



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMPARACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS EN EL PERIODO 1983-2012 EN LA
REGIÓN CINCO DEL ECUADOR, SU INCIDENCIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y
SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMATICO

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Ambiental

AUTORES: OSWALDO GEOVANNY BERMEO SUCUZHAÑAY
TERESA ROCÍO VÁZQUEZ ESPINOZA
TUTOR: ING. FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN, PhD.

Cuenca - Ecuador
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Oswaldo Geovanny Bermeo Sucuzhañay con documento de identificación N° 2000090338 y Teresa Rocío Vázquez Espinoza con documento de identificación N° 0302717533; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 07 de noviembre del 2022

Atentamente,



Oswaldo Geovanny Bermeo Sucuzhañay

2000090338



Teresa Rocío Vázquez Espinoza

0302717533

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Oswaldo Geovanny Bermeo Sucuzhañay con documento de identificación N° 2000090338 y Teresa Rocío Vázquez Espinoza con documento de identificación N° 0302717533, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo experimental: “Comparación de datos meteorológicos en el periodo 1983-2012 en la región cinco del Ecuador, su incidencia en el sector agropecuario y su relación con el cambio climático”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 07 de noviembre del 2022

Atentamente,



Oswaldo Geovanny Bermeo Sucuzhañay

2000090338



Teresa Rocío Vázquez Espinoza

0302717533

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fredi Leonidas Portilla Farfán con documento de identificación N° 0102824331, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: COMPARACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS EN EL PERIODO 1983-2012 EN LA REGIÓN CINCO DEL ECUADOR, SU INCIDENCIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMATICO, realizado por Oswaldo Geovanny Bermeo Sucuzhañay con documento de identificación N° 2000090338 y por Teresa Rocío Vázquez Espinoza con documento de identificación N° 0302717533, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 07 de noviembre del 2022

Atentamente,



Ing. Fredi Leonidas Portilla Farfán, PhD.

0102824331

Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecer a Dios y a la Virgen por haberme forjado en el camino del bien en mi transcurso de vida universitaria quienes están conmigo a diario.

Agradezco a mis padres Carlos y María por brindarme su apoyo incondicional y a mis hermanos Grace, Yomaira, Carlos y Kevin.

A mi tutor de tesis Dr. Fredi Portilla por orientarme en la elaboración del tema de titulación.

Geovanny

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios y a la Virgencita por iluminarme siempre en el camino del bien y haber permitido vivir una grata experiencia en mi etapa de vida universitaria y culminar con una de las metas planteadas.

Quiero agradecer a mis padres José y María Eugenia por darme a diario el apoyo incondicional y creer en mí siempre, enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A mis hermanos Angélica, José y Pedro quienes están siempre conmigo llenando mi vida felicidad.

A mi hijo José Patricio por siempre impulsar mi vida y ser mi motor para salir adelante.

Agradezco de manera especial a la Universidad Politécnica Salesiana por su formación de primera calidad durante mi etapa como estudiante, mi segunda casa.

A mi asesor de tesis Dr. Fredi Portilla, por la orientación que me brindo para la realización de esta tesis gracias a su apoyo pude realizar mi trabajo de titulación con excelencia.

Mi sincero agradecimiento a mi compañero de tesis Geovanny por su esfuerzo y dedicación en la realización de la tesis.

Teresa

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Carlos Bermeo y María Sucuzhañay, a mis hermanos Grace, Yomaira, Carlos y Kevin quienes me ayudaron en todo momento, por su paciencia y su comprensión.

Finalmente dedico este trabajo a todos mis amigos que encontré en el transcurso de la vida universitaria de manera especial a Teresa, Paul, Vladi, Juanito, Chelito (Adrián), Cristina, Daniela, Hermanito (Daniel), Boris, Sebastián y Adriana.

Geovanny

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres José Vázquez y María Eugenia Espinoza quienes con su paciencia, amor y esfuerzo lucharon para darme una excelente educación y así convertirme en una profesional, gracias por inculcar en mí el ejemplo de valentía y sacrificio, y, a no dejarme vencer fácilmente.

A mis hermanos Angélica, José y Pedro por su cariño y apoyo incondicional, en especial a mi hermano José quien me aconsejaba siempre y me brindaba palabras de aliento para no abandonar mi sueño de ser profesional, le agradezco a la vida por ser mi ejemplo a seguir.

A mi hijo José Patricio por ser mi motor de motivación e inspiración para poder superarme cada día, gracias a ti soy una persona fuerte y luchadora.

Finalmente, a mi abuelita Teresita quien siempre ha estado ahí conmigo compartiendo momentos inolvidables en mi vida.

A todos ustedes les dedico con mucho amor y sacrificio este trabajo de titulación. Gracias por todo.

Teresa

Resumen

La presente investigación determina la influencia de la Meteorología en el período de 1983 – 2012 sobre el sector agropecuario en la Zona Cinco: provincias de Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos. La metodología incluye la recopilación de datos de las estaciones meteorológicas dentro del área de estudio para analizar y comparar la información referente a precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, así como la evapotranspiración. Con base en los datos obtenidos se determina la influencia sobre el sector agropecuario. Se construyeron proyecciones climatológicas y se formularon alternativas ambientales para promover el desarrollo de este sector frente al cambio climático. Los resultados indican que la influencia de la meteorología sobre el sector agropecuario es negativa en períodos donde la adaptación a fenómenos como el Niño no está establecidos dentro de la Zona Cinco, pero en el caso de Santa Elena es beneficioso ya que, al ser un espacio seco, se recargan los acuíferos y la vegetación se regenera. Las proyecciones indican un descenso de la mayoría de variables hasta el año 2032 y una de las propuestas ambientales más importante es la generación de sistemas de alerta temprana con lo que el sector agropecuario podrá adaptarse al cambio climático.

Palabras clave: Zona Cinco, cambio climático, sector agropecuario, estaciones meteorológicas, proyecciones climatológicas.

Abstract

This research determined the influence of meteorology in the period 1983 - 2012 on the agricultural sector in Zone Five: provinces of Santa Elena, Los Rios, Guayas, Bolivar and Galapagos. The methodology included the collection of data from weather stations within the study area to analyze and compare information on precipitation, temperature, relative humidity, wind speed and direction, as well as evapotranspiration. Based on the data obtained, the influence on the agricultural sector was determined. Climatological projections were constructed and environmental alternatives were proposed to promote the development of this sector in the face of climate change. The results indicate that the influence of meteorology on the agricultural sector is negative in periods where adaptation to phenomena such as El Niño is not established within Zone Five, but in the case of Santa Elena it is beneficial because, being a dry area, aquifers are recharged and vegetation is regenerated. Projections indicate a decrease in most variables until 2032, and one of the most important environmental proposals is the creation of early warning systems that will enable the agricultural sector to adapt to climate change.

Keywords: Zone Five, climate change, agricultural sector, weather stations, climate projections.

Índice general

Agradecimiento.....	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria	vii
Dedicatoria	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Índice de tablas	xv
Índice de gráficos	xvi
Capítulo I: Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación de problemas.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Delimitación del estudio	3
1.4. Variables de investigación	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. General	5
1.5.2. Específicos	6
2. Capítulo II: Fundamentos teóricos.....	7
2.1. Cambio climático y aspectos generales.....	7
2.1.1. Efecto invernadero y calentamiento global.....	9
2.1.2. Escenarios y modelos de cambio climático	11

2.2.	Organizaciones enfocadas al cambio climático	12
2.1.3.	Conferencia de las Naciones Unidas.....	12
2.1.4.	IPCC	13
2.1.5.	Convención de la ONU	13
2.1.6.	Protocolo de Kioto	13
2.1.7.	Acuerdo de París	14
2.3.	Situación de la variación climática en el Ecuador	14
2.4.	Efectos en el sector agropecuario.....	15
2.5.	Actividades agropecuarias dentro de la Zona Cinco.....	18
2.5.1.	Galápagos	18
2.5.2.	Santa Elena.....	18
2.5.3.	Los Ríos	18
2.5.4.	Guayas.....	18
2.5.5.	Bolívar.....	19
2.6.	Estación meteorológica	19
2.7.	Variables meteorológicas	20
2.7.1.	Precipitación.....	21
2.7.2.	Temperatura	23
2.7.3.	Radiación solar.....	23
2.7.4.	Humedad relativa	23
2.7.5.	Velocidad y dirección del viento.....	24
2.7.6.	Evapotranspiración.....	24
2.8.	Regresión lineal.....	25
3.	Capítulo III: Metodología	27
3.1.	Ubicación	27

