitaciones. Dentro de este contexto, en la parte alta de la cuenca del río Pastaza se pretende determinar la agresividad de la precipitación que se atenúa en la zona, ya que no cuenta con previo estudio de la erosividad del suelo por medio de la precipitación, el mismo que toma importancia para la zonificación de los procesos erosivos y la potencial planificación de uso y manejo de los suelos.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 Objetivo General**

- Determinar la agresividad de la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Pastaza, en el periodo 1976 – 2000.

##### **5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la distribución espacial de la agresividad de la precipitación de la cuenca alta del río Pastaza.
- Analizar la distribución temporal de la agresividad de la precipitación en la cuenca alta del río Pastaza.
- Analizar la correlación entre el índice de la agresividad y distribución espacial.

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

**Tabla 2.-** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos.

<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>RESULTADO</b>
DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000.	Determinar la distribución espacial de la agresividad de la precipitación de la cuenca alta del río Pastaza.	Recolección de datos meteorológicos	Integración de datos en el software Excel.	Mapa de la distribución espacial con el grado de incertidumbre alto, moderado y bajo.
		Completación de datos faltantes	Aplicación del Método de Media Aritmética y Método de Razón Q.	
		Determinación de la agresividad de las estaciones meteorológicas	Aplicación del Índice de Fournier, Índice de Fournier Modificado e Integración de datos en el sistema geográfico ArcGis.	
	Analizar la distribución temporal de la agresividad de la precipitación en la cuenca alta del río Pastaza.	Matriz de datos meteorológicos anuales	Computación de los datos anuales en el software Excel.	Gráficas de dispersión de distribución temporal de agresividad climática.
		Registro de datos anuales para tendencias.	Integración de datos al software TREND con el test estadístico Mann-Kendall	Gráfica de tendencias.
	Analizar la correlación	Registro de las variables	Integración de los datos en el	Gráficas de dispersión de la

	entre el índice de la agresividad y distribución espacial.	geográficas (latitud, longitud, altitud), precipitación con el indicadores de agresividad (IF-IFM)	software Excel y selección de las correlaciones de agresividad con las variables geográficas.	correlaciones de los patrones espaciales de agresividad climática.
--	--	--	---	--

Elaborado por. -Andrade T., David G., 2021.

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

### 7.1 Cuenca hidrográfica

Es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. Ramakrishna et al., (1997)

### 7.2 Suelo

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales Burbano-Orjuela, (2016), que cumple con funciones igualmente trascendentes como la de constituir un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos, influyendo también en la calidad del agua. Cotler et al., (2007)

El suelo es un sistema viviente que respira y mantiene casi toda la vida terrestre y las funciones que tiene en el ecosistema varían notablemente de un lugar a otro por diversos factores, como las diferencias climáticas, la vida animal y vegetal que habitan en el suelo, la roca madre, la posición del suelo en el paisaje y la edad del suelo. GLOBE, (2005)

### 7.3 Degradación del Suelo

Se define degradación de suelos a un cambio en el estado del mismo pero el cual resulta en una disminución de su capacidad inicial para proveer bienes y servicios. Piscitelli, (2015). Desde que el hombre iniciara el uso del medio físico y, en espacial, del suelo como recurso para la producción de

alimentos, también inició su degradación y la aceleró, debido a la aplicación de tratamientos generalmente inadecuados. Aunada al hombre, la lluvia como parte del clima es el agente activo de la erosión, que de manera paulatina o brusca y dependiendo de la cobertura superficial, de longitud y pendiente del terreno, remueve la capa superficial del suelo empobreciéndolo y hasta arruinándolo. Colotti B., (2012)

Dentro de los procesos de degradación del suelo, el tipo de erosión que con mayor frecuencia que se produce en Ecuador es la erosión hídrica, causada por la exposición de los suelos a efectos climatológicos. Sánchez & Enriquez, (2021)

#### **7.4 Erosión Hídrica**

La erosión hídrica es un proceso que implica la pérdida de la capacidad productiva de las tierras agrícolas, por parte de la acción del agua que cae o se mueve sobre un terreno con condiciones favorables: escasa cubierta vegetal protectora y suelo poco resistente. Ares & Varni, (2016)

Es el problema más significativo de degradación del suelo en el mundo, que provoca serios impactos ambientales y altos costos económicos, a través de sus efectos sobre la producción agrícola, la infraestructura y la calidad del agua, a su vez afectan la calidad de la población, llegando a amenazar la seguridad alimentaria y representar un serio problema para el desarrollo sustentable, además, está asociado a la emisión de carbono orgánico del suelo a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> y con ello, al calentamiento global. González, (2019)

La lluvia a través del impacto de las gotas sobre la superficie del suelo, y su humedecimiento provocan desagregación de las partículas; provoca transporte de partículas y proporciona energía al agua de la escorrentía superficial. Ellison, (1948)

#### **7.5 Erosividad**

Fundamentalmente la erosividad depende de las características físicas del agente involucrado, (tipo de agente, densidad, viscosidad, duración de su actividad, etc) y de todos los factores que condicionan su movimiento, tales como velocidad y duración del flujo, sea de agua, aire, hielo, etc. Leonor, (2017)

La erosividad expresa la capacidad erosiva del agente geológico predominante que depende del clima ya sea lluvia, hielo y viento. Vega et al., (2014)

## 7.6 Precipitación

La precipitación es un fenómeno caracterizado por su alta variabilidad espacio-temporal. En las cadenas montañosas, particularmente en los Andes ecuatorianos, la variabilidad en su distribución es extrema. Para el desarrollo de los recursos hídricos es importante determinar la extensión real de las sub-regiones de precipitación en cuencas de montaña con relación al impacto de la topografía en su variabilidad. Sisalima & Diego, (2016)

Según Pizarro et al., (2008) indica que: “Es el elemento climático de manera más directa que influye en la configuración de la naturaleza, ya que su variabilidad condiciona los ciclos agrícolas y otras actividades del quehacer humano”.

Según Ramírez, (2013) menciona que: “Las precipitaciones a nivel del Ecuador está moduladas por la zona de convergencia intertropical, se trata de una banda atmosférica de varios cientos de kilómetros, formada por la convergencia de masas de aire caliente y húmedo, empujada por los alisios”.

Para Portilla Farfán, (2018) alude que: “La precipitación o lluvia en el Ecuador corresponde a dos estaciones climáticas definidas que son el invierno y el verano, pero tiene una distribución especial en los meses del año”.

Los factores que influyen en las condiciones climáticas (precipitación) son: la altitud ya que el país está ubicado en el Ecuador geográfico y por ende presenta peculiares características del sistema general de la circulación atmosférica a escala planetaria, además, el conjunto de relieve-altitud: barrera y la altura de los Andes desempeña un papel importante en la generación y desplazamiento de masas de aire local o regional y la presencia del Océano Pacífico y de las corrientes marinas. Pourrut, (1983)

## 7.7 Tipos de Precipitación

Para su formación se requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense.

Los mecanismos para la elevación de masas de aires definen el tipo de precipitación, se distinguen tres principales: frontal, orográfica y conectiva. Sisalima & Diego, (2016)

### 7.7.1 Precipitación convectiva

Sucede cuando una zona geográfica tiende a calentarse más que otra, de manera que la tierra transmite el calor a la masa de aire, posteriormente se eleva por ser más liviana que el oxígeno, produciendo una burbuja fría de aires, que al mezclarse con la humedad se forma la nube. En ese preciso momento se forma la condensación, las lluvias convectivas se forman en lugares

húmedos y cálidos, también donde existe muchas sequías anuales, se les llama también como lluvias por corriente de aire caliente. González, (2019)

### **7.7.2 Precipitación frontal o ciclónica**

Se produce en lugares donde la latitud no es muy alta ni baja, la masa de aire se mantiene fija, es más densa y se encuentra por debajo de las masas calientes, nunca llegan a mezclarse, sin embargo, cuando ambas masas llegan a toparse, inmediatamente descienden y se condensan al mismo tiempo. De esa manera se forman las nubes que posteriormente producirán la caída de las lluvias. La masa de aire frío generalmente no se mezcla con las masas de aire caliente sin embargo en algunos lugares, este fenómeno ocurre de manera regular. A este tipo de lluvia también se le denomina frontales. González, (2019)

### **7.7.3 Precipitación de relieve u orográfica**

Los vientos húmedos que viene de diferentes lugares, suelen chocar en ocasiones con relieves muy altos y montañas inclinadas, rápidamente suben por la corteza de la montaña manteniendo su barrera, esto permite que las masas de aire se condensen a medida que van subiendo. Esta condensación, durante su trayecto no se consigue con ningún tipo de corriente de aire húmedo, por lo que las masas de aire son secas, permitiendo formar sombras llamadas pluviométricas y los desiertos orográficos, se pueden observar a grandes distancias de color gris oscuro. De la misma manera como se forman las condensaciones en los otros tipos de lluvia, las nubes se forman alrededor o encima de la montaña, que posteriormente irán descargando sus miles de litros de agua por toda la pradera montañosa. González, (2019)

## **7.8 Métodos para determinar la agresividad**

Según Lujan et al., (2015) menciona que: “Se han desarrollado diferentes índices para relacionar las características físicas de la lluvia con parámetros comunes de la misma y con su erosividad, por tal, la erosividad de la lluvia se estima más fácilmente con”:

### **7.8.1 Índice de Fournier**

Según Fournier, (1960) menciona que: “Presenta una alta correlación con la cantidad de sedimentos arrastrados por la escorrentía, además estima las características erosivas (agresividad) basadas en el mes más lluvioso de cada año dentro de un periodo de tiempo dado”.

El método del Índice de Fournier fue aplicado en el artículo “Tendencia espacio-temporal de la precipitación, su agresividad y concentración en la región interandina del Ecuador” el cual alude

que se aplicó el Índice de Fournier, Índice Fournier Modificado, Índice de Concentración de las precipitaciones para el estudio de la agresividad climática. Ilbay-Yupa, (2019)

### **7.8.2 Índice de Fournier Modificado**

Según Arnoldus, (1978) menciona que: “Este índice considera la lluvia de los doce meses y no sólo la del mes más lluvioso, su cálculo relaciona las precipitaciones mensuales con las anuales”.

El método del Índice de Fournier Modificado fue aplicado en el artículo “Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia” donde menciona que emplearon el Índice de Fournier Modificado y el índice de erosividad anual histórico (R) lo cual indica que a través de IFM presentaron sus valores muy altos de erosividad en dicha región. Lince et al., (2015)

## **7.9 Interpolación Espacial.**

Se considera a la interpolación espacial como parte integral del campo de la geoestadística, se basa en el cálculo o la estimación de valores desconocidos de una variable espacial a partir de otros valores cuyo valor es conocido. Los procesos de interpolación espacial son válidos para cualquier variable ambiental, tales como temperatura, humedad, precipitación, presión, contaminación acústica, contaminación lumínica. Estévez, (2019)

Según A. Santos et al., (2011) menciona: “Constituye una fuente importante de incertidumbre en la modelación hidrológica de los hidrosistemas, lo cual implica que las cuencas urbanas requieran mediciones de precipitación con una alta resolución espacial y temporal”.

## **7.10 Métodos de Interpolación Espacial**

Según Renard & Comby, (2006), las técnicas de interpolación espacial de precipitaciones son numerosas y su uso y eficiencia son variables. La elección de uno u otro depende del objetivo del estudio, pero también del contexto territorial del área (superficie, densidad de red, etc.). Según Quesada, (2019), los métodos de interpolación permiten generar superficies continuas a partir de medidas en localizaciones puntuales (muestra o puntos muestrales). Cuando se habla de interpolación espacial mediante Sistemas de Información Geográfica se logra distinguir una serie de métodos que se clasifican según su naturaleza:

### **7.10.1 Deterministas**

Generan superficies continuas mediante el grado de similitud o suavizado. Dentro de esta categoría se encuentran los modelos globales, locales, IDW y Spline Quesada, (2019). Las técnicas de interpolación determinística permiten crear superficies a partir de puntos medidos, en función del

grado de similitud, por ejemplo, la distancia inversa ponderado (DIW) o del grado de suavizado, por ejemplo, las funciones de base radial. Una interpolación determinista puede forzar a la superficie resultante a pasar a través de los valores de los datos o no. Esta técnica de interpolación que predice un valor idéntico al valor medido en una ubicación muestreada conocida también como un interpolador exacto. Johnston et al., (2001)

### **7.10.2 Geoestadísticos**

Generan superficies continuas a partir de las propiedades estadísticas de los datos de partida. Dentro de esta categoría se encuentra Kriging y Co-kriging Quesada, (2019). Este método es cada vez más preferido porque capitalizan la correlación espacial entre observaciones vecinas para predecir los valores atribuidos en ubicaciones no muestreadas. Goovaerts, (2000)

### **7.11 Tipos de Interpolación Espacial**

Según Murillo et al., (2012) menciona que: “Los tipos de interpolación espacial más usados son Kriging, Co-Kriging e IDW (Distancia Inversa Ponderada) que se basan en el auto-correlación espacial de los puntos para la predicción y generación de superficies continuas”.

#### **7.11.1 Distancia Inversa Ponderada**

Según Gabri, (2018) alude que: “La interpolación de la Distancia Inversa Ponderada estima valores desconocidos al especificar la distancia de búsqueda, los puntos más cercanos, el ajuste de potencia y las berreras”.

“Es un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia, parte del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar” Murillo et al., (2012).

#### **7.11.2 Kriging**

Es un método de inferencia espacial, el cual permite estimar los valores de una variable en lugares no muestreados utilizando la información proporcionada por la muestra Velázquez, (2017).

El Kriging es un estimador lineal insesgado que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos. Asume que la media, aunque desconocida, es constante y que las variables son estacionarias y no tienen tendencias. Permite la transformación de los datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de errores. Para determinar la auto-correlación se usan semivariogramas y vecindades obtenidos a partir de un análisis exploratorio de los datos. El

semivariograma permite a partir de la covarianza entre los puntos, representar la variabilidad de los mismos y su dependencia en función de la distancia y la dirección. Murillo et al., (2012)

### **7.11.3 Co-kriging**

Es una técnica geoestadística multivariante similar a kriging, en la que para obtener una superficie de predicción de una variable primaria se utiliza una variable secundaria de la que se poseen más datos, siempre que exista una correlación entre ellas, de forma que se aprovecha tanto la correlación entre variables distintas como la autocorrelación utilizada con la técnica kriging. Benito, (2012)

Co-kriging permite mejorar la estimación de una variable principal con pocos puntos usando una variable secundaria con mayor cantidad de información y que además este correlacionado con la principal. De esta forma se puede construir un semivariograma, que representa la varianza de una variable con respecto a la otra. La información que se obtiene puede utilizarse para las predicciones de la variable principal. Hong et al., (2005)

La ventaja del método de co-kriging frente al kriging radica en el hecho de que cuando la variable auxiliar está ampliamente correlacionada con la variable de interés se puede obtener una disminución en la varianza de predicción, no obstante, dicha variable tenga menor densidad de muestreo. Giraldo Henao, (2002)

## **7.12 Métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes**

### **7.12.1 Método de la Media Aritmética**

El método de la media aritmética es el más simple para determinar la lluvia promedio sobre un área. Se promedian las profundidades de flujo que se registran en un número dado de pluviómetros. Este método es satisfactorio si los pluviómetros se distribuyen uniformemente sobre el área y sus mediciones individuales no varían de manera considerable de la media. Chow, V. Te, Maidment, D. R., Mays, L. W., Saldarriaga, J. G., & Santos, G. R. en Te Chow, (1994)

### **7.12.2 Método de razón Q**

Este método tiene una aplicación específica para estimar datos faltantes en series de lluvia y consiste en obtener la razón  $q$  a partir de pares de estaciones meteorológicas, de tal manera que sus valores mensuales, anuales o medios, tienden a ser constantes. Es decir, si se tienen dos estaciones (A y B), el procedimiento consiste en: una vez identificado en cada estación los datos comunes en ambas, obtener  $q$  como el cociente entre la sumatoria de los datos de la estación B (datos faltantes),

con la sumatoria de los datos de la estación A (con todos los datos) y luego de estimado q, se obtiene el valor faltante de la precipitación en la estación B. Rivera, (2008)

## **8. MARCO LEGAL**

El marco legal aplicable para la presente investigación está sujeto a la jerarquización de la pirámide del Kelsen estipulada en el Art. 425 de las Constitución de la República del Ecuador.

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

**La Constitución de la República del Ecuador fue publicada en R. O. No. 449 del 20 de octubre de 2008.**

#### **Sección quinta**

##### **Suelo**

**Art. 409.-** Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y usos sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

#### **Sección sexta**

##### **Agua**

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

## **LEYES Y CÓDIGOS**

### **Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua**

**Segundo Suplemento – Registro Oficial Nº 305- miércoles 6 de agosto de 2014.**

**Art. 14.- Cambio de uso del suelo.** -El Estado regulará las actividades que puedan afectar a la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que

abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.

**Art. 64.- Conservación del agua.** -La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación;
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

#### **Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD)**

**Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct-2010, Última modificación: 23-oct-2018, Estado: Reformado.**

**Art. 136.-** Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela sobre el ambiente u la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.

Los gobiernos autónomos descentralizados rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente para lo cual impulsarán en sus circunscripción territorial programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales y recuperación de ecosistemas frágiles; protección de las fuentes y cursos de agua; prevención de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión; forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona; y, educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza. Estas actividades serán coordinadas con las políticas, programas y proyectos ambientales de todos los demás niveles de gobierno, sobre conservación y uso sustentable de los recursos naturales.

