UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA INCIDENCIA DE DESASTRES NATURALES EN EL CANTÓN GUARANDA EN EL PERIODO 2016 - 2025"

AUTORES:

NATALY FERNANDA SERPA PADILLA
MARIA BELEN SORIA GAVILANES

DIRECTOR:

ING. LUIS HERNAN VILLACIS TACO

GUARANDA – ECUADOR

2026

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta importante etapa de mi formación académica.

A mi madre y familiares por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, su confianza durante todo este proceso. De manera especial a una persona que está en mi corazón, por su gran amor y paciencia.

Mi gratitud a mi tutor de tesis, Ing. Luis Villacis y de igual forma al Ing. Christopher Espinosa, por su orientación, conocimientos y dedicación, que contribuyeron significativamente al desarrollo de esta investigación.

Nataly Fernanda Serpa Padilla

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por regalarme salud y sabiduría para culminar esta etapa de mi vida académica.

A mi tutor de tesis, Ing. Luis Villacis por su guía, dedicación, apoyo y sus valiosos conocimientos aportados durante el desarrollo de esta investigación. De igual manera agradezco al Ing. Cristopher Espinoza, quien contribuyo con su orientación, conocimientos y acompañamiento en las primeras etapas de este trabajo. A mis amigos por su apoyo y compañía a lo largo de este proceso especialmente en los momentos de mayor exigencia donde su presencia era reconfortante y mejoraban los días malos. Un agradecimiento especial a mi compañera de tesis, por su compromiso, esfuerzo y dedicación para la culminación del trabajo y alcanzar con éxito este objetivo común.

Finalmente agradezco a mi familia por su amor y apoyo incondicional que ha sido la base para la culminación de esta importante meta profesional.

María Belén Soria Gavilanes

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a Dios, por guiar mi camino y darme la fortaleza necesaria para superar cada desafío a lo largo de mi vida universitaria.

A mi madre linda, por su amor, esfuerzo y sacrificio, por ser mi ejemplo de perseverancia y por creer siempre en mí. A mis hermanos y a mis abuelitos, quienes me brindaron su apoyo, comprensión y motivación en los momentos más difíciles.

Y a todas aquellas personas que contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional, inspirándome a alcanzar mis objetivos.

Nataly Fernanda Serpa Padilla

Dedico este trabajo en primer lugar a mi madre, por su amor incondicional, su esfuerzo constante y por ser mi fuente de inspiración para alcanzar cada una de mis metas. Gracias por acompañarme en cada paso de mi formación por su apoyo y confianza.

A mis hermanas por su cariño, comprensión y palabras de aliento que me brindaron durante el proceso académico. Su compañía y apoyo han sido fundamentales para seguir a delante y vencer cada desafío.

Finalmente dedico este logro a todas las personas que creyeron en mí y me motivaron a alcanzar esta importante meta profesional.

María Belén Soria Gavilanes

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

CERTIFICADO DEL TUTOR.

Guaranda, 11 de junio de 2026.

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco, director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA INCIDENCIA DE DESASTRES NATURALES EN EL CANTÓN GUARANDA EN EL PERIODO 2016 - 2025"; realizado por las señoritas: **Nataly Fernanda Serpa Padilla** y **María Belén Soria Gavilanes** ha sido debidamente revisado y se han cumplido los requisitos académicos y legales establecidos por la Universidad.

Por lo tanto, se encuentra en condiciones de proceder a la publicación correspondiente.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. LUIS VILLACIS TACO.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTORÍA

UEB | UNIVERSIDAD ESTATAL DEBOLIVAR

BIBLIOTECA GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras **Serpa Padilla Nataly Fernanda** y **Soria Gavilanes María Belén** portadores de la Cédula de Identidad No **0350056982** y **1756021976** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:
"Análisis de la variabilidad climática en la incidencia de desastres naturales en el cantón Guaranda en el período 2016 - 2025" modalidad **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Serpa Padilla Nataly Fernanda

Soria Gavilanes María Belén

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 10

RESUMEN 12

ABSTRACT 13

CAPÍTULO I 14

1.1 Planteamiento del Problema 14

1.2 Formulación del Problema 15

1.3 Justificación 15

1.4 Objetivos: General y Específicos 17

1.4.1 Objetivo general 17

1.4.2 Objetivos específicos 17

1.5 Hipótesis 17

1.5.1 Hipótesis nula (H0) 17

1.5.2 Hipótesis alterna (HA) 18

1.6 Variables (Operacionalización) 18

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 20

2.1 Referencial o Georreferencial 20

2.2 Antecedentes (académicos y artículos de investigación) 21

2.3 Científico (bases teóricas en la que fundamenta la investigación) 25

2.4 Legal 34

2.5 Conceptual (glosario de términos) 36

CAPITULO III. METODOLOGÍA 40

3.1 Tipo de Investigación 40

3.2 Enfoque de la investigación 40

3.3 Métodos de Investigación 40

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 41

3.5 Universo, Población y Muestra 41

3.6 Técnicas de análisis y procesamiento de la Información 42

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45

4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados 45

4.2 Comprobación de hipótesis 81

CAPITULO V. PROPUESTA 82

5.1 Fundamentación de la propuesta 82

5.2 Objetivo de la propuesta 82

5.3 Ejes estratégicos de intervención 82

EJE 1: Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) 83

EJE 2: Gestión y ordenamiento territorial 83

EJE 3: Infraestructura de mitigación 84

EJE 4: Educación y fortalecimiento comunitario 85

5.4 Plan de implementación 86

5.5 Indicadores de evaluación 86

5.6 Conclusión de la propuesta 87

CONCLUSIONES 88

RECOMENDACIONES 89

BIBLIOGRAFÍA 91

ANEXOS 99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables 18

Tabla 2. Promedios generales 52

Tabla 3. Tendencias 2016 - 2025 52

Tabla 4. Anomalías por conteo 53

Tabla 5. Eventos año 2016 56

Tabla 6. Eventos año 2017 57

Tabla 7. Eventos año 2018 59

Tabla 8. Eventos año 2019 60

Tabla 9. Eventos año 2020 61

Tabla 10. Eventos año 2021 63

Tabla 11. Eventos año 2022 64

Tabla 12. Eventos año 2023 66

Tabla 13. Eventos año 2024 67

Tabla 14. Eventos año 2025 68

Tabla 15. Coeficiente de correlación 72

Tabla 16. P-valores 74

Tabla 17. P-valor global 76

Tabla 18. R^2 (Multiple R-squared) 75

Tabla 19. Significancia individual de variables 77

Tabla 20. VIF (multicolinealidad) 78

Tabla 21. Plan de Implementación 86

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES

Gráfico 1. Mapa de ubicación del cantón 21

Gráfico 2. Precipitación mensual 46

Gráfico 3. Temperatura mensual 47

Gráfico 4. Humedad mensual 48

Gráfico 5. Viento mensual 49

Gráfico 6. Subseries estacionales (precipitación) 50

Gráfico 7. Mapa de calor (precipitación mensual) 51

Gráfico 8. Anomalías mensuales de precipitación 54

Gráfico 9. SPI trimestral 55

Gráfico 10. Representación de eventos año 2016 56

Gráfico 11. Representación de eventos año 2017 58

Gráfico 12. Representación de eventos año 2018 59

Gráfico 13. Representación de eventos año 2019 61

Gráfico 14. Representación de eventos año 2020 62

Gráfico 15. Representación de eventos año 2021 63

Gráfico 16. Representación de eventos año 2022 65

Gráfico 17. Representación de eventos año 2023 66

Gráfico 18. Representación de eventos año 2024 68

Gráfico 19. Representación de eventos año 2025 69

Gráfico 20. Mapa de distribución y densidad de los desastres. 70

Gráfico 21. Mapa de calor 73

Gráfico 22. Modelo Múltiple 79

INTRODUCCIÓN

La variabilidad del clima a nivel global está incrementando tanto la frecuencia como la intensidad de los eventos meteorológicos extremos. En este contexto, el aumento sostenido de la temperatura del aire y de los océanos contribuye a la elevación del nivel del mar, así como al desarrollo de tormentas más intensas, vientos de mayor magnitud, periodos prolongados de sequía e incendios forestales, además de precipitaciones de alta intensidad que favorecen la ocurrencia de inundaciones. (World Meteorological Organization, 2023). Estas consecuencias han aumentado en frecuencia e impacto a lo largo del tiempo. Alimontia y Mariani (2024) mencionan que el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos han provocado un aumento de los desastres naturales en los últimos 50 años, afectando de forma desproporcionada a los países más pobres.

Este proyecto de investigación trata sobre la relación tan compleja que existe entre las variaciones del clima y los desastres naturales en el cantón Guaranda, ubicado en una zona geográficamente vulnerable a una serie de amenazas tales como deslizamientos, inundaciones, aluviones, actividad volcánica, sismos, incendios forestales, entre otros. En un escenario mundial en el que se empiezan a observar fluctuaciones más intensas de variables climáticas, entender el impacto que estos cambios tendrán en la frecuencia y severidad de eventos extremos es crucial en la gestión de riesgo en el territorio. Si bien existen investigaciones relacionadas a amenazas naturales en el área, el análisis concreto de la variabilidad climática como factor explicativo de aquellos fenómenos se encuentra escasamente desarrollado, lo que limita la generación de líneas de acción para la prevención y mitigación.

En este sentido, esta investigación tiene como finalidad analizar la variabilidad climática y su incidencia en los desastres naturales en el cantón Guaranda durante el

período 2016 – 2025, utilizando registros climáticos obtenidos de la estación meteorológica asociada al proyecto: Monitoreo del estado del tiempo en los tres pisos climáticos de la Provincia Bolívar cuya primera etapa se ejecutó. Si bien el proyecto comprende dicho período en su fase inicial, la estación meteorológica contaba con registros históricos continuos anteriores y posteriores a esa etapa, lo que permitió disponer de información correspondiente al periodo de estudio establecido. El análisis se desarrolló a través del uso de herramientas estadísticas y el procesamiento de variables meteorológicas mediante series temporales. Este planteamiento permite identificar patrones, tendencias y anomalías climáticas, contribuyendo a evidencia cuantitativa para el entendimiento del comportamiento de los eventos y su relación con las variables climáticas.

El estudio se mantiene en un enfoque cuantitativo de carácter explicativo-correlacional, encaminado a establecer relaciones considerables entre variables climáticas y la ocurrencia de desastres, con el propósito de generar información útil para la toma de decisiones en el ámbito de la planificación territorial y reducción del riesgo. Por último, los resultados alcanzados buscan contribuir no solo al conocimiento del ámbito de la gestión de riesgos, sino de igual manera al diseño de medidas técnicas y operativas que aumenten la resiliencia del cantón Guaranda frente a eventos naturales.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal analizar la relación entre la variabilidad climática y la ocurrencia de desastres naturales en el cantón Guaranda, con el fin de proponer medidas de prevención y mitigación que contribuyan a la reducción del riesgo. Para ello se trabajó con una base de datos de variables climáticas (precipitación, temperatura media, humedad relativa y velocidad del viento) y el registro del número de eventos ocurridos en el período 2016 - 2025.

Se empleó un modelo de análisis de correlación de Spearman para establecer la relación entre las variables, después un modelo de regresión lineal múltiple lo cual permitió estimar la incidencia de las variables climáticas sobre la ocurrencia de desastres naturales. Los resultados arrojaron que la precipitación y la humedad muestran una relación estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el número de eventos registrados. No obstante, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.165$) mostró que las variables climáticas explican el 16.5% de la variabilidad del fenómeno, lo que indica un nivel de explicación limitado y que los eventos son debidos a otros factores.

Por otra parte, la prueba de multicolinealidad con base en el factor de inflación de la varianza (VIF) confirmó la estabilidad estadística del modelo, sin que se presentaran problemas de correlación elevada entre las variables. Con base en los resultados alcanzados, se presenta una propuesta dirigida a la prevención y mitigación de desastres, centrada en cuatro ejes estratégicos. La implementación de estas acciones contribuirá a que el cantón reduzca su vulnerabilidad y aumente su resiliencia ante eventos adversos.

Palabras claves: Variabilidad climática, desastres naturales, correlación de Spearman, prueba de multicolinealidad, regresión lineal múltiple, precipitación.

ABSTRACT

The main objective of this research project was to analyze the relationship between climate variability and the occurrence of natural disasters in the Guaranda canton, in order to propose prevention and mitigation measures that contribute to risk reduction. To this end, a database of climatic variables (precipitation, average temperature, relative humidity, and wind speed) and records of the number of events that occurred between 2016 and 2025 were used. A Spearman correlation analysis model was employed to establish the relationship between the variables, followed by a multiple linear regression model, which allowed for estimating the impact of climatic variables on the occurrence of natural disasters. The results showed that precipitation and humidity exhibit a statistically significant relationship ($p < 0.05$) with the number of recorded events. However, the coefficient of determination ($R^2 = 0.165$) showed that climatic variables explain 16.5% of the variability of the phenomenon, indicating a limited level of explanation and that the events are due to other factors.

Furthermore, the multicollinearity test based on the variance inflation factor (VIF) confirmed the statistical stability of the model, with no high correlation problems between the variables. Based on the results obtained, a proposal for disaster prevention and mitigation is presented, centered on four strategic axes. The implementation of these actions will contribute to the canton reducing its vulnerability and increasing its resilience to adverse events.

Keywords: Climate variability, natural disasters, Spearman correlation, multicollinearity test, multiple linear regression, precipitation.

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del Problema

La variabilidad climática se ha visto que probablemente influye en la incidencia y gravedad de los desastres naturales, debido a que altera los patrones meteorológicos y puede generar fenómenos extremos que afectan tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas de diversas formas.

La variabilidad climática hace referencia a las variaciones del clima en cortos periodos de tiempo, lo que la diferencia del cambio climático. Se evalúa mediante la identificación de anomalías entre los valores registrados de una variable y su promedio histórico. El cantón Guaranda presenta un clima templado de montaña con varianzas a lo largo del año. La temperatura oscila entre los 7 °C y 19 °C, con pocas fluctuaciones extremas. La precipitación es alta durante la temporada lluviosa, que va de diciembre a mayo, con febrero como el mes más húmedo, registrando hasta 163 mm de lluvia. (Fonseca, 2019)

Los desastres naturales a su vez, son alteraciones bruscas o inesperadas en el entorno natural, cuyas consecuencias pueden ocasionar daños materiales y pérdidas humanas. Estos eventos, que ocurren sin la intervención del ser humano, incluyen fenómenos como terremotos, inundaciones, sequías, entre otros. En el cantón Guaranda, los desastres más comunes son las inundaciones, deslizamientos, hundimientos y vendavales. Se concentran en parroquias especificas debido a su topografía y clima, en San Luis de Pambil se concentran eventos por vientos fuertes, la parroquia Julio Moreno es vulnerable a aluviones, las parroquias Ángel Polibio Chaves, Veintimilla y Guanujo son vulnerables a deslizamientos y en los páramos andinos del cantón son vulnerables a incendios forestales. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2016). Además, Guaranda se encuentra sobre una falla geológica, lo que podría generar sismos de diversas

intensidades con efectos impredecibles, como la destrucción de infraestructuras y sistemas eléctricos, y especialmente la pérdida de vidas. (Paucar Camacho & Córdova Yánez, 2008)

La necesidad de realizar este trabajo de investigación, radica en la urgencia de comprender cómo la variabilidad climática influye en la ocurrencia e intensidad de los desastres naturales en el cantón Guaranda, un territorio vulnerable por su ubicación geográfica y características topográficas. A pesar de que existen estudios previos en la región, no se ha analizado de forma específica la relación entre la variabilidad climática y los desastres naturales en Guaranda.

Esta ignorancia no permite la formulación de estrategias adecuadas de prevención y mitigación ante eventos tales como aluviones, caída de ceniza volcánica, sismos, que la población sufre con regularidad. Por tanto, se requiere un estudio que permita realizar un análisis sistemático, a fin de establecer patrones de variabilidad climática y de desastres naturales ocurridos en el cantón, que proporcione información básica para la toma de decisiones y gestión del riesgo.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo influye la variabilidad climática en la incidencia de desastres naturales en el cantón Guaranda?

1.3 Justificación

El presente estudio busca comprender la relación entre la variabilidad climática y la incidencia de desastres naturales en el cantón Guaranda, con el propósito de generar conocimiento que permita mejorar la gestión del riesgo y la planificación territorial. La variabilidad climática puede modificar la frecuencia y la intensidad de estos desastres lo que genera impactos considerables en la población y la infraestructura de la región. Con

este análisis se espera brindar información básica para la prevención y mitigación de las amenazas. Entre 2016 y 2025, se registraron más de 88 eventos adversos constatados por la secretaría de gestión de riesgos del cantón, entre ellos fue la actividad volcánica, deslizamientos, vendavales, inundaciones entre otros, afectando a las familias del cantón aproximadamente 51.299 familias en el período de tiempo mencionado.

Esta investigación es relevante porque cubre un vacío en el estudio sobre las consecuencias de la variabilidad climática en los eventos extremos en el cantón Guaranda. A pesar de que existen estudios sobre riesgos naturales en la región, no se ha analizado detalladamente la influencia de los cambios climáticos en la ocurrencia de estos fenómenos. Al identificar patrones y tendencias, será posible diseñar estrategias de adaptación más efectivas, reduciendo los impactos negativos en la comunidad.

Los beneficiarios directos de este estudio son las autoridades locales, las instituciones de gestión de riesgos, la población de Guaranda y especialmente los estudiantes de la UEB, debido a que mediante estos datos podrán seguir con el análisis o consulta para futuras investigaciones relacionadas con la variabilidad climática, tanto a la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres como a carreras afines. Por otro lado, con los resultados obtenidos, se podrán tomar decisiones de prevención, planificación urbana y respuesta ante emergencias. Además, este trabajo puede contribuir al desarrollo de políticas públicas que fortalezcan la resiliencia de la comunidad ante eventos extremos, minimizando pérdidas humanas y económicas.

Como innovación, este estudio propone un enfoque integral basado en el análisis histórico de la variabilidad climática, para comprender la relación que existe con la ocurrencia de los desastres naturales. Se utilizarán datos históricos y la creación de series temporales que permitirán observar datos en intervalos de tiempo para en un futuro

generar herramientas de alerta temprana y estrategias de mitigación ante desastres adaptadas a la realidad del cantón Guaranda.

Finalmente, aunque se reconoce la limitación de información específica sobre la relación entre la variabilidad climática y los desastres naturales en Guaranda, esta investigación es factible gracias a la recopilación de datos disponibles en fuentes meteorológicas, registros de desastres pasados y estudios previos sobre riesgos en el cantón.

1.4 Objetivos: General y Específicos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la variabilidad climática en la incidencia de desastres naturales en el cantón Guaranda mediante el análisis estadístico de variables meteorológicas y registros históricos de eventos con la finalidad de proponer medidas de reducción del riesgo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir la variabilidad climática en el cantón Guaranda partiendo del análisis de datos históricos.
- Identificar los principales eventos ocurridos en el cantón Guaranda.
- Evaluar la relación entre las variaciones climáticas y la ocurrencia de Desastres naturales.
- Proponer medidas de prevención y mitigación para la reducción del riesgo de desastres naturales en el cantón Guaranda.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula (H0)

La variabilidad climática no incide en los desastres naturales en el cantón Guaranda

1.5.2 Hipótesis alterna (HA)

La variabilidad climática incide en los desastres naturales en el cantón Guaranda

1.6 Variables (Operacionalización)

Variable independiente:

Variabilidad climática

Variable dependiente:

Desastres naturales

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Nombre de la Variable	Descripción de la variable	Dimensión	Indicador	Ítem/escala
Variabilidad Climática	La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones en las condiciones promedio del clima y otros indicadores estadísticos en diferentes escalas de tiempo y espacio, más allá de los fenómenos meteorológicos específicos. (IDEAM, s.f.)	Temperatura	Temperatura máxima, media y mínima mensual.	°C (escala de razón)
		Precipitación	Precipitación promedio mensual.	mm (escala de razón)
		Humedad relativa	Humedad relativa promedio mensual.	Porcentaje (%) – escala de razón
		Viento	Velocidad del viento promedio mensual.	m/s (escala de razón)
Nombre de la Variable	**Descripción de la variable**	**Dimensión**	**Indicador**	**Ítem/escala**
Desastres naturales	Un desastre natural es un suceso devastador originado por procesos propios de la tierra. (Editorial RSyS, 2022)	Frecuencia de desastres	Número de eventos por año	Conteo (Escala de razón)
		Distribución espacial	Número de eventos por sector	Conteo (Escala de razón)
		Temporalidad	Meses o estación del año con mayor incidencia	Escala nominal (meses), escala ordinal (estación húmeda – seca)

Nota. Tabla de operacionalización de variables, dimensiones, indicadores y escalas empleadas para el análisis de la variabilidad climática y los desastres naturales. Fuente: Elaboración propia (2025).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Referencial o Georreferencial

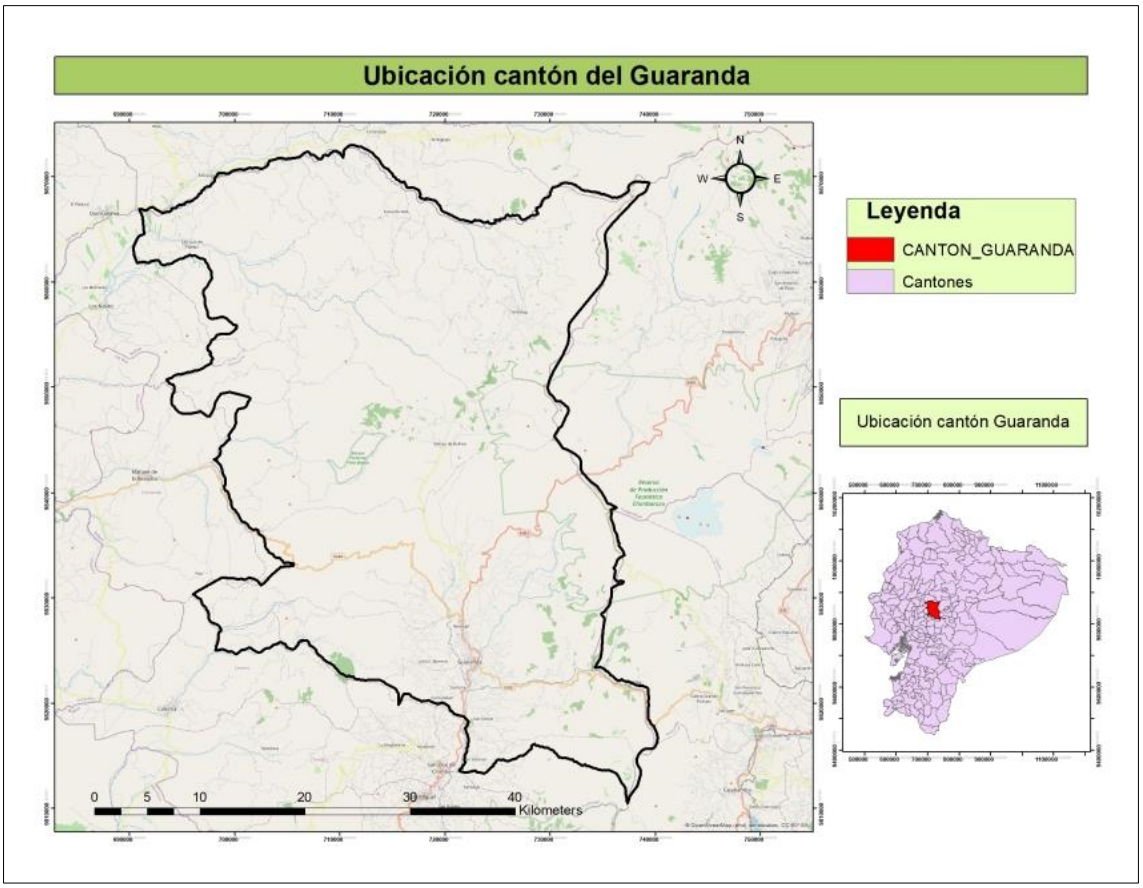
El área de estudio es el cantón Guaranda, ubicado al noroeste de la provincia de Bolívar, Ecuador, se localiza en la hoya de Chimbo. Tiene una superficie de 1.897,8 km2, y se encuentra a 2.668 msnm, en la latitud -1.59263 y longitud -79.00098. El cantón presenta un clima subtropical con una extensa temporada seca de mayo a octubre, y un clima montañoso templado que varía a lo largo del año.