3.2.	Recopilación de información	30
3.3.	Tabulación de datos.....	30
3.4.	Análisis y comparación de datos.....	31
3.4.1.	Análisis de antecedentes históricos en el sector agropecuario de la región cinco	31
3.4.2.	Análisis del cambio climático	31
3.5.	Elaboración de mapas climatológicos.....	31
3.6.	Determinación de proyecciones meteorológicas.....	32
3.7.	Resultados y elaboración de propuestas ambientales.....	32
4.	Capítulo IV: Resultados	33
4.1.	Análisis de los datos meteorológicos obtenidos de las estaciones y su influencia en el sector agropecuario, así como su incidencia en el cambio climático	33
4.1.1.	Precipitación.....	34
4.1.2.	Temperatura	37
4.1.3.	Radiación solar.....	40
4.1.4.	Humedad relativa	42
4.1.5.	Velocidad y dirección del viento.....	44
4.1.6.	Evapotranspiración.....	46
4.1.7.	Influencia de las variables en el sector agropecuario y su incidencia en el cambio climático 48	
4.2.	Construcción de proyecciones climatológicas a partir de datos meteorológicos y sucesos históricos.....	51
4.3.	Propuestas y alternativas ambientales para el sector agropecuario de la Zona Cinco y su desarrollo frente al cambio climático.....	53
4.4.	Discusión.....	56
	Conclusiones	57
	Recomendaciones	59

Bibliografía 60

Anexos 71

Índice de tablas

Tabla 1	Operacionalización de las variables del estudio	5
Tabla 2	Datos generales de la Provincia de Santa Elena	27
Tabla 3	Datos generales de la Provincia de Guayas	28
Tabla 4	Datos generales de la Provincia de Los Ríos	28
Tabla 5	Datos generales de la Provincia de Bolívar	29
Tabla 6	Datos generales de la Provincia de Galápagos	29
Tabla 7	Estaciones meteorológicas identificadas en la región cinco	33
Tabla 8	Temperaturas mínimas y máximas dentro de la Zona Cinco.....	39
Tabla 9	Recopilación de eventos históricos en la Zona Cinco	48
Tabla 10	Propuestas ambientales para la Zona Cinco	54

Índice de gráficos

Figura 1 Delimitación espacial de la Zona Cinco.....	4
Figura 2 Emisores de CO ₂ a nivel mundial.....	9
Figura 3 Emisiones globales de GEI.....	11
Figura 4 Escenario de precipitación (mm/d) durante 2015-2039 con base en el histórico 1979-2005, México.	12
Figura 5 Incidencia del cambio climático en la agricultura.....	17
Figura 6 Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas.....	20
Figura 7 Ejemplo de curva IDF (intensidad - duración - frecuencia).	22
Figura 8 Regresión lineal aplicada a la estación M315 del río Ambi.....	26
Figura 9 Evolución histórica de la PP en la Zona Cinco.....	34
Figura 10 Mapa de precipitación.....	35
Figura 11 Curva IDF de la estación M1107 (Bolívar).....	36
Figura 12 Evolución histórica de la T° en la Zona Cinco.....	38
Figura 13 Mapa de temperatura.....	40
Figura 14 Evolución histórica de la Radiación solar en la Zona Cinco.....	41
Figura 15 Mapa de Radiación solar.....	42
Figura 16 Evolución histórica de la HR en la Zona Cinco.....	43
Figura 17 Mapa de humedad relativa.....	44
Figura 18 Evolución histórica de la Velocidad del viento en la Zona Cinco.....	45
Figura 19 Evolución histórica de la ETP en la Zona Cinco.....	46
Figura 20 Mapa de ETP.....	47
Figura 21 Proyección para el período 2012-2032 con base en el histórico 1983-2012.....	51

Capítulo I: Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Los inconvenientes enfocados en el calentamiento global y sus efectos adversos en bienestar de toda la sociedad humana están influenciados por la creciente población, la existencia de inmensurables centros industriales y toda actividad del ser humano que calienten el planeta debido a la expansión física de las ciudades y la destrucción de sus recursos naturales circundantes (Shorabeh *et al.*, (2022)). La expansión física de las ciudades ha sido reconocida como una amenaza importante para los recursos naturales y ecológicos con numerosas consecuencias, como el cambio climático, el incremento de la contaminación y el uso de la tierra en áreas urbanas y no urbanas (Wang *et al.*, (2020); Das *et al.*, (2021)).

Estos cambios antropogénicos generalizados van acompañados de ramificaciones involuntarias y desagradables, como la degradación ambiental a diversas escalas locales, regionales y globales, que en última instancia conducen a una calidad de vida degradada (Nadizadeh *et al.*, (2020)). El cambio de cobertura natural del suelo en un área urbanizada generará cambios en las propiedades biofísicas de la superficie (Firozjahi *et al.*, (2020)). Del mismo modo, otros factores humanos como la actividad industrial, el transporte. La emisión de metanos y el consumo de energía aumentan el grado de cambio en las propiedades biofísicas de la superficie durante el día y la noche (Khamchiangta & Dhakal, 2021).

La cuantificación y el monitoreo de los cambios en las propiedades biofísicas debido al crecimiento urbano pueden contribuir a los esfuerzos de planificación para reducir los efectos ambientales negativos del crecimiento urbano (Firozjahi *et al.*, 2020). Las condiciones climáticas constituyen un factor principal que afecta el tipo y la cantidad de cambios en las propiedades biofísicas de la superficie. Por lo tanto, la gestión y planificación urbanas pueden beneficiarse en gran medida de una comprensión profunda de los efectos cualitativos y cuantitativos de las condiciones climáticas sobre el tipo y el alcance de los cambios en las propiedades biofísicas de la superficie debido a la expansión física de las ciudades (Shorabeh *et al.*, 2022).

Es así que medir y analizar las condiciones climáticas, así como su variación temporal a través de los diferentes datos que se recolectan de mediciones en campo es la tecnología que mayor

confiabilidad representa debido a la utilidad y que al estar correctamente distribuida en un sistema de monitoreo cubre un amplio territorio y así realizar estudios en diversas escalas locales, regionales y globales (Dou & Kuang, 2020).

En Ecuador desde hace varios años, se han realizado investigaciones enfocadas al análisis de variables climáticas como la precipitación y temperatura empleando bases de datos con temporalidad delimitada por un período. Vincenti *et al.* (2012) analizaron datos meteorológicos para establecer la variabilidad del clima en el Distrito Metropolitano de Quito, notando que dentro de 30 años existe un comportamiento irregular de temperatura (T°), precipitación (PP), eventos extremos y viento, por lo que recomiendan el empleo de estos estudios en otras partes del país.

El Centro Internacional para la investigación del Fenómeno del Niño, CIIFEN (2014) presentó la metodología para obtener Información de biodiversidad y cambio climático en la región de los Andes Tropicales con miras a la formación de políticas públicas. Muñoz (2013) detectó el cambio climático en las provincias de Pichincha y Napo en el período 1984-2012 encontrando que la tasa de incremento de temperatura es de 0.5°C por década, así como el aumento de la precipitación. Estos estudios denotan que los valores observados por las estaciones representan insumos para comprender el comportamiento anómalo y la importancia que significan en las decisiones que deben tomarse en los diferentes niveles de gobierno y más aún al sector agropecuario que así pueden prepararse para los efectos adversos con medidas de prevención y mitigación climáticas.

Con base en lo expuesto, este estudio determinará la influencia que presenta la meteorología en el período de 1983-2012 sobre el sector agropecuario en la Zona cinco (Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos) mediante un análisis y comparación de datos de estaciones meteorológicas, la proyección de eventos climáticos y propuesta de medidas ambientales para la prevención y mitigación.

1.2. Formulación de problemas

1.2.1. Problema general

¿Cómo determinar la influencia que tiene la Meteorología en el período comprendido entre 1983 – 2012 sobre el sector agropecuario en la Zona Cinco (Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos) mediante el análisis y comparación de datos de las estaciones meteorológicas, la proyección de eventos climáticos y la propuesta de medidas ambientales para la prevención y mitigación?

1.2.2. Problemas específicos

¿Qué análisis deben realizarse con los datos meteorológicos del período de 1983 – 2012, obtenidos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la Zona Cinco, y determinar la influencia de éstos en el sector agropecuario y su acontecimiento en el cambio climático?

¿Cómo construir proyecciones climatológicas a partir de los datos meteorológicos obtenidos y sucesos históricos analizados?