#### **Código Orgánico del Ambiente**

**Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr-2017, Última modificación: 21-ago-2018, Estado: Reformado**

**Art 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano.** -El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.
5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración.

**Art. 30.- Objetivos del Estado.** – Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

11. Incorporar criterios de sostenibilidad del patrimonio natural en planificación y ejecución de los planes de ordenamiento territorial, en los planes de usos del suelo y en los modelos de desarrollo, en todos los niveles de gobierno.

## **DECRETOS Y REGLAMENTOS**

### **Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente**

**Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar-2003, Última modificación: 12-abr-2019 Estado: Reformado**

**Art. 1.-** Establéense las siguientes políticas básicas ambientales del Ecuador: Políticas básicas ambientales del Ecuador.

El Estado Ecuatoriano, sin perjuicio de atender todos los asuntos relativos a la gestión ambiental en el país, dará prioridad al tratamiento y solución de los siguientes aspectos reconocidos como problemas ambientales prioritarios del país:

- La erosión y desordenado uso de los suelos
- La contaminación creciente de aire, agua y suelo
- El proceso de desertificación y agravamiento del fenómeno de sequías
- Los riegos, desastres y emergencias naturales antrópicas.

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

**Decreto Ejecutivo 752, Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun-2019, Estado: Vigente**

**Art. 334.- Plan Nacional de Reforestación Ecológica.** -La Autoridad Ambiental Nacional formulará e implementará en Plan Nacional de Restauración Ecológica, instrumento que tendrá por objetivos los siguientes:

- b) Priorizar las áreas para la implementación de planes, programas y proyectos de restauración.

Para la aplicación de lo establecido en el literal b) de este artículo, se priorizarán las siguientes áreas:

- 2) Zonas en proceso de desertificación
- 3) Zonas de recarga hídrica
- 4) Zonas erosionables por fuertes pendientes

## **9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

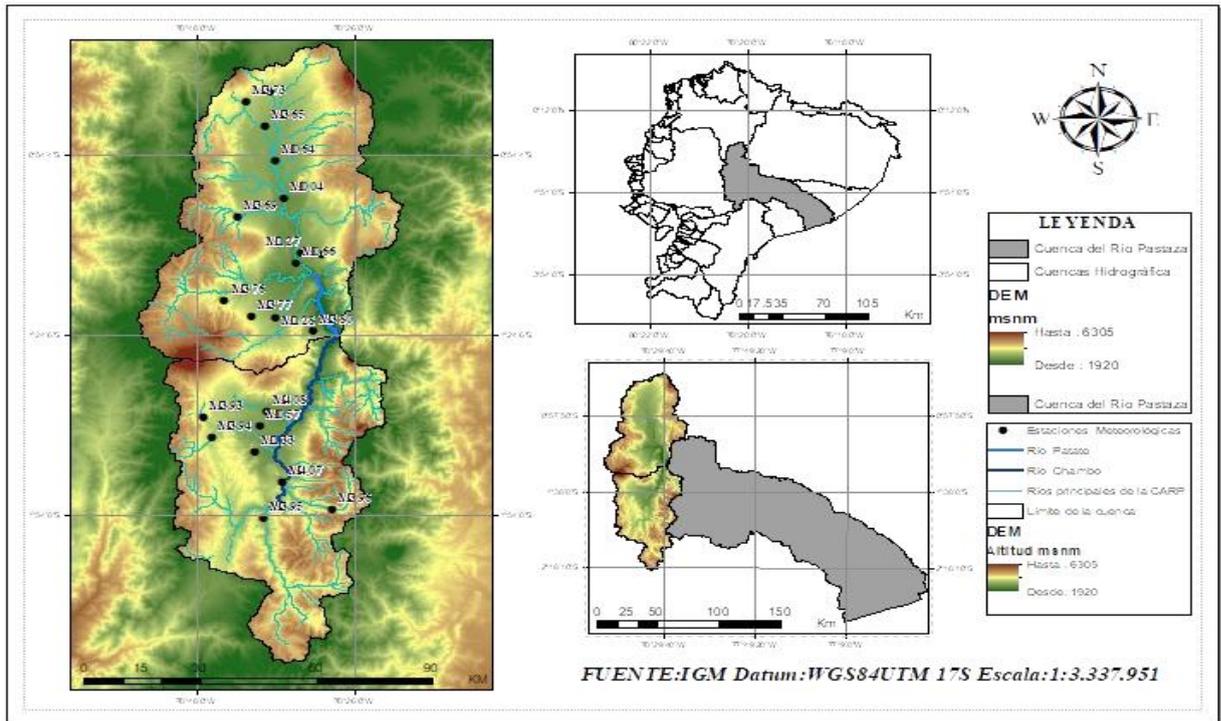
¿Es probable determinar la agresividad climática en la cuenca alta del río Pastaza mediante los índices de Fournier y Fournier Modificado?

## **10. METODOLOGÍA, TÉCNICAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **10.1 Ubicación del área de estudio**

La cuenca alta del río Pastaza se encuentra ubicada en la región interandina, dentro de los territorios de las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, cuenta con pisos altitudinales variadas que van desde 1920 hasta 6305 msnm, la misma que posee un área total de 7.870 km<sup>2</sup>, de esta superficie 4.290 km<sup>2</sup> corresponde a la subcuenca del río Patate ubicado a una latitud 1° 4' 32.572''S; Longitud 78° 37' 31.515''W, y 3.580 km<sup>2</sup> a la subcuenca del río Chambo con una latitud 1° 47' 52.867''S; longitud 78°37'10.791'' W, cabe mencionar que la subcuenca del río Chambo conjunto con el río Patate forman el cauce principal del río Pastaza.

Además, la parte alta de la cuenca comprende páramos dentro del Parque Nacional Llanganates, lo cual sirve como fuente de agua para poblaciones en el valle de Patate aquí es donde se encuentran algunas de las tierras agrícolas más importantes del país en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua Yopez Heredia, (2015). Asimismo, las principales actividades económicas en la CARJ son la generación de energía eléctrica (Agoján-San Francisco) y la agricultura con una gran diversidad de cultivos tales como: cereales (cebada, maíz, fréjol), tubérculos (papa), hortalizas (cebolla paiteña) y frutales (manzana). Las principales presiones ambientales están asociadas directamente con la ampliación de las fronteras agrícolas, dando lugar a la alteración y desequilibrio de los ecosistemas naturales. Washington, (1991)

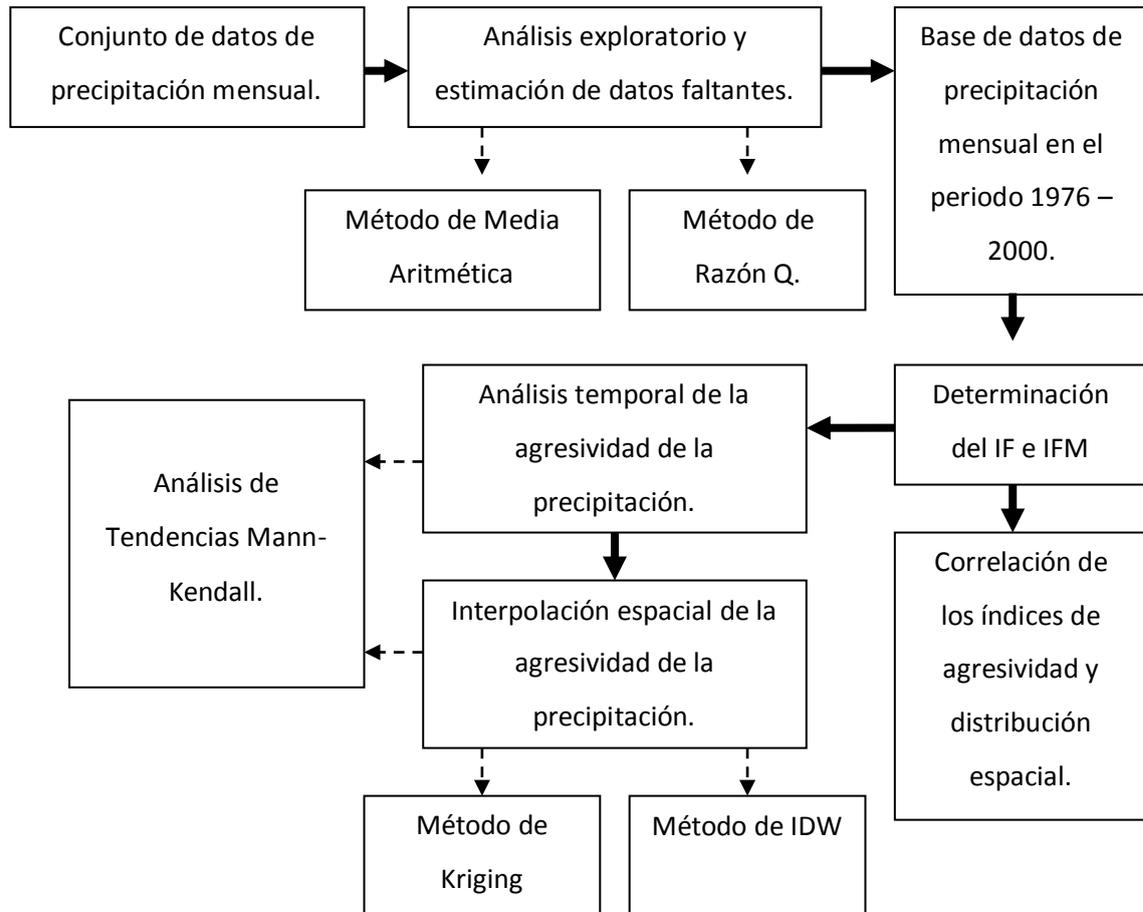


**Figura 1.-Ubicación de la cuenca alta del río Pastaza**

**Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.**

El proyecto de investigación se compone de las siguientes etapas (Figura 2):

- El primero corresponde a la estimación de los datos de precipitación y completación de datos mensuales por el método de media aritmética y método de razón Q.
- El segundo concierne a la determinación de la agresividad climática a través del Índice de Fournier e Índice de Fournier Modificado, además la realización de la interpolación espacial-temporal a través del sistema geográfico ArcGis y Excel.
- En la última etapa pertenece al análisis de las correlaciones entre el índice de la agresividad y la distribución espacial.



**Figura 2.-** Esquema metodológico para la agresividad de la serie de tiempo de la lluvia.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

## 10.2 Datos Meteorológicos

Para el análisis exploratorio de datos de precipitación se tomó información indirecta del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). En primera instancia se recopiló 95 estaciones meteorológicas, una vez con estos datos se procedió a buscar información de datos disponibles por cada estación con la finalidad de obtener datos mayores o iguales a 25 años de estudio, esta información se recopiló en una base de datos de precipitación en Excel, tras esta búsqueda se consideró 21 estaciones meteorológicas (ver tabla 3) cada uno de los datos presentan un periodo de estudio de 25 años (1976 – 2000). Cabe mencionar que las estaciones presentan insuficiencia de datos completos, por lo cual se aplicó dos métodos de completación de datos entre ellos: método de media aritmética y método de razón Q.

**Tabla 3.-**Características de las 21 estaciones en la cuenca alta del río Pastaza: nombre, ubicación y la altitud.

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Latitud (S)</b>	<b>Longitud (W)</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
M0004	Rumipamba-Salcedo	-1.02	-78.594.722	2685
M0057	Riobamba Aeropuerto	-1.65	-78.65	2760
M0064	Latacunga Aeropuerto	-0.913333	-78.615.556	2785
M0066	Ambato Aeropuerto	-1.2	-78.566.667	2515
M0126	Patate	-1.175.278	-78.509.167	2220
M0127	Píllaro	-11.725	-78.555	2793
M0128	Pedro Fermín Cevallos (Colegio)	-13.525	-78.615	2910
M0133	Guaslan	-1.720.833	-78.661.111	2850
M0365	Guaytacama	-0.820556	-78.640.278	3075
M0369	Cusubamba	-1.0710389	-78.702.778	3175
M0371	Pastocalle	-0.820556	-786.275	3074
M0373	Toacazo	-1.071.389	-78.683.333	3000
M0376	Pilahuin	-0.721944	-78.732.222	3314
M0377	Tisaleo	-0.75	-78.670.278	3266
M0380	Huambola	-1.301.667	-785.275	2880
M0393	San Juan-Chimborazo	-1.348.333	-787.825	3220
M0394	Cajabamba	-1.387.222	-78.763.056	3160
M0395	Cebadas	-1.632.222	-78.640.833	2930
M0396	Alao	-1.684.722	-78.483.333	3200
M0407	Licto	-1.907.778	-78.6	2840
M0408	Guano	-1.883.333	-78.635.278	2620

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

### 10.3 Métodos

#### 10.3.1 Método cuantitativo

Por un lado, cuenta con el método cuantitativo para la estimación de datos de precipitación, completación de datos mensuales, cálculo de la agresividad climática y desviación estándar.

### 10.4 Métodos de completación de datos faltantes.

#### 10.4.1 Método de Media Aritmética

Se utilizó el método de media aritmética en 7 estaciones meteorológicas anteriormente mencionadas como método de completación de datos faltantes. Este método corresponde a la suma de las alturas registradas de lluvia en un cierto tiempo de cada una de las estaciones localizadas dentro de la zona dividido entre el número total de años de cada estación Campos et al., (2013). Cabe mencionar que si la precipitación anual normal en cada estación difiere menos del 10% de la correspondiente estación con registro deficiente se puede aplicar dicho método Burbano & Zarama, (1996). Para calcular el método de media aritmética se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.-** Media Aritmética.

$$p_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

**Donde.-**

P<sub>m</sub>: Precipitación media del área de estudio (mm)

P<sub>i</sub>: Precipitación observada en la Estación i

n: Número total de datos de la serie

#### **10.4.2 Método de razón Q**

Se aplicó el método de razón Q para el 67% de las estaciones meteorológicas. Este método permite calcular los datos faltante a partir de pares de estaciones en donde se obtiene q como el cociente entre la sumatoria de los datos de la estación B (estación con datos faltantes) con la sumatoria de la estación A (estación con datos completos) Rivera, (2008), además este método permite rellenar medias de diferentes periodos y puede ser utilizado para valores mensuales y anuales Gida, (2013), la misma que se calcula con la siguiente ecuación:

**Ecuación 2.-** Razón Q.

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

**Donde.-**

i: desde 1 hasta N

N: número total de datos de la serie

b<sub>i</sub>: dato i de la estación B

a<sub>i</sub>: dato i de la estación A

Por tanto, el valor b<sub>j</sub> faltante en la estación B, se obtiene como: b<sub>j</sub> = q \* a<sub>j</sub>

### **10.5 Determinación de la agresividad climática**

#### **10.5.1 Índice de Fournier**

Para el cálculo de la agresividad climática se utilizó el Índice de Fournier, este índice estima las características de agresividad basada en la máxima precipitación de cada año dentro de un periodo de tiempo dado Fournier, (1960), como se detalla en la siguiente ecuación:

**Ecuación 3.-** Índice de Fournier.

$$IF_j = \frac{P_{\max j}^2}{P}$$

**Donde.-**

$P_{\max}$ : es la precipitación media concerniente al mes más lluvioso (mm) y

P: es la precipitación media anual (mm).

**Tabla 4.-** Índices que determinan la agresividad.

Índice	Clasificación	
Índice de Fournier (IF)	< 50	Muy Bajo
	50-100	Bajo
	100-150	Moderado
	150-200	Alto
	> 200	Muy Alto

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

*Nota.- La clasificación de los resultados se realizó considerando la tabla 4.*

### 10.5.2 Índice de Fournier Modificado

Para el cálculo del IFM se aplicó la modificación propuesto por Arnoldus en el año de 1978 la cual relaciona las precipitaciones mensuales con las anuales y no solo la del mes más lluvioso Arnoldus, (1978), como se expresa en la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.-** Índice de Fournier Modificado

$$IFM_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} (p_{ij})^2}{P_m}$$

**Donde.-**

$IFM_j$ : es el índice de agresividad de la lluvia para el año j.

$p_i$ : es la precipitación media mensual i (mm) del año j.

$P_m$ : es la precipitación media anual.

**Tabla 5.-** Índices que determinan la agresividad.

Índice	Clasificación	
Índice de Fournier Modificado (IFM)	< 100	Muy Bajo
	100-200	Bajo
	200-300	Moderado
	300-400	Alto
	> 400	Muy Alto

**Elaborado por.-** Andrade T., David D., 2021.

**Nota.-** La clasificación de los resultados se realizó considerando la tabla 5.

## 10.6 Tendencias

### 10.6.1 Test estadístico no paramétrico Mann-Kendall

La tendencia de la precipitación y agresividad del Índice de Fournier e Índice de Fournier Modificado se determinó a través del test estadístico Mann-Kendall (MK) a tres niveles de significancia 90%, 95%, 99%.

El test Mann-Kendall es un test no-paramétrico Mann, (1945); Kendall, (1975), sugerido para evaluar la tendencia en series de datos ambientales, además ha sido utilizado frecuentemente para calcular la significancia de tendencias en las series de tiempo hidrometeorológicas. La principal razón de aplicación de este test, en relación con otras técnicas paramétricas, radica en ser el indicado para distribuciones que no presentan normalidad estadística, como frecuentemente sucede con las series hidroclimatológicas Orozco et al., (2011).