Las temperaturas oscilan entre los 7 °C y 19 °C, en páramos fríos, las temperaturas descienden hasta 4 °C - 7 °C, mientras que, en las zonas de clima subtropical cálido, alcanzan los 18 °C - 24 °C. Las precipitaciones presentan variaciones estacionales y se encuentran influenciadas por fenómenos climáticos de gran escala, como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), que puede aumentar las precipitaciones o causar periodos de sequía prolongada. Para el monitoreo de las condiciones meteorológicas, el cantón cuenta con la Estación Meteorológica EMD-G, que proporciona registros esenciales para el análisis de la variabilidad climática. Debido a su ubicación geográfica y a las constantes precipitaciones, se producen frecuentes deslizamientos en el cantón. (Ecured, 2025)

Según el censo del 2021, el cantón Guaranda cuenta con 81.643 habitantes entre los cuales 39.462 son hombres y 42.181 son mujeres y se encuentran divididos en la zona rural y urbana del cantón. Por otro lado, la división política es la siguiente, en cuanto a las parroquias urbanas son: Ángel Polibio Chávez, Gabriel Ignacio Veintimilla y Guanujo; y en cuanto a las parroquias rurales son: Salinas, Simiatug, San Simón, San Lorenzo, Santa Fe, Julio Moreno, Facundo Vela y San Luis de Pambil. (Alcaldía de Guaranda, 2025)

Gráfico 1.

Mapa de ubicación del cantón



Nota. Ubicación geográfica del cantón Guaranda dentro de la provincia de Bolívar, representa la delimitación territorial del cantón y su localización a nivel nacional. Fuente: Elaboración propia (2025).

2.2 Antecedentes (académicos y artículos de investigación)

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, en uno de sus trabajos de titulación, mediante su autor Verdezoto (2017), aborda el tema del **diagnóstico de la resiliencia al cambio y variabilidad climática en la ciudad de Guaranda**, desde una metodología de construcción de un diagrama ombrotérmico de Gaussen que es un climatograma o también gráficos de distribución Pp – Plot tanto de temperatura como de precipitación, con datos conseguidos de la estación meteorológica de Chillanes. La conclusión es que

no se detectaron cambios en la precipitación, ya que las acumulaciones anuales están dentro de los límites extremos que representan el 95% de confianza del error estándar medio. En relación a las fluctuaciones de temperatura, sólo hubo un año anómalo con 27; esto demuestra que el callejón interandino tiene un clima estable debido a su relieve particular. Por lo tanto, los datos muestran un comportamiento normalizado debido a que los valores de asimetría y curtosis están dentro del intervalo de -1 a 1, y los valores de la media y la mediana son muy similares. Este trabajo aporta a nuestra investigación debido a que ya se realizó un estudio previo acerca de la variabilidad climática en nuestra área de estudio, esta información es fundamental para el trabajo.

Según Jaramillo (2020) acerca del **análisis de la variabilidad climática en el cantón Tosagua provincia de Manabí**, la investigación emplea una metodología de tipo estadística que incluye el cálculo de medias y varianzas, considerando la cantidad de datos tomados en el período 2004-2018 por el INAMHI. Así mismo, se toma en cuenta las variables de precipitación y temperatura, que se procesaron mediante cálculos estadísticos apropiados para realizar predicciones climáticas, además, nos indica que los factores meteorológicos no son permanentes, ni fijas ni inmutables, sino que mantienen una intensa actividad a lo largo de los años. El estudio del comportamiento de las variables promedio para el cantón Tosagua produjo una predicción que muestra una tendencia positiva (incremento de lluvias) para precipitación y desfavorable (enfriamiento) de la temperatura en relación a los años posteriores, además, los resultados mostraron incrementos notables en las precipitaciones en el sur de Brasil, Uruguay y el centro noreste de Argentina, el noroeste de Perú y Ecuador, en cambio reducciones parciales en el centro-sur de Chile, suroeste de Argentina y sur de Perú. La proyección derivada a el análisis de valores promedio sugiere una tendencia ascendente para precipitación, así que se espera un aumento de lluvias, en el caso de la temperatura mostró una tendencia a la

baja, lo que sugiere que habrá una reducción en el clima del cantón Tosagua, provincia de Manabí.

Soria y Vásquez (2025) en su investigación de **Impacto del cambio climático mediante la variabilidad de la precipitación y temperatura en el cantón Lago Agrio**, presenta un enfoque global que integró la recolección y el análisis de información climáticos desde 2013 hasta 2023 y la aplicación de modelos climáticos para visualizar posibles escenarios futuros. El análisis estadístico de datos brindo información sobre las variaciones climáticas pasadas, mientras que el modelado climático facilitó la exploración de cambios futuros posibles en la precipitación y la temperatura, también se utilizaron isoyetas e isotermas para establecer la transformación que ha experimentado a lo largo del tiempo.

Este trabajo de investigación nos sirve debido a que podremos ver cómo se ha obtenido la variabilidad climática de esta zona. Además, como se realizaron los gráficos de las líneas de tendencia de las variables climáticas estudiadas que son la precipitación y la temperatura. En esta investigación también estudian acerca de los eventos adversos que tiene el cantón Lago Agrio, en la que se indica que está expuesta a sucesos extremos, como sequías, inundaciones y olas de calor, que pueden incrementar con el cambio climático y tener grandes impactos en la infraestructura y en la seguridad alimentaria de la comunidad, al igual que nuestro trabajo es analizar todos los antecedentes de desastres naturales ocurridos en el cantón Guaranda entre 2026 y 2025.

Pérez (2020) aborda el tema de **Estudio sobre el cambio climático en la provincia de orellana,** se recopiló y analizó los datos procedentes de la red de estaciones del (INHAMI). En la cual se obtuvo datos mensuales de diferentes variables climáticas y se hicieron tablas para examinarlas realizando un control de calidad de los datos, por otro lado, así también se completaron los vacíos de meses de dichas series de las tres

estaciones establecidas para cada parámetro. Por medio de gráficos se pudo observar las tendencias climáticas de la temperatura y la precipitación, como han ido cambiando con el pasar del tiempo. Los resultados evidenciaron que las precipitaciones aumentaron en dos de las tres estaciones, en la estación que no hay aumento puede ser por varios factores, debido a que en esta área la deforestación es bastante intensa por este motivo puede haber afectado en la reducción de las precipitaciones de los años (2012 – 2016) comparado con la normal para esta estación (1981-2010).

Finalmente Chirinos (2023) en su investigación titulada **Variabilidad climática y cambios de cobertura de la tierra en los caudales de cabecera de Cuenca del río Cabanillas – Perú,** que fue una investigación no experimental, que usó datos de estaciones meteorológicas e hidro métricas que se encuentran dentro del área de estudio, considerando las variables de temperatura y precipitación, por medio del software Hydraccess se determinó la homogeneidad climatológica de las estaciones meteorológicas seleccionadas. El análisis de variabilidad climática de cada parámetro hidrometeorológico se ejecutó para cada subcuenca, con las medias de los promedios reales y con el método de las anomalías, como resultados se obtuvo que la precipitación se caracteriza por tener una alta variabilidad por debajo de lo normal, la misma que va acompañada con una disminución característica en presencia de cualquiera de las fases del niño oscilación sur, siendo muy leves solamente durante el niño fuerte y la niña fuerte.

Los estudios investigativos revisados contribuyen significativamente a nuestra tesis ya que analizan desde diferentes perspectivas la relación entre el clima y sus efectos. La investigación de Verdezoto (2017) es particularmente importante al centrarse en Guaranda y proporcionar un análisis climático histórico a nivel local con información que muestran estabilidad térmica y precipitaciones, lo que posibilita determinar su punto de

partida para nuestro proyecto de investigación. Jaramillo (2020), en el contexto de Tosagua, utiliza metodologías estadísticas para detectar tendencias futuras de lluvia y temperatura, proporcionando un sistema útil para anticipar eventuales escenarios climáticos en Guaranda. Por su parte, Soria y Vásquez (2025) observan como ha sido el impacto del cambio climático por medio de la variabilidad de la precipitación y temperatura en el cantón Lago mediante análisis de datos históricos por medio de representación de isoyetas. El estudio de Pérez (2020) aborda el tema de estudio sobre el cambio climático en la provincia de orellana, donde ven tendencias climáticas en el sector en el cual analizan datos históricos de diferentes estaciones meteorológicas.

Finalmente, la investigación de Chirinos (2023) en Perú emplea el uso datos de estaciones meteorológicas e hidro métricas, además de considerar las variables de temperatura y precipitación, se usó el software Hydraccess se determinó la homogeneidad climatológica.

2.3 Científico (bases teóricas en la que fundamenta la investigación)

- **Variabilidad climática**

La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones o a las distintas propiedades estadísticas del clima en cada una de las escalas temporales y espaciales. Asimismo, la variabilidad climática contribuye a entender las razones de los sucesos extremos y, en términos generales, de los procesos antropogénicos. Así, la variabilidad climática tendrá dos señales: una interna, que se relaciona con los procesos naturales del sistema climático, y otra externa. asociadas con las variaciones debidas al forzamiento antropogénico. (Arenas, 2021)

Causas y consecuencias de la variabilidad climática

La variabilidad climática incide de manera muy significativa generando condiciones lluviosas en algunas regiones y sequías en otras de acuerdo a la estación del

año. Los fenómenos asociados con la variabilidad climática como El Niño y La Niña, modifican la temperatura global, las precipitaciones y otros aspectos del clima durante años o décadas. (Argeñal, 2014)

Ejemplos de variaciones climáticas son el ciclo diario de la temperatura, las estaciones climáticas de las regiones extremas, las temporadas anuales de invierno y verano de las regiones tropicales, las temporadas de huracanes, Madden y Juliana y el swing de ENOS. Los fenómenos atmosféricos formados a partir de la energía disponible en agua caliente en los mares, y ENOS (niño oscilante del sur), cuyo origen se muestra como resultado del calentamiento o enfriamiento de agua superficial en el Pacífico tropical contribuyen a la variación climática. (Revista Geociencias SURA, 2020)

Método de análisis de variabilidad climática

Los métodos dendroclimáticos permiten la detección espacial y temporal de anormalidades climáticas en este rango y su comparación con la situación actual. Además, se puede crear un sistema utilizando fitoclimatología, y se pueden entender los efectos de las condiciones climáticas. La dendroclimatología es una disciplina científica que utiliza una variedad de métodos y técnicas para analizar árboles y obtener información sobre el clima anterior. Esta herramienta nos permite comprender las variaciones climáticas con el tiempo y su relación con los factores ambientales. (Universidad Politécnica de Madrid, 2009)

Indicadores de la variabilidad climática

Los indicadores climáticos describen los cambios significativos que se dan en el clima.

Temperatura en la superficie: La energía cinética de las partículas que constituyen una masa se refleja en la temperatura. Es un valor que puede medirse en los

entornos donde se desarrolla la actividad humana, y para ello se utiliza un termómetro, el cual proporciona resultados en grados Celsius o Fahrenheit. (Geo innova, 2018)

Temperatura en el mar: En los últimos años aproximadamente el 90% del calor que ha retenido el planeta se ha almacenado en los océanos, lo que convierte en un indicador importante del calentamiento. La temperatura del mar es medida en grados Celsius (ºC), que refleja este contenido de calor. (Geo innova, 2018)

Gases de Efecto invernadero: Es un fenómeno climático que ocurre cuando la radiación térmica emitida por la superficie terrestre, en lugar de escapar al espacio, queda atrapada por los gases de efecto invernadero (GEI) acumulados en la atmósfera como resultado de la contaminación, especialmente por compuestos de carbono. Esta retención de calor produce un aumento en la temperatura total del planeta. (Geo innova, 2018)

Precipitaciones: Las precipitaciones pueden ser afectados por la variación climática, esto puede causar cambios en los patrones de precipitación, como el aumento o disminución de las precipitaciones. Así mismo el aumento de precipitaciones pueden causar inundaciones y al contrario la disminución de precipitaciones puede provocar escasez de agua y sequias. (Ruiz, 2023)

Humedad: La humedad es un índice notable de la variabilidad del clima. Las variaciones en la humedad, tanto en el aire como en el suelo, pueden demostrar diferentes alteraciones en las condiciones climáticas. Al ser un elemento muy importante del ciclo hidrológico, la humedad en sí, resulta útil para observar los cambios climáticos. Por ejemplo, cambios en la humedad relativa pueden mostrar qué tan saturado está el aire de vapor de agua, lo cual esto influye directamente en la temperatura y las lluvias. (Ruiz, 2023)

Vientos: El viento puede ser descrito como una circulación de aire que surge debido a las variaciones de presión en la atmósfera, generalmente causadas por cambios

en la temperatura. El aire se desplaza desde áreas de mayor presión hacia aquellas de menor presión, creando un equilibrio por medio de la transferencia de energía entre zonas de distintas temperaturas, lo que genera un movimiento de masas de aire, dando lugar al viento. (González et al., 2025)

- **Desastres naturales**

Los desastres no son naturales en sí mismos sino son entendidos como procesos o resultados de una interacción entre una amenaza natural, socio – natural, antrópica, en condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta, con efectos de connotación negativa que afectan parte o la totalidad del medio ambiente, a las personas y sus bienes. (Ferrando A., 2015)

Los desastres naturales pueden ser de diferentes tipos como terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis, inundaciones, deslizamientos de tierras, etc. Algunos de estos desastres son recurrentes, sobre todo en ciertas partes del territorio, mientras que otros son más raros o se hallan restringidos a determinadas áreas geográficas. Los desastres naturales causan pérdidas humanas o materiales y, a menudo tienen un grave impacto en la sociedad. Los desastres naturales son causados por la aparición de fenómenos naturales extremos, que afecta negativamente a la población en un lugar en particular, y también pueden ocurrir debido a cambios geodinámicos internos. (ORDAZ, 1988)

Tipos de desastres naturales

Los desastres naturales pueden ser de tipo geológico que son eventos que afectan la superficie de la tierra, como son los sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, deslizamientos de tierra. también pueden ser desastres de tipo meteorológico que como su nombre lo dice son procesos naturales que se originan durante los ciclos

meteorológicos, esto incluye huracanes, tornados, tormentas, sequias, inundaciones e incendios forestales. (Colegio Santa Rosa, 2024)

Deslizamiento: Es el desplazamiento de rocas, tierra o material suelto desde una ladera, que puede ocurrir de manera lenta o repentina, generalmente provocado por lluvias intensas o movimientos sísmicos. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2026)

Tipos de deslizamientos:

- **Rotacional:** movimiento curvo en suelos cohesivos.
- **Traslacional:** desplazamiento en línea recta sobre una superficie plana.
- **Caída de rocas:** desprendimiento libre desde pendientes pronunciadas.
- **Flujo de lodo:** mezcla de agua y sedimentos que fluye de manera rápida.

Sismo: Son movimientos o vibraciones que ocurren y generan en el interior de la Tierra y se propagan en forma de ondas. Ocurren debido al movimiento y choque de las placas tectónicas, las cuales al colisionar liberan energía que provoca estos fenómenos. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2026)

- **Tectónicos:** causados por el movimiento de placas.
- **Volcánicos:** asociados a actividad volcánica.
- **De colapso:** producidos por hundimientos subterráneos.
- **Inducidos:** provocados por actividades humanas.

Inundación: Son acumulaciones o desbordes temporales de agua que invaden áreas que normalmente permanecen secas. En ciertos casos se deben a fuertes precipitaciones durante periodos largos. (Ready.gov, 2026)

- **Fluviales:** desbordamiento de ríos.
- **Pluviales:** por lluvias intensas en zonas urbanas o rurales.
- **Costeras:** provocadas por mareas o tormentas marinas.
- **Por rotura de presas:** debido a fallas en infraestructura hidráulica.

Aluvión: Es una corriente de lodo y agua que desplaza material suelto a través de laderas, quebradas o cauces. Puede recorrer grandes distancias desde su punto de origen y a medida que desciende incrementa su volumen, alcanzando altas velocidades en su trayectoria. (SENAPRED, 2026)

- **Flujos de detritos:** mezcla de rocas, lodo y agua.
- **Flujos de lodo:** mayor proporción de material fino.
- **Aluviones torrenciales:** alta velocidad y gran poder destructivo.
- **Aluviones volcánicos (lahares):** asociados a erupciones volcánicas.

Incendio Forestal: Es un fuego que se extiende de manera descontrolada, principalmente en áreas rurales, afectando la vegetación como árboles, matorrales, pastizales y cultivos. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2026)

- **Superficiales:** afectan pastos, hojas y vegetación baja.
- **De copa:** se propagan en la parte alta de los árboles.
- **Subterráneos:** queman materia orgánica bajo el suelo**.**

Medidas de reducción ante desastres naturales

- Sistema de Alerta Temprana ante eventos climáticos extremos.
- Brindar asistencia técnica al municipio acerca de la formulación de proyectos para la reducción del riesgo de desastres.
- Tener un conocimiento de las amenazas y riesgos a los que se encuentra expuesta. (UNGRD, 2012)

Desastres en el Ecuador

Ecuador es un país muy propenso a desastres de origen natural ya que, debido a su ubicación geográfica, se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico, además de ser una zona de alta actividad sísmica lo que lo hace susceptible a terremotos, erupciones volcánicas. Entre los desastres que afectaron significativamente al Ecuador están:

Erupción del volcán Tungurahua en 1773

La gran erupción del volcán Tungurahua se caracterizó por la expulsión masiva de piroclastos, flujos de lava y nubes ardientes. El derretimiento de su casquete de nieve provocó lahares y corrientes de lodo que arrastraron rocas y escombros. La lava se deslizó a través de múltiples quebradas hasta los ríos Chambo y Patate, creando un dique natural que los mantuvo represados por 24 horas. Tras esta erupción, el Tungurahua mantuvo una actividad constante hasta 1782, periodo en el que se observaban con frecuencia columnas de humo y explosiones menores.

El asentamiento inicial de Baños, Fundación Santo Domingo, fue destruido por los flujos de lodo, lo que llevó a los residentes a trasladarse al lugar donde ahora se encuentra la ciudad. Numerosas haciendas adyacentes, zonas a orillas del río, caminos y puentes también sufrieron daños. Hubo informes de nubes de fuego severas que provocaron inundaciones e incendios. En las áreas agrícolas afectadas, se perdió toda la producción y millas de ganado perecieron (Instituto Geofísico, 2025).

Terremoto del 5 de agosto de 1949 en Pelileo

El terremoto ocurrido el 5 de agosto de 1949, conocido como el Terremoto de Ambato o de Pelileo, tuvo un impacto altamente destructivo, en gran parte por los deslizamientos masivos provocados por las condiciones del terreno en Pelileo. El epicentro se ubicó en una falla al sur de la Nido Sísmico de Pisayambo, a unos 20 kilómetros al noreste de Pelileo. La magnitud estimada con base en las intensidades fue de 6.8 y el sismo se generó a una profundidad menor a 15 kilómetros.

El sismo causó más de 6.000 muertos, unos 100.000 damnificados e impactó en una zona de alrededor de 1.920 km². Pelileo (destrucción total), Píllaro (90%), Guano (80%) y Ambato (75%) fueron las ciudades más afectadas. Entre los más notorios están las grietas en el suelo, derrumbes, cambios en el paisaje y fenómenos derivados tales

como la licuefacción, en La Moya especialmente, donde este fenómeno se ha presentado en otros temblores.

Los daños alcanzaron también a provincias cercanas como Cotopaxi, Bolívar, Pichincha y Pastaza, y el sismo se sintió en gran parte del país. Este terremoto es considerado uno de los más devastadores del siglo XX en Ecuador, con pérdidas materiales inmensas y consecuencias socioeconómicas que impactaron al país. (Insituto Geofísico, 2013)

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Pedernales

El 16 de abril del año 2016, un terremoto de magnitud 7.8 Mw en la escala Richter y a una profundidad de 20 km, causó la muerte a 676 personas, heridas a otras 6.274 y obligó a desplazar a unas 80.000 más. El terremoto causó muchos daños, especialmente en las zonas de mayor vulnerabilidad física y socioeconómica, además hubo pérdidas económicas que superaron los 3.000 millones de dólares, esto lo convierte en uno de los sismos más destructivos en la historia de Ecuador y de la región. En la ciudad de Pedernales, los espectros de aceleración registrados superaron los límites establecidos por la NEC, logrando evidenciar un alto poder destructivo, especialmente en edificaciones con menos resistencia sísmica o estructuras flexibles. (Frau, 2024)

Deslizamiento del 26 de marzo de 2023 en Alausí

El 26 de marzo de 2023, a las 21h13, se produjo un deslizamiento en el cantón Alausí, al sur de la provincia de Chimborazo, en donde ya se había detectado una falla geológica. Este evento movilizó aproximadamente 124.700 metros cúbicos de tierra en tan solo 50 segundos, alcanzando velocidades que oscilaron entre 9,4 y 54,7 km/h. El deslizamiento cubrió un área de 232.000 metros cuadrados, con espesores de material depositado, alcanzando hasta 19 metros en las proximidades del estadio. Este deslizamiento fue ocasionado debido a que el cantón Alausí cuenta con un suelo arenoso

y erosionado y con pendientes, lo cual lo convierte en una zona de alto riesgo. (Instituto Geofísico, 2023)

DESASTRES EN EL CANTÓN GUARANDA

Deslizamiento en la parroquia Guanujo sector Tambo Real

El deslizamiento fue ocasionado por fuertes lluvias, UMEVA Los Ríos, informa que debido a las fuertes precipitaciones registradas en horas de la tarde del 11/04/2016, se produjo un deslizamiento de tierra, el cual obstaculizó la vía en su totalidad. Además, indicó que hubo cuatro vehículos atrapados en el deslizamiento, producto del mismo resultaron dos personas heridas que fueron trasladados por personal del MSP hasta el Centro de salud de Echeandía. Así mismo, MTOP-B, realizó las labores de limpieza de la vía y rescate de los vehículos. No se reportaron personas fallecidas.