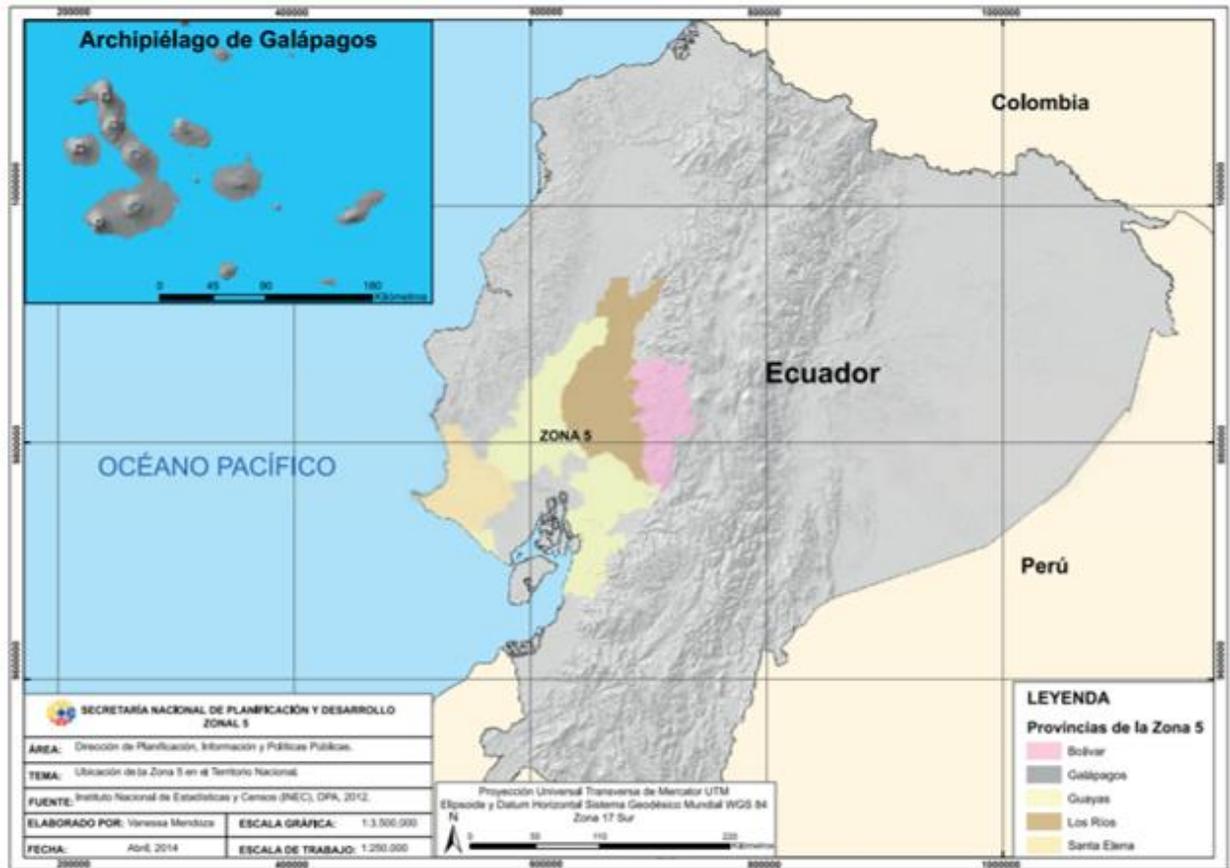
¿Qué alternativas pueden proponerse para la mitigación y prevención que promuevan el desarrollo en el sector agropecuario en las provincias de Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos de frente al cambio climático?

1.3. Delimitación del estudio

La Zona Cinco está comprendida por las provincias de Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos dentro de la extensión territorial del Ecuador, ubicándose en el centro del país (Figura 1). Estos espacios cumplen muchos roles y funciones comerciales, mineros y articulados algunos al turismo como el caso de las playas en Guayas y Santa Elena, así como las islas Galápagos que son un atractivo de gran afluencia anual.

Figura 1

Delimitación espacial de la Zona Cinco



Fuente: SENPLADES (2015)

1.4. Variables de investigación

En el presente estudio se cuenta con la variable independiente de la comparación de datos meteorológicos (1983 – 2012), en donde se incluyen parámetros como: Humedad y evapotranspiración, Radiación, Precipitación, Temperatura, así como la velocidad y dirección del viento; a su vez solo se cuenta con esta variable debido a que satisface todas las preguntas de investigación. En la siguiente tabla se ha operacionalizado lo antes mencionado.

Tabla 1*Operacionalización de las variables del estudio*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
	Datos meteorológicos	Humedad y evapotranspiración	%	Excel
		Radiación	watt/m ²	Formulario de recolección de información
		Precipitación	Mm de lluvia	
Comparación de datos meteorológicos (1983 – 2012)	Proyecciones climatológicas	Temperatura	°C	Excel Bibliografía
		Velocidad y dirección del viento	m/s y N, S, E y O	
		Base de datos	# datos recopilados	
	Alternativas ambientales de mitigación y prevención	Sucesos históricos	# sucesos analizados	Matriz de propuestas
		Propuestas o alternativas para el sector agropecuario de la Zona 5	# de propuestas o alternativas por provincia	

Fuente: Elaboración propia

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Determinar la influencia que tiene la Meteorología en el periodo de 1983-2012 sobre el sector agropecuario en la Zona Cinco: provincias de Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos, mediante el análisis y comparación de datos de las estaciones meteorológicas, la proyección de eventos climáticos y la propuesta de medidas ambientales para la prevención y mitigación.

1.5.2. Específicos

- Analizar datos meteorológicos del periodo de 1983-2012, obtenidos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la Zona Cinco, y determinar la influencia de éstos en el sector agropecuario y su acontecimiento en el cambio climático.
- Construir proyecciones climatológicas a partir de los datos meteorológicos obtenidos y sucesos históricos analizados.
- Proponer alternativas ambientales para la mitigación y prevención, promoviendo el desarrollo en el sector agropecuario en las provincias de Santa Elena, Los Ríos, Guayas, Bolívar y Galápagos de frente al cambio climático.

Capítulo II: Fundamentos teóricos

2.1. Cambio climático y aspectos generales

Este fenómeno se ha establecido como la suma de alteraciones en los patrones del clima durante largas series de tiempo, incluyendo el incremento de la temperatura (T°), las variaciones de la precipitación y todo cambio extremo climático, siendo su principal impulsor la sociedad humana, ya que, desde su expansión se observa a lo largo del tiempo que supera a las causas naturales (Shorabeh *et al.*, 2022).

Es así que este tema es ampliamente discutido, ya que hace algunas décadas se relacionaba directamente con el efecto invernadero. Sin embargo, en la actualidad se lo relaciona con el incremento de temperatura por lo que acompaña a varios cambios de precipitación, humedad y duración de eventos climatológicos. Es por ello que la mejor definición es un cambio estadístico muy significativo en la distribución del clima en periodos de tiempo (Das *et al.*, 2021). Por lo tanto, la sociedad científica indica que el cambio climático altera sin remedio la biosfera con efecto de extinción de animales y plantas.

El Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) se creó en los años 90 y desde el año 2007 han documentado con evidencia científica que este fenómeno se incrementa a la par como aumenta la concentración de contaminantes atmosféricos como el dióxido de carbono (CO_2 -) dióxido de nitrógeno (NO_2 -) y metano (CH_4 -) que principalmente se originan por las actividades humanas (Albán, 2015). La tierra ha experimentado aumentos significativos de temperatura tanto a nivel regional como global desde 1850, los cuales han superado todo registro histórico, por lo que los modelos de proyecciones han establecido que no se reducirán dentro de la atmósfera y que continuarán sin alguna opción de revertir este panorama (Wang *et al.*, 2021)

En efecto el incremento de la temperatura ha sido beneficioso para que se pueda desarrollar la vida en la superficie del planeta por varios millones de años, pero se convierte en un problema cuando existe una concentración de gases de efecto invernadero en tal proporción que quedan atrapados en la capa atmosférica y se acumulan en límites inusuales. Este proceso se da con normalidad en la naturaleza, pero ocurre un desbalance por la actividad humana (Muñoz, 2013).

La mitigación se comprende a la intervención del hombre con lo que se pretende reducir los Gases Efecto Invernadero (GEI), siendo necesario tener un registro.

En la economía se pronostica que los daños causados por el calentamiento del planeta afectaran al 2,1% de la producción si la temperatura aumenta 3°C y un 7,9% de llegar a 6°C. Estos valores reflejan que este fenómeno reduce la habitabilidad humana (Keen, et al., 2022). Es así que la educación para el cambio climático es un campo integral y multidisciplinario que se basan en principios de mitigación y adaptación que relaciona a toda la sociedad en conjunto (García & Meira, 2019; González & Maldonado, 2017).

Por otro lado, toda actividad desarrollada por el humano repercute en el ambiente natural, por lo que puede considerarse como el motor del cambio climático debido principalmente a la quema de derivados del petróleo que generan una gran cantidad de gases de efecto invernadero con efectos directos en la diversidad cultural y biológica (Reyes & Cano, 2022). Es por ello que las investigaciones relacionadas a la agricultura y el cambio climático se han incrementado a lo largo del 2019 hasta el 2021, siendo países como Estados Unidos los que representan el 93% de publicaciones (Challinor et al., 2014).