En una serie temporal de observaciones  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , Mann, (1945) propone que para que la hipótesis nula ( $H_0$ ) sea la verdadera los datos que componen la serie temporal deben ser variables aleatorias, independientes e igualmente distribuidas. Para que la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) sea la verdadera los datos de la serie temporal deben seguir una tendencia monoatómica. El test Mann-Kendall se expresa de la siguiente manera:

#### Ecuación 5.- Test Mann-Kendall

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

**Donde.-**

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

$$\text{Si } (x_j - x_k) > 0; 0, \text{ Si } (x_j - x_k) = 0; -1 \text{ Si } (x_j - x_k) < 0$$

Un valor positivo de S indica una tendencia creciente y un valor negativo indica una tendencia decreciente. 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 con la siguiente expresión:

**Ecuación 6.-** Varianza (S)

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

**Donde.-**

n.- es el número de puntos de datos

g.- es el número de grupos vinculados

tp.- es el número de puntos de datos en el grupo p

El resultado de S indica la posible existencia de tendencias, desde que el valor de S sea significativamente diferente de cero Alves & Nóbrega, (2016). Siendo S diferente de cero, la hipótesis nula H0 puede ser rechazada, y la hipótesis alternativa H1 sería aceptada Mann, (1945). El valor estadístico del test es representado por Z, se expresa con la siguiente ecuación:

**Ecuación 7.-** Valor estadístico Z

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

La existencia de una tendencia estáticamente significativa es evaluada por el valor de Z. el valor positivo de Z indica cuando hay aumento en la tendencia y el valor negativo indica disminución en la tendencia. El valor Z es el parámetro de salida del test Mann-Kendall. Para probar cualesquier tendencia, creciente o decreciente, para un nivel de significancia  $\alpha$ , se rechaza la hipótesis nula cuando el valor absoluto de Z sea mayor que  $Z_{1-\alpha/2}$  Alves & Nóbrega, (2016).

### 10.7 Coeficiente de Variación

Para la severidad de la distribución de la precipitación a través del Índice de Fournier e Índice de Fournier Modificado se estableció mediante el Coeficiente de Variación (CV). El CV es la desviación

estándar expresada como porcentaje de la media aritmética Patel et al., (2001); Ruiz Muñoz & Sanchez, (2006). El coeficiente de variación se expresa de la siguiente manera:

**Ecuación 8.-** Coeficiente de Variación

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} * 100\%$$

**Donde.-**

CV.- Coeficiente de variación

$\sigma$ .- Desviación estándar de la población

$\mu$ .- media aritmética

Para interpretar el Coeficiente de Variación se utiliza la siguiente tabla:

**Tabla 6.-** Interpretación del Coeficiente de Variación

Valor del Coeficiente de Variación (%)	Variabilidad	Estabilidad
Igual a 0	Nula	Muy Alta
Mayor de 0 hasta 20	Baja	Alta
Mayor de 20 hasta 60	Moderada	Moderada
Mayor de 60 hasta 90	Alta	Baja
Mayor de 90	Muy Alta	Nula

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

**Fuente:** (Mantilla, 2018)

**Nota:** La clasificación de los resultados se realizó considerando la tabla 6.

### 10.8 Coeficiente de correlación

Para determinar la correlación de los índice de agresividad de la precipitación, se utilizó el coeficiente de correlación lineal ya que es una medida de regresión que pretende cuantificar el grado de variación conjunta entre dos variables Peiro, (2015). El coeficiente de correlación se expresa de la siguiente manera:

**Ecuación 9.-** Coeficiente de Correlación

$$r = \frac{n \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{n \sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

**Donde.-**

**n.-** número de pares de observaciones

$\sum x$ .- suma de los valores de la variable x

$\sum y$ .- suma de los valores de la variable y

$\bar{x}$ .- media de la variable x

$\bar{y}$ .- media de la variable y

$\sum x^2$ .- suma de los valores de x elevados al cuadrado

$(\sum x)^2$ .- cuadrado de la suma de los valores de x

$\sum y^2$ .- suma de los valores de y elevados al cuadrado

$(\sum y)^2$ .- cuadrado de la suma de los valores de y

$\sum xy$ .- suma de los productos de x e y

Para interpretar el coeficiente de correlación (r) se utiliza la siguiente tabla:

**Tabla 7.-** Interpretación del coeficiente de correlación.

<b>Coeficiente de correlación (r)</b>	<b>Correlación</b>
1	grande, perfecta y positiva
0.90 a 0.99	muy alta positiva
0.70 a 0.80	alta, positiva
0.40 a 0.60	moderada, positiva
0.20 a 0.30	baja, positiva
0.01 a 0.19	muy baja positiva
0	nula
-0.01 a -0.19	muy baja, negativa
-0.20 a -0.39	baja negativa
-0.40 a -0.69	moderada, negativa
-0.70 a -0.89	alta, negativa
-0.90 a -0.99	muy alta negativa
-1	grande, perfecta, negativa

**Elaborado por.** - Andrade T., David G., 2021.

**Fuente:** (Mantilla, 2018)

**Nota:** La clasificación de los resultados de correlación se realizó considerando la tabla 7.

## **10.9 Interpolación Espacial**

La agresividad espacial de la cuenca alta del río Pastaza se determinó mediante el método de Kriging y el método de la Distancia Inversa Ponderada (IDW).

Se utilizó el método Kriging para la interpolación espacial del Índice de Fournier, este método fue desarrollado inicialmente por Daniel G. Krige quién desarrolló la técnica en un intento de predecir con mayor exactitud las reservas minerales, por lo cual este método en las últimas décadas se ha convertido en una herramienta fundamental en el campo de la geoestadística López-Bonilla et al., (2011). Dentro de este contexto, kriging es una inferencia espacial el cual permite estimar los valores de una variable en lugares no muestreados utilizando la información proporcionada por la muestra Velázquez, (2017). Cabe destacar que este método fue utilizado en el artículo “Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela: I. Región de los llanos”, se aplicó dicho método para cartografiar la variable de precipitación cuyo resultado fue presentado en mapas utilizando la herramienta de ArcView Lobo et al., (2010).

Por otro lado, el método IDW fue aplicado para la interpolación espacial del Índice de Fournier Modificado, este método interpola los datos de una muestra dándole mayor peso a los valores que se ubican más cerca y menos a los lejanos, por lo que se considera que el peso de cada muestra es inversamente proporcional a la distancia desde el punto que se está tomando la muestra R. Santos & Mariluz, (2014), además, este método fue utilizado en el artículo “Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia”, se aplicó dicho método para cartografiar los campos de precipitación en centros urbanos de la ciudad de BogotáA. Santos et al., (2011).

Para el efecto del proyecto de investigación se utilizó una serie de datos pluviométricos que fue procesada en el software ArcGis versión 10.1., para el desarrollo se aplicó las herramientas Arc Tool Box/Geostatistical, Analyst Tools/Interpolation/Empirical Bayesian, Kriging e IDW.

## **10.10 Herramientas para analizar los datos**

### **10.10.1 Excel**

Este software fue utilizado para registrar una base de datos meteorológicos, el cual permitió completar los datos faltantes de cada estación meteorológica y calcular los índices de agresividad de la cuenca alta del río Pastaza.

### **10.10.2 Programa TREND**

Se utilizó el software TREND Versión 1.0.2 (<https://toolkit.ewater.org.au/trend>). Es un programa libre elaborado por la empresa e Water Toolkit, la misma que permitió determinar las principales tendencias estadísticas de cambios anuales de la agresividad de las precipitaciones.

### **10.10.3 ArcGis**

El software ArcGis Versión 10.1 es un programa pagado proporcionado por una empresa estadounidense ESRI (Environmental Systems Research Institute) la misma que se utilizó para delimitar el área de estudio y obtener el mapa de interpolación y distribución espacial de la agresividad de la precipitación de la parte alta de la cuenca del río Pastaza.

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

Para la cuenca alta del río Pastaza se ha considerado 21 estaciones meteorológicas (M0004, M0396, M0373, M0376, M0377, M0380, M0395, M0057, M0064, M0066, M0126, M0127, M0128, M0133, M0395, M0369, M0371, M0376, M0393, M0394, M0407, M0408) a través de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de los cuales cuentan con un periodo de estudio de 25 años (1976 – 2000). Además, para la completación de datos faltantes se aplicó el método de media aritmética para el 33% de estaciones meteorológicas y para el 67% de las estaciones se aplicó el método de razón Q.

Los resultados obtenidos de la distribución temporal-espacial de la cuenca alta del río Pastaza están sujetos al análisis del Índice de Fournier Modificado ya que este índice es el más apropiado para caracterizar la severidad de las lluvias, por lo que se considera la lluvia de todos los doce meses del año y no solo la del mes más lluvioso, como se detalla a continuación:

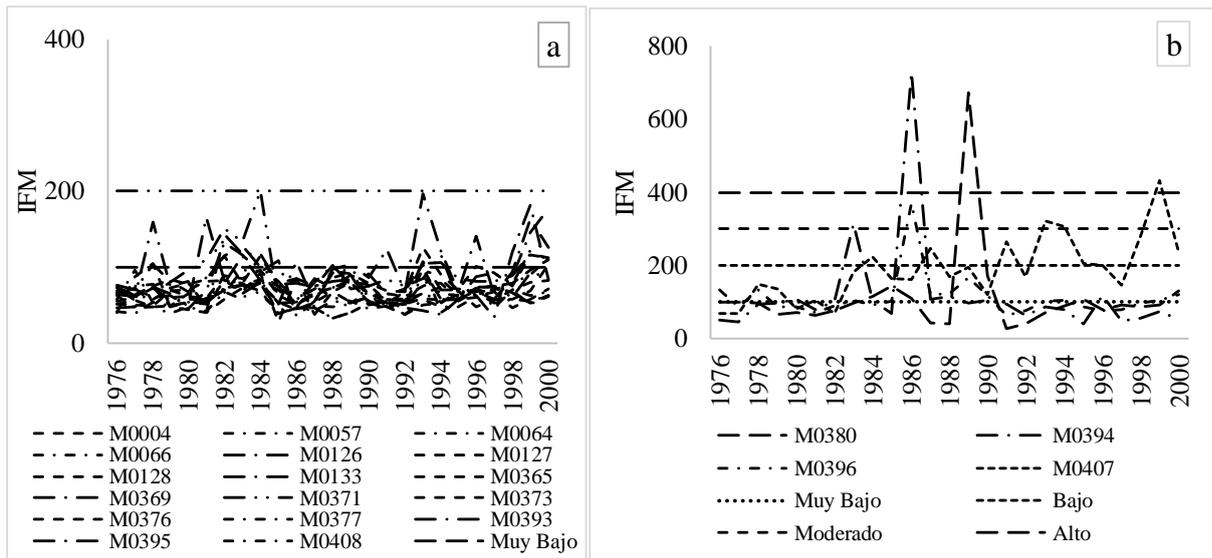
### **11.1 Agresividad climática de la precipitación**

#### **a) Distribución Temporal de la Agresividad climática**

El análisis de la precipitación media anual por el Índice de Fournier Modificado evidencia (Figura 3.a.) que el 81 % de las estaciones presentan agresividad de muy baja y baja, con valores inferiores a 100 y 200 coincidiendo con el coeficiente de variación con un valor promedio de 0.28, lo que indica la disminución de la precipitación. Además, el 19 % de las estaciones (M0380, M0394, M0396, M0407) (Figura 3.b.) presentan picos unimodales en los años 1986, 1989, y 1999 con valores superiores a 300 y 400 este hecho coincide con el coeficiente de variación con un promedio de 0.82 la cual indica variabilidad de precipitación media anual muy alta, este incremento se da por la

presencia del fenómeno del Niño y a su vez es el principal factor de pérdidas económicas, sociales y formación de muchas enfermedades Gonzalez & Villamar, (2003).

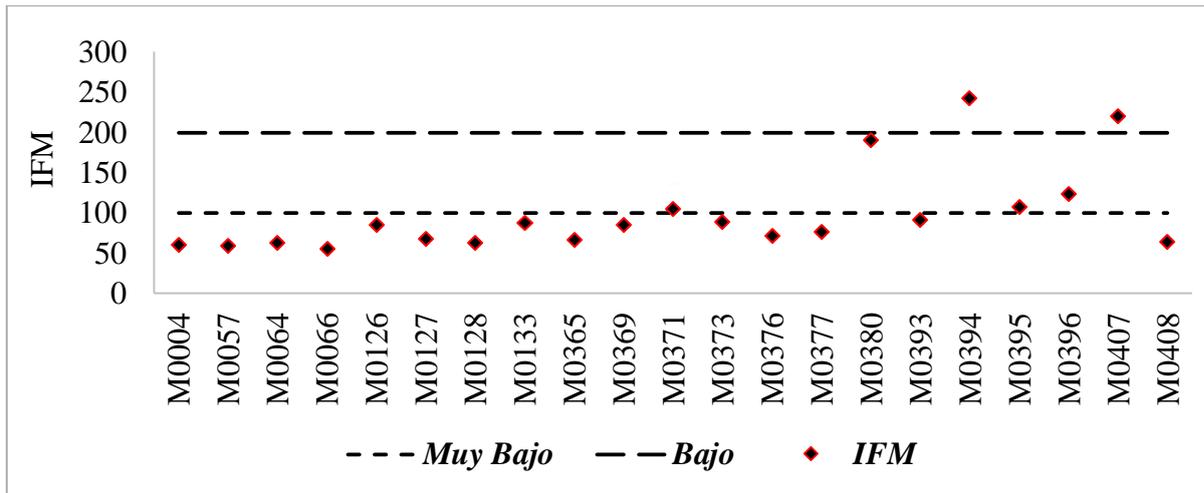
Estos resultados con consistentes a Espinoza, (1996) quién menciona que: *“En el Ecuador, durante este fenómeno, se experimentó notables y drásticos cambios en el comportamiento atmosférico en especial en las precipitaciones”*.



**Figura 3.-** Agresividad de la precipitación máxima a través del Índice de Fournier Modificado.

**Elaborado por.** - Andrade T., David G., 2021.

El análisis temporal de la agresividad climática por el Índice Fournier Modificado (Figura 4) muestra que el 71 % de estaciones meteorológicas presentan valores promedio anuales inferiores a 100 lo que indica niveles muy bajos de erosividad. Por otro lado, el 19 % de estaciones M0371 referente a Pastocalle, M0380 concerniente a Huambalo, M0395 perteneciente a Cebadas, M0369 referente a Alao muestran valores promedio anuales superiores a 100 lo que presenta una ocurrencia de lluvia de baja erosividad y el 10 % restante M0394 referente a Villa la Unión-Cajabamba, M0407 perteneciente a Licto cuenta con valores superiores a 200 lo que indica erosividad de la lluvia moderada.



**Figura 4.-** Distribución temporal de la agresividad de las precipitaciones mediante el Índice de Fournier Modificado.

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.

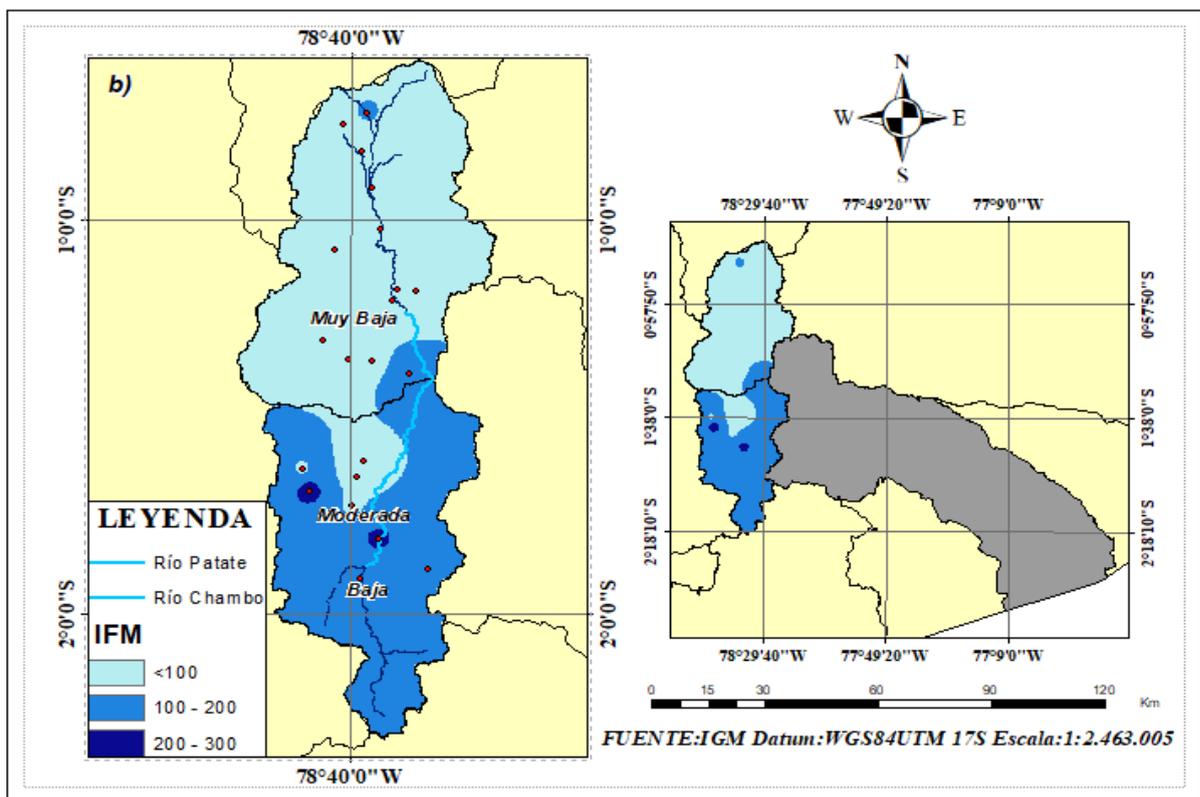
#### b) Distribución espacial de la agresividad climática.