Sismo en la parroquia San Simón

La Tenencia Política de San Simón, indicó que a causa del sismo con magnitud 6.2 en la escala de Richter con epicentro en Cumandá, varias viviendas fueron afectadas. El COE Provincial se activó el 06/09/2018 para realizar acciones por el sismo. Analista de respuesta de la SGR-B, mediante informe de EVIN indica que resultaron afectadas 20 viviendas.

Inundación en la parroquia San Luis de Pambil

El evento fue a causa de las fuertes precipitaciones, la Sala Operativa Bolívar del ECU 911 y Tenencia Política de San Luis de Pambil, informan que se produjo el desbordamiento del río Chiguipe, del cual afectó a cuatro viviendas por el ingreso de agua, una de ellas implico pérdida de enseres; posterior al evento el caudal del rio se encontró en estado normal. No se reportaron personas heridas ni fallecidas.

Aluvión en la parroquia Guanujo, sector Quilitagua

Policía Nacional y el SNGRE-B, informan que por el motivo de las lluvias registradas en el sector se originó un aluvión, el cual arrastró hacia la quebrada a una menor de edad de sexo femenino. Cuerpo de Bomberos realizó la búsqueda del cadáver por el lugar pensando que estaba enterrada, posterior a eso moradores informaron que fue encontrada sin signos vitales en un río por el sector de Las Cochas. Fiscal de turno con apoyó de la DINASED realizaron el levantamiento del cadáver.

Deslizamiento en la parroquia Guanujo

Técnico de SGR-Bolívar, mediante informe EVIN, indica que el 29/03/2016 se suscitó precipitaciones de alta intensidad, lo que provocó un deslizamiento de tierra de una parte del talud, dejando una hectárea de cultivos de mora destruida, de la familia Bayas. El deslizamiento se dio debido a que gran cantidad de agua se acumuló y bajo por la vía principal Guanujo-Echeandía, esto sumando al taponamiento de una alcantarilla de aguas lluvias en la comunidad de Illuvi. Además7 viviendas ubicadas al costado izquierdo de la vía principal se encuentran en alto riesgo, debido a que están asentadas sobre el talud que está en proceso de deslizamiento. No se reportan personas heridas, ni fallecidas.

2.4 Legal

Constitución

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su

ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Ley orgánica para la gestión integral del riesgo de desastres

Art. 8.-Complementariedad entré la gestión del riesgo de desastres, la gestión ambiental, la mitigación y adaptación al cambio climático. -La planificación nacional, sectorial y territorial (Gobiernos Autónomos Descentralizados y de los Regímenes Especiales) contemplará la complementariedad de las inversiones e iniciativas públicas y privadas para la gestión del riesgo de desastres, la gestión ambiental, la mitigación y la adaptación al cambio climático. Con este propósito, de manera coordinada, el ente rector de la gestión integral del riesgo de desastres y la Autoridad Ambiental Nacional, remitirán al ente rector de la planificación los enfoques de gestión integral del riesgo de desastres, la gestión ambiental, la mitigación y adaptación al cambio climático que deben constar en el Plan Nacional de Desarrollo; y, la Estrategia Territorial Nacional y los lineamientos vinculados con otros instrumentos de planificación territorial, así como en los lineamientos para instrumentos de planificación y ordenamiento territorial de los gobiernos autónomos descentralizados y regímenes especiales.

La planificación contemplará los recursos técnicos, financieros y operativos para el cumplimiento de los objetivos y metas que garanticen la complementariedad a la que se refiere está disposición.

En los procesos de planificación se garantizará la participación de las instituciones de educación superior y los organismos técnicos científicos.

Art. 6.-Procesos de la gestión integral del riesgo de desastres. -Los procesos de la gestión integral del riesgo de desastres son:

2. Prevención del riesgo de desastres. -Está orientado a evitar el riesgo de desastres para lo cual se intervendrá sobre la amenaza, la vulnerabilidad, las capacidades y el nivel de exposición. (LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES, 2024)

Marco de Sendai

Las prioridades de acción del Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres, como prioridad 1 que es la de comprender el riesgo de desastres, nos menciona que se debe "Promover la realización de estudios exhaustivos sobre el riesgo de desastres debidos a amenazas múltiples y la realización de evaluaciones y mapas regionales sobre los riesgos de desastres que incluyan situaciones hipotéticas sobre el cambio climático". (Naciones Unidas , 2015)

2.5 Conceptual (glosario de términos)

Anomalía climática: Desviación del valor de un elemento del clima respecto a su valor normal o valor de referencia. (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 2026)

Correlación: Relación entre dos variables numéricas que evalúa la tendencia en los datos. (inbestMe, 2022)

Desastre: Es una interrupción significativa en el funcionamiento de una comunidad, causada por la interacción de eventos peligrosos con condiciones de exposición y vulnerabilidad, lo que resulta en pérdidas. (Secretaria de Gestion de Riesgos, 2019)

Distancia de Cook: Estadísticamente utilizada en regresión lineal para detectar observaciones influyentes o valores anómalos. (Taneja, 2023)

Distribución espacial: Se refiere a la disposición de las características o recursos geológicos dentro de un área geográfica. (ScienceDirect, 2023)

El Niño Oscilación del Sur (ENOS): Es una interacción entre el Océano Pacífico tropical y la atmósfera global que produce episodios cíclicos de alteraciones en los patrones oceánicos y meteorológicos. (Secretaria de Gestion de Riesgos, 2019)

Estacionalidad: repetición de determinadas variaciones en alguna variable cada cierto período, normalmente igual o menor a un año. (BBVA, 2026)

Estación meteorológica: Conjunto de instrumentos empleados para evaluar y registrar datos del tiempo. Monitorea de manera constante los factores del entorno y almacena esos datos para su estudio y pronóstico. (Cordulus, 2025)

Evento adverso: Cambios severos en individuos, propiedades, servicios y el entorno, provocados por un evento natural o resultado de la acción humana. (Plan de prteccion escolar, 2026)

Fluctuaciones estacionales: Cambios recurrentes que pueden estar vinculados a las estaciones del año. (Bill in, 2025)

Homocedasticidad: Es una propiedad de un modelo de regresión lineal que sugiere que la variabilidad de los errores permanece constante en el tiempo. (López, 2022)

Incidencia: Manifestación que puede tener un impacto negativo o suceso que origina un inconveniente. (Chacon, 2025)

Método de Spearman: Medida estadística no paramétrica que evalúa la relación entre dos variables. (Parra, 2026)

Método Kalman: método utilizado en el análisis de series temporales para rastrear valores pasados, filtrar valores actuales y estimar valores futuros mediante la actualización recursiva de las variables de estado través de una función de corrección. (ScienceDirect, 2026)

Mitigación: La reducción de los efectos negativos de un suceso peligroso. (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres , 2017)

Oscilaciones: Representar los movimientos de tipo oscilante, similares al de un péndulo, o describir fenómenos cuya intensidad aumenta y disminuye de manera alterna. (Merino, 2022)

Proceso de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC): Son elementos esenciales de los procesos sistemáticos que aseguran la fiabilidad, la seguridad y el rendimiento de productos, sistemas y proyectos. (WTS Energy, 2024)

R^2 (Multiple R-squared): Coeficiente de determinación (R^2), se usa para estimar la relación entre dos o más variables independientes y una variable dependiente. (Fernando, 2026)

Riesgo: Es la probabilidad de sufrir daños, no solo debido a una amenaza sino también de la susceptibilidad y capacidad de respuesta. (Soliz, 2026)

SAT (Sistema de Alerta Temprana): Establece avisos para la comunidad con el fin de que adopten medidas de protección a tiempo y de forma adecuada. (SNGR, 2026)

Socavamiento: Proceso de erosión de una superficie o provocar su colapso al eliminar su soporte. (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2019)

SPI (Índice de Precipitación Estandarizado): Herramienta utilizada para cuantificar las anomalías de precipitación en diferentes escalas de tiempo. (Keyantash, 2025)

Valores atípicos: Son puntos de datos que se alejan de la línea de mínimos cuadrados. (Openstax, 2026)

Variabilidad climática: La variabilidad climática hace referencia a las fluctuaciones en las condiciones promedio del clima y otros indicadores estadísticos en diferentes escalas de tiempo y espacio, más allá de los fenómenos meteorológicos específicos. (IDEAM, s.f.)

Variables meteorológicas: Son características del clima cuantificables y que mediante su evolución facilitan la comprensión de la situación actual de la atmósfera. (El observador, 2018)

Vendaval: Viento fuerte acompañado de lluvia, granizo o sin lluvia. (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2019)

Vulnerabilidad: Es la falta de capacidad de una comunidad para hacer frente o reponerse ante amenazas, afectada por elementos económicos, sociales, culturales, institucionales, políticos y ambientales. (UNESCO, 2026)

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El presente proyecto se enmarca dentro de un tipo de investigación explicativo-correlacional. Es explicativa porque busca identificar y comprender las causas o relaciones existentes entre la variabilidad climática y la ocurrencia de desastres naturales, lo cual se evidencia particularmente en el tercer objetivo específico que es evaluar la relación entre las variaciones climáticas y la ocurrencia de desastres naturales.

De igual manera esta investigación es correlacional, debido a que se pretende analizar si hay una relación estadísticamente significativa entre variables climáticas y la frecuencia con que se originan estos eventos naturales adversos. Este tipo de investigación permite describir el comportamiento de las variables, sino también del mismo modo establecer vínculos cuantificables entre ellas, con ello se obtenga una base sólida para la respectiva toma de decisiones en materia de gestión del riesgo.

3.2 Enfoque de la investigación

El proyecto de investigación emplea un enfoque cuantitativo, ya que se centra en el análisis estadístico de las variables climáticas y registros históricos de desastres naturales en el cantón Guaranda. Este enfoque permite el procesamiento de variables numéricas como la precipitación, temperatura y frecuencia de eventos de origen natural, además que se pretende establecer relaciones que expliquen la incidencia de la variabilidad climática en los desastres naturales.

3.3 Métodos de Investigación

Método deductivo: el presente estudio adopta el método deductivo, ya que parte de principios y teorías generales relacionadas con la variabilidad climática y su influencia en la ocurrencia de desastres naturales, para luego contrastarlos con la realidad específica del cantón Guaranda. A través del análisis de datos climáticos históricos y registros de

eventos naturales, se busca verificar si verdaderamente hay una relación entre las variables y si existe incidencia de desastres naturales a causa de la variabilidad climática.

Este método permite establecer conexiones lógicas entre las variaciones climáticas y la incidencia de desastres, fundamentando la interpretación de los resultados en un marco teórico previamente establecido. De esta manera, proponer medidas de prevención y mitigación para la reducción de desastres naturales en el cantón Guaranda.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Para el desarrollo de esta investigación en el objetivo 1 se utilizarán instrumentos como geo portales, datos de la estación meteorológica ubicada en el cantón Guaranda y del proyecto que tiene como nombre "Análisis de datos de la red de sensores remotos para el monitoreo del estado del tiempo en los tres pisos climáticos de la provincia Bolívar en los periodos 2022 al 2024 – Primera etapa", a través de los cuales se recopilarán datos climáticos históricos para así describir la variabilidad climática. Así mismo, registros de variables climáticas de estaciones meteorológicas de la UEB; en el objetivo 2 se usó los registros de desastres naturales proporcionados por la SNGRE del cantón, los mismo que permitirán evaluar la relación entre estas dos variables de estudio. Para el objetivo 3 se hizo la revisión de metodologías y en el objetivo 4 revisión de bibliografías para plantear las medidas de reducción.

3.5 Universo, Población y Muestra

Población: registros históricos climáticos diarios del periodo 2016–2025 de la estación meteorológica que forma parte del proyecto de investigación ubicada en Guaranda y registros de desastres del cantón de estudio proporcionados por la secretaria de gestión de riesgos del cantón Guaranda.

3.6 Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

Para el procesamiento y análisis de la información en esta investigación, se emplearon herramientas estadísticas y tecnológicas que permiten un tratamiento eficiente de los datos. Se utilizó el software Rstudio, que nos resulta una herramienta esencial para gestionar y analizar extensiones grandes de información y Excel para procesamiento de datos históricos.

Rstudio se utilizó principalmente en la manipulación de bases de datos climáticas extensas y complejas, como datos de la estación meteorológica. A través de este software, se realizaron limpiezas de datos, creación de series temporales, identificar tendencias, y aplicar modelos de análisis de variabilidad climática.

Para el objetivo 1, describir la variabilidad climática en la ciudad de Guaranda partiendo del análisis de datos históricos, se utilizó el método de Kalman y se aplicó un proceso integral de control y aseguramiento de calidad (QA/QC). Las series de temperatura, humedad y viento fueron suavizadas mediante esta técnica, que corrige ruidos y valores atípicos manteniendo la tendencia, estacionalidad y comportamiento inherente de la serie temporal. La aplicación del método de Kalman fue fundamental para obtener series más estables y robustas, sin modificar la variabilidad natural existente en el clima local.

Para poder evaluar correctamente las condiciones de sequía y el exceso de humedad en el cantón, se aplicó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), la cual es una herramienta prioritariamente utilizada en climatología, que se usa para caracterizar anomalías hídricas en relación a los valores históricos.

En el presente estudio se examinó el SPI a escala temporal de tres meses (SPI-3), que es apropiada para estudiar cambios a corto y mediano plazo en la dinámica ambiental y agrícola del cantón. El SPI-3 facilitó la detección de períodos específicos, en los cuales

las precipitaciones estaban por encima o por debajo de la media, considerando a estos como períodos húmedos o secos según la intensidad del índice se graficaron los resultados.

Para el objetivo 2, identificar los principales desastres naturales ocurridos en Guaranda, se realizó un análisis descriptivo mediante tablas dinámicas y sus respectivos gráficos en Excel, utilizando datos históricos proporcionados por la SNGRE del cantón Guaranda. Esto permitió determinar, por año, cuáles fueron los eventos más frecuentes. Además, se realizó un mapa de distribución y densidad de los desastres ocurridos en el cantón Guaranda en el periodo de investigación, para ello se utilizó la herramienta de densidad Kernel (Kernel Density) para reflejar cuáles han sido las zonas más afectadas y por qué tipo de desastre fue afectado.

Para el objetivo 3, evaluar la relación entre las variaciones climáticas y la ocurrencia de desastres naturales en el cantón Guaranda, se aplicaron técnicas estadísticas de correlación y regresión, con el propósito de analizar tanto las relaciones individuales como el efecto conjunto entre las variables de estudio.

Como primer punto se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman, el cual posibilitó identificar la medida de correlación entre las variables climáticas que son la precipitación, temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa y velocidad del viento con el número de eventos registrados. Se escogió este método dado que no exige el cumplimiento del supuesto de normalidad y resulta ser adecuado para poder descubrir relaciones de tipo uniforme. Para su aplicación, se llevó a cabo el tratamiento de la base de datos, la verificación de valores faltantes y la selección de variables numéricas adecuadas. Posteriormente, se construyó la matriz de correlación para así determinar los respectivos p-valores, lo cual facilitó la valoración tanto de la intensidad como también de la significancia estadística de las relaciones.

Como segundo punto, se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple con la finalidad de analizar correctamente el impacto conjunto de las variables climáticas sobre el número de eventos. En este modelo, el número de eventos se determinó como variable dependiente, mientras que, por otro lado, las variables climáticas fueron estimadas como variables independientes. A partir de este análisis, se consiguieron ciertos indicadores relevantes como el coeficiente de determinación (R^2), seguido del p-valor global del modelo (F-statistic), los coeficientes de regresión y los niveles de significancia individual de cada variable. De esta manera, se evaluó la probable presencia de multicolinealidad por medio del Factor de Inflación de la Varianza (VIF), con el fin de evidenciar la estabilidad del modelo.

Por último, se realizó un análisis de diagnóstico mediante gráficos de residuos, con la intención de reconocer supuestos fundamentales del modelo como la normalidad, la homocedasticidad y de igual manera la existencia de valores atípicos, lo cual posibilitó verificar su capacidad para la interpretación de los resultados.

La metodología empleada permitió abordar de manera completa la correlación entre la variabilidad climática y la ocurrencia de desastres naturales, contribuyendo una base estadística sólida para el análisis de resultados y la elaboración de la propuesta de mitigación. A partir de estos análisis, se realiza la propuesta de medidas de prevención y mitigación del riesgo.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

Objetivo 1: Describir la variabilidad climática en la ciudad de Guaranda partiendo del análisis de datos históricos.

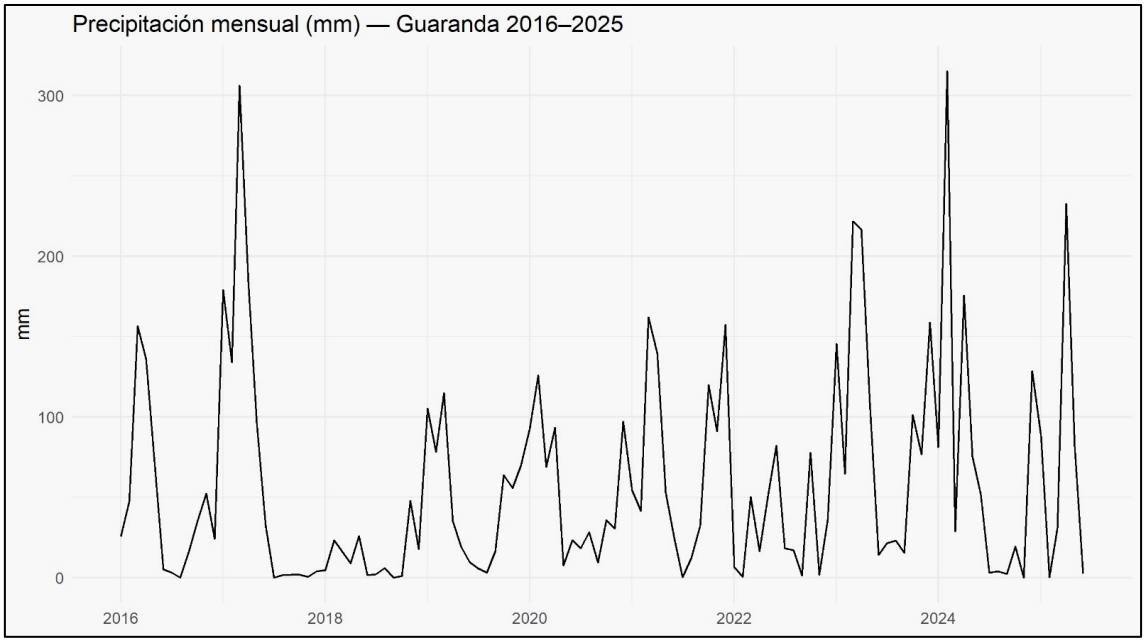
Se trabajó con variables que describen de manera integral el comportamiento climático de la zona, como precipitación (mm), temperatura máxima, mínima y media (°C), humedad relativa (%) y velocidad del viento (m/s), esto permitió la observación de la dinámica térmica y las condiciones de humedad que definen la variabilidad climática local.

Los datos diarios se agruparon a escala mensual, lo que posibilitó resumir la información en 120 observaciones que abarcan de enero de 2016 a junio de 2025. En este proceso, la precipitación se expresó como el acumulado mensual total, mientras que la temperatura, la humedad y la velocidad del viento se mostraron a través de sus promedios mensuales. El resultado fue una base de datos limpia, homogénea y representativa del comportamiento climático del cantón, que sirvió como punto de partida para los análisis de tendencia, anomalías e índices de variabilidad desarrollados en las secciones posteriores.

- **Variabilidad y estacionalidad de la precipitación**

Gráfico 2.

Precipitación mensual



Nota. Comportamiento de la precipitación mensual registrada en el cantón Guaranda durante el período 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

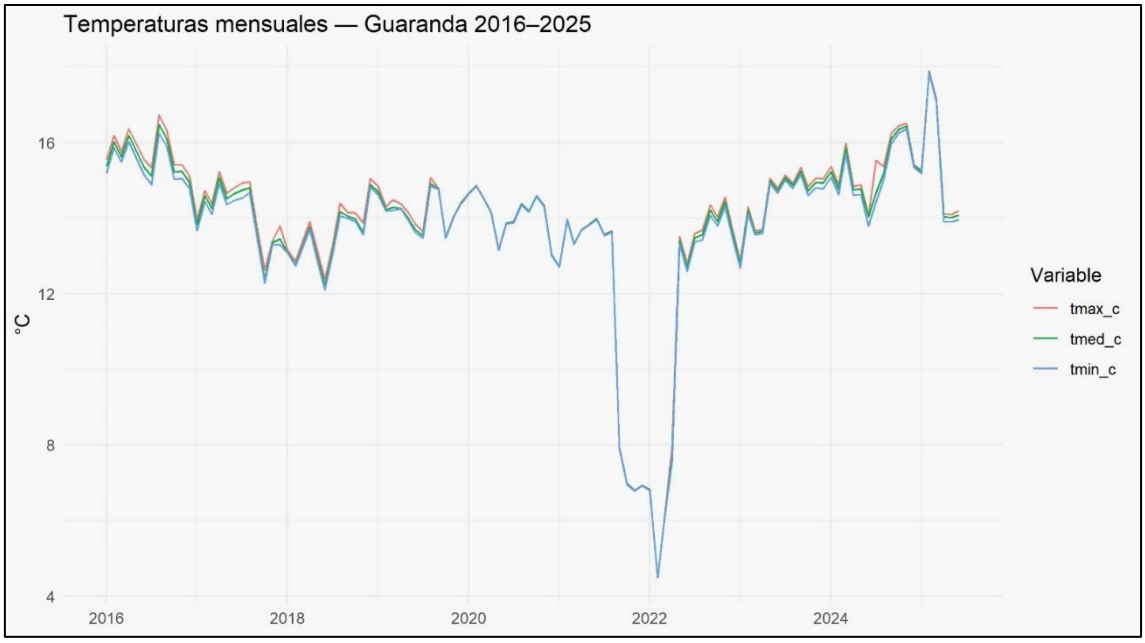
Análisis:

El gráfico muestra que los datos tienen una alta variabilidad y estacionalidad de la precipitación. El valor más bajo de 0 mm, se debe a un dato faltante, que se refleja en el registro de la estación en los años 2018 y 2021, mientras que el valor más alto llega a 315.06 mm, mostrando periodos de lluvias intensas, en particular a finales de 2017 y principios de 2024. La mediana de 31.60 mm indica que la mitad de los datos se relaciona con lluvias moderadas, aunque la media es notablemente superior, lo que muestra el impacto de lluvias intensas que aumentan el promedio. La tendencia general revela ciclos de precipitación que, aunque irregulares, muestran una recuperación en la magnitud de los picos hacia el final de la serie en los años 2023-2025.