Rashford *et al.* (2016) mencionan que el cambio climático presentará un efecto negativo en la productividad agrícola, al igual que Hernandez *et al.* (2018) indican que se disminuirán los beneficios productivos de la agricultura hasta el año 2050.

Allstädt *et al.* (2021) mencionan que los cambios más significativos debido a este fenómeno global son la pérdida de biodiversidad, olas de calor e inundaciones que dentro de América son comunes, pero poco visibles debido a la falta de registros detallados. Underwood *et al.* (2019) indican que el cambio climático afectará directamente al funcionamiento de ecosistemas que incluyen grandes extensiones de vegetación, por lo que los nichos ecológicos se modificarán. Schneiderbauer *et al.* (2021) identificaron un efecto negativo en las montañas debido a que el impacto de un clima más cálido repercute en el suministro de agua, la biodiversidad y la protección natural contra aludes, deslizamiento e inundamientos por desborde de lagos glaciares.

En la actualidad organizaciones como la OMS resaltan la relación entre el cambio climático y la pandemia del COVID 19, debido a que este macro evento se presenta en temporalidades y se

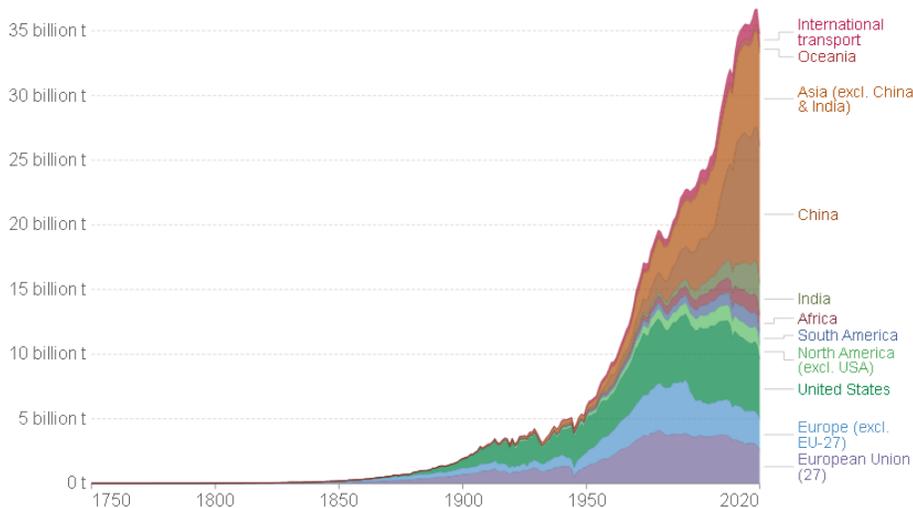
relaciona con el ambiente debido a que el calentamiento global es un vector de enfermedades. Es así que una epidemia pasa de la salud animal a la salud humana, lo que afecta a los organismos que están directamente relacionados con las condiciones ambientales como estrés, la deforestación y prácticas agrícolas muy intensivas (Gamio, 2022).

2.1.1. Efecto invernadero y calentamiento global

Los GEI al incrementar su concentración dentro de la capa atmosférica han ocasionado que se acelere el proceso del cambio climático impulsado por las actividades humanas (CIIFEN, 2014). Esta realidad ha sido asumida por todos los países, donde el 80% de las emisiones de CO₂ son generadas por la población (Yoro & Daramola, 2020). En la siguiente figura puede observarse las emisiones globales.

Figura 2

Emisores de CO₂ a nivel mundial



Fuente: Global Energy Review, (2022)

Como indica la Figura 2, China es uno de los principales emisores de este contaminante, seguido de EEUU. Desde el año 2013 el IPCC confirmó que la humanidad es la causante de que

exista un aumento descontrolado del sistema climático y los efectos pueden ser apreciables en todos los continentes y océanos (García, et al., 2021).

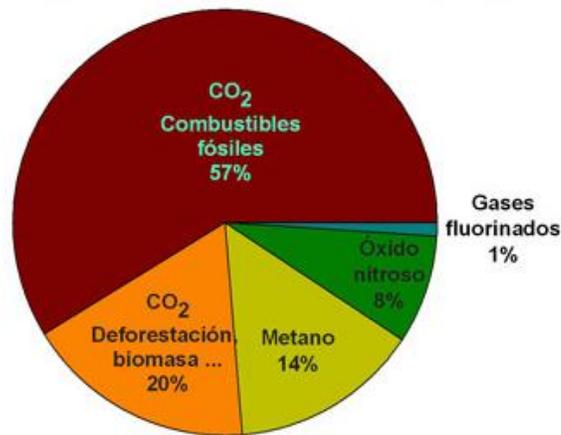
En el año 2016 se estableció que la temperatura se elevó 0,94 °C y por lo tanto en el año más caluroso del siglo 20. En este marco el incremento de la temperatura frente al calentamiento global se atribuye a los GEI debido al consumo de combustibles derivados del petróleo y que a largo plazo han dado origen a varios patrones meteorológicos. Pero como se ha mencionado este es un proceso natural, ya que sin el efecto invernadero la tierra se congelaría y no presentaría vida (Rungrapee , Pichayakone , & Woraphon, 2021). Los principales gases son los siguientes: vapor de agua, CO₂ y NH₄.

El vapor generado por el agua en estado gaseoso proviene de la evaporación de la misma y la evapotranspiración de los seres vivos. Se encuentra distribuido en un 4% de la atmósfera y es característico de zonas con temperatura elevadas (Vaquero, 2021). El CO₂ en cambio se incrementa 30 veces por actividades humanas que por fenómenos naturales como la tala de árboles, ganadería y agricultura que pueden representar un 20 a 25% de las emisiones (Muñoz, 2013). Por último, el metano es más potente que el anterior porque puede permanecer hasta 12 años y su tasa de incremento es de hasta 145% en especial por fuentes como la descomposición de residuos y ganadería (Reay et al., 2018)

Como indica la Figura 3, la mayor proporción de emisiones de GEI pertenecen al CO₂ (65%) siendo las fuentes principales los combustibles, así como procesos industriales, seguido con el 16% se ubica el metano y a su vez el dióxido de carbono proveniente del uso de suelo y la deforestación (11%).

Figura 3

Emisiones globales de GEI



Fuente: Carmona, (2018)

2.1.2. Escenarios y modelos de cambio climático

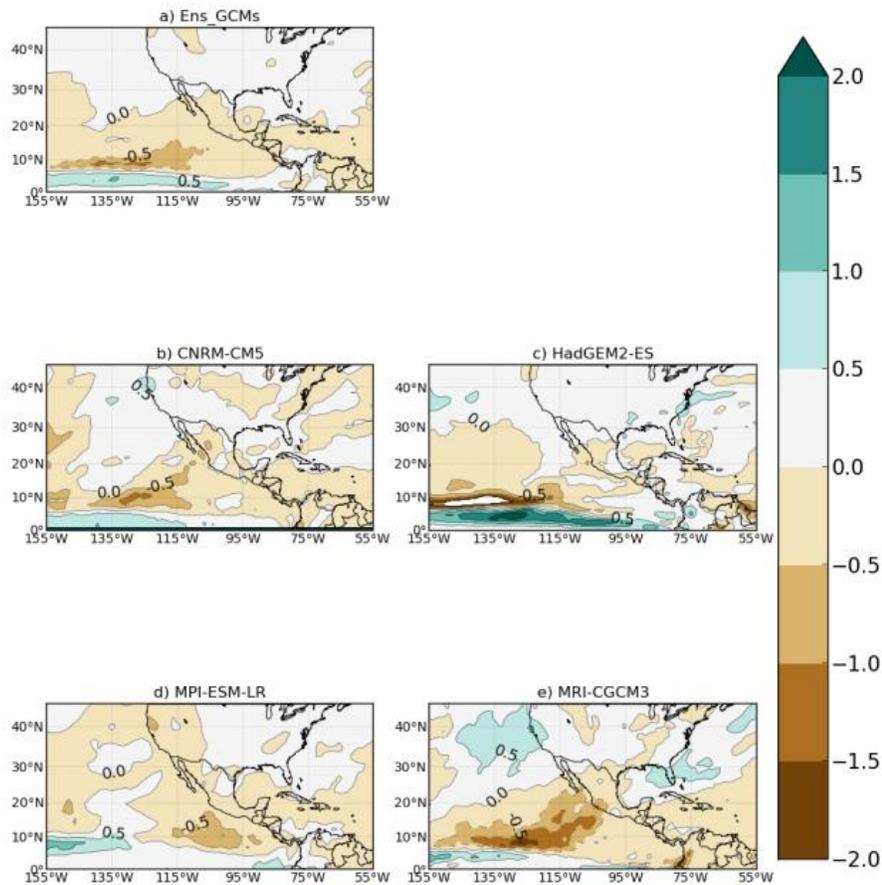
Es notorio que la variabilidad climática denota un cambio cada año por lo que puede presentar afecciones de diferente forma y en diferentes lugares, es por ello que para anticipar estas variaciones se emplea la metodología de escenarios con la que se puede interpretar el comportamiento en la superficie terrestre (De la Cruz, 2021). Los escenarios climáticos emplean modelos simplificados que predicen a futuro con base en una base histórica de datos los supuestos, es así que son empleados para proyectar la incidencia del clima (Bonilla & Mesa, 2017).