El análisis de la distribución espacial mediante el Índice de Fournier Modificado evidencia (Figura 5) que la cuenca alta del río Pastaza cuenta con una agresividad de la precipitación media anual de muy baja, baja y moderada. Las provincias de Cotopaxi y Tungurahua poseen niveles de agresividad muy bajos de erosividad establecidos con valores inferiores a 100 lo que indica niveles bajos erosividad hídrica, cabe resaltar que el periodo de estudio es de 1976-2000 lo que puede variarlas precipitaciones con la influencia de otros factores. Los resultados establecidos son consistentes al “Plan Hidráulico Regional de la Demarcación Hidrográfica Pastaza” donde: *La precipitación de esta demarcación tiene una distribución heterogénea, es relativamente más alta en el oriente que en el occidente*, esto quiere decir que por estar geográficamente ubicada en la zona interandina no es propensa a agresividades altas de precipitación.

Sin embargo, se evidencia que la provincia de Chimborazo posee niveles de agresividad de baja y moderada con valores inferiores a 100 y superiores a 200 respectivamente, lo que pone en manifiesto que las zonas con erosividad moderada (Licto y Cajabamba) tienen probabilidad de tendencias a una erosividad alta de las precipitaciones ya sea con la influencia del cambio climático, topografía, actividades agrícolas u otros factores. Los resultados obtenidos son concluyentes al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo, donde Cruz, (2020) manifiesta que *“La erosión de los suelos provocados por las lluvias intensas provoca una mayor carga de sedimentos en el río Chambo y por ende una mayor capacidad de sedimentación, esto se refleja en la presencia de bancos de arena en todo el transcurso del río, que podría afectar la estabilidad de las riberas*, lo que refiere a que la zona de Licto (M0407), que se encuentra a la cercanía del río Chambo

puede sufrir agresividad de la precipitación y la misma acarrear problemas al recurso hídrico y suelo. Además, Quinchuela & Tatiana, (2013) menciona que: *“Para la dotación del riego proviene del río Chambo, el que abastece al sistema riego de varias comunidades del sector bajo”*, por tal esta zona puede generar arrastre de sedimentos al río y no ser fuente de riego.

Así mismo, la zona de Villa La Unión (Cajabamba) es propensa a ser un área de erosividad hídrica, cabe resaltar que la zona se encuentra ubicada a 3160 m.s.n.m la misma que presenta problemas de erosividad por origen volcánico como manifiesta el Gobierno Municipal de Colta, (2019) donde: *“Los suelos ubicados entre los 2500 a 3000 m.s.n.m, son de color pardo grisáceo, pertenecen a los valles escalonados, son de origen volcánico y presentan una textura franco-arenosa, medianamente profundo, presentando problemas de erosión”*, esto indica que, es una zona con problemas de erosión y sumando a eso es propensa a la erosión por las precipitaciones la misma que puede causar inundaciones, arrastres u otros problemas ambientales.



**Figura 5.-** Distribución espacial de la cuenca alta del río Pastaza mediante el Índice de Fournier Modificado.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021

## 11.2 Análisis de Tendencias por el método de Mann-Kendall.

### c) Tendencia de la Precipitación

EL análisis de la tendencia de la precipitación (Figura 6) a través test estadístico no paramétrico Mann-Kendall, evidencia que el 38 % de las estaciones presentan significancia al 0.1, 0.01 y 0.05, se puede observar que las estaciones M0057 perteneciente a Riobamba-Aeropuerto y M0377 referente a Tisaleo poseen un incremento de precipitaciones al 99%, mientras que la estación M0127 concerniente a Píllaro cuenta con un decremento de la precipitación al 95%. Las estaciones M0128 Pedro Fermín Cevallos-Colegio, M0373 Toacazo, M0376 Pilahuin, M0395 Cebadas, M0407 Licto poseen con un incremento de las precipitaciones al 90%.

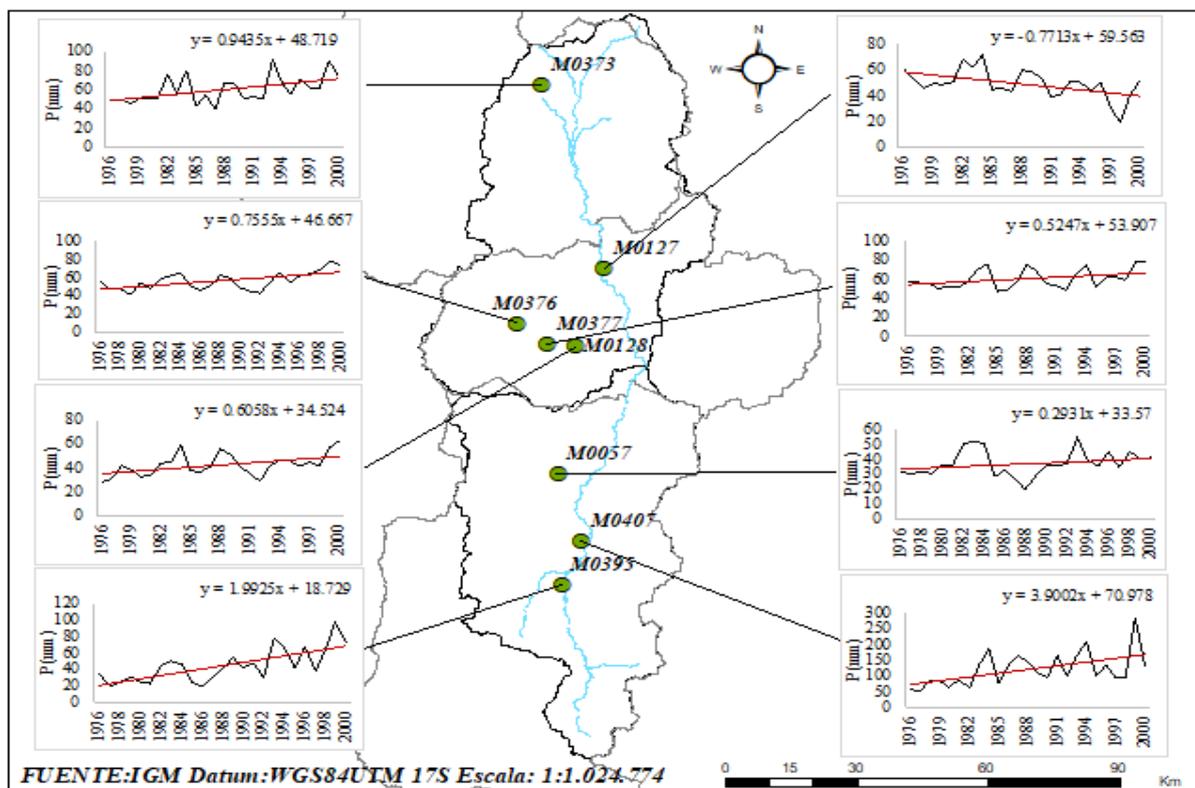


Figura 6.- Análisis de tendencia de la precipitación.

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021

### d) Tendencia del Índice de Fournier Modificado

El análisis de la tendencia del Índice de Fournier Modificado (Figura 7) a través test estadístico no paramétrico Mann-Kendall, evidencia que el 24 % de las estaciones presentan significancia al 0.1, 0.01 y 0.05 y el 76 % de las estaciones no presentan significancia mediante este método. Las estaciones M0057 perteneciente a Riobamba-Aeropuerto y M0373 referente a Toacazo-Latacunga presentan agresividad de la precipitación al 99%, mientras que las estaciones

M0376 concierne a Pilahuín-Ambato y M0395 referido a Cebadas-Guamote poseen un aumento de agresividad hídrica al 95% y la estación M0407 perteneciente a Licto-Riobamba muestran agresividad de la lluvia al 90%.

Según Calahorrano et al., (2017) establece que: *“La distribución de las tendencias de precipitación es diversa en toda la cuenca. Las unidades hidrográficas Cutuchi, Ambato y Chambo que corresponde a la cuenca del río Patate, son las más deficitarias con precipitaciones entre 100 mm y 200 mm”*. El 90% de los años de estudio presentan este comportamiento, el mismo que coincide con los datos y las tendencias establecidos en la cuenca alta del río Pastaza.

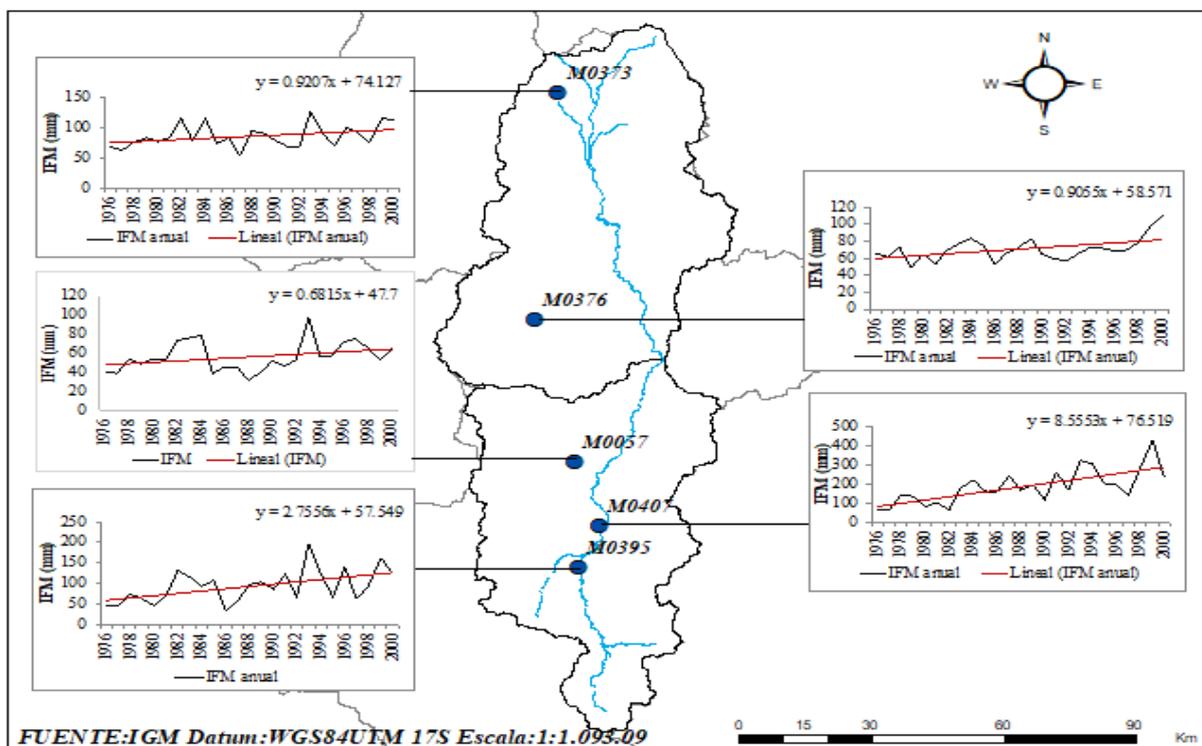


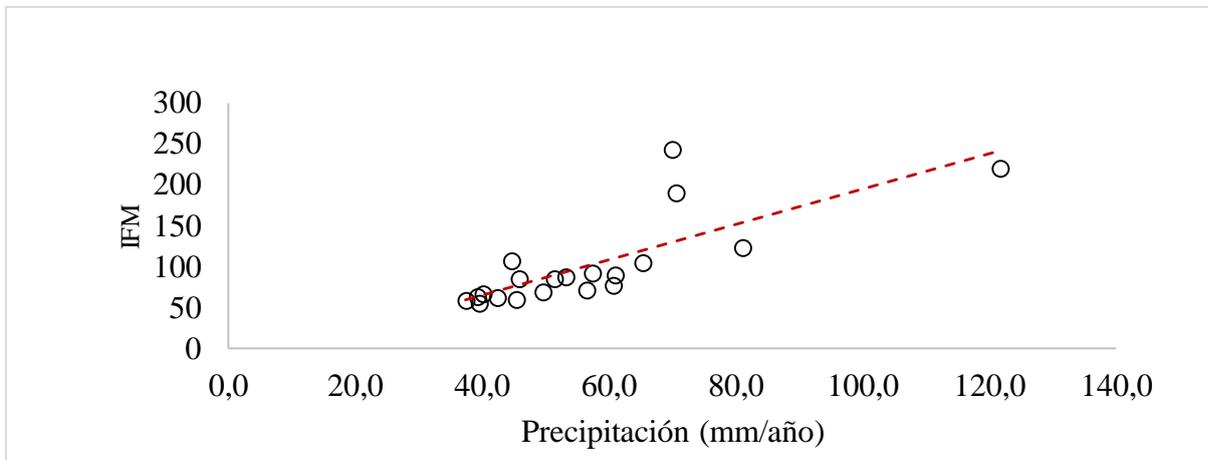
Figura 7.-Análisis de tendencia del Índice de Fournier Modificado.

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.

### 11.3 Correlación de los índices de agresividad y distribución espacial.

Los resultados de la agresividad de la cuenca alta del río Pastaza presentan un coeficiente de correlación positiva alta al  $r = 0,78$  según la clasificación de Mantilla, (2018) (ver tabla 7) entre el patrón de precipitación media anual (mm) con el Índice de Fournier Modificado (Figura 8), esto ratifica que a medida que aumenta la precipitación la agresividad también incrementa. Estos resultados son consistentes a Besteiro & Delgado, (2011) ellos manifiestan: *“A mayor precipitación anual le corresponde una mayor agresividad de precipitaciones”* además no se encontró

correlaciones entre los patrones espaciales de agresividad climática con la altitud (Figura 29-30), latitud (Figura 31-32) y longitud (Figura 33-34).



**Figura 8.-** Correlación del Índice de Fournier Modificado con la precipitación.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

## 12. IMPACTOS

La determinación de la agresividad de la precipitación en la cuenca alta del río Pastaza (CARP) posee impactos ambientales, sociales y económicos.

Por un lado, cuenta un impacto ambiental ya que el estudio representa el comportamiento de la erosividad hídrica que se atenúa en la CARP con base a los registros de las precipitaciones de 1976 – 2000 con un periodo de 25 años, lo cual tiene un enfoque a la conservación del recurso suelo ya sea para controlar la erosión de los suelos, mejorar la sustentabilidad de los suelos u otros factores.

Por otro lado, cuenta con un impacto social ya que la información plasmada es útil para la zonificación de los procesos erosivos y la potencial planificación de uso de los suelos.

Además, cuenta con un impacto económico ya que el estudio permite minimizar costos a través del análisis de la erosividad hídrica de la cuenca ya sea para la remediación de suelos u otros factores.

### 13. PRESUPUESTO

El presupuesto para el proyecto de investigación denominado “**Determinación de la agresividad de la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Pastaza, en el periodo 1976-2000**”, están sujetos a los costos de los recursos humanos, tecnológicos, oficina y otros, los cuales fueron utilizados para el desarrollo del proyecto, como se detalla a continuación:

**Tabla 8.-** Presupuesto para la elaboración del proyecto de investigación.

RECURSOS	PRESUPUESTO			
	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
<b>Humano</b>	2	Personas	20,00	40,00
<b>Tecnológico</b>	2	Computadoras	350	700
	2	USB/Flash	15,00	30,00
	2 ( 6 meses)	Internet	25,00	300,00
<b>Oficina</b>	2	Resma de papel	5,50	11,00
	1	Libreta	1,60	1,60
<b>Otros</b>	1	Movilización	25,50	25,50
			Sub Total	1108,1
			10% Improvisto	110,81
			<b>TOTAL</b>	<b>1218,91</b>

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1 CONCLUSIONES

- El análisis de la distribución temporal-espacial de la agresividad climática se realizó mediante el Índice de Fournier Modificado, según Arnoulds (1978) muestra que es el mejor indicador de agresividad de la precipitación ya que se considera la lluvia de todos los doce meses del año y no solo la del mes más lluvioso. De esta forma, se concluye que la agresividad de la precipitación en la cuenca alta del río Pastaza oscilan con valores inferiores a 50, 100 y superiores a 200 esto indica que la agresividad de la precipitación va de muy baja a moderada respectivamente. Los valores menos agresivos se encuentran en la provincia de Cotopaxi y Tungurahua por lo que estos resultados evidencian que la zona en estudio no es altamente vulnerable a la erosión de los suelos. Sin embargo, las estaciones Villa La Unión (Cajabamba) y Licto perteneciente a la provincia de Chimborazo ubicada al sur de la cuenca a una altitud de 3160 y 2840 msnm, presentan agresividad moderada con valores promedio anuales de 243 mm y 221 mm lo que indica erosividad moderada, cabe resaltar que estas dos estaciones se encuentran en las zonas de producción agrícola, por ende, es importante aplicar programas destinados de medidas de conservación de suelo y la restauración ecológica, ya que tiene la probabilidad de ser afectada por la agresividad climática.
- En cuanto al análisis de tendencia por el método de Mann-Kendall se evidencia que las estaciones M0057 perteneciente a Riobamba-Aeropuerto y M0377 referente a Tisaleo poseen un incremento de precipitaciones al 99%, mientras que la estación M0127 concerniente a Píllaro cuenta con un decremento de la precipitación al 95% y las estaciones M0128 Pedro Fermín Cevallos-Colegio, M0373 Toacazo, M0376 Pilahuin, M0395 Cebadas, M0407 Licto poseen con un incremento de las precipitaciones al 90%. Sin embargo, el análisis de la tendencia del Índice de Fournier Modificado evidencia que el 24 % de las estaciones presentan significancia al 0.1, 0.01 y 0.05 las mismas que se encuentran dispersas en toda la cuenca. Cabe destacar, que el IF e IFM presentan un coeficiente de correlación positiva alta (Mantilla, 2018) al  $r=0.75$  y  $r=0.78$  respectivamente entre el patrón de precipitación media anual (mm), es decir a medida que se aumenta la precipitación también incrementa la agresividad climática. Esto indica la posibilidad de utilizar los índices para definir la agresividad de la precipitación de manera confiable.
- El resultado de los índices de agresividad permite determinar cuantitativamente los posibles impactos de la precipitación en el suelo e identificar las zonas de menor y mayor agresividad, a través del análisis nos da la posibilidad de buscar estrategias de manejo integral del recurso suelo para un mundo sostenible. Por tal motivo es necesario que los agricultores tomen

medidas de conservación de suelos tales como prácticas vegetativas (abonos verdes, rotación de cultivos, cultivos en fajas), prácticas mecánicas (canales de desagüe, terrazas, zanjas desviadoras, cultivos a nivel y franjas de hierba) y prácticas agronómicas (selección de los cultivos, manejo del laboreo, adición de enmiendas y fertilizantes).