- **Variabilidad y estacionalidad de la temperatura**

Gráfico 3.

Temperatura mensual



Nota. Comportamiento de la temperatura mensual registrada en el cantón Guaranda durante el período 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

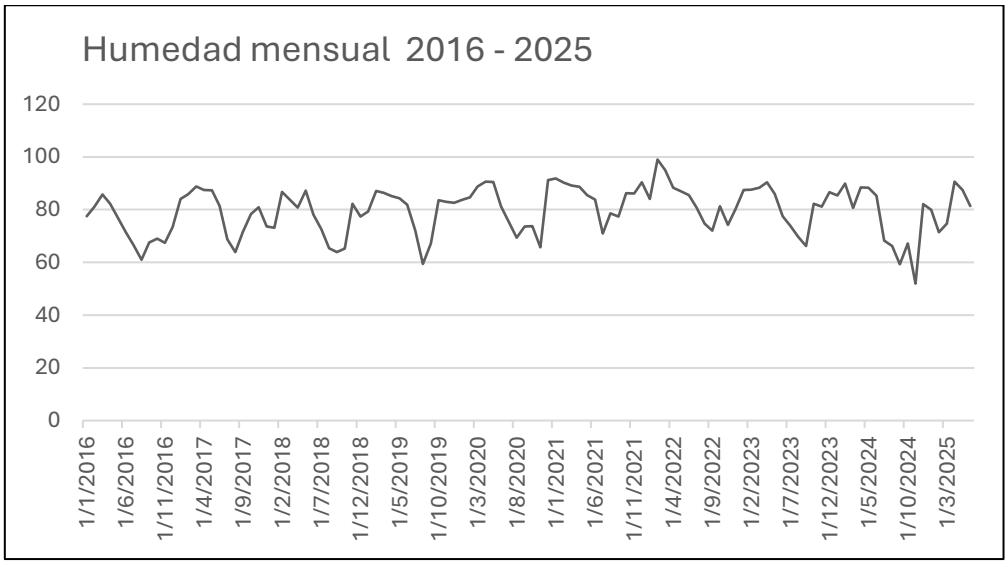
Análisis:

El gráfico de variabilidad y estacionalidad mensual de la temperatura muestra el comportamiento conjunto de la temperatura máxima, media y mínima a lo largo del período evaluado. Se observa que la variabilidad térmica máxima está en función de la temperatura mínima, que tiene mayores oscilaciones interanuales. Concretamente en el año 2022 se aprecian descensos relevantes, alcanzando valores mínimos de 6.79 °C y 4.87 °C, presentando un enfriamiento más pronunciado que en los demás años de la serie. Posteriormente para los años 2024 y 2025 la temperatura mínima presenta un incremento, alcanzando valores cercanos a 17.84 °C. En cambio, las temperaturas máxima y media mantienen una evolución más estable, con variaciones menos evidenciables y sin diferencias significativas entre años. Esto indica que, aunque existe variabilidad térmica estacional.

- **Variabilidad y estacionalidad de la humedad**

Gráfico 4.

Humedad mensual



Nota. Comportamiento de la humedad mensual registrada en el cantón Guaranda durante el período 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

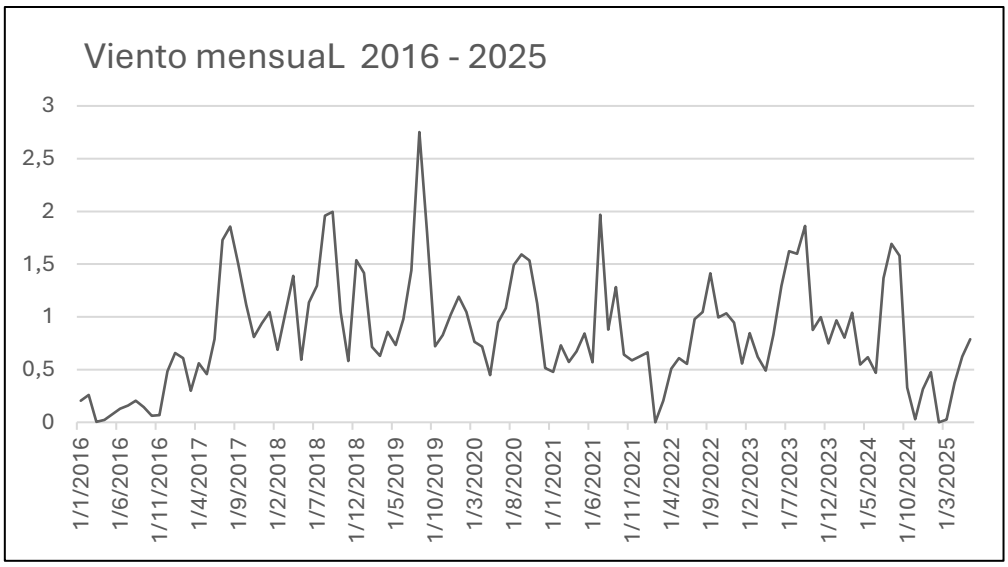
Análisis:

El gráfico muestra los datos de una humedad ambiental generalmente alta. El valor mínimo registrado es 51.97% correspondiente al año 2024, lo cual indica condiciones relativamente secas, pero también muestra un valor máximo de 99.00%, reflejando momentos de saturación casi total del aire principalmente en el año 2022. El promedio entre los años 2016, 2017, 2018 y 2019 revela que la mayor parte del tiempo la humedad se mantiene elevada.

Variabilidad y estacionalidad del viento

Gráfico 5.

Viento mensual



Nota. Comportamiento del viento de manera mensual registrada en el cantón Guaranda durante el período 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

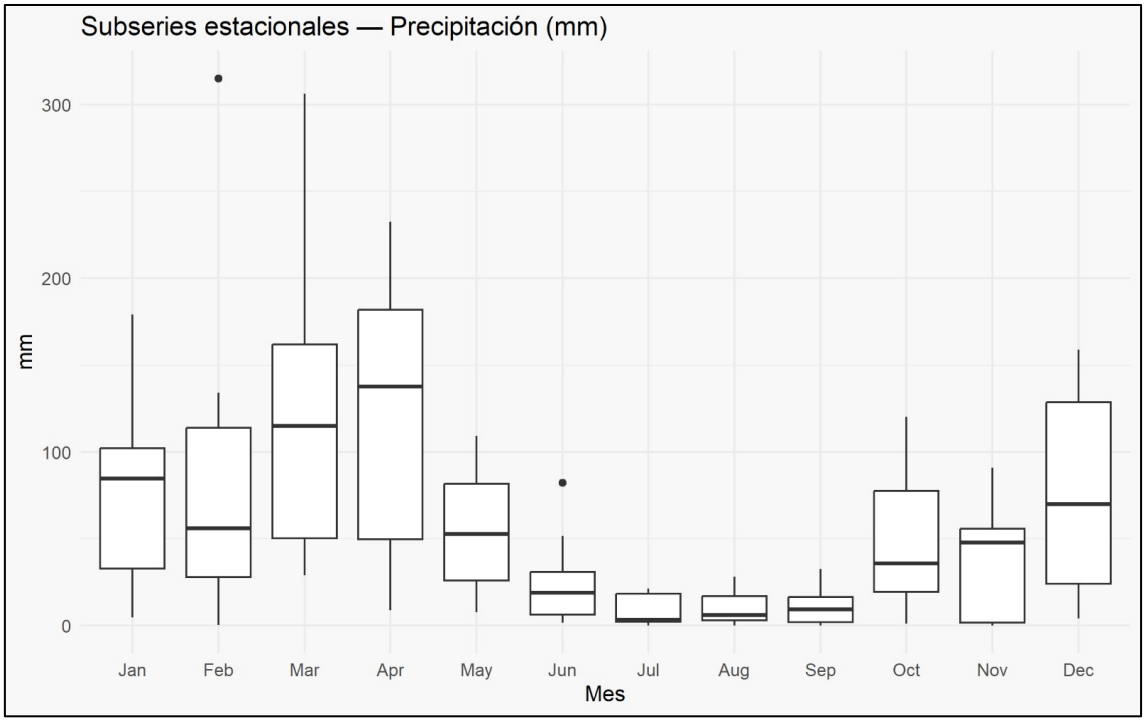
Análisis:

En el gráfico sobre la variabilidad y estacionalidad del viento por mes se observa que el año 2019 presenta el valor más alto, alcanzando una velocidad de 2.75 m/s, lo que evidencia un periodo de mayor intensidad de viento en comparación con los demás años. Por otro lado, los años 2016, 2021 y 2024 registran las velocidades más bajas, con valores inferiores a 1 m/s, indicando condiciones de viento más suaves. Finalmente, en el año 2025 se reporta un valor de 0 m/s, lo que sugiere ausencia de viento o falta de registro para ese periodo.

- **Subseries estacionales de la precipitación (estacionalidad)**

Gráfico 6.

Subseries estacionales (precipitación) - Diagrama de cajas y bigotes



Nota. Subseries estacionales de la distribución mensual de la precipitación en el cantón Guaranda durante el período 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

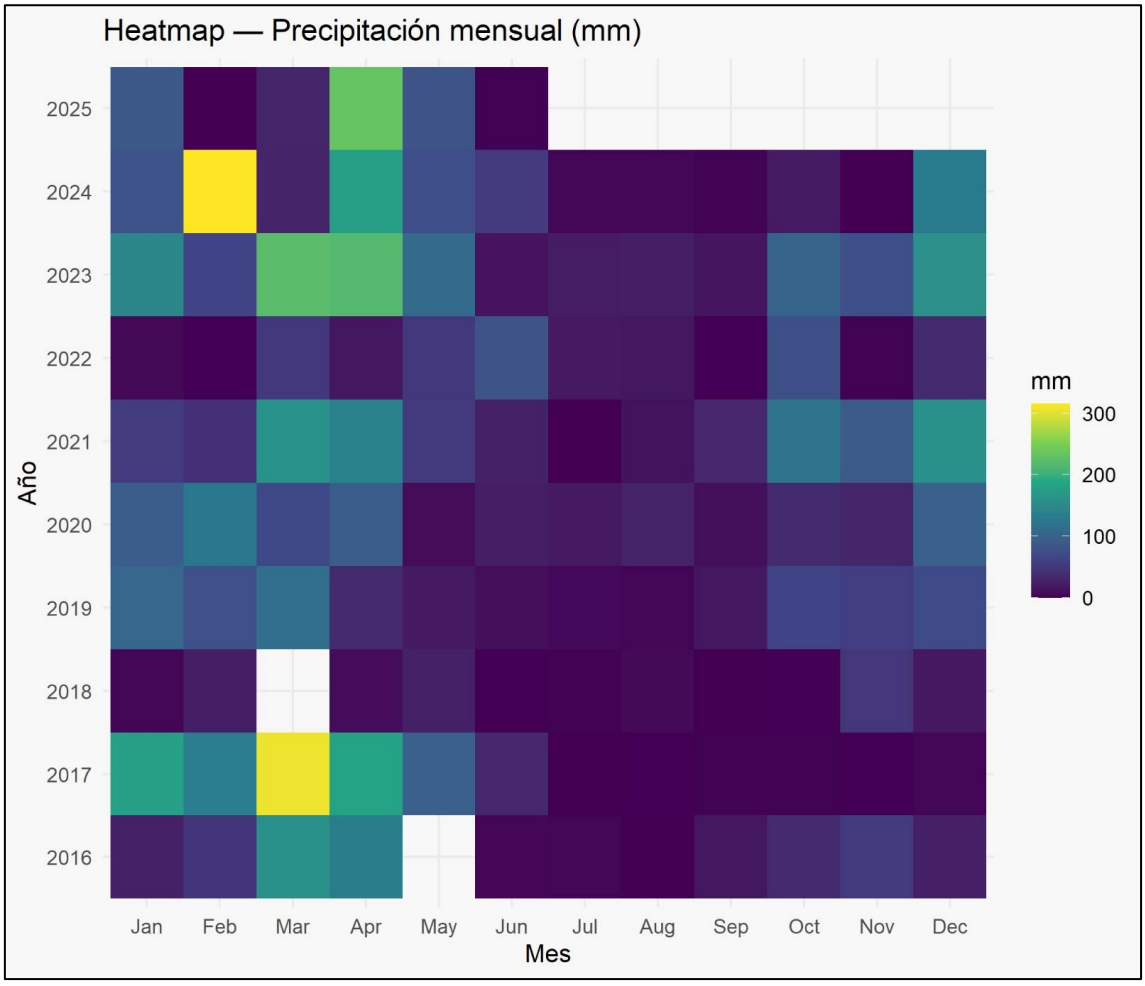
Análisis:

El gráfico de cajas y bigotes ilustra una marcada estacionalidad en la precipitación, con una temporada húmeda principal concentrada entre enero y mayo, alcanzando su pico máximo en marzo y una alta variabilidad entre marzo y abril con un valor máximo de 315.06mm. En fuerte contraste, existe una temporada seca severa y consistente que abarca los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con medianas y cuartiles superiores cercanos a 5mm, indicando una precipitación casi nula en la mayoría de los años. Finalmente, noviembre y diciembre actúan como meses de transición, mostrando un aumento progresivo de la precipitación que marca el inicio de un nuevo ciclo húmedo.

- **Heatmap de la precipitación (año × mes)**

Gráfico 7.

Mapa de calor (precipitación mensual)



Nota. Variación de la precipitación mensual en el cantón Guaranda durante el período 2016 – 2025, identificando meses y años con mayores y menores niveles de precipitación mediante la intensidad de colores. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

Análisis:

El heatmap o mapa de calor acerca de la precipitación mensual permite identificar de forma visual los periodos con mayor y menor acumulación de lluvia. En el gráfico se observa que los picos más altos de precipitación se registraron en febrero de 2024, con 315.06 mm, y en marzo de 2017, con 306.2 mm, siendo estos los meses más lluviosos de

toda la serie analizada. En cambio, los valores más bajos se presentan en varios meses secos de distintos años, como agosto de 2016, septiembre de 2018, julio de 2017 y noviembre de 2024, febrero del 2025; los valores de 0mm se deben a falta de registros en la estación meteorológica.

Esta representación permite visualizar con claridad los patrones estacionales y la variabilidad interanual de la precipitación en Guaranda.

- **Promedios generales de las variables**

Tabla 2.

Promedios generales

precip_mm_prom	tmax_prom	tmin_prom	tmed_prom	humedad_prom	viento_prom
58.275625	13.948055	13.756469	13.842972	79.50464776	0.855791072

Nota. Promedios generales mensuales de las variables de estudio periodo 2026 - 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

- **Tendencias 2016–2025**

Si $p < 0.05$ → significativa.

Si $p > 0.05$ → no significativa.

Tabla 3.

Tendencias 2016 - 2025

Variable	tau_kendall	pendiente_sen	p_value
precip_mm	0.104991997	0.183473214	0.10163011
tmax_c	-0.002252252	-0.00015742	0.97392321
tmin_c	0.004826255	0.000225773	0.94186987
tmed_c	0.008365508	0.000340868	0.89796029

Nota. Tabla de tendencias periodo 2026 - 2025, variables de precipitación y temperatura máxima, media y mínima. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

- **Precipitación:** existe una tendencia (τ=0.105; p=0.102), con una pendiente aproximada de +0.183 mm por mes que en 10 años lo que indica un incremento de la precipitación, pero la tendencia no es significativa, debido a que sus valores son > 0.05.
- **Temperaturas (máx, mín, media)**: pendientes muy pequeñas (del orden de −0.00016 a −0.00034 °C/mes) y con p valores muy elevados lo que indica que no son significativas estadísticamente (p>0.05). En términos prácticos, no hay tendencia térmica detectable en 2016–2025.

La precipitación muestra un aumento leve pero estadísticamente consistente; las temperaturas se mantienen estables.

- **Tabla de anomalías con conteo de meses z≤−1 y z≥+1 por año.**

Tabla 4.

Anomalías por conteo

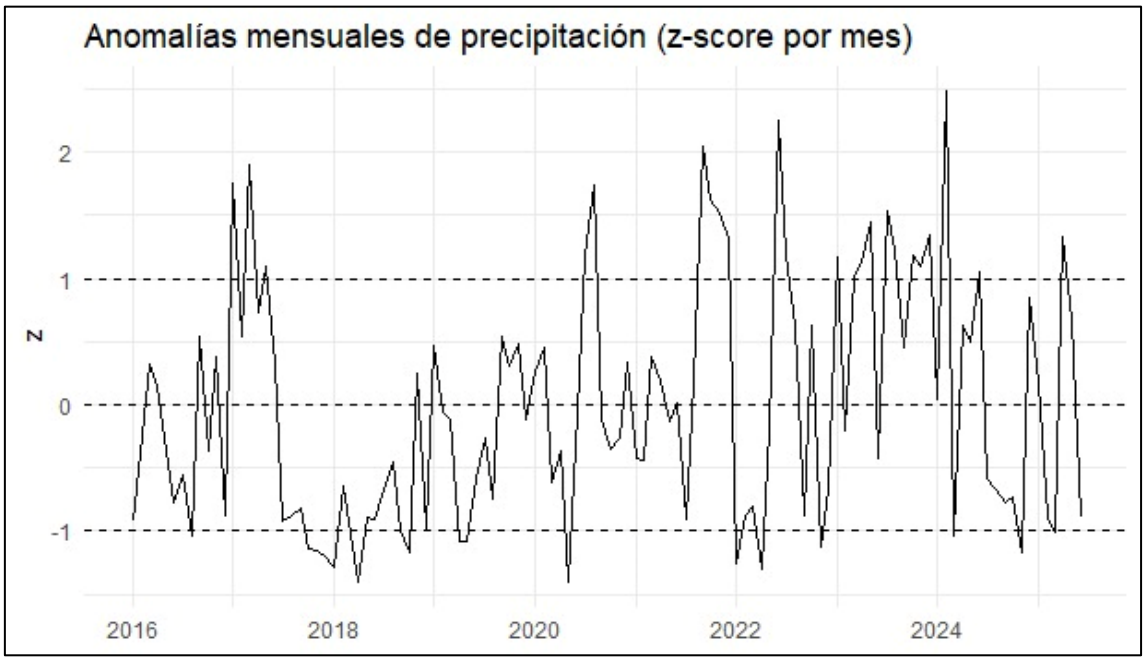
año	meses	n_z_le_1	n_z_ge_1	n_z_le_1_5	n_z_ge_1_5	pct_z_le_1	pct_z_ge_1
2016	11	1	0	0	0	9.1	0
2017	12	3	3	0	2	25	25
2018	11	3	0	0	0	27.3	0
2019	12	2	0	0	0	16.7	0
2020	12	1	2	0	1	8.3	16.7
2021	12	0	4	0	3	0	33.3
2022	12	3	2	0	1	25	16.7
2023	12	0	9	0	1	0	75
2024	12	2	2	0	1	16.7	16.7
2025	6	1	1	0	0	16.7	16.7

Nota. Anomalías climáticas estandarizadas inferiores y superiores a ±1 por conteo en meses. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

- **Anomalías mensuales**

Gráfico 8.

Anomalías mensuales de precipitación



Nota. Anomalías de precipitación mensuales, periodo 2016 -2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

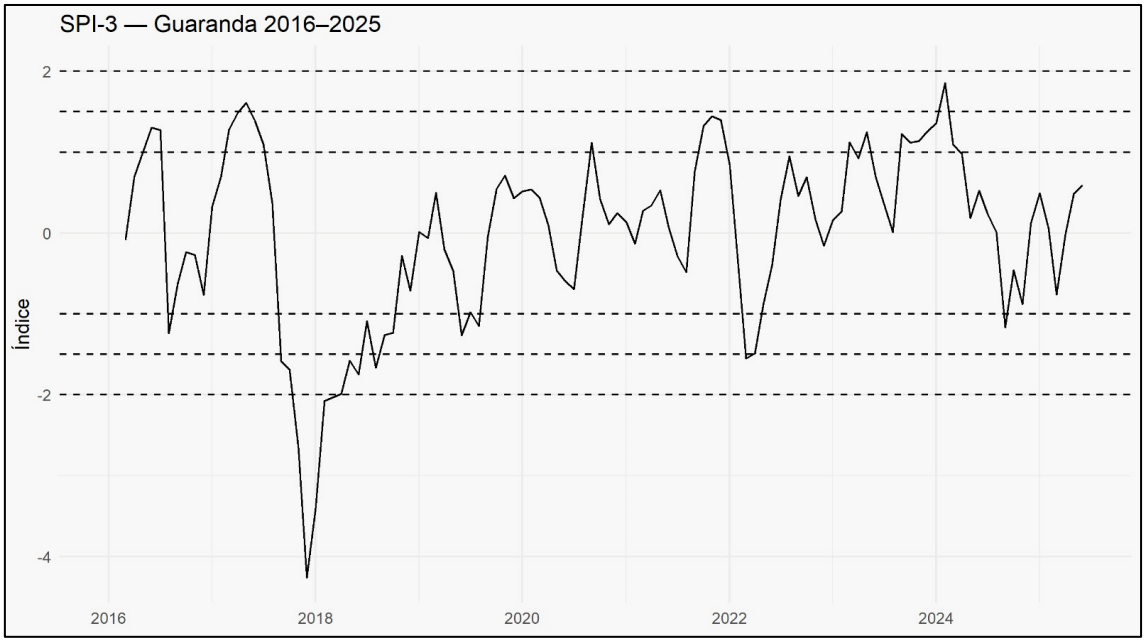
Análisis:

El grafico de anomalías mensuales respecto a la precipitación evidencia una alta variabilidad en los años 2016 a 2025. Se observa anomalías positivas (picos + 1), específicamente en el año 2017 y con mayor intensidad entre los años 2020 – 2024, lo que indica la meses con altas precipitaciones. Por otra parte, las anomalías negativas (picos – 1) se sitúan en varios años, por ello se puede explicar que existen años con anomalías tanto positivas como negativas, pero con un predominio de las anomalías positivas lo que indica una elevada variación en la precipitación.