Es así que un escenario de cambio climático es la representación temporal del clima en el futuro, que relaciona la climatología y su utilidad esencial es la investigación de las afecciones del cambio climático antropogénico con lo cual se simulan los impactos del mismo. Para obtener un escenario es necesario aplicar un modelo a través de la cuantificación de variaciones de parámetros del clima actual que se obtienen de datos tomados en campo (IMN, 2020). Este tipo de instrumentos empleados para el pronóstico de cambios climáticos son elaborados por el IPCC, presentando escenarios y sus posibles soluciones en función a las variaciones como por ejemplo la temperatura. Es así que las variables físicas son el insumo para predecir el comportamiento del sistema climático (Alves, et al., 2019). Todos los modelos brindan información vital en especial a gran escala con lo cual la información es veraz y específica de un territorio con lo que puede

llevarse a la realidad de factores como agua, tierra, minería y el clima como la precipitación (Figura 4).

Figura 4

Escenario de precipitación (mm/d) durante 2015-2039 con base en el histórico 1979-2005, México.



Fuente: CICESE-INECC (2014).

2.2. Organizaciones enfocadas al cambio climático

2.1.3. Conferencia de las Naciones Unidas

Realizada en 1972 (Estocolmo), donde se lleva a cabo la primera conferencia donde toma relevancia el medio ambiente con la presencia de 113 países, entre desarrollados como en vías de

desarrollo. Es aquí donde se establecen 26 principios, además de un plan de acción con lo cual la meta es limitar las descargas de petróleo en el mar, la energía y prohibir la caza de ballenas, entre los más importantes, y ha servido para el desarrollo de mecanismos dirigidos a proveer apoyo en las investigaciones referidas al calentamiento global (Choy, 2021).

2.1.4. IPCC

Esta institución gubernamental evalúa constantemente las implicaciones tras el cambio climático, en especial con conocimientos científicos para consolidar información concisa, así como las ampliaciones de este fenómeno a nivel mundial. La creación de este grupo inicia en 1988 para que 195 países pertenecientes a las Naciones Unidas (ONU) conozcan las causas, consecuencias, formas de mitigar y adaptarse a los cambios en sus territorios. Cada año se reúnen para valorar la situación frente al cambio climático y tomar varias decisiones, con un total hasta la fecha de seis informes indicando el impacto analizado en el sistema natural (ONU, 2022).

2.1.5. Convención de la ONU

Se realizó en Rio de Janeiro (1992), en este evento se proponen tratados a nivel internacional para el combate de los efectos del cambio climático. El primero se enfoca en el cambio climático, seguido por el Convenio acerca de la diversidad biológica y la lucha contra la desertificación. Estos han sido insumos para que las actividades humanas frenen el cambio y amenaza sobre los recursos naturales, comprometiendo a cada nación en el establecimiento de límites aceptables (UICN, 2017).

2.1.6. Protocolo de Kioto

En esta conferencia realizada en Kioto (1997) se trataron temas en materia energética, creado principalmente con el principio de convención para reducir los GEI en 37 países, así como la unión europea. Es así que se establecen políticas y leyes para que lo propuesto por cada nación se coordine con el IPCC y valorar dicha disminución. Para el año 2015 los países del continente europeo indican que reducirán 8% sus emisiones, Estados Unidos el 7%, Canadá, Japón, Polonia un 6% y algunos como Noruega que no tienen obligación de realizar este compromiso lo toman por conciencia ecológica (De García & Cuesta, 2017).

2.1.7. Acuerdo de París

Este instrumento legal establece la reducción de GEI al iniciar el 2020 donde las fuentes para cumplir esto son el fortalecimiento de ecosistemas, la adaptación y mitigación (Conferencia de París, 2015). Es así que 195 países acuerdan mantener constante de 1,5 a 2 grados el incremento de temperatura, pero a diferencia del protocolo anterior deben presentar planes realizables que al 2025 se obtendrán resultados y los fondos se asignan de países desarrollados a los más vulnerables. En el 2020, la unión europea y sus estados miembros se comprometieron en aportar 23 390 millones de euros para financiar la lucha contra el cambio climático a fin de ayudar a los países en desarrollo a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y en adaptarse a los efectos del cambio climático (Choy, 2021).

2.3. Situación de la variación climática en el Ecuador

En Ecuador, los impactos observados y relacionados con la variabilidad climática juegan un papel importante, ya que, ante condiciones extremas como sequías e inundaciones, múltiples sectores como la agricultura, la caza y la pesca se verán afectados porque proporcionan la seguridad alimentaria del país, así como productos de exportación (UTN, 2017). El informe del IPCC predice un aumento de 3°C (variación 1,5 °C) para las zonas de los Andes según los modelos climáticos regionales, incluido Colombia y Ecuador con aumentos máximos de hasta 5°C, en el caso de la precipitación existe mayor incertidumbre, pero se estima que podría aumentar 300 mm/año (Rabatel, et al., 2013). El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI (2018), en su boletín decadal se determinó un aumento de 0,8°C entre 1960 y 2006, 0,1°C entre 2006-2010 y 0,2°C durante 2010-2017, la temperatura más alta registrada.

En comparación con los países desarrollados, Ecuador es un país con emisiones muy pequeñas de GEI que contribuyen a la variación del clima. Sin embargo, desde 1992, ha demostrado un compromiso real con sus ciudadanos y la comunidad internacional a través de su participación en el cambio climático, el Protocolo de Kioto de 1999 y el Acuerdo de París de 2016. El país tiene una fuerte voluntad de combatir el cambio climático es por ello que desarrolla e implementa políticas públicas que respeten las normas nacionales e internacionales. Entre los que se destaca el Decreto Ejecutivo 1815 firmado el 1 de julio de 2009, en el que se declara como Política de Estado la adaptación y mitigación del cambio climático De igual manera, se tiene el

Decreto Ejecutivo 495 del 20 de octubre de 2010 añade nuevos insumos específicos sobre cambio climático. Y el Ministerio del Ambiente, a través de la Subsecretaría de Cambio Climático, presentó la “Estrategia Nacional de Cambio Climático” para el periodo 2012-2025.

Según el MAE en 2012 dentro de su libro sobre la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Ecuador es miembro de la CMNUCC y del Protocolo de Kioto y no está obligado a reducir sus emisiones, pero ha buscado mitigar voluntariamente el cambio climático mediante promoviendo la economía diversa e inclusiva su eje principal radica en el cambio de matriz productiva y la diversificación de la matriz energética. En consecuencia, en Ministerio del Ambiente (MAE, 2017) incluyó la adaptación al cambio climático como su objetivo fundamental en su tercera comunicación nacional, buscando reducir la vulnerabilidad social, económica y ambiental.

Además de emprender acciones para impulsar un modelo de desarrollo sostenible propuesto en el Plan Nacional para el Buen Vivir, siendo Ecuador, el primer país del mundo en formular una constitución que titula y protege el 20% del territorio nacional (Chiriboga *et al.*, 2021). Por otro lado, el Gobierno de Ecuador y el Sistema de las Naciones Unidas firmaron el nuevo Marco de Cooperación para el Desarrollo Sostenible, para el período del 2022 -2026, en el cual se determina la contribución colectiva de la ONU en su acompañamiento al compromiso del país hacia alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, con un enfoque de derechos humanos e igualdad de género y sostenibilidad ambiental.

Así mismo, en el Plan Nacional de Desarrollo 2021, 2025 se establecen las prioridades para fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al Cambio Climático, demostrando el compromiso del Ecuador con el marco de desarrollo global en pro del Desarrollo Sostenible (Consejo Nacional de Planificación, 2021).