#### **14.2 RECOMENDACIONES**

- Para un estudio más eficaz y preciso sobre la agresividad de la precipitación, es necesario seguir actualizando la base de datos de la variable de precipitación para trabajar con mayor cantidad de datos con periodos más prolongados con el fin de facilitar futuras investigaciones en la zona y que las entidades encargadas puedan establecer medidas y acciones con lo que respecta a la erosión hídrica.
- Utilizar otros índices climáticos que permitan determinar la variabilidad de la precipitación sobre el suelo.
- Realizar mediciones en campo para determinar la agresividad de la precipitación en zonas vulnerables a la erosión hídrica.

## 15. REFERENCIAS

- Alves, K. M. A. da S., & Nóbrega, R. S. (2016). TENDENCIA PLUVIOMETRICA Y CONCENTRACIÓN ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MOXOTÓ – PERNAMBUCO – BRASIL. *Revista Geográfica de América Central*, 1(58), 295-313.
- Ares, M. G., & Varni, M. (2016, agosto 30). *¿Qué es la erosión hídrica y cómo la estudiamos en el IHLA?* | UNICEN. <https://www.unicen.edu.ar/content/%C2%BFqu%C3%A9-es-la-erosi%C3%B3n-h%C3%ADrica-y-c%C3%B3mo-la-estudiamos-en-el-ihlla>
- Arnoldus. (1978). *An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19831974087>
- Benito, Á. C. (2012). *Modelización geoestadística para la predicción de actividad de cs-137 en suelo* [Http://purl.org/dc/dc/mitype/Text, Universidad Autónoma de Madrid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=72323>
- Besteiro, S. I., & Delgado, M. (2011). Evaluación de la agresividad de las precipitaciones en la cuenca del Arroyo El Pescado, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 110(2), 82-90.
- Burbano, L. L., & Zarama, M. V. (1996). La importancia de la hidrología en el manejo de cuencas hidrográficas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 14(1-2), 33-51.
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Calahorrano, J., Calahorrano, J., Manzano, M., Gualli, D., Silva, F., Audelo, M., & Tingo, J. (2017). Análisis de tendencia en la precipitación anual (1964 – 2011) en la cuenca del Pastaza-Ecuador.: *Aqua-LAC*, 9(2), 73-84. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2017-v9-2-06>
- Campos, C. I., Ramirez Giraldo, J. I., & Sánchez Negua, D. A. (2013, mayo 5). *MÉTODOS PARA DETERMINAR LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN UNA CUENCA HIDRO...* <https://es.slideshare.net/carlosmaelcamposguerra/mtodos-para-determinar-la-precipitacin-promedio-en-una-cuenca-hidrogrfica-analisis-de-consistencia-de-los-datos-de-precipitacin>
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., Mays, L. W., Saldarriaga, J. G., & Santos, G. R. en Te Chow. (1994). *Hidrología Aplicada*. <https://baixardoc.com/documents/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-5cae52662105a>
- Colotti B., E. (2012). La erosividad: Calidad de la lluvia poco conocida. *Terra. Nueva Etapa*, 15(24), Article 24. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_terr/article/view/1344](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_terr/article/view/1344)

- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., & Cortina, S. (2007). *La conservación de suelos: Un asunto de interés público*. 68.
- Cruz, M. J. P. (2020). *HONORABLE GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. 681.
- Ellison, W. D. (1948). Soil Erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 12(C), 479-484.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj1948.036159950012000C0107x>
- Espinoza, P.-J. (1996). EL NIÑO Y SUS IMPLICACIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol, 8(1).
- Estévez, R. (2019, mayo 14). Interpolación espacial en QGIS: Métodos, procesos y evaluación. *geomapik*. <http://www.geomapik.com/analisis-gis/como-realizar-interpolacion-espacial-qgis-metodos/>
- Fournier, F. (1960). *Climat et érosion; la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques*. Presses universitaires de France.
- Gabri. (2018, mayo 2). *Interpolación con la Distancia Inversa Ponderada (IDW)*. El blog de franz.  
<https://acolita.com/interpolacion-con-la-distancia-inversa-ponderada-idw/>
- Gida, G. (2013). *Métodos de estimación para completar datos de precipitación*. Gidahatari.  
<https://gidahatari.com/ih-es/metodos-estimacion-completar-datos-precipitacion>
- Giraldo Henao, R. (2002). *INTRODUCCION A LA GEOESTADISTICA*. 140, 94.
- GLOBE. (2005). *Investigación de Suelos*.  
[https://www.globe.gov/documents/10157/381040/soil\\_chap\\_es.pdf?fbclid=IwAR1rJy1](https://www.globe.gov/documents/10157/381040/soil_chap_es.pdf?fbclid=IwAR1rJy1)
- Gobierno Municipal de Colta. (2019). *Gobierno Municipal de Colta—Ubicación*.  
<https://municipiodecolta.gob.ec/gadcolta/index.php/colta/ubicacion>
- González, A. (2019, febrero 19). TIPOS DE LLUVIA: Convectivas, frontales, orográficas y más. *El Blog de NATURALEZA mas grande del mundo*. <https://magicanaturaleza.com/c-lluvia/tipos-de-lluvia/>
- Gonzalez, M., & Villamar, R. R. (2003). *Incidencia del fenomeno el niño en la actividad economica del Ecuador: Un análisis de series de tiempo*.  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4052>
- Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1), 113-129.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00144-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00144-X)
- Hong, Y., Nix, H. A., Hutchinson, M. F., & Booth, T. H. (2005). Spatial interpolation of monthly mean climate data for China. *International Journal of Climatology*, 25(10), 1369-1379.  
<https://doi.org/10.1002/joc.1187>

- Ilbay-Yupa, M. L. (2019). Tendencia espacio-temporal de la precipitación, su agresividad y concentración en la Región Interandina del Ecuador. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4142>
- INEC. (2010). *\*Población total según la División Política Administrativa vigente en cada año*. 8.
- Johnston, K., Hoef, J. M. V., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). *Using ArcGIS™ Geostatistical Analyst*. 307.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Griffin.
- Leonor, G. (2017, agosto 28). ¿Es lo mismo erosividad que erodibilidad o que erosionabilidad? *Locos por la Geología*. <http://www.locosporlageologia.com.ar/es-lo-mismo-erosividad-que-erodibilidad-o-que-erosionabilidad/>
- Lince et al. (2015, julio 8). *Vista de Erosividad de la Lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia* / *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1548/1845>
- Lobo, D., Cortez, A., Rodríguez, M. F., Ovalles, F., Rey, J. C., Gabriels, D., & Parra, R. M. (2010). Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela: I. Región de los llanos. *Bioagro*, 22(3), 169-176.
- López-Bonilla, J. L., Ponce-Rojas, Y., Vidal-Beltrán, S., & Zamudio-Castro, I. (2011). Aplicación del método de Krige para el análisis de cobertura de un nodo B. *Nova scientia*, 3(6), 16-31.
- Lujan, D. L., Gabriels, D., Delgado, F., & Lozano, Z. (2015). *Índices de Clima, Erosion y Productividad de Suelos*. 15.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Mantilla, C. (2018, octubre 17). *ESTADÍSTICA PARA CIENCIAS AMBIENTALES*. fdocuments.ec. <https://fdocuments.ec/document/dr-carlos-mantilla-parra-msc-estadistica-para-ciencias-es-correlacion.html>
- Murillo et al. (2012, junio). *Comparar métodos de interpolación—Nuevas características y mejoras que se han agregado en esta versión*. | *Documentación*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>
- Orozco, O. L. P., Escobar, Y. C., & Angel, M. Q. (2011). *ESTUDIO DE TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL EN LA CUENCA ALTA-MEDIA DEL RÍO CAUCA, COLOMBIA*. 10.
- Patel, J. K., Patel, N. M., & Shiyani, R. L. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof—An empirical study. *Current science*, 81, 1163-1164.

- Peiro, A. (2015, diciembre 17). *Coefficiente de correlación lineal—Definición, qué es y concepto* | *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/coeficiente-de-correlacion-lineal.html>
- Piscitelli, M. (2015, julio 15). *Degradación de suelos* | *UNICEN*. <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>
- Pizarro, R., Cornejo, F., González, C., Macaya, K., & Morales, C. (2008). Análisis del comportamiento y agresividad de las precipitaciones en la zona central de Chile. *Tecnología y ciencias del agua*, 23(2), 91-109.
- Portilla Farfán, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17047>
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: Fundamentos explicativos*. 37.
- Quesada, L. M. (2019, julio 18). ¿Qué es la Interpolación? *Territorio Geoinnova - SIG y Medio Ambiente*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-interpolacion-espacial-de-datos/>
- Quinchuela, G., & Tatiana, B. (2013). *Propuesta para un Plan de Desarrollo Turístico Sostenible para la parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2767>
- Ramakrishna, B., Zusammenarbeit (GIZ), D. G. für I., & Agricultura (IICA), I. I. de C. para la. (1997). *Estrategia de extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Concepto y Experiencias*. IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/17713>
- Ramírez, F. (2013, octubre 28). Las lluvias del hemisferio norte. *Renovables Verdes*. <https://www.renovablesverdes.com/las-razones-de-que-llueva-mas-en-el-hemisferio-norte/>
- Renard, F., & Comby, J. (2006). Evaluation of rainfall spatial interpolation methods in urban area for a better management of extreme rainy events: The case of the urban area of Greater Lyon. *La Houille Blanche*, 92(6), 73-78. <https://doi.org/10.1051/lhb:2006104>
- Rivera, D. (2008). *Estimación estadística de valores faltantes en series históricas de lluvia*. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1126>
- Ruiz Muñoz, D., & Sanchez, A. M. (2006). Apuntes de Estadística. *Biblioteca virtual de derecho, economía, ciencias sociales y tesis doctorales*. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/rmss/>
- Sánchez, C. I. M., & Enriquez, M. D. E. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra*, 8(1), e1735-e1735. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Santos, A., Vargas-Luna, A., Obregón-Neira, N., & CÁRDENAS, E. (2011). Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia. *Dyna*, 78, 151-159.

- Santos, R., & Mariluz, J. (2014). *Aplicación de métodos de interpolación para el cálculo de precipitación por modelamiento geoestadístico y análisis espacial para el departamento de Cundinamarca*. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11654>
- Sisalima, T., & Diego, J. (2016). *Estructura de la precipitación y su variabilidad espacio-temporal a lo largo de una gradiente altitudinal*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24348>
- utc.edu.ec. (s. f.). *La Universidad*. Recuperado 23 de mayo de 2021, de <https://www.utc.edu.ec/UTC/La-Universidad>
- Vega, R., Tamariz Flores, V., Linares Fleites, G., & Cruz Montalvo, A. (2014). Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones geográficas*, 83, 28-40. <https://doi.org/10.14350/rig.33480>
- Velázquez, A. P. (2017). *Método Kriging de inferencia espacial*. <https://www.repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:centrogeo.repositorioinstitucional.mx:1012/160>
- Washington, 1991. (s. f.). Recuperado 29 de diciembre de 2020, de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea50s/oea50s.pdf>
- Yopez Heredia, M. R. (2015). *“LOS RECURSOS NATURALES Y EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS”*. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8749/LOS%20RECURSOS%20NATURALES%20Y%20EL%20MANEJO%20DE%20CUENCAS%20HIDROGR%C3%81FICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 16. ANEXOS

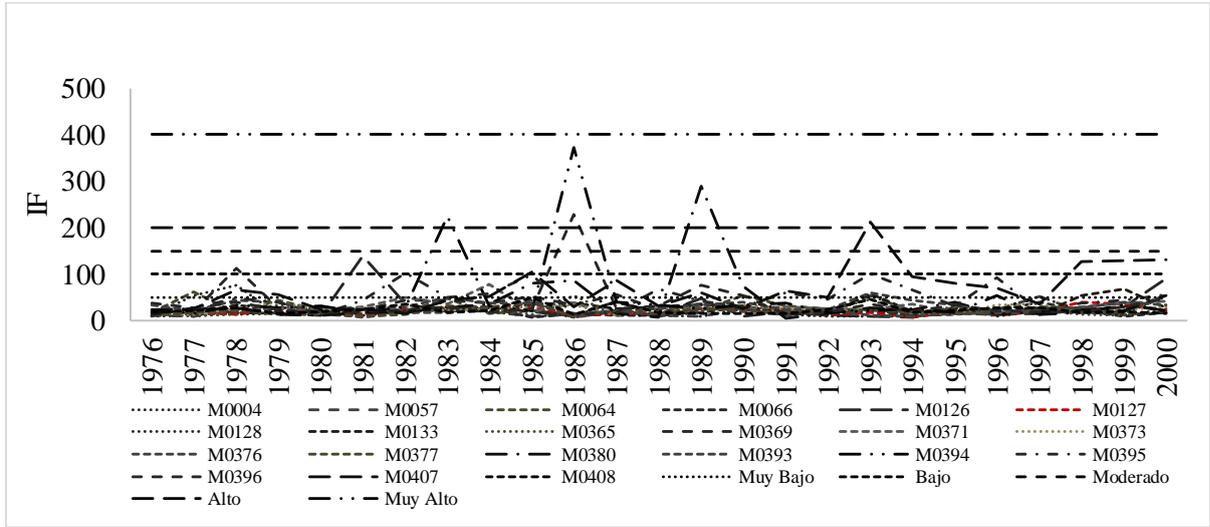
### Anexo No. 1.- Agresividad de la precipitación.

**Tabla 9.-** Agresividad de la precipitación de la cuenca alta del río Pastaza.

CÓDIGO	IF	RANGO	CLASIFICACIÓN	IFM	RANGO	CLASIFICACIÓN
M0004	20	< 50	Muy bajo	60	< 100	Muy Bajo
M0057	20	< 50	Muy bajo	59	< 100	Muy Bajo
M0064	25	< 50	Muy bajo	64	< 100	Muy Bajo
M0066	18	< 50	Muy bajo	56	< 100	Muy Bajo
M0126	28	< 50	Muy bajo	86	< 100	Muy Bajo
M0127	20	< 50	Muy bajo	69	< 100	Muy Bajo
M0128	23	< 50	Muy bajo	63	< 100	Muy Bajo
M0133	29	< 50	Muy bajo	88	< 100	Muy Bajo
M0365	23	< 50	Muy bajo	67	< 100	Muy Bajo
M0369	32	< 50	Muy bajo	86	< 100	Muy Bajo
M0371	29	< 50	Muy bajo	105	100 - 200	Bajo
M0373	25	< 50	Muy bajo	90	< 100	Muy Bajo
M0376	20	< 50	Muy bajo	72	< 100	Muy Bajo
M0377	21	< 50	Muy bajo	77	< 100	Muy Bajo
M0380	40	< 50	Muy bajo	190	100 - 200	Bajo
M0393	32	< 50	Muy bajo	92	< 100	Muy Bajo
M0394	49	< 50	Muy bajo	243	< 100	Moderado
M0395	49	< 50	Muy bajo	108	100 - 200	Bajo
M0396	37	< 50	Muy bajo	124	100 - 200	Bajo
M0407	66	50 - 100	Bajo	221	200 - 300	Moderado
M0408	23	< 50	Muy bajo	65	< 100	Muy Bajo

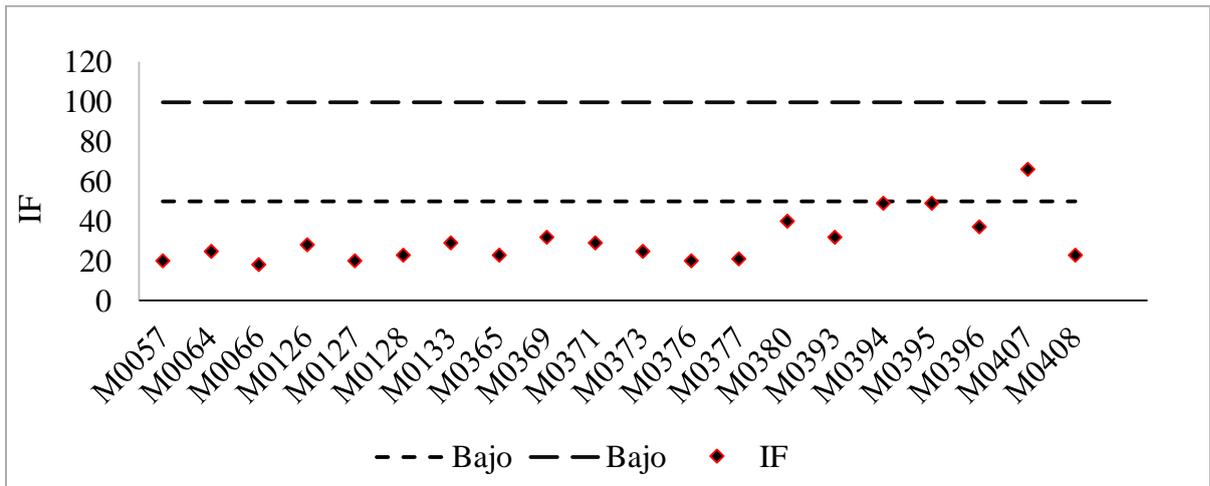
Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021