- **SPI trimestral (condiciones de sequía/exceso)**

Gráfico 9.

SPI trimestral



Nota. Cuantificación de las anomalías de precipitación y fluctuaciones de períodos secos y húmedos a lo largo de todo el registro. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica (2025).

Análisis:

El SPI a nivel trimestral muestra de manera clara las fluctuaciones de períodos secos y húmedos a lo largo de todo el registro. En el año 2018 en su primer trimestre, se recoge un valor mínimo de SPI= -3.40, el cual se incluye dentro del rango de sequía extrema (SPI < -2). Este resultado indica un período mucho más seco de lo normal en términos históricos. El valor máximo SPI=1.86 se observa en el 2024 durante el trimestre de febrero, este valor está asociado a un evento de humedad muy alta (SPI>1.5). Esto implica que la cantidad de precipitación en ese tiempo fue mucho mayor que la normal.

El resto de los años oscila principalmente entre valores cercanos a cero, lo que refleja condiciones mayormente normales o ligeramente moderadas en términos de sequía o exceso de humedad.

Objetivo 2: Identificar los principales eventos ocurridos en Guaranda.

- **Año 2016**

Tabla 5.

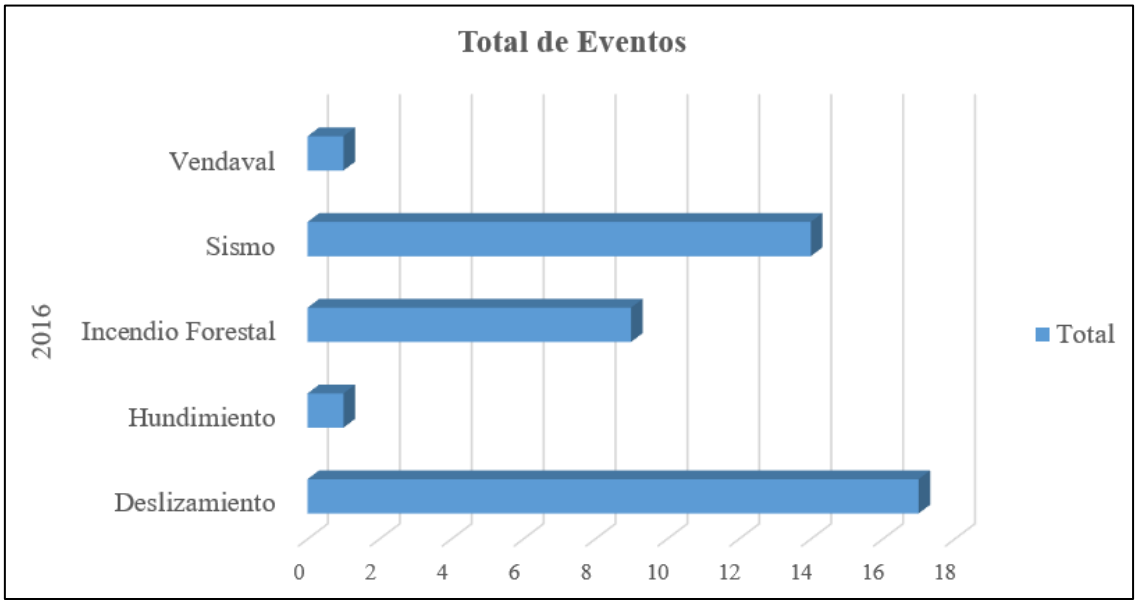
Eventos año 2016

Año	EVENTO	Total de Eventos
2016	Deslizamiento	17
2016	Hundimiento	1
2016	Incendio Forestal	9
2016	Sismo	14
2016	Vendaval	1

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2016, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 10.

Representación de eventos año 2016



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2016. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Análisis:

En el año 2016, los registros de desastres naturales indican que el deslizamiento fue el evento más recurrente, con 17 incidencias, evidenciando una alta susceptibilidad

del territorio a inestabilidades del suelo, posiblemente asociadas a lluvias intensas, pendientes pronunciadas o condiciones geológicas frágiles. Le sigue el sismo, con 14 eventos, reflejando una actividad sísmica significativa durante ese año. El incendio forestal registró 9 casos, lo cual sugiere condiciones de sequedad o factores antrópicos que favorecieron la propagación del fuego. En cambio, los hundimientos y los vendavales tuvieron una ocurrencia mínima de 1 evento cada uno, lo que indica que, aunque presentes, representaron una amenaza menos frecuente.

- **Año 2017**

Tabla 6.

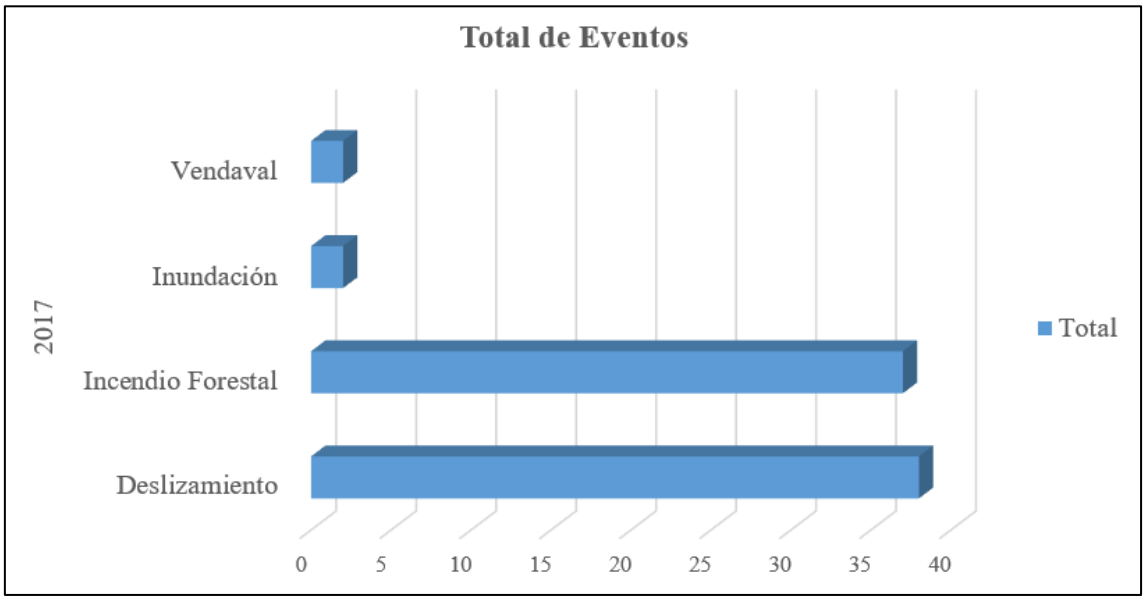
Eventos año 2017

Año	EVENTO	Total de Eventos
2017	Deslizamiento	38
2017	Incendio Forestal	37
2017	Inundación	2
2017	Vendaval	2

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2017, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 11.

Representación de eventos año 2017



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Análisis:

En el año 2017, en el gráfico se evidencia que los deslizamientos y los incendios forestales fueron los eventos naturales más frecuentes, con 38 y 37 registros respectivamente, representando casi la totalidad de las emergencias reportadas ese año. Estos dos eventos muestran una marcada predominancia frente a otros fenómenos, lo que sugiere condiciones ambientales o geográficas que favorecieron su ocurrencia recurrente. En cambio, las inundaciones y los vendavales tuvieron una incidencia mínima, con solo

2 eventos cada uno, reflejando una menor afectación de estos fenómenos en comparación con los principales.

- **Año 2018**

Tabla 7.

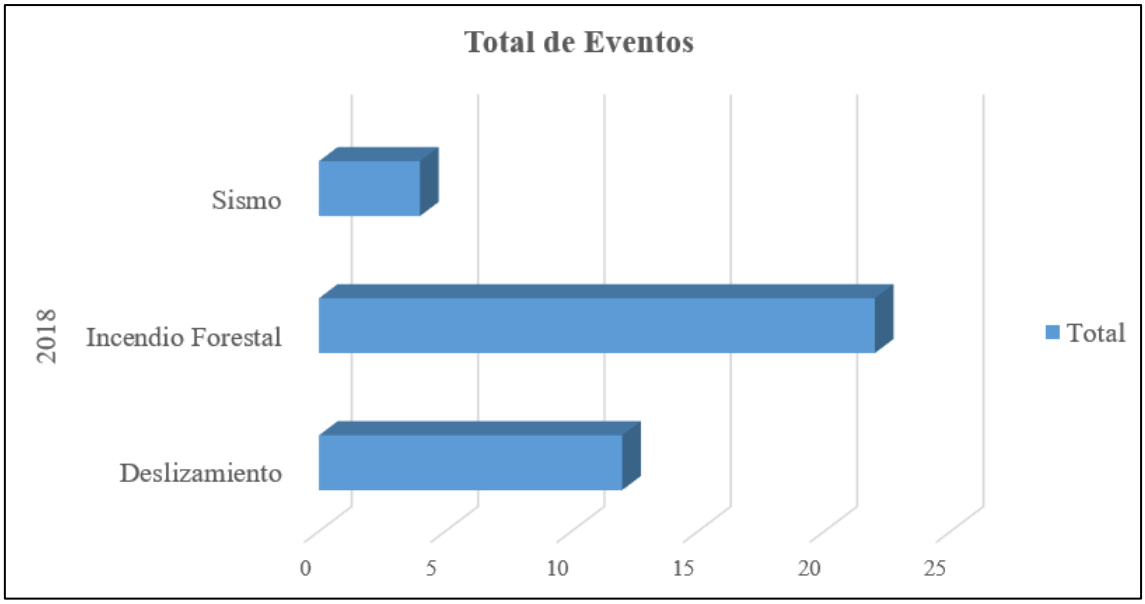
Eventos año 2018

Año	EVENTO	Total de Eventos
2018	Deslizamiento	12
2018	Incendio Forestal	22
2018	Sismo	4

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2018, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 12.

Representación de eventos año 2018



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Análisis:

En 2018, los desastres naturales presentaron una distribución dominada por los incendios forestales, que alcanzaron 22 eventos y se consolidaron como el principal evento debido a su alta recurrencia. Los deslizamientos ocuparon el segundo lugar con 12 registros, evidenciando inestabilidad del terreno en determinadas zonas. Finalmente, los sismos representaron 4 eventos, una cifra menor en comparación con los demás fenómenos, pero que mantiene la importancia del riesgo sísmico en el cantón.

- **Año 2019**

Tabla 8.

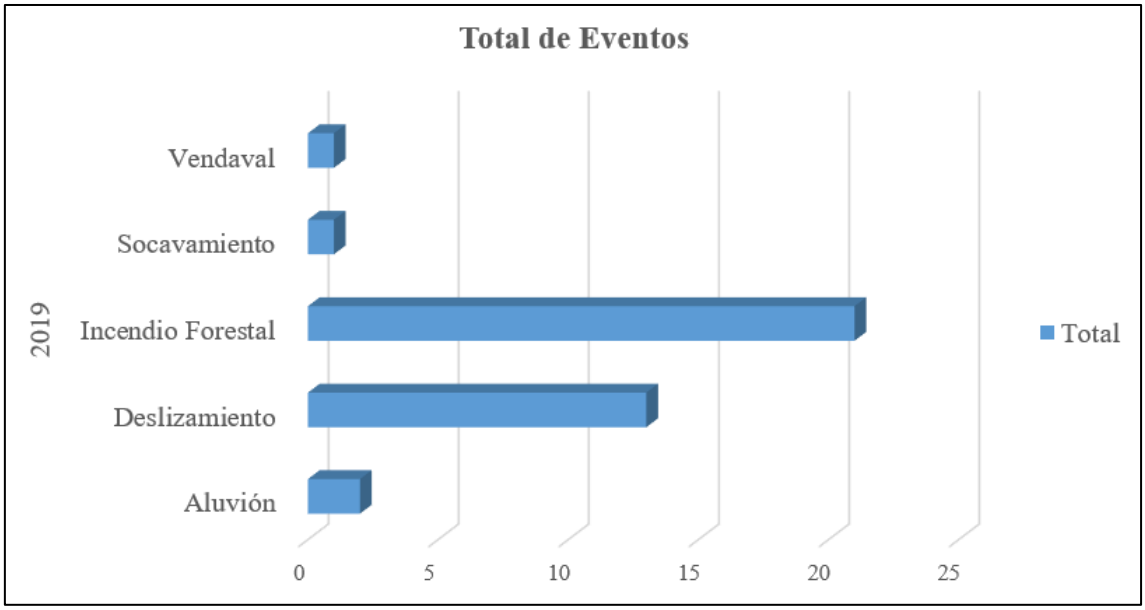
Eventos año 2019

Año	EVENTO	Total de Eventos
2019	Aluvión	2
2019	Deslizamiento	13
2019	Incendio Forestal	21
2019	Socavamiento	1
2019	Vendaval	1

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2019, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 13.

Representación de eventos año 2019



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Análisis:

En 2019, los incendios forestales continuaron siendo el evento más frecuente con 21 registros, confirmando una tendencia persistente de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios y afectaciones ambientales. Los deslizamientos ocuparon el segundo lugar con 13 eventos, reflejando ya sea por problemas de saturación de suelos o vulnerabilidad en zonas inestables. En menor magnitud aparecen los aluviones con 2 eventos, socavamiento y vendaval con 1 evento cada uno, que presentan baja recurrencia.

- **Año 2020**

Tabla 9.

Eventos año 2020

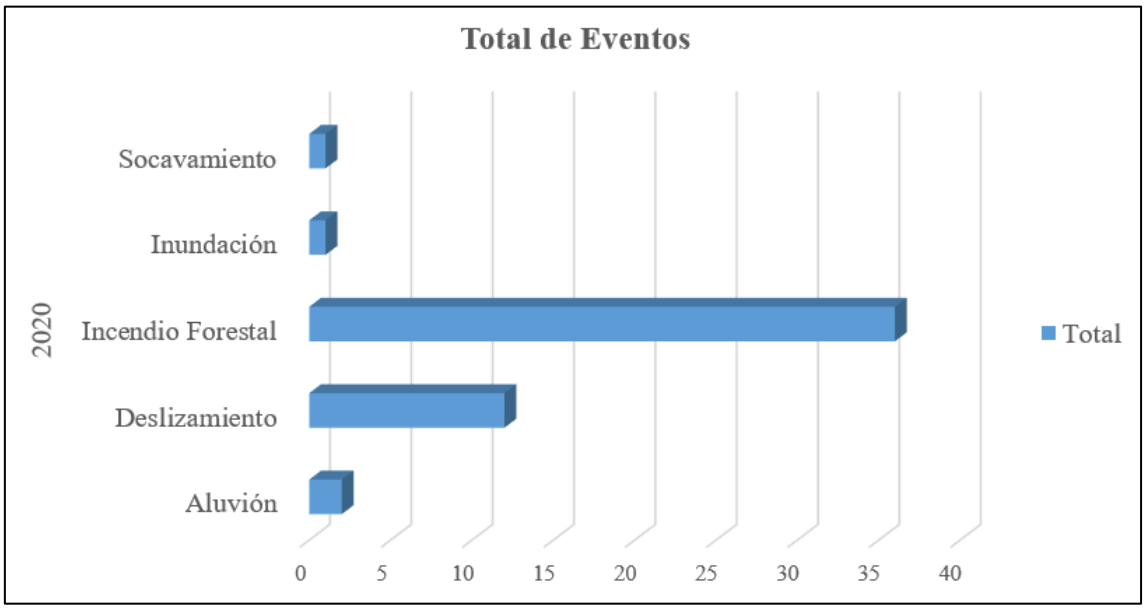
Año	EVENTO	Total de Eventos
2020	Aluvión	2
2020	Deslizamiento	12
2020	Incendio Forestal	36

2020	Inundación	1
2020	Socavamiento	1

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2020, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 14.

Representación de eventos año 2020



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Análisis:

En 2020 se observa nuevamente una fuerte predominancia de incendios forestales, con 36 eventos, la cifra más alta entre los años anteriormente analizados (2017, 2018 y 2019), lo que podría relacionarse con condiciones climáticas más secas o a su vez con factores humanos recurrentes. Los deslizamientos ocuparon el segundo puesto con 12 casos, manteniéndose como una amenaza constante. Por su parte, los aluviones con 2 eventos, inundaciones y socavamiento con 1 evento cada uno, registraron niveles bajos de ocurrencia.

- **Año 2021**

Tabla 10.

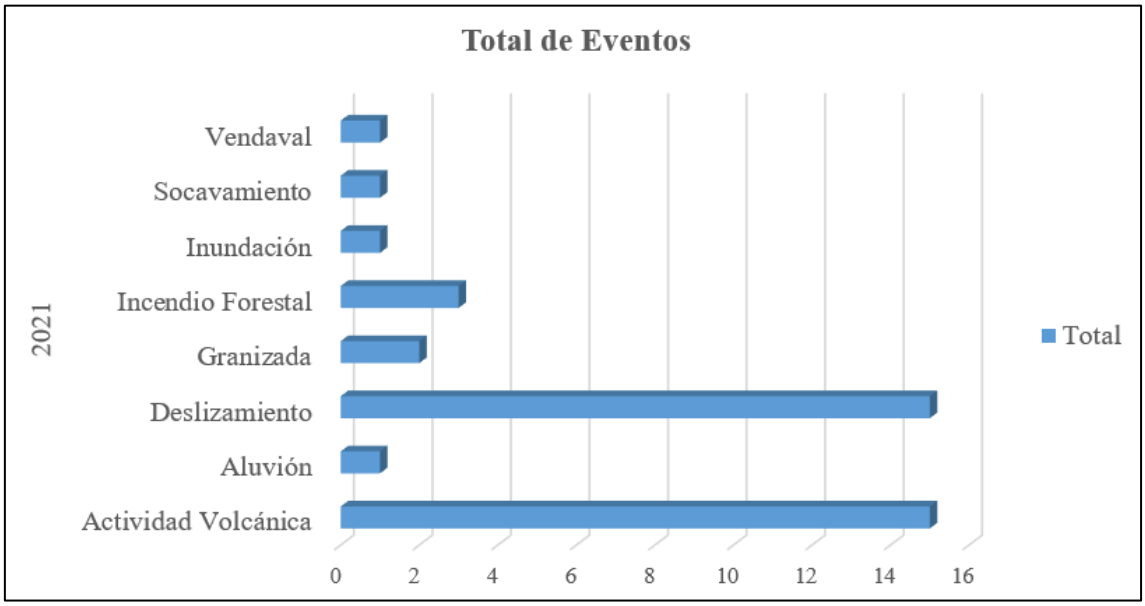
Eventos año 2021

Año	EVENTO	Total de Eventos
2021	Actividad Volcánica	15
2021	Aluvión	1
2021	Deslizamiento	15
2021	Granizada	2
2021	Incendio Forestal	3
2021	Inundación	1
2021	Socavamiento	1
2021	Vendaval	1

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2021, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 15.

Representación de eventos año 2021



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2021. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Análisis:

En el año 2021 se observa que los eventos más frecuentes fueron la actividad volcánica y los deslizamientos, ambos con 15 ocurrencias, lo que evidencia una alta

exposición del territorio a amenazas de origen geodinámico. Seguido se registran los incendios forestales, granizadas y aluviones, con frecuencias moderadas que reflejan condiciones climáticas variables y zonas susceptibles. Finalmente, eventos como vendavales, socavamientos e inundaciones presentan una baja incidencia.

- **Año 2022**

Tabla 11.

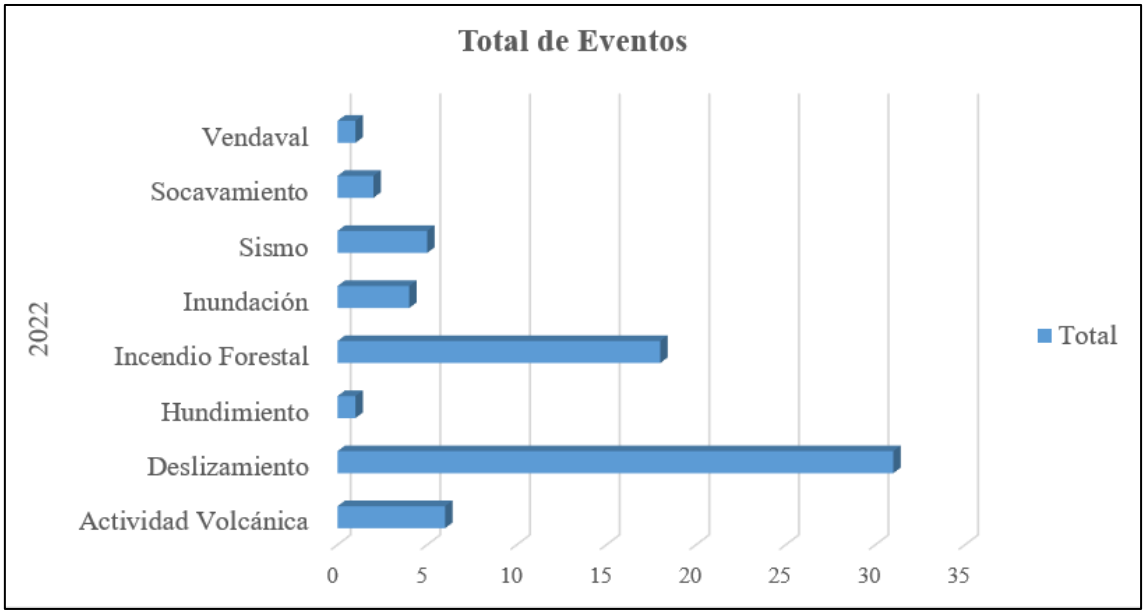
Eventos año 2022

Año	EVENTO	Total de Eventos
2022	Actividad Volcánica	6
2022	Deslizamiento	31
2022	Hundimiento	1
2022	Incendio Forestal	18
2022	Inundación	4
2022	Sismo	5
2022	Socavamiento	2
2022	Vendaval	1

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2022, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 16.

Representación de eventos año 2022



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGR del cantón (2025).

Análisis:

El grafico correspondiente al año 2022 evidencia que el deslizamiento fue el evento predominante con 31 ocurrencias, seguido por los incendios forestales, que alcanzaron alrededor de 18 eventos, mostrando un incremento notable respecto a otras amenazas. En un nivel intermedio se encuentran las inundaciones, sismos, socavamientos y la actividad volcánica, cada uno con valores moderados que reflejan una combinación de factores climáticos, geológicos y antrópicos que afectaron el territorio. Finalmente, los eventos de vendaval y hundimiento presentaron la menor frecuencia, aunque siguen siendo relevantes.