2.4. Efectos en el sector agropecuario

En Ecuador es de suma importancia este sector ya que, ofrece oportunidades a la población para mejorar su economía y así ser partícipes de diferentes áreas de la economía. Es así que la agricultura es un pilar primario que emplea recursos naturales para obtener sus productos como la pesca, ganadería y explotación forestal. Por lo tanto, dinamiza la economía del Ecuador al dotar

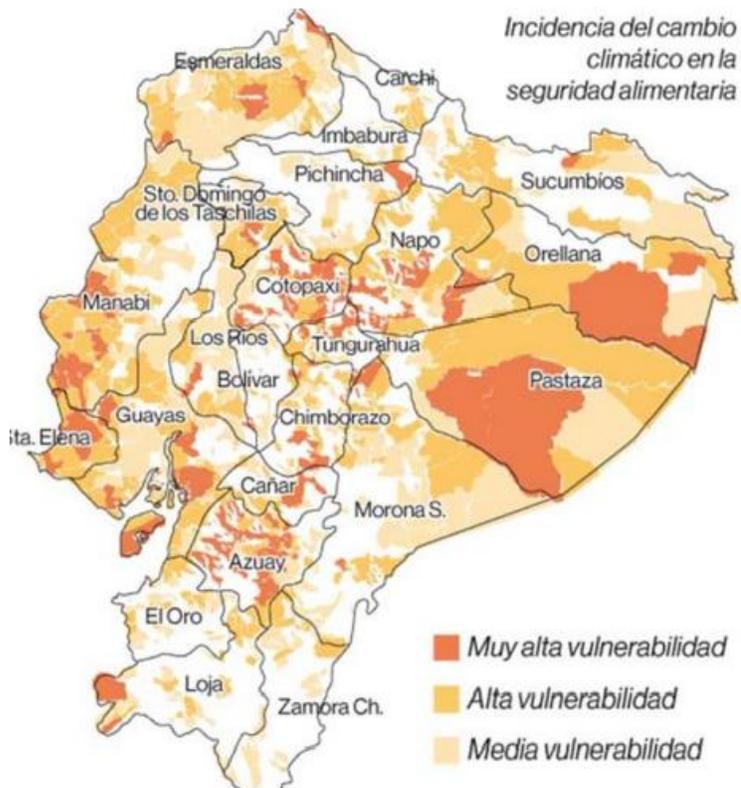
de alimentos y materia prima, así como empleo (Peralta *et al.*, 2018). En este marco se ha notado una desaceleración del crecimiento de la economía porque existe vulnerabilidad debido a los factores del clima que provocan una baja producción de la agricultura por la dependencia del petróleo. Sin embargo, es el principal generador de puestos de empleo siendo el 25% de la población económicamente activa y localizada en el sector rural (León *et al.*, 2020).

El INAMHI (2018) frente a los efectos del cambio climático recomendó al sector agropecuario dentro de las diferentes regiones del Ecuador, que para la zona litoral los cultivos como la piña o cacao que estén desarrollándose deben aplicar riegos con turnos cortos para que las altas radiaciones no causen estrés, además vigilar el viento para reducir la evapotranspiración que reseca el suelo y así se pierde la capa arable, en el caso del arroz debe mantenerse la lámina de agua en las parcelas. Dentro de la región interandina el déficit de humedad influye en la reproducción de cultivos como el frejol por ello el riego debe ser regular, con igual atención en la papa y cebolla. Para la Amazonía cuidar de la oxigenación de las raíces por el exceso de humedad por medio de drenajes a vista que también son atrayentes de enfermedades en café y banano.

Es así que el Ecuador es susceptible a los efectos de variación climática en especial por su limitada iniciativa para adaptarse y se suman factores como la pobreza y su localización en Sudamérica. En especial el principal cambio se da en la temperatura y precipitación, que acompañan a las estaciones climáticas de verano y lluvia. En varias partes del país como la Laguna de Cuyabeno se ha notado que el caudal se ha reducido ocasionando un efecto en el sector agrícola, así mismo en la región litoral (MAE, 2017). A su vez, puede notarse en la siguiente figura como el cambio climático ha incrementado la vulnerabilidad de este sector.

Figura 5

Incidencia del cambio climático en la agricultura



Fuente: MAGAP (2016)

2.5. Actividades agropecuarias dentro de la Zona Cinco

2.5.1. Galápagos

En este espacio existe mucha tecnología principalmente por ser un área protegida, acompañada de la formación a agricultores y ganaderos que en sí fueron empleadas para que no exista riesgo de especies invasoras y que sea sustentable el manejo de las islas. Es así que la dirección de este parque nacional prioriza varios programas para capacitar al sector agropecuario acerca de plagas, insectos invasores, pero con productos amigables con el ambiente (PNGE, 2016). Además, en esta provincia se cuenta con varias instituciones que apoyan la conservación de este espacio y promueven el ordenamiento territorial para solventar problemas que afectan a los productores agrícolas.

2.5.2. Santa Elena

Según datos proporcionados por el INEC (2021) el Ecuador registró más de 77,448 hectáreas agrícolas y el 0,5 % corresponde esta provincia. Además, la ganadería se registra un número 986,190 mil cabezas de ganado, siendo partícipe Santa Elena, pero no logran ser identificados por falta de información y ha generado que se desconozca el estado y uso actual que dan a la tierra.

2.5.3. Los Ríos

Dentro del Plan de Desarrollo Provincial se ha consensado los diversos actores dentro de los sectores agropecuarios, que incluyen a productores, organizaciones, campesinos, e instituciones estatales (GPR, 2007). Los cultivos que principalmente produce esta provincia son el arroz, café, cacao y arroz. Las actividades productivas están enfocadas en la acuicultura y ganadería, siendo algunos productos exportados pero el resto cubre la demanda en mercados locales (Embassyecuador, 2015).

2.5.4. Guayas

En el Guayas se encuentra una destreza agrícola única que se relaciona con avances en tecnología para sus cultivos, además todos sus campos son fértiles como las plantaciones de

banano, café, camarón, entre otros, que son productos para ser exportados y algunos para el consumo de familiar (arroz y caña de azúcar). Todos los sembríos antes descritos pueden encontrarse en este ecosistema ya que, el clima es propicio siendo el más destacado el sector bananero, así como el criadero de ganados porcinos y bovinos (Bayas *et al.*, 2017). Además, esta provincia es influenciada por corrientes marinas, en especial por la fría de Humboldt, así como la caliente de El Niño, por lo que la temperatura es alta durante el año siendo positivo para los cultivos las corrientes negativas perjudican las cosechas.

2.5.5. Bolívar

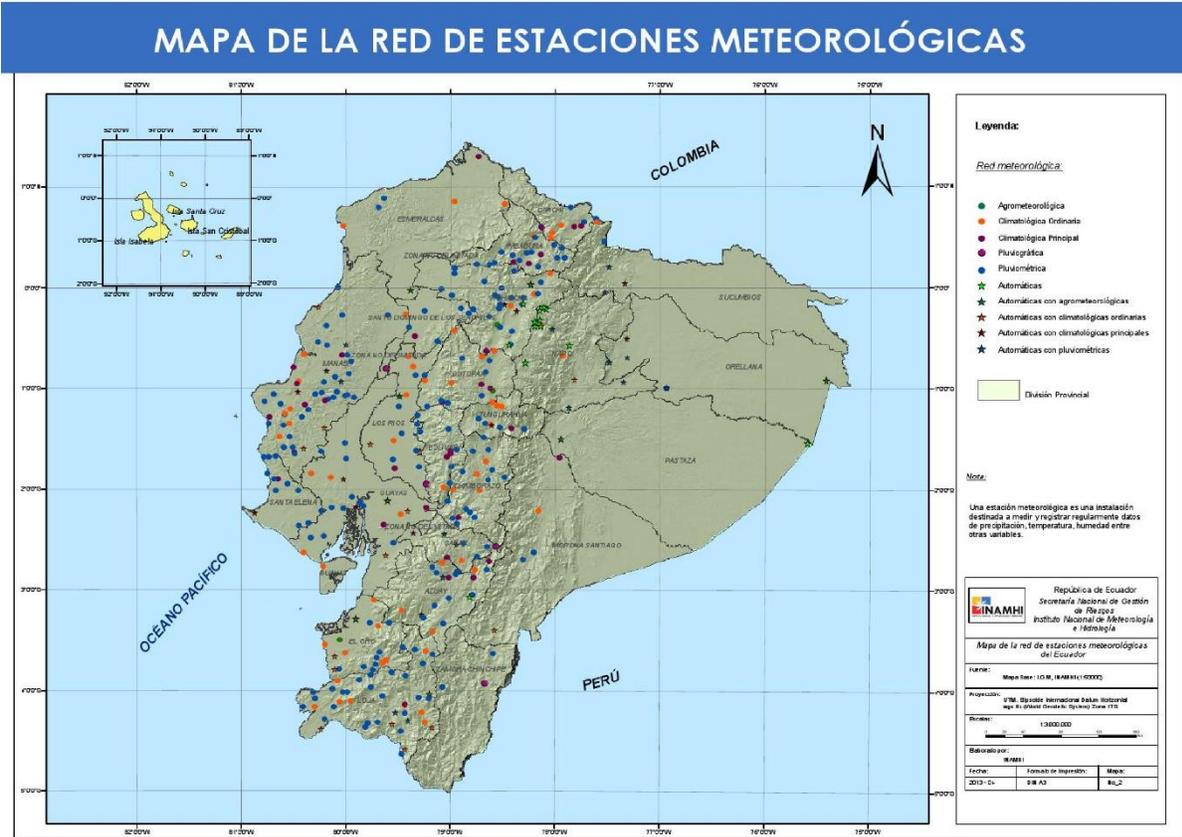
La Zona Cinco representa en el año 2010 un aporte significativo al PIB proveniente de las cuentas provinciales. En este marco Bolívar representa el 3,6% de estos ingresos. En esta provincia los servicios se ubican como la principal actividad reproductiva (71,7%), seguido por la agricultura (24,6%) y el sector secundario (2,6%). Es así que se encuentran cultivos como papa, yuca, cacao, caña de azúcar y varios frutales como la piña. Además, se pueden encontrar actividades pecuarias, las fincas presentan ganado menor y en las zonas altas no se desarrolla la agricultura (MAGAP, 2016).