**Anexo No. 2.- Distribución temporal.**



**Figura 9.-** Agresividad de la precipitación a través del Índice de Fournier.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021



**Figura 10.-** Distribución temporal de la agresividad de las precipitaciones del Índice de Fournier.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

Anexo No. 3.- Distribución espacial

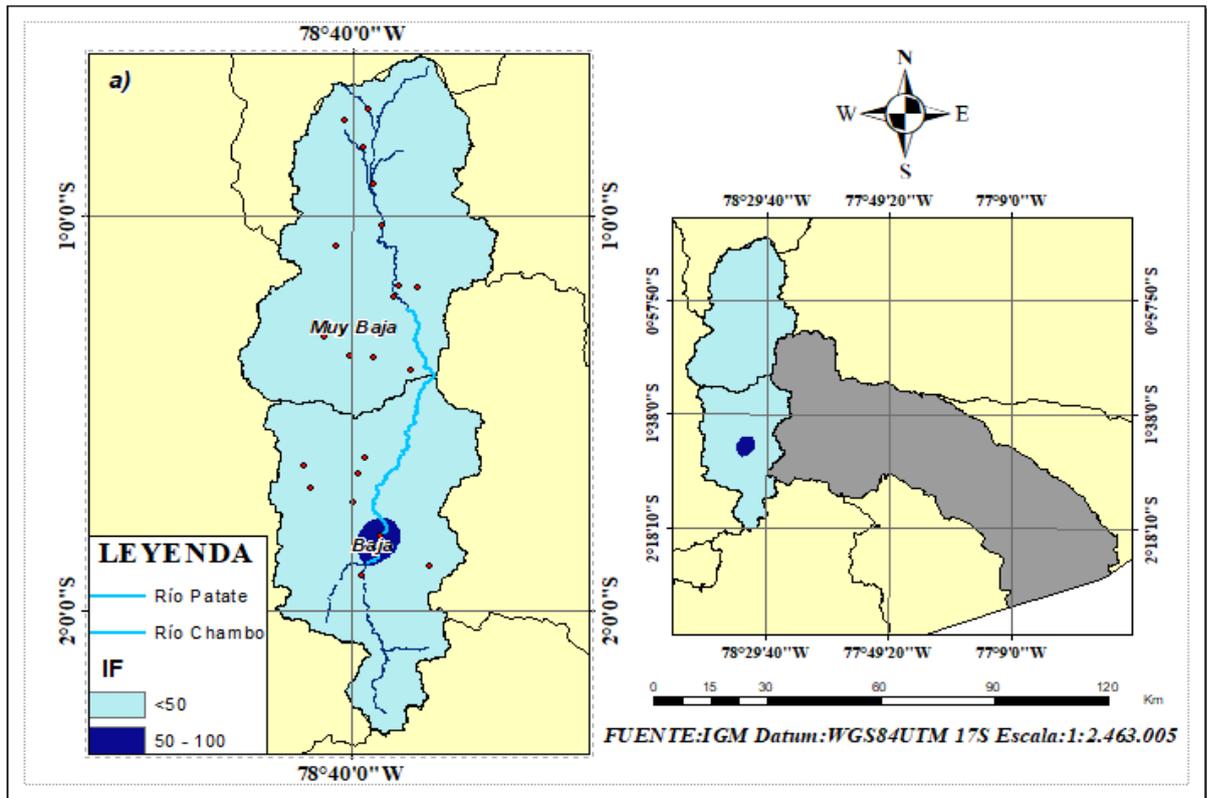


Figura 11.- Distribución espacial de la cuenca alta del río Pastaza mediante el Índice de Fournier.

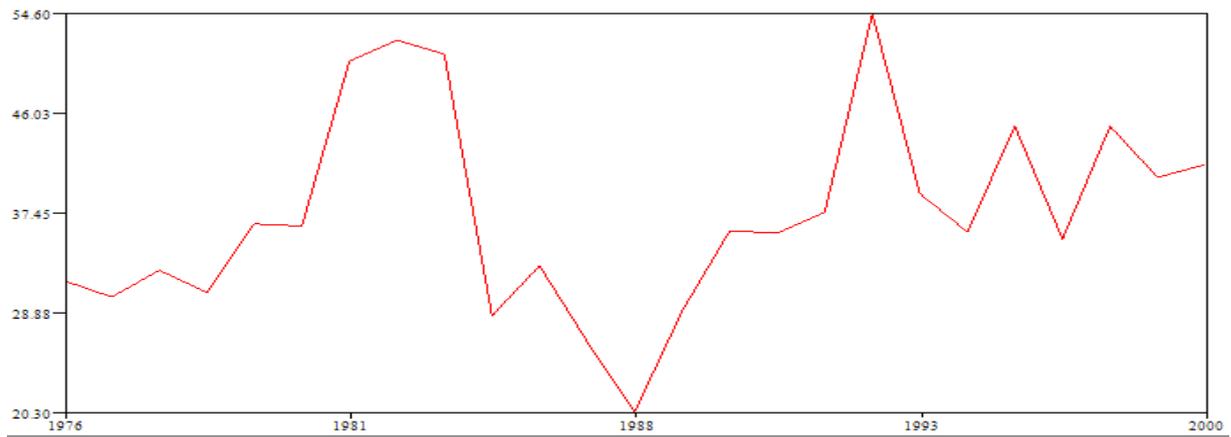
Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.

**Anexo No. 4.-Análisis de tendencia de la precipitación.**

**Tabla 10.-Precipitaciones de la cuenca alta del río Pastaza.**

Estación	Test Statistic	Result
M0057		S (0.1)
M0127		S (0.05)
M0128	Mann-Kendall	S (0.01)
M0373		S (0.01)
M0376		S (0.01)
M0377		S (0.1)
M0395		S (0.01)
M0407		S (0.01)

**Elaborado por.** - Andrade T., Guanotuña D., 2021.



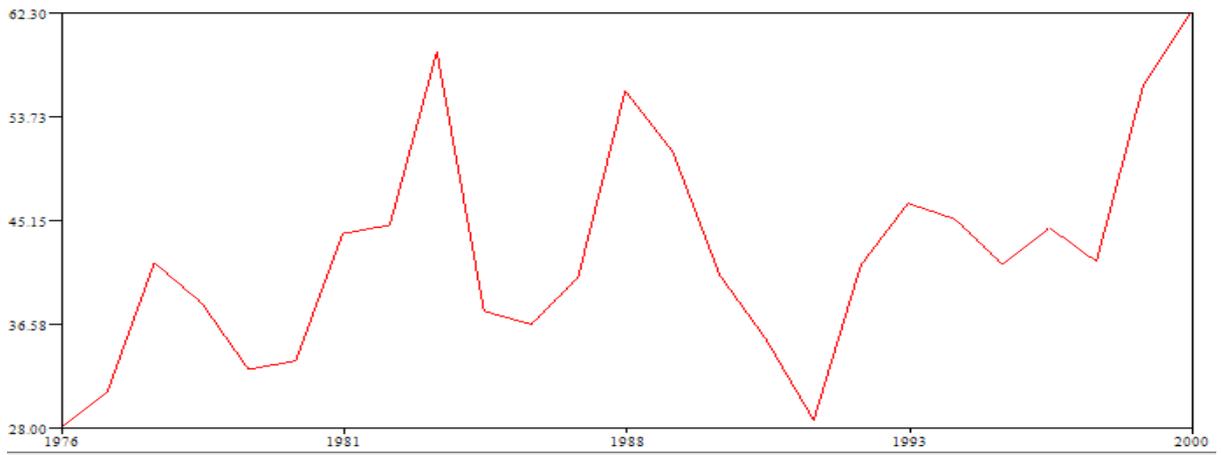
**Figura 12.-Tendencia de la estación M0057**

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



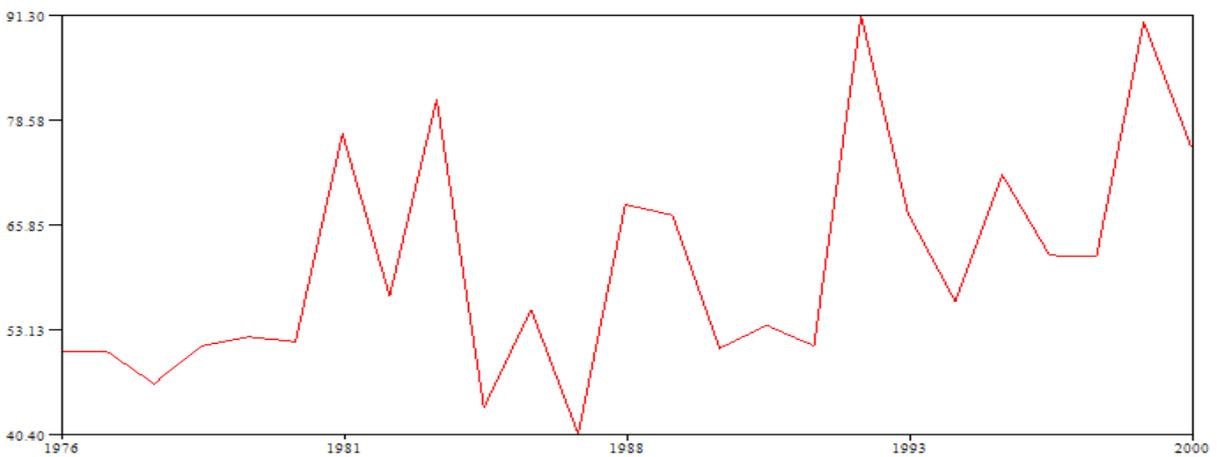
**Figura 13.-Tendencia de la estación M0127**

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



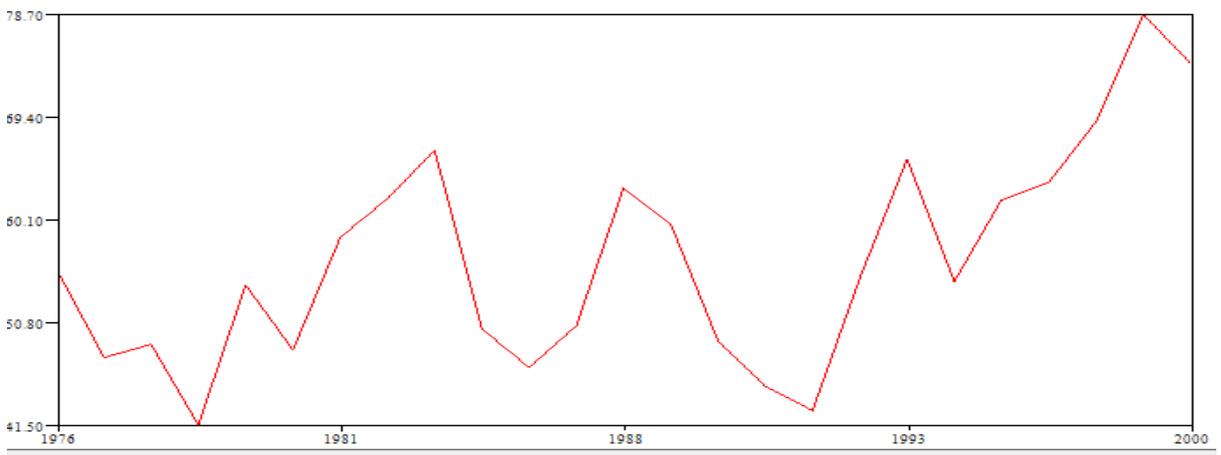
**Figura 14.-Tendencia de la estación M0128.**

**Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.**



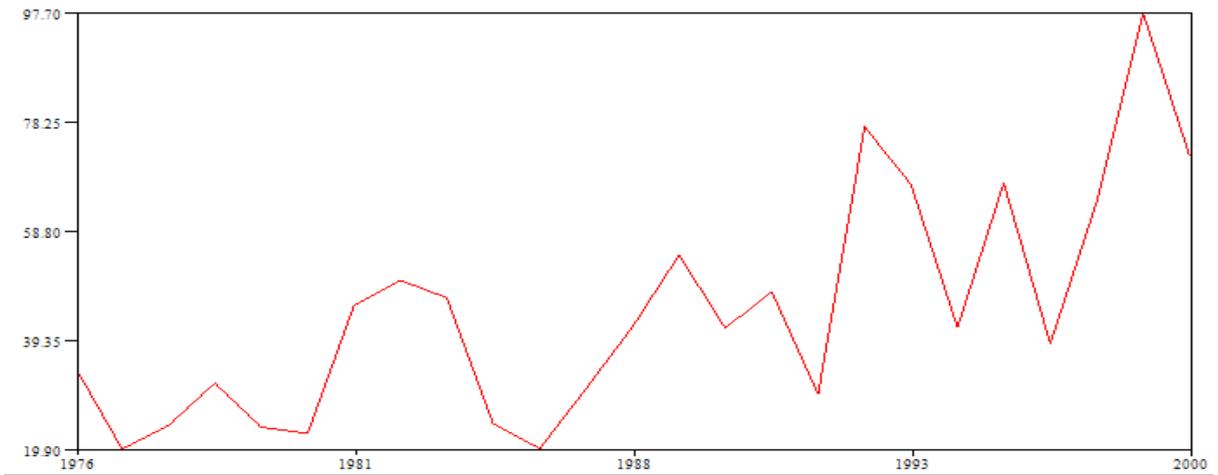
**Figura 15.-Tendencia de la estación M0373.**

**Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.**



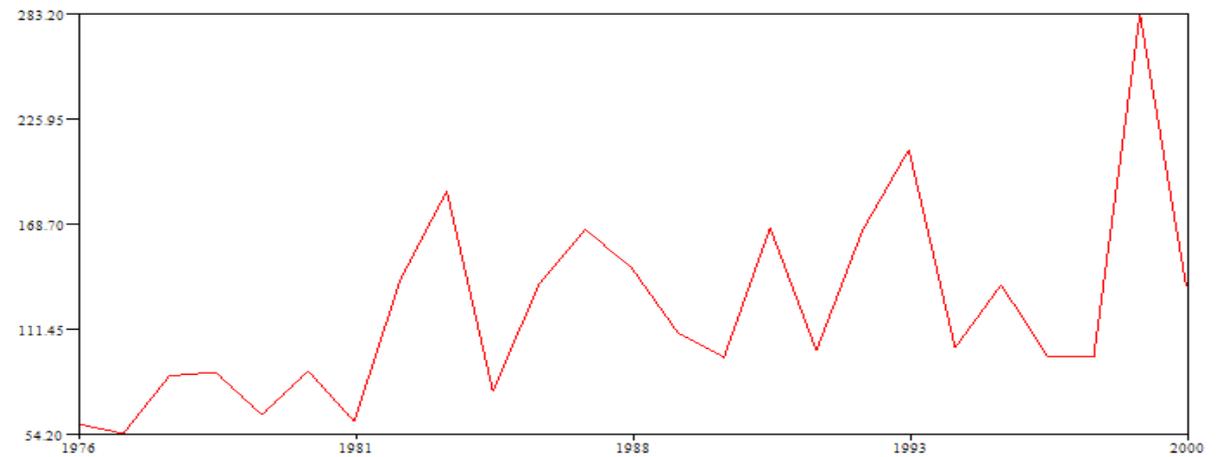
**Figura 16.- Tendencia de la estación M0377.**

**Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.**



**Figura 17.-**Tendencia de la estación M0395.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 18.-**Tendencia de la estación M0407.

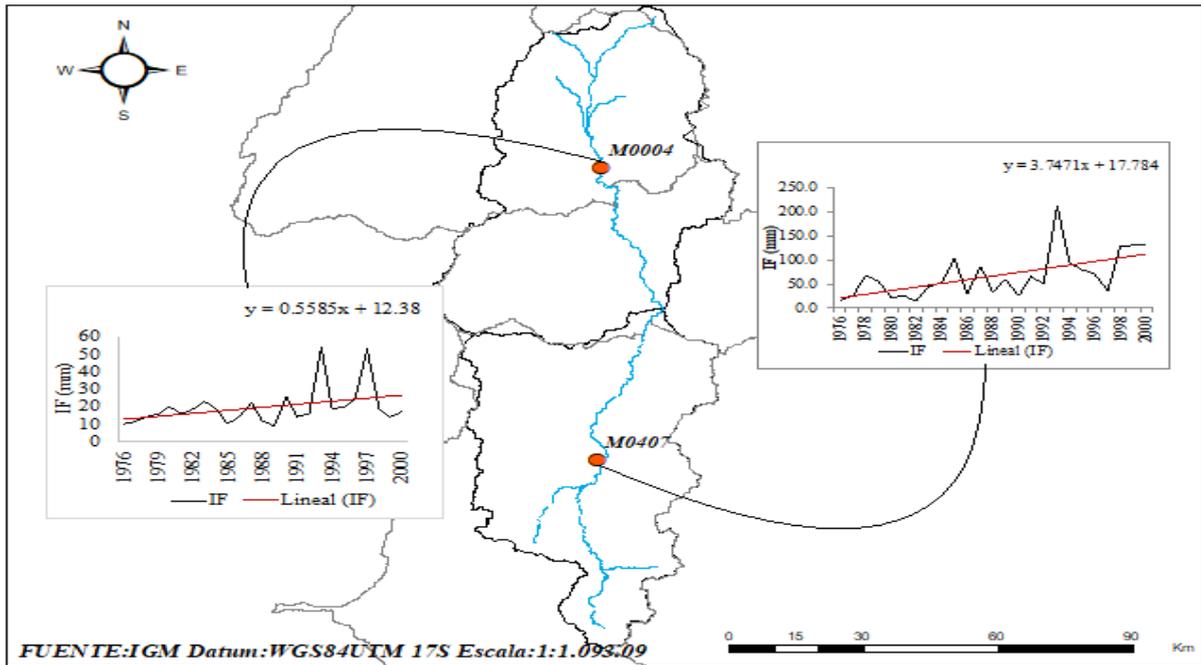
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

**Anexo No. 5.-** Análisis de tendencia del Índice de Fournier.

**Tabla 11.-**Índice de Fournier de la cuenca alta del río Pastaza.

Código	Test Statistic	Result
M0004	Mann-Kendall	S (0.1)
M0407		S (0.01)

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.