- **Año 2023**

Tabla 12.

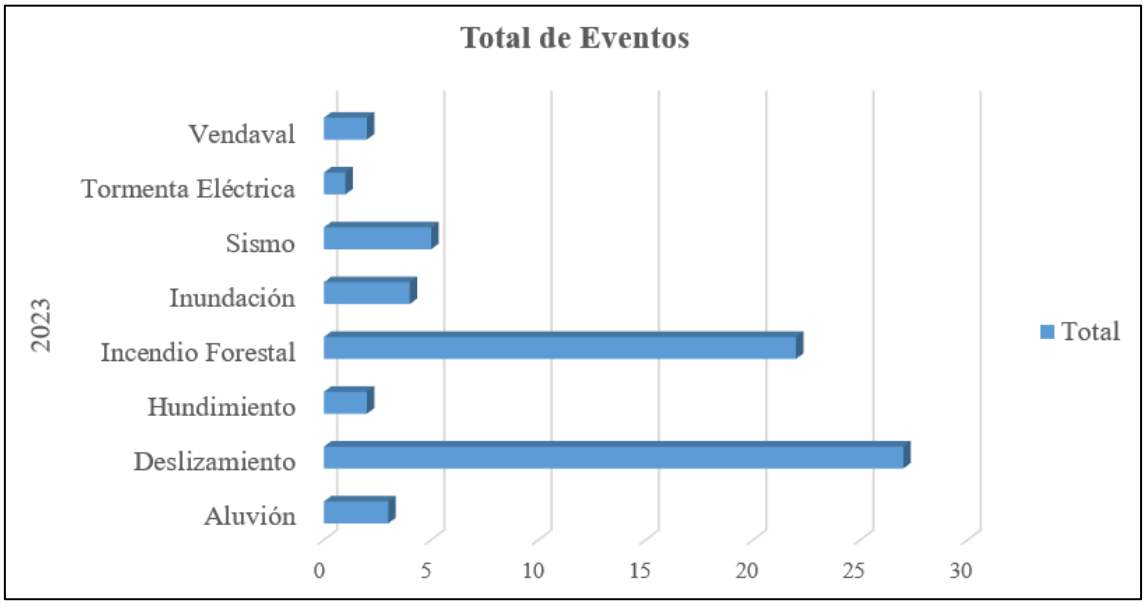
Eventos año 2023

Año	EVENTO	Total de Eventos
2023	Aluvión	3
2023	Deslizamiento	27
2023	Hundimiento	2
2023	Incendio Forestal	22
2023	Inundación	4
2023	Sismo	5
2023	Tormenta Eléctrica	1
2023	Vendaval	2

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2023, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 17.

Representación de eventos año 2023



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGR del cantón (2025).

Análisis:

El gráfico del año 2023 muestra que los deslizamientos continúan siendo la amenaza más frecuente, teniendo 28 eventos, seguidos por los incendios forestales, que

registran 22 ocurrencias, indicando una alta recurrencia de eventos asociados a inestabilidad de laderas y condiciones climáticas secas. En un nivel medio se ubican las inundaciones, sismos y aluviones, que reflejan la presencia constante de amenazas hidrometeorológicas y geológicas en el territorio. Finalmente, los vendavales, hundimientos y tormentas eléctricas presentan menor incidencia.

- **Año 2024**

Tabla 13.

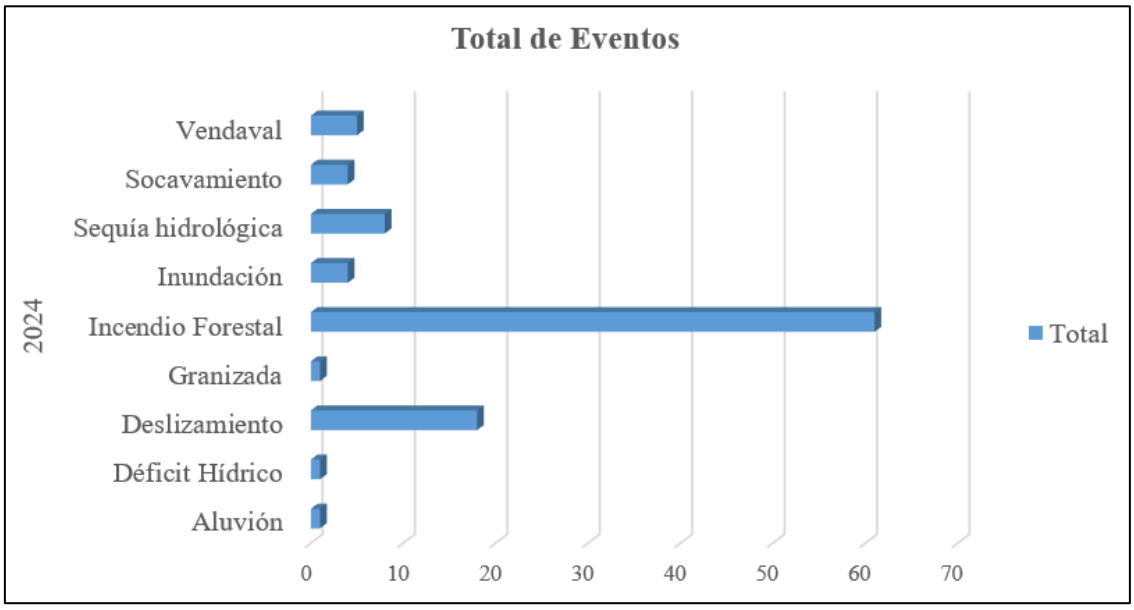
Eventos año 2024

Año	EVENTO	Total de Eventos
2024	Aluvión	1
2024	Déficit Hídrico	1
2024	Deslizamiento	18
2024	Granizada	1
2024	Incendio Forestal	61
2024	Inundación	4
2024	Sequía hidrológica	8
2024	Socavamiento	4
2024	Vendaval	5

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2024, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 18.

Representación de eventos año 2024



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2024. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGR del cantón (2025).

Análisis:

El año 2024 evidencia un predominio de los incendios forestales, que registra 61 eventos y representa el evento más frecuente del año, asociada a condiciones climáticas extremas, periodos prolongados de sequía y déficit hídrico. Seguido se ubican los deslizamientos, con 18 eventos, lo que mantiene la tendencia de años anteriores respecto a la inestabilidad de laderas. Otros eventos como sequía hidrológica, vendaval, socavamiento e inundación presentan una incidencia moderada, mientras que fenómenos como granizada, aluvión y déficit hídrico muestran ocurrencias bajas.

- **Año 2025**

Tabla 14.

Eventos año 2025

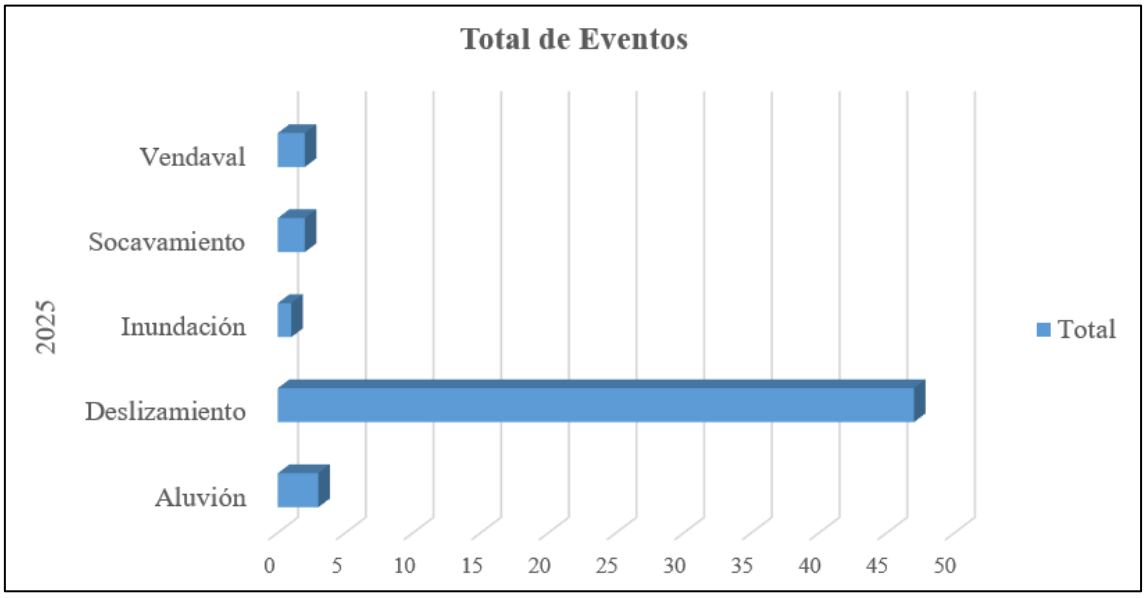
Año	EVENTO	Total de Eventos
2025	Aluvión	3
2025	Deslizamiento	47

2025	Inundación	1
2025	Socavamiento	2
2025	Vendaval	2

Nota. Número total de eventos registrados durante el año 2025, clasificados según el tipo de evento ocurrido. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGRE del cantón (2025).

Gráfico 19.

Representación de eventos año 2025



Nota. Frecuencia del número de eventos ocurridos en el año 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGR del cantón (2025).

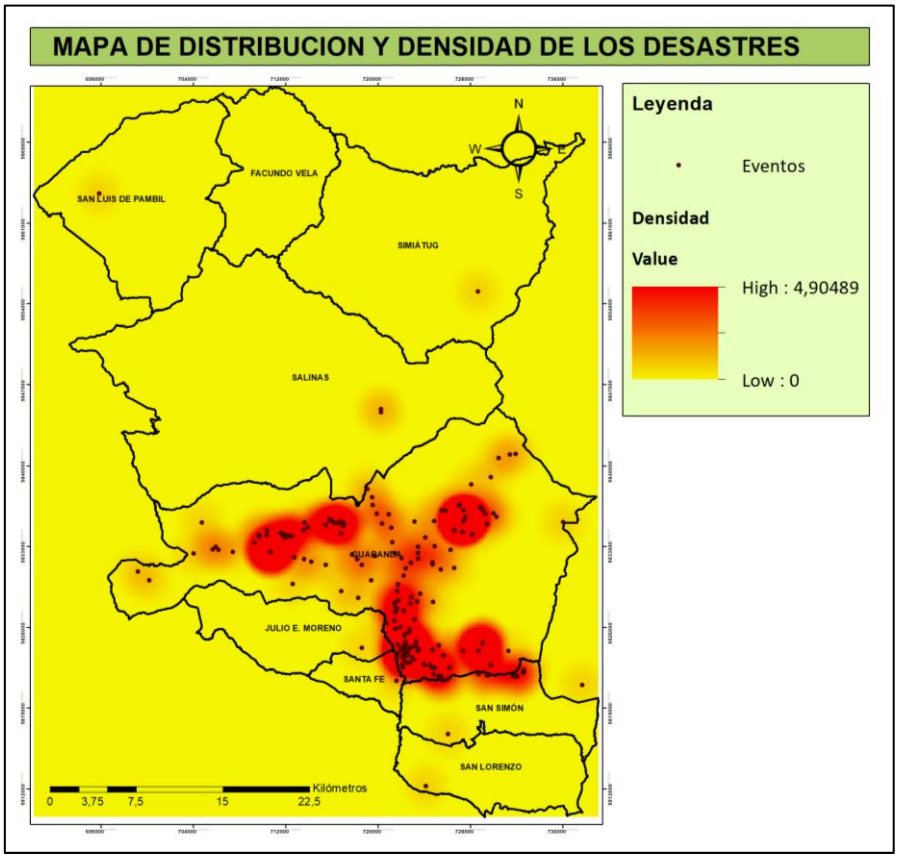
Análisis:

El gráfico del año 2025 muestra que los deslizamientos es el evento más frecuente hasta junio, con un total de 47 eventos, lo que indica una notable inestabilidad de pendientes que podría relacionarse con intensas lluvias o las características geológicas del área. Asimismo, se registran eventos tales como aluviones, vendavales, socavamientos e inundaciones, todos con ocurrencias bajas pero que evidencian la

presencia permanente de riesgos hidrometeorológicos y procesos relacionados con la erosión y la saturación del suelo

Gráfico 20.

Mapa de distribución y densidad de los desastres.



Nota. Densidad de Kernel, distribución espacial y concentración de eventos ocurridos en el cantón Guaranda durante el periodo 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de desastres proporcionados por la SNGR del cantón (2025).

Análisis:

El mapa de distribución y densidad de desastres naturales muestra que los eventos no se presentan de manera homogénea en el territorio. La mayor parte del cantón registra una densidad baja; sin embargo, existen sectores específicos donde la concentración de eventos es más elevada, principalmente en Santa Fe, el centro de la ciudad, San Simón y

parte de Guanujo. También se observan áreas con densidad media en sectores cercanos a la parroquia Guaranda y en los extremos del cantón.

La concentración de los eventos en estas zonas se relaciona con características propias del territorio, entre ellas la presencia de áreas pobladas, las condiciones del relieve y la influencia de las precipitaciones, factores que favorecen la ocurrencia de eventos como inundaciones, deslizamientos y procesos de erosión. Esta distribución espacial evidencia que determinados sectores del cantón presentan niveles altos de exposición frente a desastres naturales, lo que incrementa el riesgo de afectación tanto a la población como a la infraestructura existente.

Objetivo 3: Evaluar la relación entre las variaciones climáticas y la ocurrencia de Desastres naturales.

Para evaluar la relación entre las variaciones climáticas y la ocurrencia de desastres naturales, se lo realizó en dos partes.

PARTE 1: CORRELACIÓN

Cálculo de matriz de correlación entre las variables de estudio (precipitación, temperatura media, humedad, viento y el número de eventos mediante el método de Spearman

El coeficiente de correlación (Rho) Método de Spearman

- Va de -1 a 1.
- Valores cercanos a 0 → relación débil.
- Valores cercanos a 1 o -1 → relación fuerte.
- Signo positivo → relación directa.
- Signo negativo → relación inversa.

Tabla 15.

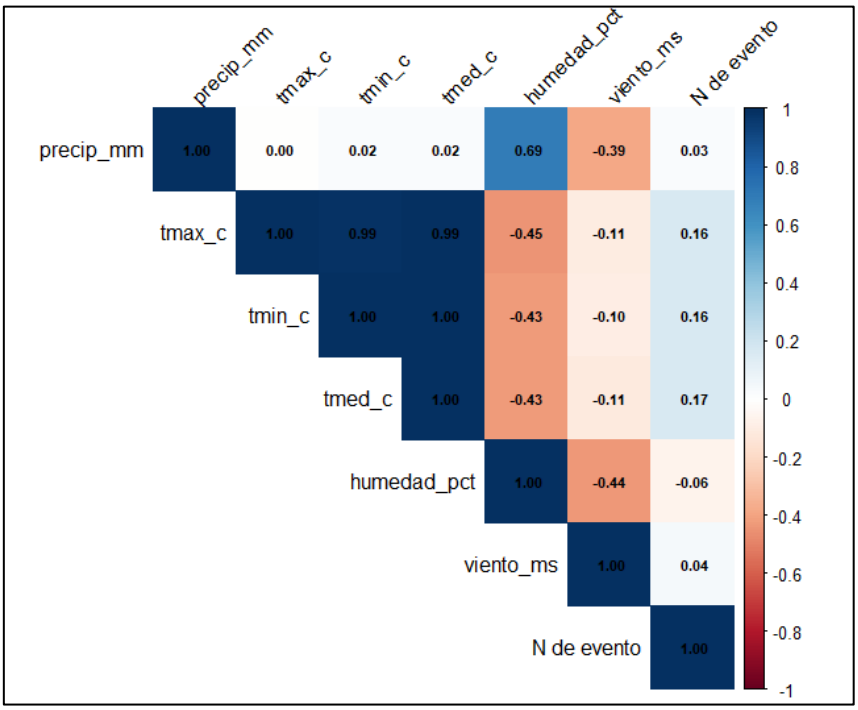
Coeficiente de correlación

precip_mm	tmax_c	tmin_c	tmed_c	humedad_pct	viento_ms	N de evento
1	-0,00304	0,024148	0,023281	0,692066	-0,38769	0,028952
-0,00304	1	0,988522	0,993738	-0,44941	-0,10559	0,163083
0,024148	0,988522	1	0,997303	-0,42794	-0,09587	0,16427
0,023281	0,993738	0,997303	1	-0,4297	-0,1125	0,165588
0,692066	-0,44941	-0,42794	-0,4297	1	-0,4362	-0,06225
-0,38769	-0,10559	-0,09587	-0,1125	-0,4362	1	0,044552
0,028952	0,163083	0,16427	0,165588	-0,06225	0,044552	1

Nota. Tabla de los coeficientes de correlación entre las variables climáticas y el número de eventos registrados, permitiendo identificar la relación existente entre estos. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Gráfico 21.

Mapa de calor



Nota. Correlación estadística entre variables climáticas y ocurrencia de eventos, con factores meteorológicos y valores extremos junto al número total de eventos ocurridos en el cantón Guaranda periodo 2016 – 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Análisis:

En la tabla 15 de acuerdo con los coeficientes de correlación de Spearman Rho, los resultados evidencian que la correlación entre las variables climáticas y el número de eventos es de magnitud débil, la precipitación presenta un coeficiente de 0,0289 lo que refleja una correlación directa pero débil, la temperatura máxima 0,1631, la temperatura media 0,1656 y la temperatura mínima 0,1643 muestran correlaciones positivas de baja intensidad con el número de eventos, lo que implica que ante incrementos en la temperatura se observa una ligera tendencia al aumento en la frecuencia de eventos aunque con una fuerza relacional; la humedad relativa registra un coeficiente de -0,0622

lo que indica una correlación inversa débil, mientras que la velocidad del viento presenta un coeficiente de 0,0446 que igualmente corresponde a una correlación positiva de muy baja magnitud; en consecuencia, no se identifica una correlación individual entre las variables analizadas dado que los coeficientes estimados se aproximan a cero.

P-valores

- Si $p < 0.05$ → relación estadísticamente significativa.
- Si $p > 0.05$ → no significativa.

Tabla 16.

P-valores

precip_mm	tmax_c	tmin_c	tmed_c	humedad_pct	viento_ms	N de evento
NA	0,974377	0,798705	0,805786	0	2,03E-05	0,759773
0,974377	NA	0	0	5,28E-07	0,263537	0,082973
0,798705	0	NA	0	2,04E-06	0,310278	0,080727
0,805786	0	0	NA	1,83E-06	0,233383	0,078291
0	5,28E-07	2,04E-06	1,83E-06	NA	1,23E-06	0,510587
2,03E-05	0,263537	0,310278	0,233383	1,23E-06	NA	0,637868
0,759773	0,082973	0,080727	0,078291	0,510587	0,637868	NA

Nota. Valores de significancia estadística (p-valores) de las correlaciones entre las variables climáticas y el número de eventos registrados Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Análisis:

Con respecto a la tabla 16 de los valores de significación estadística y considerando el criterio, se constata que ninguna de las variables climáticas analizadas

alcanza niveles de significancia, dado que la precipitación p = 0,07598, la temperatura máxima p = 0,0829, temperatura mínima p = 0,0807, temperatura media p = 0,0783, temperatura p = 0,0783, la humedad p = 0,5106, y la velocidad del viento p = 0,6379 presentan valores superiores al nivel establecido; en consecuencia, los coeficientes estimados no evidencian una relación estadísticamente significativa entre cada variable climática considerada individualmente y el número de eventos.

En resumen, el análisis de correlación de Spearman muestra que no hay una relación individual relevante entre las variables climáticas y la cantidad de eventos.
Los coeficientes obtenidos son cercanos a cero, lo que indica una relación débil, y los valores p (p > 0,05) confirman que no es estadísticamente significativa. Por lo tanto, las variables climáticas, evaluadas individualmente, no explican de forma significativa la ocurrencia de desastres naturales.

PARTE 2: REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Evaluación del efecto conjunto de todas las variables climáticas sobre el número de eventos.

1. **R^2 (Multiple R-squared)**

Comportamiento del número de eventos es explicado por las variables climáticas.

- Valores bajos (ej. 0.10 – 0.20) → explicación limitada.
- Valores medios (0.30 – 0.50) → explicación moderada.
- Valores altos (> 0.60) → explicación fuerte.

Tabla 17.

R^2 (Multiple R-squared)

Multiple R-squared	**0.165**

Adjusted R-squared	0.1344

Nota. Coeficiente de determinación R^2, indica la variabilidad del fenómeno analizado a través del modelo. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Análisis:

La tabla 18 muestra los valores del coeficiente de determinación R^2, el cual indica el comportamiento de las variables climáticas sobre el número de eventos, según los criterios de interpretación los valores expresan una explicación limitada, es decir el $R^2 = 0.165$ que representa el 16.5% constata que las variaciones de las variables climáticas si influyen en la ocurrencia de los eventos, sin embargo, no son los únicos factores ya que existe un 83.5% de variabilidad que indica que puede deberse a otros factores no incluidos en el modelo. Así también, el R^2 ajustado = 0.1344 que representa el 13.44%, corrige el valor considerando el número de variables independientes incluidas en el modelo, lo que indica que el modelo no está sobre ajustado y que algunas variables contribuyen de manera limitada en la explicación.

2. **p-valor global del modelo (F-statistic)**

- Si el p-valor global es menor a 0.05 → el modelo completo es significativo.
- Si es mayor a 0.05 → el conjunto de variables no explica la variable dependiente.

Tabla 18.

P-valor global

F-statistic	**5.386**
p-value	0.0005381

Nota. (P-valor global) indica la relación significativa entre las variables de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Análisis:

En cuanto a la tabla 17 del p-valor global del modelo nos dio que el F-statistic es de 5.386 y el p-value de 0.000538, lo que muestra que el modelo es estadísticamente significativo, debido a que p-valor es menor a 0.05 Esto significa que, aunque las variables individualmente no resulten significativas, en conjunto las variables climáticas sí tienen una relación estadística con el número de eventos.

3. **Significancia individual de cada variable -** Pr(>|t|)

- $p < 0.05 \rightarrow$ variable significativa.
- $p > 0.05 \rightarrow$ variable no significativa.

Tabla 19.