2.6. Estación meteorológica

Son instrumentos los cuales se colocan en lugares estratégicos con la finalidad de obtener información de variables climáticas, es así que por medio de mediciones y observaciones estos instrumentos brindan apoyo en lo concerniente a establecer el comportamiento de clima (PCE, 2019). Es así que por medio del conjunto de varias estaciones meteorológicas se puede concertar un sistema para monitorear y obtener datos climatológicos. En la siguiente figura se visualiza la distribución de las estaciones del Ecuador.

Figura 6

Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas



Fuente: INAMHI (2013)

2.7. Variables meteorológicas

Toda observación o dato meteorológico se utilizan para un análisis de la situación actual, pronósticos y generar alertas cuando los niveles sobrepasan los establecidos, estudiar el clima como en propuestas de vuelo de aeronaves o fumigar plantaciones, además en estudios hidrológicos, agrícolas e investigaciones científicas (Organización Meteorológica Mundial [WMO], 2018). Las variables medidas se consideran primarias debió a que se recolectan directamente del medio, siendo el instrumento empleado el que asegura la calidad y exactitud de los datos (Agencia de Protección Ambiental [EPA], 2000).

2.7.1. Precipitación

Luego de la formación de núcleos higroscópicos del agua de atmósfera, estos caen a la tierra en forma de lluvia debido a la gravedad, por lo tanto, se considera precipitación (PP) al conjunto de agua recogida por la superficie medida generalmente en milímetros. Además, se considera al punto de rocío y escarcha en varias regiones del mundo, pero son partes tan pequeñas que no se establecen como PP. Esta variable debe estudiarse en cualquier investigación hidrológica con lo cual se obtiene información para ser procesada y establecer intensidad, duración y frecuencia (IDF) de eventos de lluvia para análisis de comportamiento (Román, 2012).

a) Curvas IDF

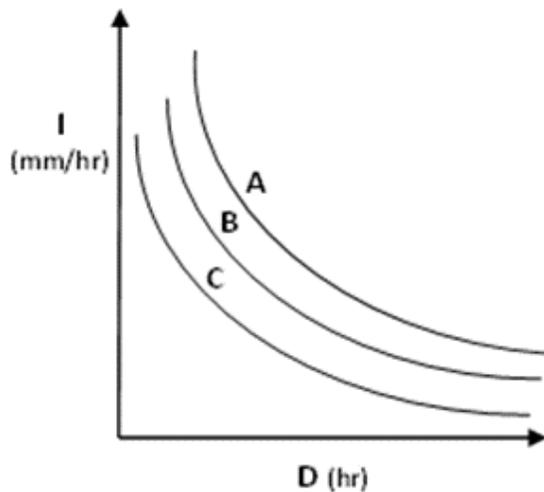
La curva que se genera con la IDF, representa la intensidad o magnitud de la lluvia (mm) por un período de tiempo (horas), a su vez la duración se establece en intervalos de 30, 60, 90, 120 o 360 minutos así su probabilidad de ocurrencia o también denominada frecuencia (años), que también es conocido como período de retorno (Mendoza, 2021). Estas curvas se forman al unir los puntos de la intensidad media en un intervalo de tiempo diferente y corresponden a una misma frecuencia, por lo que el concepto debe estar claro para los cálculos necesario para construir la gráfica (Témez, 1978).

b) Construcción de Curvas IDF

Para representar gráficamente estas variables, existen varios métodos, siendo uno de los más empleados el denominado intensidad – período de retorno, en el cual trata por separado las variables por medio de funciones de distribución de probabilidad que se usan comúnmente en hidrología (Pizarro *et al.*, 2017). En la siguiente figura se muestra la construcción de Curva IDF para distintos períodos de retorno (años).

Figura 7

Ejemplo de curva IDF (intensidad - duración - frecuencia).



Fuente: Roberto *et al.* (2017).

Para el cálculo de la intensidad se emplea la fórmula donde relaciona la profundidad de lluvia (P) en mm o pulgadas para la duración (D) en horas, empleando la siguiente ecuación.

$$I = \frac{P}{D}$$

El INAMHI (2019) dentro de su estudio de determinación de ecuaciones para calcular intensidades máximas de precipitación en el Ecuador, indican que también pueden emplearse las ecuaciones determinadas dentro de su estudio para estaciones meteorológicas cercanas, ya que analizaron 72 estaciones pluviográficas y 219 pluviométricas del Ecuador, obteniendo valores de R^2 de hasta 0,99 y relacionando la intensidad (i) con el período de retorno (T) y el tiempo (t), por lo que son confiables, como el ejemplo a continuación.

$$i = 102,6808 * T^{0,2373} * t^{-0,5073}$$

Es así que, para lograr la construcción de las curvas, primero deben seleccionarse las estaciones para obtener los datos de un área de estudio, recolectar la información, determinar las intensidades consideradas como máximas y diseñar las curvas para cada estación y tiempo de retorno (Roberto *et al.*, 2017).

2.7.2. *Temperatura*

La T° presenta dos ciclos en el planeta, siendo el primero realizado cada día y otro por año. Es así que su cambio está producido por el calor en la superficie. Esta variación se considera positiva cuando se incrementa la temperatura y negativo cuando disminuye, ya que por valores menores a 0 no puede desarrollarse la vida vegetal (Zuñiga & Crespo, 2015). La variación puede medirse como la diferencia entre el valor máximo y el mínimo, mejor conocido como oscilación térmica. El promedio se obtiene al tomar todas las lecturas dentro de un tiempo establecido (diario, mensual o anual). La temperatura máxima puede percibirse en la tarde y la mínima a la hora del alba (Zuñiga & Crespo, 2015).

2.7.3. *Radiación solar*

Este fenómeno es conocido como la transferencia de energía en forma de partículas electromagnéticas (ForoNuclear, 2017). La medida de onda determina si la radiación puede romper enlaces atómicos (ionizante) y si no se considera no ionizante (CSN, 2018). Existen dos clases de radiaciones:

- **Ionizantes:** este tipo incluye a toda radiación ultravioleta, rayos X, radón y rayos gamma.
- **No ionizantes:** son las ondas de radio emitidas por teléfonos celulares, la luz visible e infrarroja.

2.7.4. *Humedad relativa*

El vapor de agua determina si en un espacio es húmedo, en este caso la cantidad de agua en el aire. El término relativo es que varía dependiendo de la disponibilidad de H₂O medido en porcentaje (Olmo, 2012). En la siguiente ecuación se indica cómo se calcula esta variable.

$$\text{Humedad Relativa} = \frac{\text{densidad de vapor real}}{\text{densidad vapor saturación}} * 100\%$$

La HR depende en gran medida de la T y los cambio que pueden ocurrir, por lo que sea estable si las condiciones lo son y cómo está formada de vapor de agua la presión influye en la saturación del mismo (Vaisala, 2019).

2.7.5. Velocidad y dirección del viento

El viento es ocasionado por el movimiento del aire, que se origina por una diferencia de presión entre dos puntos. Es así que la densidad del aire busca el equilibrio y se produce el conocido viento. En varios aspectos no se llega al equilibrio por lo que constantemente este fenómeno sucede en la atmósfera (Flores, 2016).

Es así que puede hablarse de velocidad de viento a la medida en que se desplaza el aire en un instante establecido, los datos son tomados con un anemómetro que registra esta información en metros por segundo y cuando no existe viento se le nombra calma (Ecured, 2016). En cambio, la dirección es un reconocimiento del componente horizontal, es decir de donde viene y a donde va. Los vientos pueden soplar al Norte y, por lo tanto, reciben el nombre en función a esta dirección para ello se emplea la medida de grados desde 0° hasta 360° ubicados en un plano los cuatro puntos cardinales Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (O) y para ser medido se emplea la veleta para reconocer la dirección de donde sopla (Ecured, 2016).