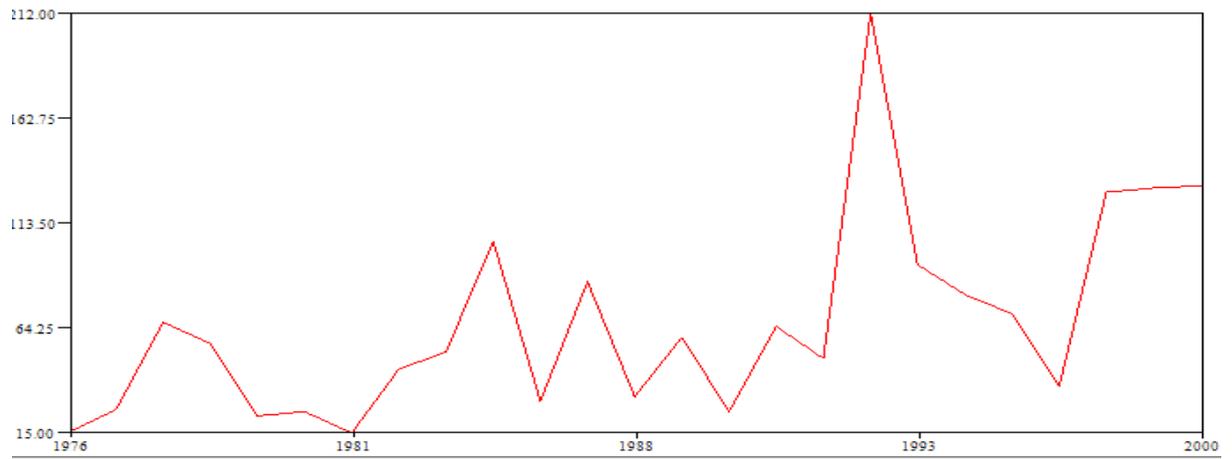
**Figura 19.-** Análisis de tendencia del Índice de Fournier.

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021



**Figura 20.-** Tendencia de la estación M0004.

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.



**Figura 21.-** Tendencia de la estación M0407.

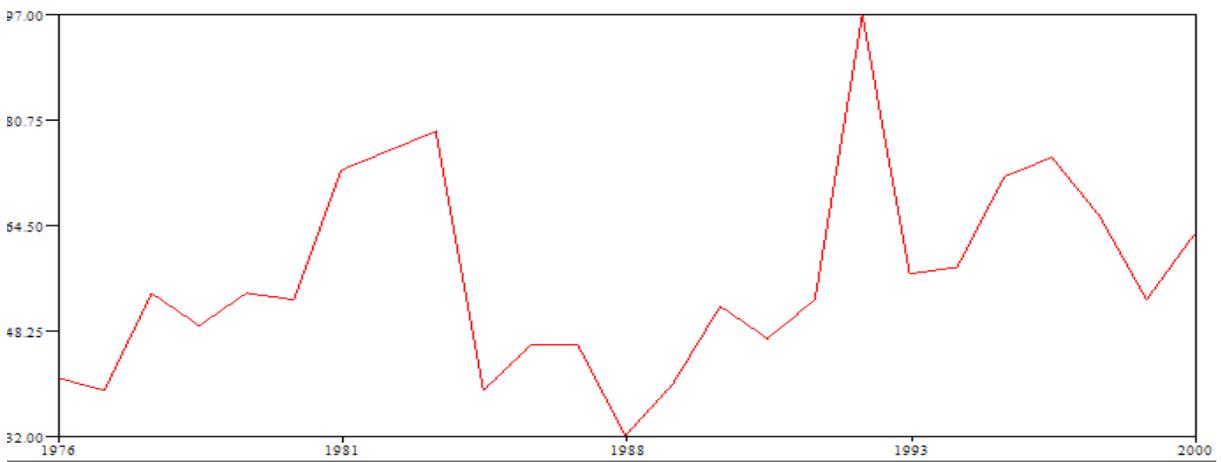
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

**Anexo No. 6.-** Análisis de tendencia del Índice de Fournier Modificado.

**Tabla 12.-** Agresividad del Índice de Fournier Modificado de la cuenca alta del río Pastaza.

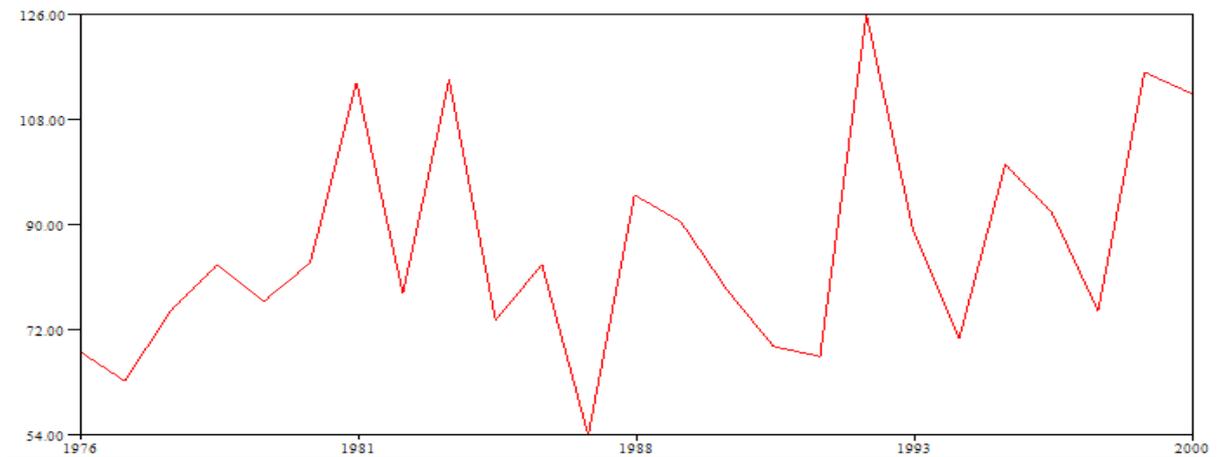
Código	Test Statistic	Result
M0057	Mann-Kendall	S (0.1)
M0373		S (0.1)
M0376		S (0.05)
M0395		S (0.05)
M0407		S (0.01)

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



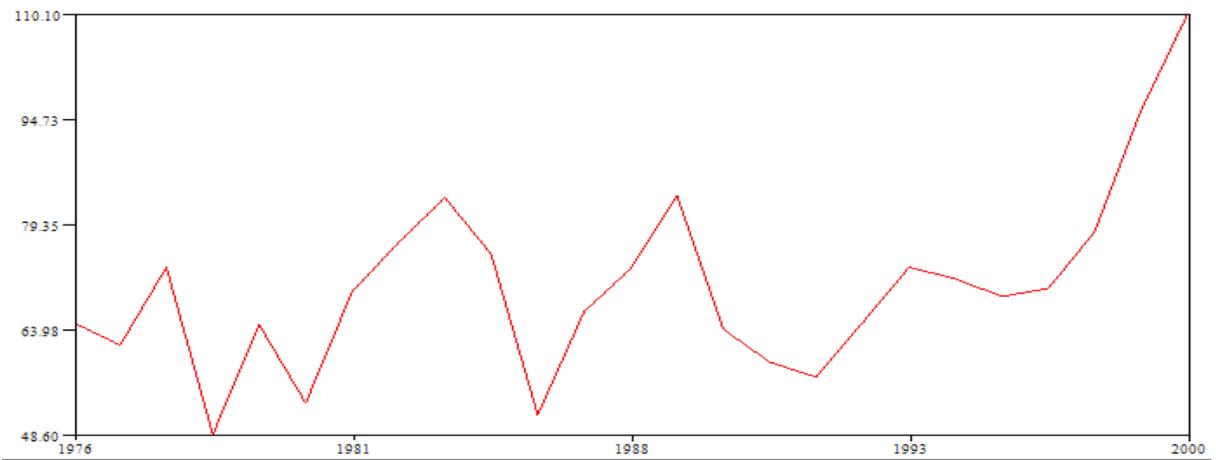
**Figura 22.-** Tendencia de la estación M0057.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



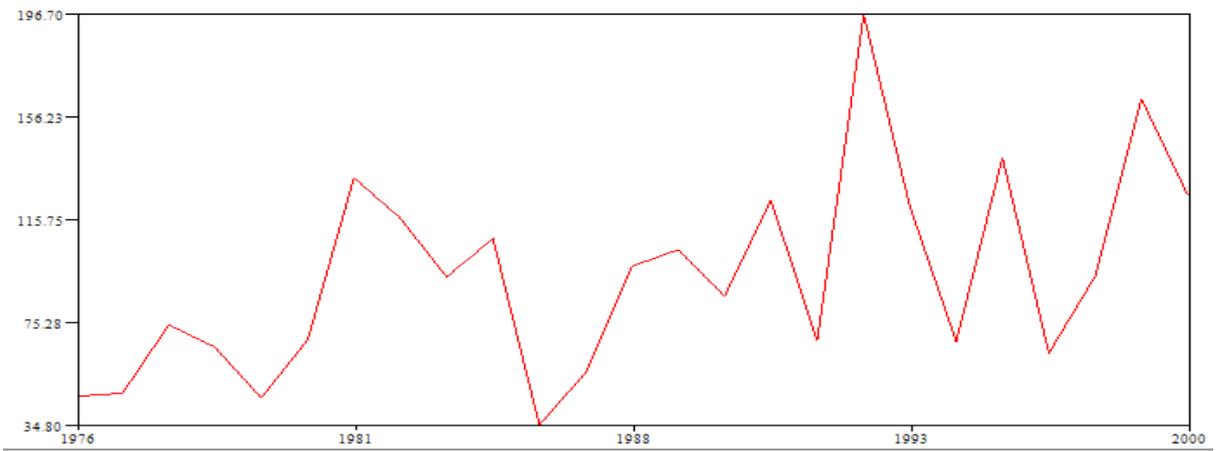
**Figura 23.-** Tendencia de la estación M0373.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 24.-** Tendencia de la estación M0376.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 25.-** Tendencia de la estación M0395.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 26.-** Tendencia de la estación M0407.

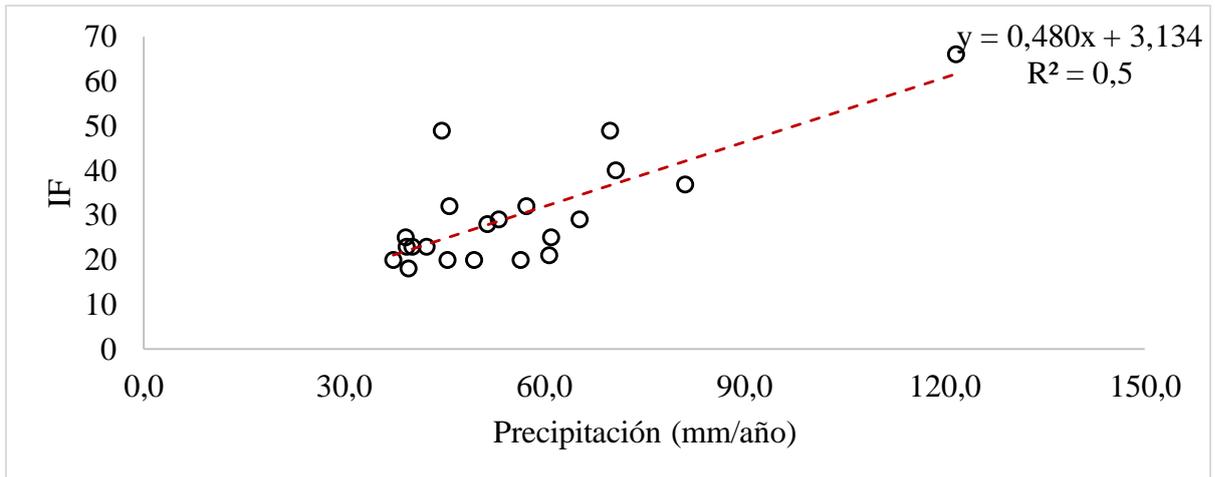
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

**Anexo No. 7.-** Correlación de los índices de agresividad climática.

**Tabla 13.-** Coeficiente de Correlación.

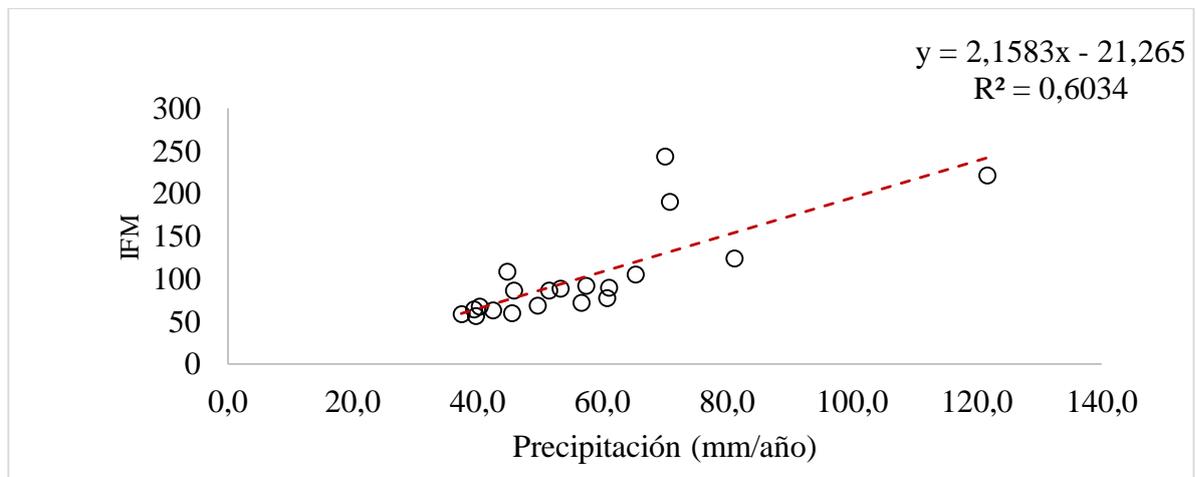
Variables	Coeficiente de Correlación
Precipitación con Índice de Fournier	$r = 0.75$
Precipitación con Índice de Fournier Modificado	$r = 0.78$
Longitud con Índice de Fournier	$r = 0.17$
Longitud con Índice de Fournier Modificado	$r = 0.20$
Latitud con Índice de Fournier	$r = -0.63$
Latitud con Índice de Fournier Modificado	$r = -0.54$
Altitud con Índice de Fournier	$r = 0.15$
Altitud con Índice de Fournier Modificado	$r = 0.21$

Elaborado por.-Andrade T., David G., 2021.



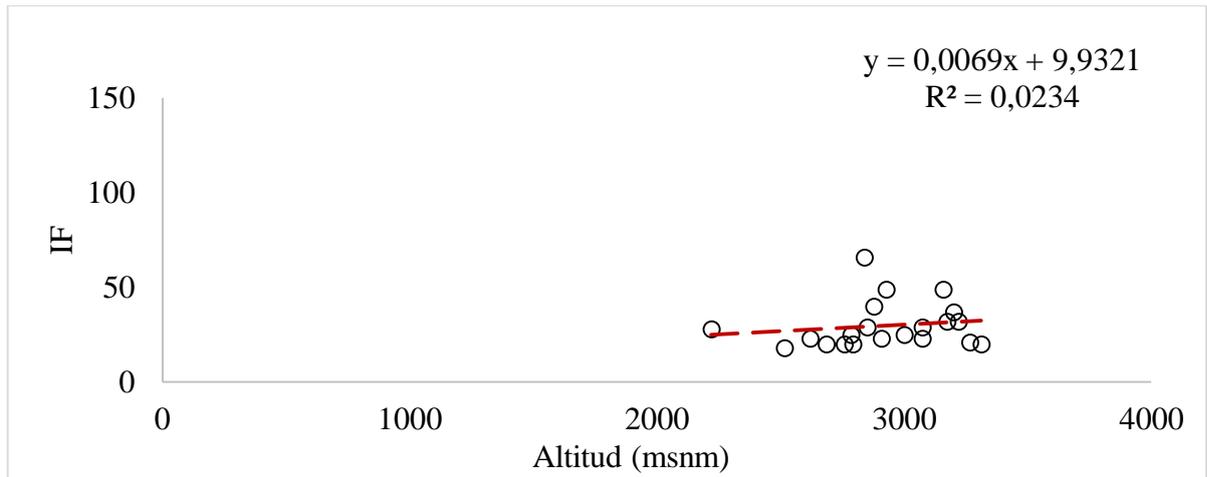
**Figura 27.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la precipitación

Elaborado por.-Andrade T., David G., 2021.