Significancia individual de variables

	Estimate	**Std. Error**	**t value**	**Pr(>|t|)**
Intercept	34,45498	9,578326	3,597182	0,000485
precip_mm	0,04309	0,010146	4,24682	0,0000458
tmed_c	-0,36306	0,275683	-1,31693	0,190624
humedad_pct	-0,32741	0,0873	-3,75041	0,000285
viento_ms	-0,92203	1,106449	-0,83333	0,406483

Nota. Significancia individual de las variables incluidas en el modelo de regresión. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Análisis:

En la tabla 19 de significancia individual evidencia que, según los valores de interpretación, el intercepto (p=0,000485) es estadísticamente significativo, representa el valor esperado del número de eventos cuando todas las variables climáticas son cero. El valor de la precipitación (p=0,0000458) es significativo lo que indica que, a mayor precipitación, mayor número de eventos, es la variable que más influye en la ocurrencia de eventos. En cambio, los valores de la temperatura (p=0,190624) no es significativa, estadísticamente no se puede afirmar que tenga influencia en la ocurrencia de eventos. La humedad con un valor de (p=0,000285) es significativo, es otra variable que influye de manera estadísticamente comprobada. Finalmente, el viento (p=0,406483) no es significativa por lo que no presenta evidencia estadística suficiente para afirmar que influye en el número de eventos.

4. **VIF (multicolinealidad) -** Validación del modelo

- VIF < 5 → no hay problema.
- VIF > 10 → problema serio.

Tabla 20.

VIF (multicolinealidad)

Variables	VIF
precip_mm	1,670608
tmed_c	1,393885
humedad_pct	2,288317
viento_ms	1,277507

Nota. Valores del factor de inflación de la varianza (VIF) en donde se evidencia la ausencia de multicolinealidad significativa entre las variables del modelo. Fuente:

Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

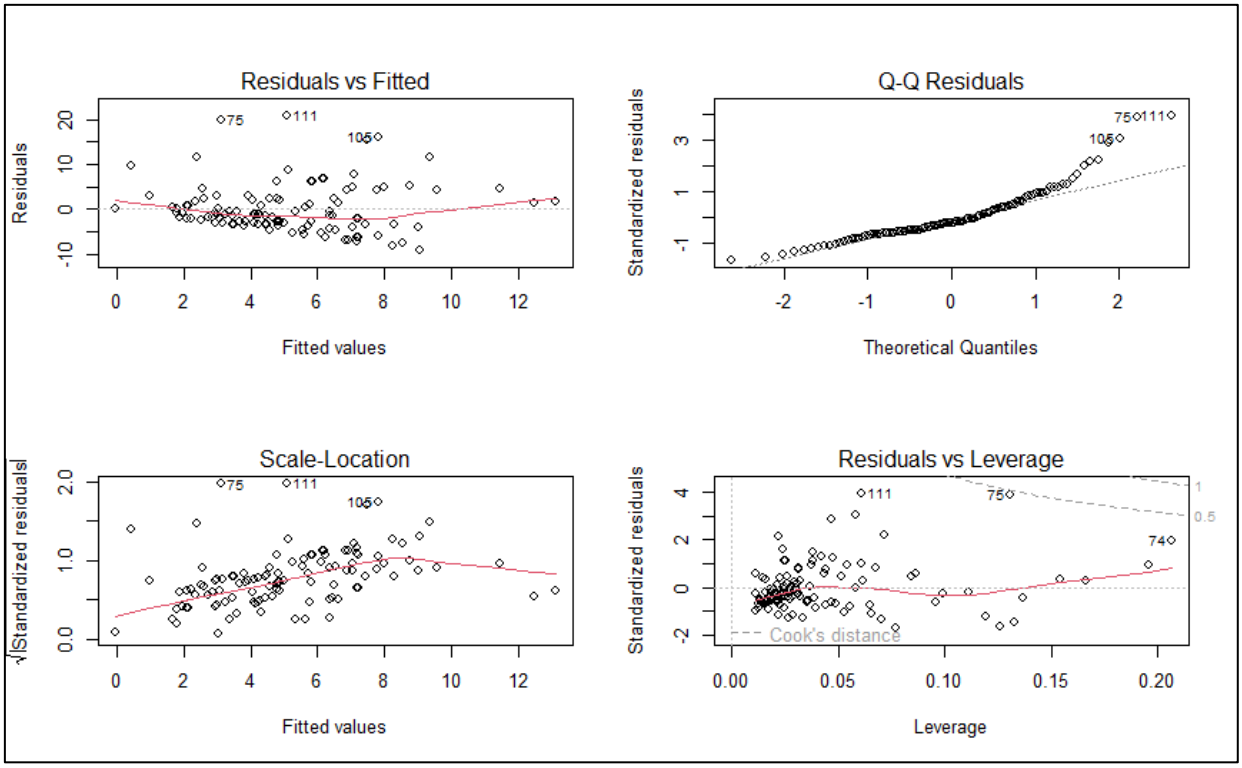
Análisis:

La tabla 20 indica que todos los valores VIF son menores a 5, por lo tanto, no existe evidencia de multicolinealidad entre las variables climáticas, las variables no están fuertemente correlacionadas entre sí y el modelo es estadísticamente estable. Los coeficientes estimados pueden interpretarse con confianza el único valor más alto corresponde a la humedad (2.29), pero sigue estando muy por debajo del valor de criterio, por lo que no representa ningún problema.

DIAGNÓSTICOS DEL MODELO

Gráfico 22.

Modelo Múltiple



Nota. Diagnóstico del modelo de regresión múltiple en el cual permite evaluar el comportamiento de los residuos, la normalidad, la homocedasticidad y la presencia de observaciones afluyentes en el ajuste del modelo. Fuente: Elaboración propia a partir de registros de la estación meteorológica y de desastres del cantón (2025).

Análisis:

El gráfico 20 muestra que, si bien el modelo captura la tendencia general, existen desviaciones significativas en los supuestos fundamentales de la regresión lineal. En el gráfico de residuos contra valores ajustados, los residuos parecen esparcirse aleatoriamente en torno a cero, lo que indica que el modelo se aproxima a la tendencia verdadera; sin embargo, hay algunos valores extremos que se alejan del patrón esperado. El gráfico Q-Q Residuals indica que los puntos no se colocan completamente sobre la línea diagonal, especialmente hacia los extremos, lo cual indica que los residuos no son normalmente distribuidos ideales y hay valores extremos. Se observa en el gráfico Scale-Location una ligera pendiente positiva que podría indicar la presencia de heterocedasticidad, lo que significa que la varianza de los residuos no es constante. La gráfica residuos vs leverage muestra también algunos puntos con alta influencia (74,75,111); pero ningún punto supera las líneas de distancia de Cook, indicando que éstos no tienen un efecto muy fuerte en el modelo.

En resumen, el modelo parece razonable para una interpretación inicial, pero no ideal. La existencia de outliers identificados y la leve ausencia de homocedasticidad indica que el ajuste puede mejorar considerablemente mediante el estudio de casos particulares o la aplicación de alguna transformación a las variables que estabilice las varianzas y normalice los residuos.

4.2 Comprobación de hipótesis

El análisis desarrollado permite establecer que existe una relación entre las variables climáticas y el número de eventos en el cantón Guaranda; es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, no obstante, dicha relación es débil cuando se evalúa de manera individual, debido a que los coeficientes de correlación se aproximan a cero y no presentan significancia estadística.

Sin embargo, cuando se estudia el efecto conjunto utilizando el modelo de regresión lineal múltiple, la relación es significante desde el punto de vista estadístico y que indica que, conjuntamente, las variables del clima afectan la ocurrencia de eventos. En este sentido, la humedad relativa y la precipitación se destacan como las variables de influencia significativa, y la temperatura y la velocidad del viento no muestran un efecto estadísticamente significativo.

CAPITULO V. PROPUESTA

Propuesta de medidas de prevención y mitigación para la reducción del riesgo de desastres naturales en el cantón Guaranda.

5.1 Fundamentación de la propuesta

Los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico evidencian que variables climáticas como la precipitación y la humedad relativa presentan un dominio relevante en la ocurrencia de eventos asociados a desastres naturales en el cantón Guaranda. No obstante, el modelo estadístico desarrollado muestra una capacidad explicativa limitada (R^2 = 16,5%), lo cual indica que la existencia de estos eventos no solo se debe a las condiciones climáticas si no también responde a una dinámica de diversos factores, en la que influyen factores físicos, territoriales y socioambientales.

En este marco, la presente propuesta se orienta a fortalecer los procesos de gestión integral del riesgo, mediante la implementación de medidas tanto estructurales como no estructurales, destinadas a la prevención, mitigación y reducción de las condiciones de vulnerabilidad existentes frente a fenómenos naturales, particularmente aquellos asociados a periodos de precipitación intensa.

5.2 Objetivo de la propuesta

Elaborar un conjunto de estrategias técnicas, institucionales y comunitarias orientadas a reducir la vulnerabilidad territorial y a disminuir los impactos generados por desastres naturales en el cantón Guaranda, fortaleciendo las capacidades locales de prevención y respuesta ante eventos.

5.3 Ejes estratégicos de intervención

Esta propuesta se estructura en cuatro ejes estratégicos, los cuales integran acciones para la reducción del riesgo desde una perspectiva preventiva, territorial, estructural y social.

EJE 1: Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT)

Justificación

Los resultados del análisis estadístico identifican a la precipitación como la variable climática con mayor incidencia en la ocurrencia de eventos, lo que resalta la importancia de fortalecer los mecanismos de monitoreo hidrometeorológico como herramienta fundamental para la anticipación y gestión del riesgo.

Acciones propuestas

- Implementación de estaciones meteorológicas automáticas en sectores críticos como, Santa Fe, el centro de la ciudad, San Simón y parte de Guanujo, con el fin de mejorar el monitoreo del clima.
- Desarrollo de sistemas de monitoreo permanente de precipitación acumulada.
- Establecimiento de umbrales críticos de alerta asociados a intensidad y duración de lluvias.
- Implementación de mecanismos de notificación temprana mediante servicios de mensajería (SMS) y plataformas digitales.
- Fortalecimiento de la coordinación interinstitucional con el (GAD) Municipal y organismos responsables de la gestión de riesgos.

Impacto esperado

La implementación de estas medidas permitirá reducir los tiempos de reacción ante eventos extremos, mejorando la capacidad de respuesta institucional y contribuyendo a la disminución de pérdidas humanas y materiales.

EJE 2: Gestión y ordenamiento territorial

Justificación

El bajo nivel de explicación del modelo estadístico sugiere que la ocurrencia de desastres está influenciada también por factores territoriales, geomorfológicos y antrópicos, lo que hace indispensable fortalecer los procesos de planificación territorial con enfoque de gestión del riesgo.

Acciones propuestas

- Actualización del Plan de Uso y Gestión del Suelo incorporando criterios de riesgo.
- Identificación, delimitación y zonificación de áreas con alta susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones.
- Establecimiento de restricciones para la expansión urbana en zonas de riesgo.
- Incorporar estudios geotécnicos y de estabilidad del terreno en nuevos proyectos de desarrollo urbano.

Impacto esperado

Estas medidas permitirán reducir de manera estructural la exposición de la población y la infraestructura a amenazas naturales, promoviendo un desarrollo territorial más seguro y sostenible.

EJE 3: Infraestructura de mitigación

Justificación

Los eventos asociados a precipitaciones intensas pueden generar procesos de inestabilidad de laderas, escorrentía superficial e inundaciones, lo que hace necesario implementar obras de infraestructura destinadas a la mitigación de estos impactos.

Acciones propuestas

- Construcción y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial.

- Implementación de obras de estabilización de taludes y control de erosión.
- Programas de reforestación en zonas con pendientes pronunciadas para mejorar la estabilidad del suelo.
- Limpieza y mantenimiento periódico de quebradas, canales y sistemas de evacuación de aguas.
- Construcción de muros de contención en sectores identificados como altamente vulnerables.

Impacto esperado

La ejecución de estas intervenciones contribuirá a disminuir los daños materiales, controlar la escorrentía superficial y disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos asociados a deslizamientos e inundaciones.

EJE 4: Educación y fortalecimiento comunitario

Justificación

La gestión del riesgo no depende exclusivamente de factores naturales, sino también de la capacidad de organización, preparación y respuesta de la población, por lo que resulta fundamental fortalecer los procesos de participación comunitaria.

Acciones propuestas

- Desarrollo de programas de capacitación comunitaria en gestión del riesgo de desastres.
- Realización periódica de simulacros de evacuación y respuesta ante emergencias.
- Elaboración y difusión de planes familiares de emergencia.
- Incorporación de contenidos de educación ambiental y prevención de riesgos en instituciones educativas.

- Conformación de brigadas comunitarias de respuesta inmediata.

Impacto esperado

Estas acciones contribuirán al fortalecimiento de la resiliencia comunitaria, incrementando la capacidad de adaptación y respuesta frente a eventos adversos.

5.4 Plan de implementación

Tabla 21.

Plan de Implementación

Fase	Actividad principal	Plazo
Corto plazo	Diagnóstico y diseño del Sistema de Alerta Temprana	1 año
Mediano plazo	Ejecución de obras prioritarias de mitigación	2–3 años
Largo plazo	Implementación obras de estabilización de taludes junto con programas de reforestación	5 años

Nota. Plan de implementación en fases a corto, mediano y largo plazo con acciones para el fortalecimiento de la resiliencia. Fuente: Elaboración propia (2026).

5.5 Indicadores de evaluación

Para evaluar la efectividad de la propuesta se plantean los siguientes indicadores:

- Reducción en un 20 % del número de eventos con afectaciones severas en zonas priorizadas.
- Disminución en un 15% de las pérdidas materiales y daños en infraestructura ocasionados por desastres naturales.
- Reducción en un 25% del tiempo de respuesta ante alertas tempranas y eventos de emergencia.

- Capacitación de al menos 60% de la población ubicada en los puntos donde existe mayor densidad de desastres (centro, centro-oriente y áreas cercanas a la parroquia de Santa Fé.
- Intervención mínima del 70% de las zonas críticas.

5.6 Conclusión de la propuesta

El control de riesgos de desastres en el cantón Guaranda requiere entre otros la aplicación de una política general que establezca la coordinación y seguimiento climático, planificación del uso del suelo, fortalecimiento comunitario y desarrollo de actividades de mitigación.

Los resultados del análisis estadístico en esta investigación evidencian que es necesario destacar estrategias relacionadas con la monitorización y gestión de sucesos asociados a la lluvia, sin dejar de lado la incidencia de factores estructurales, territoriales y sociales en la construcción del riesgo.

En este sentido, la implementación coordinada de las estrategias propuestas permitirá reducir progresivamente las condiciones de vulnerabilidad existentes en el cantón, al tiempo que fortalecerá la resiliencia territorial y la capacidad institucional y comunitaria para enfrentar eventos naturales.

Como limitación del estudio, el modelo estadístico mostró un coeficiente de determinación bajo ($R2 = 0.165$), lo que muestra que las variables climáticas analizadas explican solo una parte de la ocurrencia de los desastres naturales registrados en el cantón, esto quiere decir que además de la variabilidad climática existen otros factores que influyen en la generación de estos eventos.

CONCLUSIONES

- El análisis de la serie climática del período 2016–2025 muestra que el cantón Guaranda presenta un comportamiento atmosférico caracterizado por una marcada estacionalidad y una alta variabilidad interanual, especialmente en la precipitación, que es la variable más dinámica del sistema climático local. Se identifican periodos bien definidos de régimen húmedo y seco, así como episodios extremos de lluvia y sequía, corroborados tanto por el análisis de subseries estacionales como por el índice SPI. Por otro lado, las variables térmicas muestran una estabilidad relativa sin tendencias significativas a lo largo del tiempo y la humedad relativa es constantemente alta, y el viento es poco variable.
- De la revisión de los eventos registrados en el cantón Guaranda de 2016 a 2025 se destaca que existe una alta incidencia de desastres naturales vinculados a los factores geológicos y climáticos, con ciertos cambios entre los años. Sin embargo, se observa una tendencia clara en la predominancia de los deslizamientos y los incendios forestales como los eventos más frecuentes. Por un lado, los deslizamientos se mantienen constantes durante casi todo el periodo de estudio. Por otro lado, los incendios forestales presentan incrementos importantes en ciertos años, especialmente en aquellos donde se evidencian condiciones más secas, por esta razón, se concluye que el deslizamiento es el desastre más recurrente en el cantón Guaranda.
- Se establece que la relación entre las variables climáticas y la ocurrencia de desastres naturales en el cantón Guaranda es baja cuando se observa en forma aislada, ya que los coeficientes de correlación indican relaciones débiles y no son estadísticamente significativos. No obstante, analizando la influencia conjunta desde la perspectiva del modelo de regresión lineal múltiple, se puede notar que

las variables climáticas consideradas en su totalidad tienen una relación significativa estadísticamente con la cantidad de eventos, aunque con un poder explicativo bajo (R^2 =16.5%), indicando que existen otros elementos no considerados que influyen en la ocurrencia de desastres.

- De manera específica, la precipitación y la humedad relativa se posicionan como las variables con mayor incidencia estadísticamente comprobada, mientras que la temperatura y la velocidad del viento no muestran influencia significativa, por ello, se concluye que las condiciones climáticas influyen parcialmente en la ocurrencia de eventos adversos, pero no constituyen el único factor determinante en la dinámica de los desastres en el territorio.
- Se presentó, una propuesta para la prevención y mitigación de desastres naturales en el cantón Guaranda, fundamentada en resultados del análisis estadístico, que mostró una incidencia de variables climáticas como la humedad, la precipitación; también de factores territoriales, y socioambientales. Sobre esta base, se desarrollaron las estrategias que se articulan en pilares de intervención que comprenden el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana, la planificación territorial y ordenamiento territorial, la construcción de infraestructura de mitigación y la capacitación comunitaria.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere fortalecer los sistemas de monitoreo climático en el cantón Guaranda, sobre todo en lo relativo a la precipitación, debido a su alta variabilidad y su impacto significativo en la generación de desastres. Para ello, es necesario instalar estaciones meteorológicas automáticas y ampliar la cobertura espacial de los datos, de lo que se derivará el acceso a información más precisa y oportuna para la toma de decisiones.

- Debido a que las precipitaciones y la humedad relativa influyen en la ocurrencia de eventos, como ya se propone implementar sistemas de alerta temprana que permitan predecir eventos extremos, especialmente deslizamientos e inundaciones es importante que estos sistemas contemplen la definición de umbrales de lluvia críticos y establezcan mecanismos efectivos de comunicación con la población.
- Es importante la ejecución de proyectos de infraestructura orientados a reducir el riesgo, tales como sistemas de drenaje de aguas pluviales, estabilización de pendientes, reforestación en zonas crítica y conservación de cursos de agua naturales. Estas acciones contribuirán a minimizar los impactos de eventos asociados a lluvias intensas.
- Resulta necesario el fortalecimiento de la educación comunitaria en manejo de riesgos, mediante capacitaciones, simulacros y campañas de sensibilización, para incrementar la capacidad de respuesta de la población ante eventos negativos y para reducir su vulnerabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Guaranda. (2025). Obtenido de https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/datos-importantes/

Alimontia y Mariani . ((2024). *Is the number of global natural disasters increasing?* Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17477891.2023.2239807

Alimontia y Mariani. ((2024)). *Is the number of global natural disasters increasing?* Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17477891.2023.2239807

Arenas, A. L. (24 de 06 de 2021). *Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática.* Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/5177/517752178008/517752178008.pdf

Argeñal, F. J. (15 de 02 de 2014). *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras.* Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31579495/Variabilidad_Climatica_y_Cambio_Climatico_en_Honduras-libre.pdf?1392479091=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVariabilidad_Climatica_y_Cambio_Climatic.pdf&Expires=1743438211&Signature=P-69px4w

BBVA. (2026). Obtenido de https://www.bbva.com/es/innovacion/moderniza-negocio-nuevo-ciclo/

Bill in. (2025). Obtenido de https://www.billin.net/glosario/fluctuaciones/

Chacon, B. (11 de 12 de 2025). *SCRIBD*. Obtenido de Incidencia, Emergencia y Desastre: https://es.scribd.com/document/803311741/incidencia-J-emergencia-y-desastre

Chirinos, T. (23 de 08 de 2023). *Variabilidad climática y cambios de cobertura de la tierra en los caudales de cabecera de Cuenca del río Cabanillas.* Obtenido de https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/1030/1342

Colegio Santa Rosa. (04 de 2024). Obtenido de https://es.slideshare.net/slideshow/causas-y-consecuencias-de-los-fenomenos-y-desastres-naturalespptx/267613293#6

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (25 de enero de 2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.* Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Cordulus. (30 de 09 de 2025). *Cordulus*. Obtenido de Estación meteorológica: https://www.cordulus.com/es/glossary/weather-station

Ecured. (2025). Obtenido de https://www.ecured.cu/Guaranda_(Ecuador)

Editorial RSyS. (08 de 01 de 2022). *Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad*. Obtenido de https://www.responsabilidadsocial.net/desastres-naturales-que-son-definicion-tipos-caracteristicas-y-prevencion/

El observador. (20 de 10 de 2018). Obtenido de VARIABLES METEOROLÓGICAS: RADIACIÓN, TEMPERATURA Y PRESIÓN ATMOSFÉRICA: https://elobservadorm.blogspot.com/2018/10/variables-meteorologicas-radiacion.html

Ferrando A., F. J. (24 de 03 de 2015). *En torno a los desastres "naturales": Tipología, conceptos y reflexiones.* Obtenido de http://redalyc.org/pdf/258/25804703.pdf

Fonseca, C. (2019). *Variabilidad climática.* Obtenido de http://ccc.insmet.cu/cambioclimaticoencuba/sites/default/files/resultados/03%20VARIABILIDAD%20CLIMATICA_0.pdf

Frau, C. D. (23 de 05 de 2024). Obtenido de https://revistasipgh.org/index.php/regeofi/article/view/1076

Frost, J. (s.f.). *Estadísticas por Jim*. Obtenido de Cómo interpretar el coeficiente de determinación (R cuadrado) en el análisis de regresión.: https://statisticsbyjim.com/regression/interpret-r-squared-regression/

Geo innova. (12 de 09 de 2018). Obtenido de https://geoinnova.org/blog-territorio/medioambiente-indicadores-climaticos-globales/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw8IfABhBXEiwAxRHlsCZRw9f8cS9nyxe9Uu45uhSeOq6CLCj6ztWCkw6tCy7q_eQWHuWciBoC1_MQAvD_BwE

Gianluca Alimontia & Luigi Mariani. (2024). *Is the number of global natural disasters increasing?* Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17477891.2023.2239807

González, G. D. (02 de 2025). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar.* Obtenido de Evaluación de la Velocidad del Viento a Diferentes Alturas: Estudio Temporal y Espacial en Boca del Río, Veracruz: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/16334

IDEAM. (s.f.). Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: http://www.cambioclimatico.gov.co/otras-iniciativas#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20variabilidad%20clim%C3%A1tica%3F,all%C3%A1%20de%20fen%C3%B3menos%20meteorol%C3%B3gicos%20determinados.