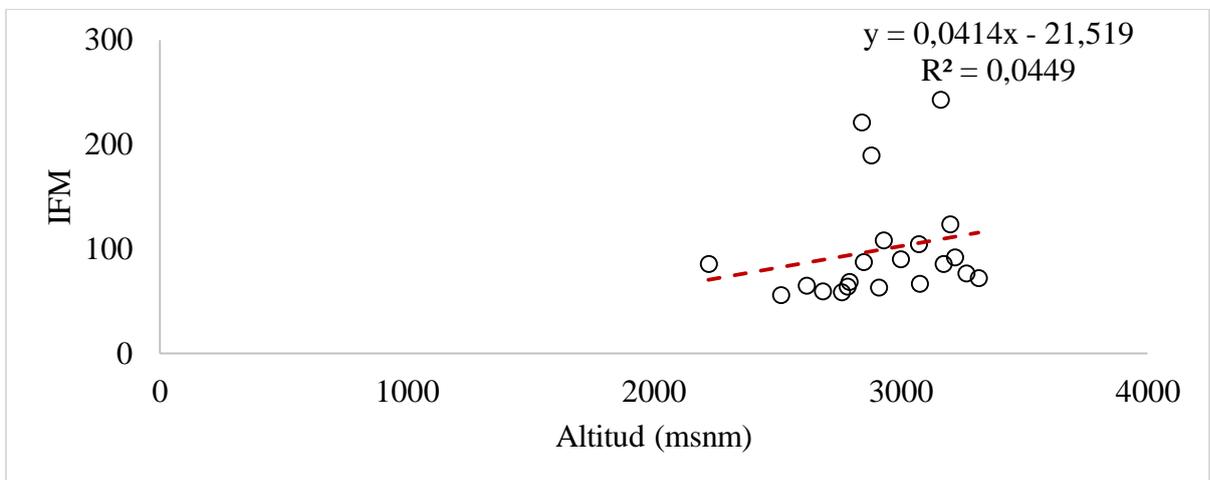
**Figura 28. -** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la precipitación.

Elaborado por.- Andrade T., David G., 2021.



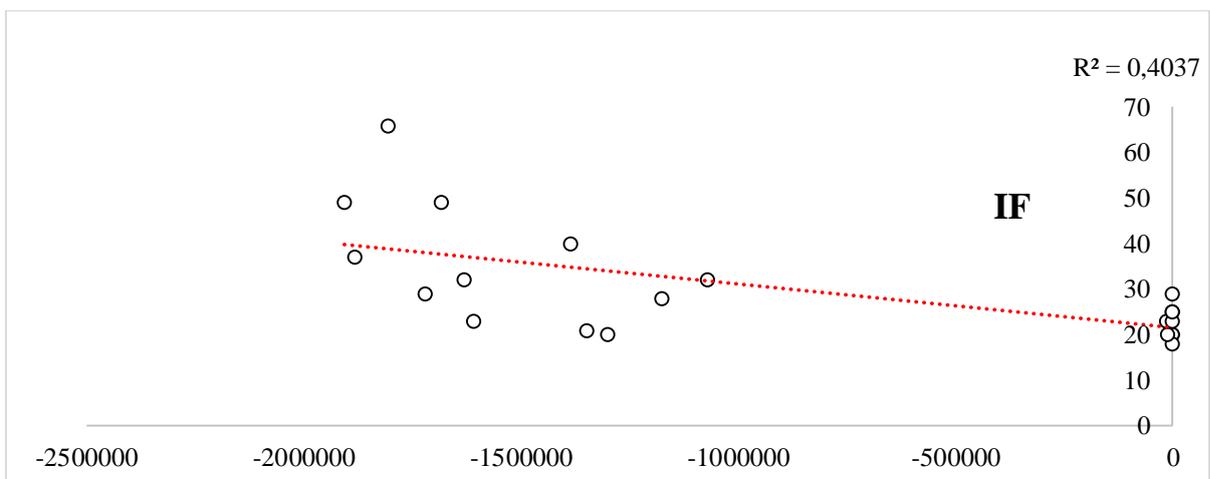
**Figura 29.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la altitud.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



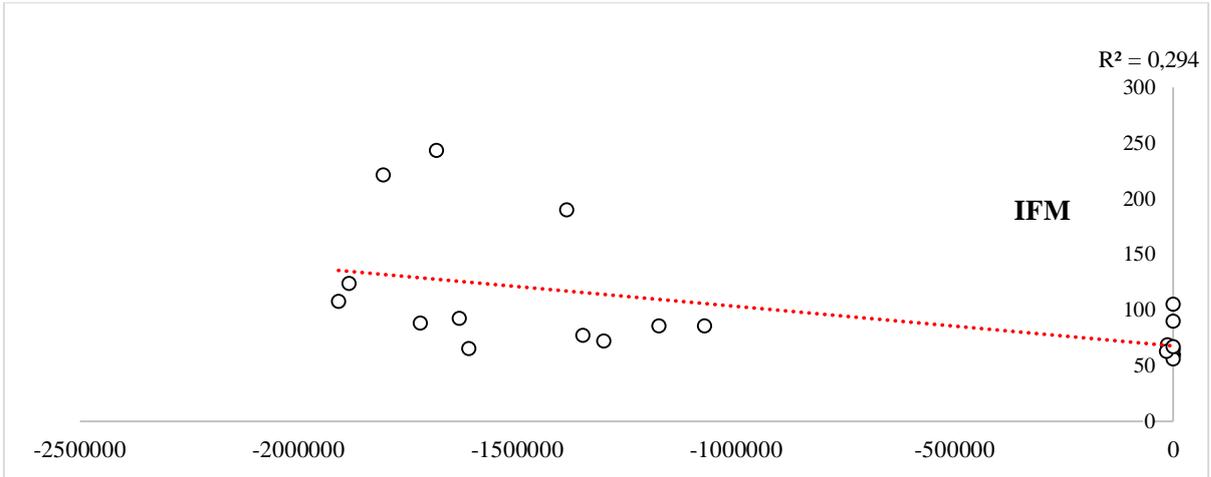
**Figura 30.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la altitud.

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

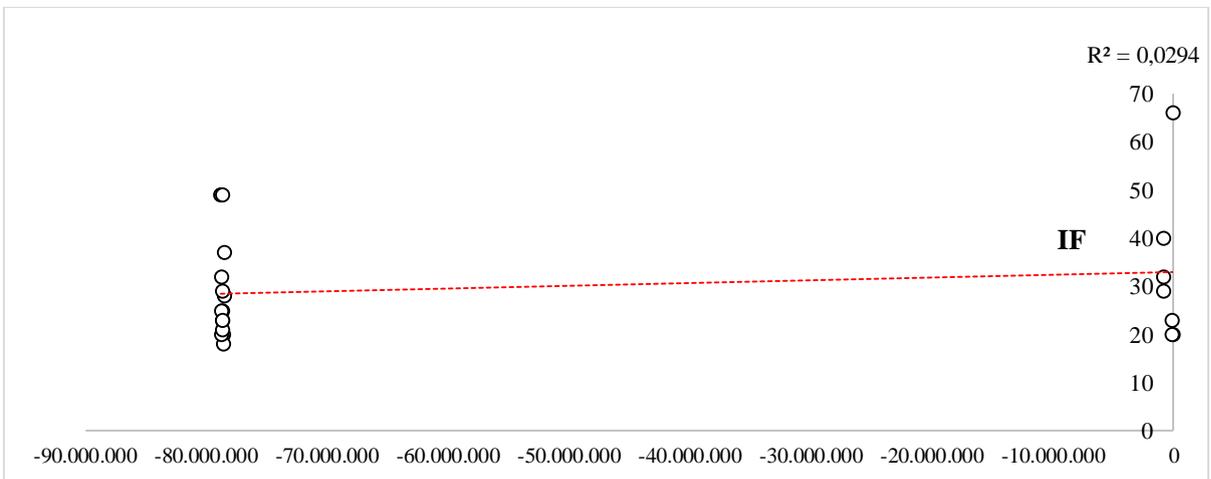


**Figura 31.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la latitud.

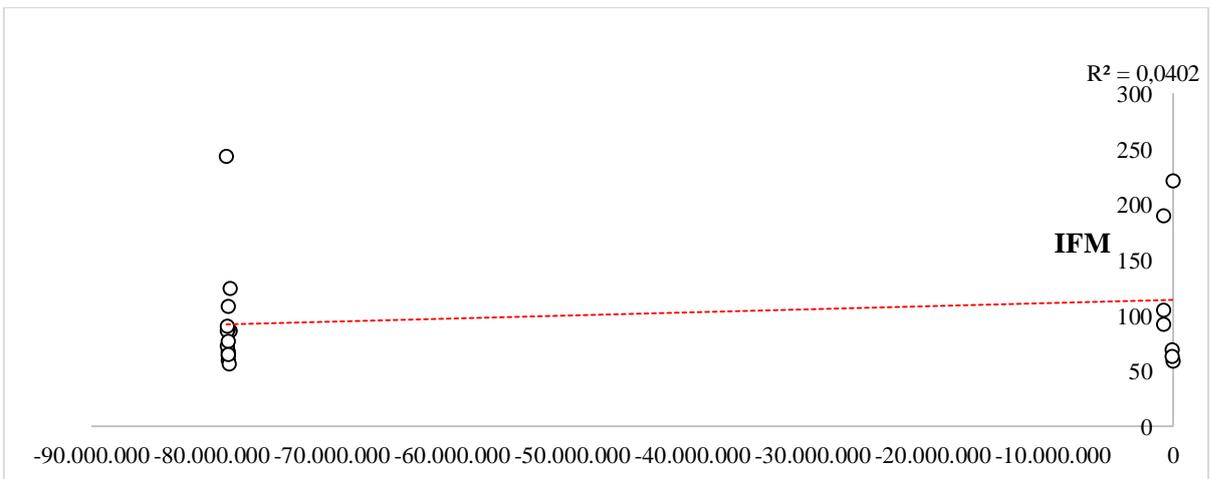
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 32.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la altitud.  
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 33.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier con la longitud.  
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.



**Figura 34.-** Coeficiente de determinación del Índice de Fournier Modificado con la longitud.  
**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

**Anexo No. 8.-** Coeficiente de Variación**Tabla 14.-** Coeficiente de Variación mediante el IF e IFM.

<b>Código</b>	<b>CV (%) IF</b>	<b>Rango</b>	<b>CV (%) IFM</b>	<b>Rango</b>
M0004	57	<50 - 100	25	<100
M0057	55	<50 - 100	27	<100
M0064	54	<50 - 100	22	<100
M0066	40	<50	22	<100
M0126	105	<50 - 100 - 150	48	<100 - 200
M0127	41	<50	18	<100
M0128	74	<50 -100	31	<100 - 200
M0133	50	<50 -100	37	<100 - 200
M0365	46	<50 -100	28	<100 - 200
M0369	64	<50 - 100 - 150	36	<100 - 200
M0371	47	<50 -100	36	<100 - 200
M0373	31	<50	22	<100
M0376	55	<50 -100	19	<100
M0377	49	<50 -100	19	<100
M0380	141	<50 - 100; >200	110	<100 - 400; >400
M0393	35	<50 -100	21	<100 - 200
M0394	161	<50 - 100; >200	118	<100 - 400; >400
M0395	56	<50 - 100 - 150	43	<100 - 200
M0396	113	<50 - 100; >200	53	<100 - 200; >300
M0407	70	<50 - 100; >200	47	<100 - 300; >400
M0408	42	<50	20	<100

**Elaborado por.-** Andrade T., David G., 2021.

**Anexo No. 9.- Aval del traductor*****AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA, EN EL PERIODO 1976 – 2000”** presentado por: **Andrade Melendres Jessica Tatiana, y Guanoña Guanoña Jairo David**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Medio Ambiente**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente,

**MSc. Lidia Rebeca Yugla Lema**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050265234-0**



VALIDAR  
MÓVIL  
ECONOMÍA



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

HOJA DE VIDATUTOR**1. DATOS PERSONALES**

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

**2. FORMACIÓN ACADÉMICA**

N°	Títulos de Pregrado	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**

N°	Empresa-Institución	Posición	Mes-año	Mes-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

N°	Cursos - Materias	Institución	Mes-año	Mes-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 general

N°	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
5	Facilitador en Agropecuaria Orgánica: Programa “Soy Emprendedor”	GAD de Chimborazo	2012

#### 4. CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS

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

#### 4.1 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 Exosystems (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, SocietyforFreshwater Science, la Asociación Ecuatoriana de Limnología, y la Sociedad de Odonatología Latinoamericana	07/2018	07/2018
5	Curso-Taller de “Estadística para Recursos Naturales”	Universidad Técnica de Cotopaxi	04/18	05/2018
6	I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotopaxi	12/207	12/207
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
9	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 y Argentina de Agrometeorología	Asociación Argentina de Agrometeorología	08/2014	08/2014

## 5. PUBLICACIONES

No.	TITULO	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>Solanumtuberosum</i> )	CIDE	2017

## 6. IDIOMAS

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

## 7. INFORMACIÓN ADICIONAL

Abanderad 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

HOJA DE VIDA  
ESTUDIANTE INVESTIGADOR



**1. DATOS PERSONALES**

Apellidos: Andrade Melendres	Nacionalidad: Ecuatoriana
Nombres: Jessica Tatiana	Cédula de identidad: 1805141312
Dirección: Ingachungana y Montes del Cajas-Ambato	Edad: 23
Teléfono: 0987483576	Correo electrónico: tatianaandrade04.TA@gmail.com

**2. ESTUDIOS REALIZADOS**

<b>PRIMARIA:</b>	Ovidio-Decroly	Ambato-Ecuador
<b>SECUNDARIA:</b>	Instituto Educativo Luis A. Martínez.	Ambato-Ecuador
<b>SUPERIOR:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniería en Medio Ambiente	Latacunga-Ecuador

**3. CURSOS REALIZADOS**

LUGAR	CERTIFICADO	DURACIÓN
Latacunga	Capacitación a los sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción, planes de emergencia, informes de cumplimiento y auditorías, enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático.	8 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	I Congreso Binacional Ecuador – Perú “Agropecuaria, Medio Ambiente y Turismo 2019”.	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	El Cambio Climático y la pandemia del COVID-19.	30 horas
Casa de la Cultura Núcleo de	I Jornadas de Difusión Ambiental	40 horas

Cotopaxi		
Casa de la Cultura Núcleo de Cotopaxi	III Jornadas de Difusión de la Investigación y Vinculación Ambiental – 2020.	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	Conservatorio sobre legislación ambiental aplicable a estaciones de servicio, rellenos sanitarios y curtiembres institucionales	Días 10, 11 y 18 de febrero del 2021.
Curso en línea	Introduction to Green Economy	10 horas.
Curso en línea	Introducción al cambio climático	12 horas
Latacunga	Cumbre Provincial de Mujeres de Cotopaxi 2019	15 de noviembre 2019
Salón de Honor del Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Cotopaxi	Conversatorio Humboldt Renace en Latacunga	18 de octubre de 2019

#### 4. PASANTÍAS REALIZADAS

LUGAR	CERTIFICADO	DURACIÓN
Universidad Técnica de Cotopaxi	Prácticas Pre Profesionales	80 horas
Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural del cantón Saquisilí.	Prácticas Pre Profesionales	160 horas
Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Cusubamba	Vinculación con la sociedad	160 horas

HOJA DE VIDAESTUDIANTE INVESTIGADOR**1. DATOS PERSONALES**

Apellidos: Guanotuña Guanotuña	Nacionalidad: Ecuatoriano
Nombres: Jairo David	Cedula de identidad: 0503862617
Dirección: Entre calle 10 de agosto y Bolivia – San Felipe.	Edad: 25
Teléfono: 0983051754	Correo electrónico: jairo.guanotuna2617@utc.edu.ec

**2. ESTUDIOS REALIZADOS**

PRIMARIA:	Unidad educativa “Casique Tumbalá”	Latacunga-Ecuador
SECUNDARIA:	Colegio Particular “Don Bosco”	Latacunga-Ecuador
SUPERIOR:	Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniería en Medio Ambiente.	Latacunga-Ecuador

**3. CURSOS REALIZADOS**

Lugar	Certificado	Duración
Curso online Universidad Técnica de Cotopaxi	“Introducción a la economía verde”	8 horas
Latacunga	Por haber participado en la cumbre provincial de las mujeres de Cotopaxi 2019 desarrollada en la ciudad de Latacunga el día viernes 15 de noviembre	8 horas

Universidad Técnica de Cotopaxi	“El cambio climático y la pandemia del COVID-19”	30 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	I Congreso Binacional Ecuador – Perú “Agropecuaria, Medio Ambiente y Turismo 2019”.	40 horas
Casa de la Cultura Núcleo de Cotopaxi	I Jornadas de Difusión Ambiental	40 horas
Casa de la Cultura Núcleo de Cotopaxi	II Jornadas de Difusión Ambiental	40 horas
Casa de la Cultura Núcleo de Cotopaxi	III Jornadas de Difusión de la Investigación y Vinculación Ambiental – 2020.	40 horas

#### 4. PASANTÍAS REALIZADAS

Lugar	Certificado	Duración
Universidad Técnica de Cotopaxi	Prácticas Pre Profesionales en la Universidad Técnica de Cotopaxi	240 horas
Latacunga - EPAGAL	PPP - EPAGAL	150 horas

#### 5. VINCULACIÓN

Lugar	Certificado	Duración
Latacunga-Guaytacama	“Por la gestión y el trabajo en las actividades de vinculación con la sociedad”	160 horas