inbestMe. (27 de 10 de 2022). *inbestMe*. Obtenido de ¿Qué es la correlación?: https://www.inbestme.com/es/es/blog/que-es-la-correlacion/

Insituto Geofísico. (05 de 09 de 2013). Obtenido de https://www.igepn.edu.ec/cayambe/805-terremoto-del-5-de-agosto-de-1949

Instituto Geofísico. (17 de 04 de 2023). Obtenido de https://www.igepn.edu.ec/portal/informes/otros/deslizamiento_alausi.pdf

Instituto Geofísico. (2025). Obtenido de https://www.igepn.edu.ec/un-dia-como-hoy

Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (2026). Obtenido de https://ipghigear.es/anomalia-en-la-temperatura/

Jaramillo, K. (2020). *ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ.* Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JARAMILLO%20SINCHE%20KELLY%20STEFANIA_compressed.pdf

Keyantash, J. y. (11 de 12 de 2025). *Guía de datos climáticos*. Obtenido de Índice de precipitación estandarizado (SPI): https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-index-spi

LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES. (30 de enero de 2024). *LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES.* Obtenido de https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%C3%81NICA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DEL%20RIESGO%20DE%20DESASTRES.pdf

Merino, J. P. (03 de 06 de 2022). *Definición.De.* Obtenido de https://definicion.de/oscilacion/

Naciones Unidas . (27 de 10 de 2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.* Obtenido de https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres . (2017). *UNDRR*. Obtenido de erminología del Marco de Sendai sobre la Reducción del Riesgo de Desastres . «Mitigación».: https://www.undrr.org/terminology/mitigation

ORDAZ, J. (1988). *Desastres naturales y catastrofismo en el siglo XVIII.* Obtenido de https://reunido.uniovi.es/index.php/CESXVIII/article/view/12112/11135

Parra, A. (2026). *QuestionPro*. Obtenido de https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-de-correlacion-de-spearman/

Paucar Camacho, A., & Córdova Yánez, J. (01 de 2008). Obtenido de https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/387

Pérez, B. (2020). Obtenido de https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2020/02/ESTUDIO-CC.pdf

Plan de prteccion escolar. (2026). Obtenido de Glosario: https://www.eird.org/cd/toolkit08/material/planes-escolares/proteccion_escolar/glosario.pdf

Ready.gov. (20 de 02 de 2026). *Listo*. Obtenido de https://www.ready.gov/es/inundaciones

Revista Geociencias SURA. (02 de 10 de 2020). *Suramericana*. Obtenido de https://suramericana.com/blog/salud_planetaria/variabilidad-y-cambio-climatico-caracteristicas-y-oportunidades/

Ruiz, M. A. (03 de 10 de 2023). Obtenido de https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v34n5/0718-0764-infotec-34-05-47.pdf

ScienceDirect. (2023). *ScienceDirect*. Obtenido de Distribución espacial: https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/spatial-distribution

ScienceDirect. (2026). Obtenido de https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/kalman-filter-model

Secretaria de Gestion de Riesgos. (18 de 01 de 2019). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

Secretaría de Gestión de Riesgos. (18 de 01 de 2019). Obtenido de GLOSARIO DE TÉRMINOS DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES GUIA DE CONSULTA: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

Secretaría de Gestión de Riesgos. (18 de 01 de 2019). Obtenido de https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-de-correlacion-de-spearman/: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2016). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-actual-por-eventos-adversos-ecuador/

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2026). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2026). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/recomendaciones-en-caso-de-sismos/

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2026). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/incendios-forestales/

SENAPRED. (2026). *SENAPRED*. Obtenido de https://senapred.cl/aluviones/

SNGR. (2026). *Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/secretaria-de-gestion-de-riesgos-informa-sobre-el-sistema-de-alerta-temprana/

Soliz, E. J. (2026). Obtenido de Ciclo de los eventos adeversos: https://es.slideshare.net/slideshow/eventos-adversos-163636217/163636217

Soria & Vásquez . (11 de 02 de 2025). *Ciencia latina revista científica multidisciplinar.* Obtenido de https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/16014/22822/

Taneja, H. (26 de 10 de 2023). *Medium*. Obtenido de Guía detallada de la distancia de Cook: https://medium.com/@hiteshtaneja/in-depth-guide-to-cooks-distance-40697cda2c9d

UNESCO. (2026). *UNESCO*. Obtenido de Vulnerabilidad: https://www.unesco.org/en/query-list/v/vulnerability

UNGRD. (2012). *GOV.CO.* Obtenido de https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/reduccion-riesgo-desastres.aspx

Universidad Politécnica de Madrid. (02 de 07 de 2009). Obtenido de ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

Verdezoto, F. (2017). Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/49682/1/T-76519%20VERDEZOTO%20MENDOZA.pdf

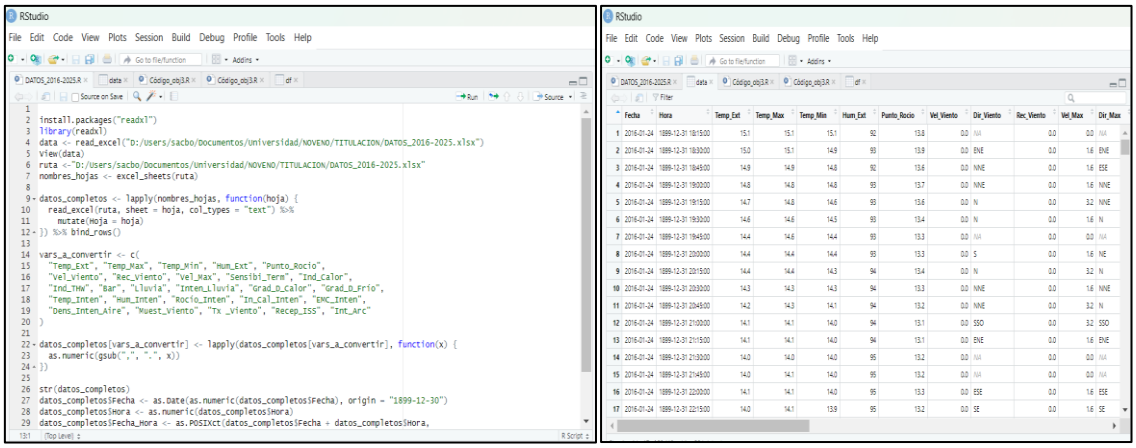
World Meteorological Organization. (2023). *WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2019)*. Obtenido de https://wmo.int/resources/publication-series/atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-related-hazards/wmo-atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019

WTS Energy. (21 de 02 de 2024). Obtenido de https://www.wtsenergy.com/es/glossary/aseguramiento-de-la-calidad-y-el-control-de-calidad-qa-qc/

ANEXOS

Gráfico 23.

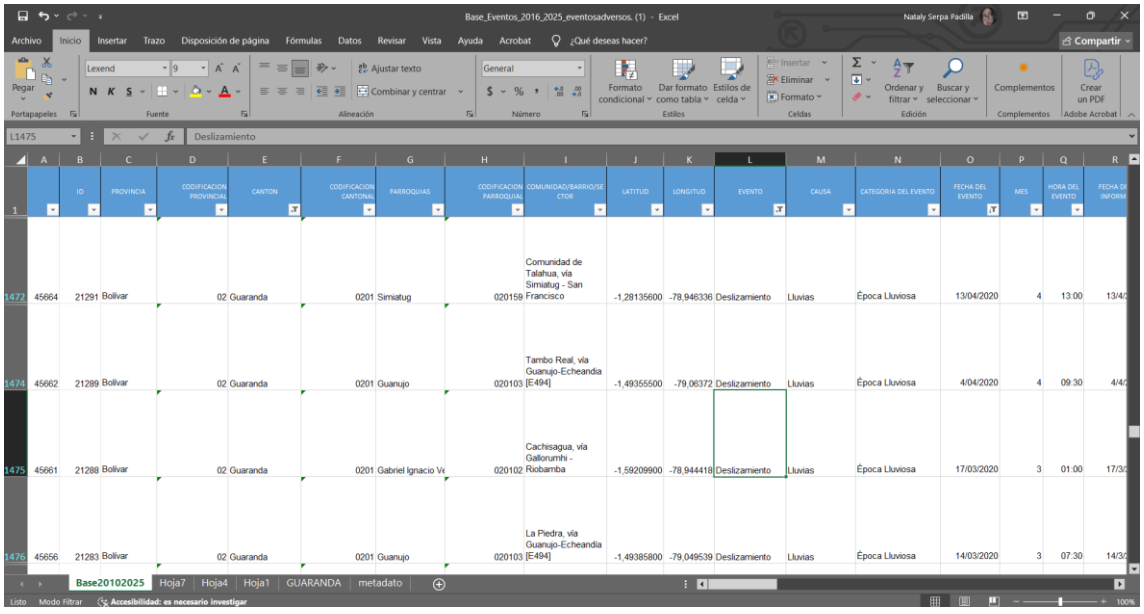
Código para ingreso de base de datos



Nota. Ingreso de base de datos mediante código en Rstudio para análisis. Fuente: Elaboración propia (2025).

Gráfico 24.

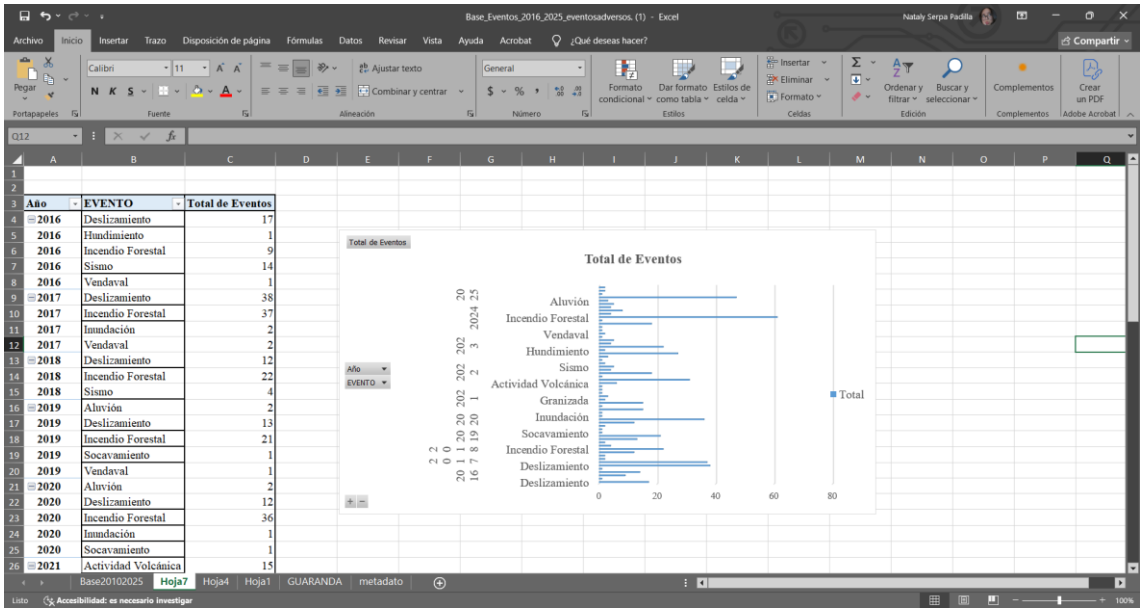
Base de datos de eventos del cantón Guaranda



Nota. Base de registro de datos históricos de eventos del cantón Guaranda en el periodo 2016 - 2025. Fuente: SNGR del cantón Guaranda (2025).

Gráfico 25.

Tabla dinámica, Clasificación de eventos

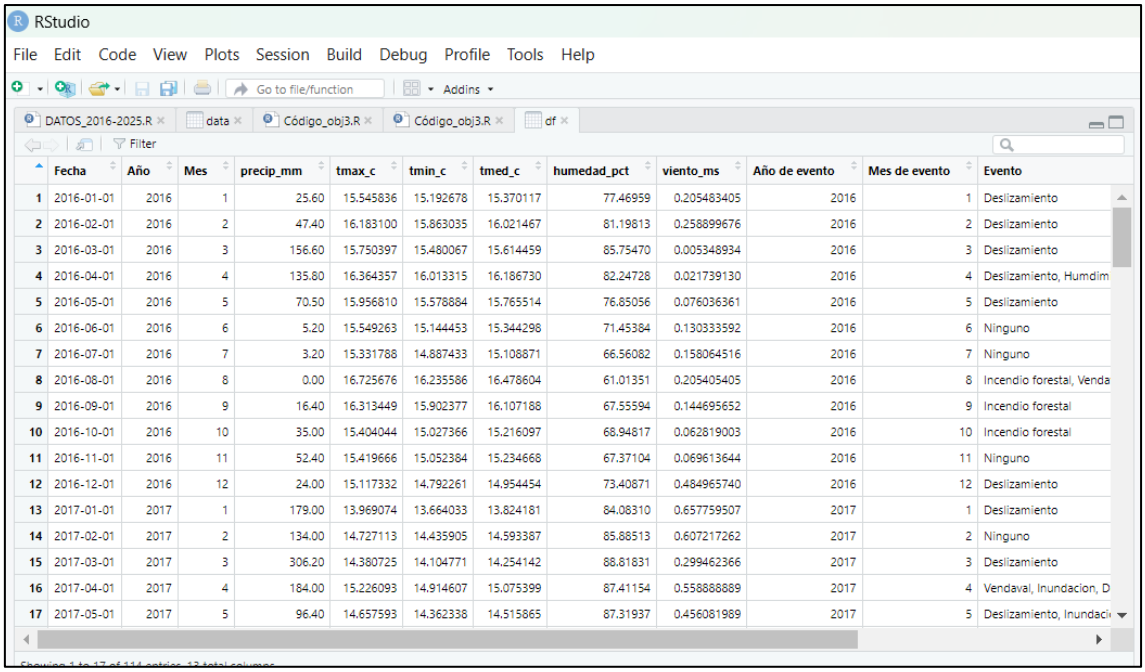


Año	EVENTO	Total de Eventos
2016	Deslizamiento	17
2016	Hundimiento	1
2016	Incendio Forestal	9
2016	Sismo	14
2016	Vendaval	1
2017	Deslizamiento	38
2017	Incendio Forestal	37
2017	Inundación	2
2017	Vendaval	2
2018	Deslizamiento	12
2018	Incendio Forestal	22
2018	Sismo	4
2019	Aluvión	2
2019	Deslizamiento	13
2019	Incendio Forestal	21
2019	Socavamiento	1
2019	Vendaval	1
2020	Aluvión	2
2020	Deslizamiento	12
2020	Incendio Forestal	36
2020	Inundación	1
2020	Socavamiento	1
2021	Actividad Volcánica	15

Nota. Tabla dinámica para clasificación por tipo y total de eventos y respectivos diagramas de barras por año. Fuente: Elaboración propia (2025).

Gráfico 26.

Base de datos (Variables de estudio y eventos)

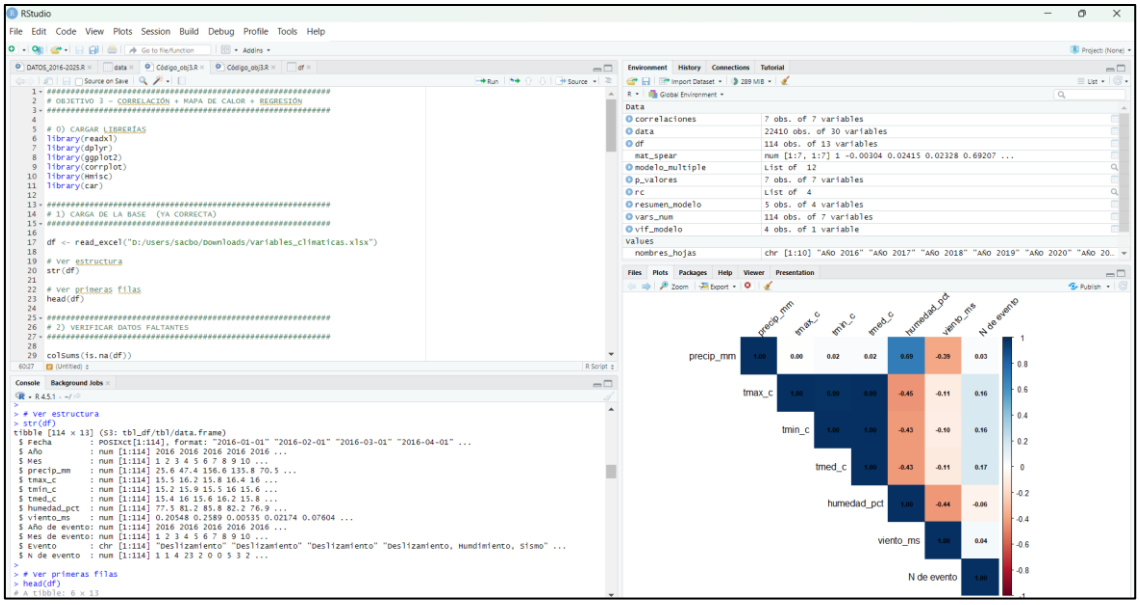


	Fecha	Año	Mes	precip_mm	tmax_c	tmin_c	tmed_c	humedad_pct	viento_ms	Año de evento	Mes de evento	Evento
1	2016-01-01	2016	1	25.60	15.545836	15.192678	15.370117	77.46959	0.205483405	2016	1	Deslizamiento
2	2016-02-01	2016	2	47.40	16.183100	15.863035	16.021467	81.19813	0.258899676	2016	2	Deslizamiento
3	2016-03-01	2016	3	156.60	15.750397	15.480067	15.614459	85.75470	0.005348934	2016	3	Deslizamiento
4	2016-04-01	2016	4	135.80	16.364357	16.013315	16.186730	82.24728	0.021739130	2016	4	Deslizamiento, Humdim
5	2016-05-01	2016	5	70.50	15.956810	15.578884	15.765514	76.85056	0.076036361	2016	5	Deslizamiento
6	2016-06-01	2016	6	5.20	15.549263	15.144453	15.344298	71.45384	0.130333592	2016	6	Ninguno
7	2016-07-01	2016	7	3.20	15.331788	14.887433	15.108871	66.56082	0.158064516	2016	7	Ninguno
8	2016-08-01	2016	8	0.00	16.725676	16.235586	16.478604	61.01351	0.205405405	2016	8	Incendio forestal, Venda
9	2016-09-01	2016	9	16.40	16.313449	15.902377	16.107188	67.55594	0.144695652	2016	9	Incendio forestal
10	2016-10-01	2016	10	35.00	15.404044	15.027366	15.216097	68.94817	0.062819003	2016	10	Incendio forestal
11	2016-11-01	2016	11	52.40	15.419666	15.052384	15.234668	67.37104	0.069613644	2016	11	Ninguno
12	2016-12-01	2016	12	24.00	15.117332	14.792261	14.954454	73.40871	0.484965740	2016	12	Deslizamiento
13	2017-01-01	2017	1	179.00	13.969074	13.664033	13.824181	84.08310	0.657759507	2017	1	Deslizamiento
14	2017-02-01	2017	2	134.00	14.727113	14.435905	14.593387	85.88513	0.607217262	2017	2	Ninguno
15	2017-03-01	2017	3	306.20	14.380725	14.104771	14.254142	88.81831	0.299462366	2017	3	Deslizamiento
16	2017-04-01	2017	4	184.00	15.226093	14.914607	15.075399	87.41154	0.558888889	2017	4	Vendaval, Inundacion, D
17	2017-05-01	2017	5	96.40	14.657593	14.362338	14.515865	87.31937	0.456081989	2017	5	Deslizamiento, Inundaci

Nota. Base de datos de variables y eventos para aplicación del modelo. Fuente: elaboración propia (2025).

Gráfico 27.

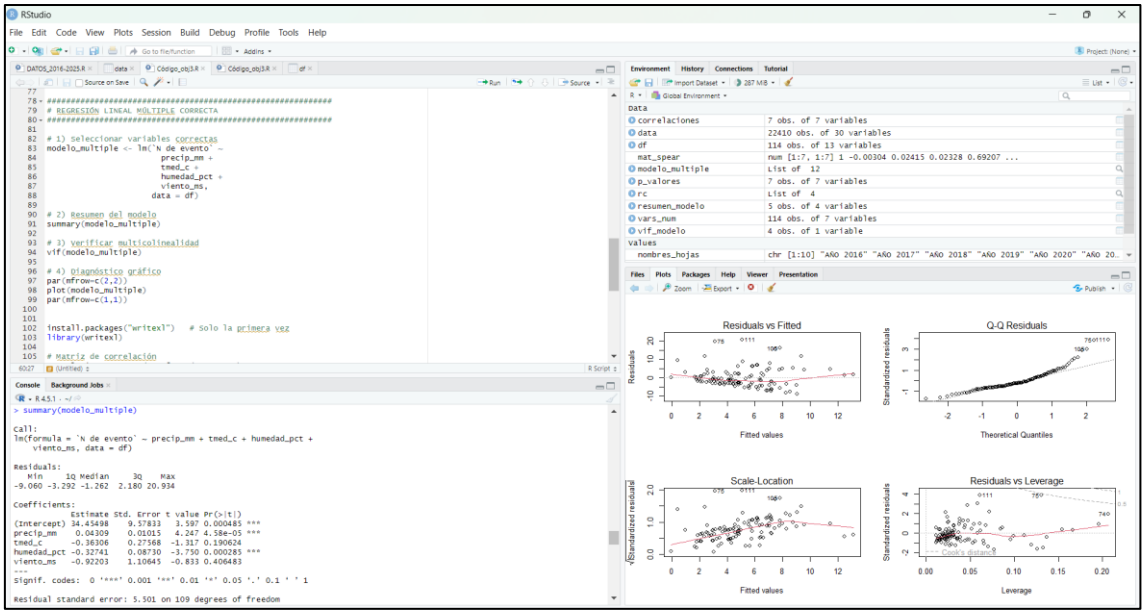
Código para correlación de variables de estudio y eventos.



Nota. Proceso de correlación de variables y eventos mediante código en Rstudio y respectivos resultados. Fuente: elaboración propia (2025).

Gráfico 28.

Regresión lineal múltiple correcta



Nota. Proceso del modelo de regresión lineal múltiple mediante código en Rstudio y respectivo resultado para análisis. Fuente: Elaboración propia (2025).

Ilustración 1

Estación meteorológica Guaranda



Nota. Estación meteorológica ubica en el cantón Guaranda. Fuente: Fotografía proporcionada por el proyecto "Monitoreo del tiempo en los tres pisos climáticos en la provincia de Bolivar, en el periodo 2022-2024 (Primera etapa)".