2.7.6. Evapotranspiración

Esta variable se es la combinación del proceso de evaporación en el suelo y en la superficie que cubre a la vegetación, así como la transpiración de las hojas de plantas. Por lo tanto, se traduce en que la evapotranspiración es la necesidad hídrica que una planta necesita para sus funciones básicas y por lo tanto su correcto desarrollo (SIAR, 2017). Es de gran importancia debido a que facilita planificar una operación de sistema de riego en lo que concierne a fechas y turnos de riego para cubrir la demanda en cultivos (Ortiz, 2020).

a) Método de Thornthwaite

Este método es empleado para realizar un balance hídrico que requiere de datos de T° y PP, con lo cual se establece la evapotranspiración (ETP) estimada y los valores de PP caen en un lugar determinado por un tiempo establecido y así se puede determinar el almacenamiento en el suelo, por lo tanto, la ETP real (Andrade, 2019). Es así que es posible identificar los meses en que existe exceso o deficiencia de agua en el suelo. En esta ecuación se relaciona la T° media mensual (t), el índice de calor anual (I) que se obtiene de las T° medias de los meses de

los años y, por último, la función compleja α obtenido de la I en la siguiente fórmula $675X10^{-9}I^3 - 771X10^{-7}I^2 + 1.972X10^{-5}I + 0.49239^3$.

$$ETP = 16\left(\frac{10t}{I}\right)^\alpha$$

2.8. Regresión lineal

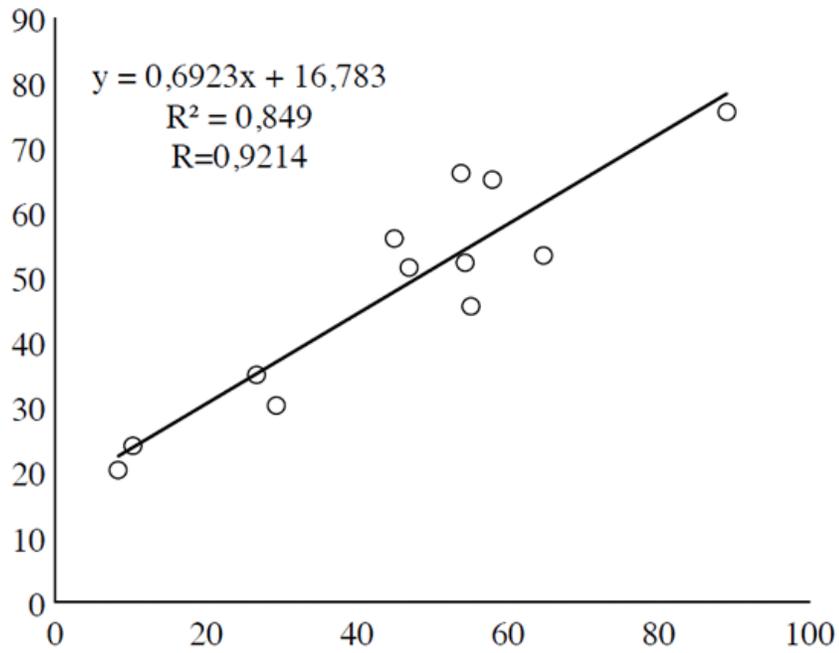
Un modelo de regresión lineal es ampliamente empleado dentro del campo de la ingeniería, debido a su utilidad para analizar variables de entrada como de salida para obtener estimaciones y predicciones (Montgomery, Peck, & Vining, 2006). Para aplicar la regresión lineal primero una variable independiente (X) y una dependiente (Y), luego de coeficientes de regresión (β y B) y un error del modelo (ϵ), como indica la siguiente ecuación.

$$Y = \beta_0 + B_1X + \epsilon$$

Con lo antes mencionado la ecuación puede emplearse para obtener valores futuros o faltantes dentro de un grupo de datos, donde la característica más importante es que el coeficiente de determinación (R^2) de la ecuación sea cercano a 1, ya que es un indicador de que el modelo es confiable. Carrera et al. (2016) y García et al. (2019) mencionan que este tipo de métodos pueden emplearse para obtener vacíos en un conjunto de datos, siendo los primeros autores quienes emplearon esta técnica para rellenar datos meteorológicos en la zona costa del Ecuador, obteniendo la siguiente grafica de la regresión aplicada.

Figura 8

Regresión lineal aplicada a la estación M315 del río Ambi



Fuente: García *et al.* (2016).

Capítulo III: Metodología

3.1. Ubicación

El sitio de muestreo para el presente estudio se ubica en tres regiones del Ecuador: Costa, Sierra y Galápagos y forman parte de los corredores agro productivos de Santo Domingo-Quevedo-Guayaquil-Machala y montañoso de la costa; también un territorio pertenece al Patrimonio de Áreas Naturales del Estado, el corredor arbóreo de Bahía-Manta Salinas-Puná, las vertientes de la cordillera de los Andes y el espacio destinado para el desarrollo de la población en Galápagos (SENPLADES, 2015).

La altitud de estos territorios varía debido a que la Zona Cinco son regiones de la Costa y Sierra. Es así que con 4480 msnm se encuentra como punto alto la provincia de Bolívar, como puntos bajos a 500 msnm se encuentran Guayas, Santa Elena y Los Ríos debido a que se consideran llanuras aluviales. A su vez en Galápagos su isla más representativa, el punto más alto se ubicada a 1500 msnm (Isabela). A continuación, en las siguientes tablas se ha representado los aspectos más importantes de cada provincia.

La provincia de Santa Elena está ubicada al sur de país en la región costa o litoral.

Tabla 2

Datos generales de la Provincia de Santa Elena

Datos generales	
Latitud	2°13'36" S
Coordenadas Longitud	80°51'30" O
Altitud	400 m.s.n.m.
Capital	Santa Elena
Población	308693 hab (2020,INEC)
Superficie	3696 km ²
Subdivisiones	3 cantones
Densidad	108,54 hab/km ²

Fuente: Autores, (2022)

La provincia de Guayas está ubicada al sur del país en la zona geográfica conocida como región costa o litoral.

Tabla 3

Datos generales de la Provincia de Guayas

Datos generales	
Latitud	2°12'00" S
Coordenadas Longitud	79°58'00" O
Altitud	100 m.s.n.m.
Capital	Guayaquil
Población	3645483 hab (2020, INEC)
Superficie	15927 km ²
Subdivisiones	25 cantones
Densidad	275,47 hab/km ²

Fuente: Autores, (2022)

La provincia de Los Ríos está ubicada al sur del país en la zona litoral.

Tabla 4

Datos generales de la Provincia de Los Ríos

Datos generales	
Latitud	1°46'00" S
Coordenadas Longitud	79°27'00" O
Altitud	200 m.s.n.m.
Capital	Babahoyo
Población	778115 hab (2020, INEC)
Superficie	7100km ²
Subdivisiones	13 cantones
Densidad	129,83 hab/km ²

Fuente: Autores, (2022)

La provincia de Bolívar está ubicada al sur del país en la región sierra o interandina.

Tabla 5

Datos generales de la Provincia de Bolívar

Datos generales		
	Latitud	1°36'00" S
Coordenadas	Longitud	79°00'00" O
	Altitud	2300 m.s.n.m.
	Capital	Guaranda
	Población	183641 hab (2020, INEC)
	Superficie	4148 km ²
	Subdivisiones	7 cantones
	Densidad	0,05 hab/km ²

Fuente: Autores, (2022)

La provincia de Galápagos está ubicada al occidente del territorio continental ecuatoriano conocida como región insular.

Tabla 6

Datos generales de la Provincia de Galápagos

Datos generales		
	Latitud	0°33'37" S
Coordenadas	Longitud	91°02'27" O
	Altitud	600 m.s.n.m.
	Capital	Puerto Baquerizo Moreno
	Población	25124 hab (2020, INEC)
	Superficie	8010 km ²
	Subdivisiones	3 cantones
	Densidad	4,13 hab/km ²

Fuente: Autores, (2022)

3.2. Recopilación de información

Se recopiló datos de los anuarios meteorológicos del periodo 1983 al 2012, estas a su vez fueron otorgados por los GADS e instituciones como el INHAMI, INOCAR; no gubernamentales como el CIIFEN, MMO y el sitio digital World Weather, que son las instituciones encargadas del manejo de esta información. Las variables que se extrajeron para ser analizadas dentro de la Zona Cinco fueron las siguientes:

- Humedad
- Evapotranspiración
- Precipitación
- Radiación Solar
- Temperatura
- Velocidad y dirección del viento

3.3. Tabulación de datos

Para la tabulación de los datos meteorológicos se empleó el software Excel en el cual se analizó los parámetros descritos anteriormente. En cuanto a la parte estadística se aplicó la ecuación 1 que representa a la regresión lineal un método utilizado para rellenar datos de información faltantes, donde al relacionar las variables se obtuvo la ecuación de un grupo de datos y con ello se pudo calcular los valores que no existan en la matriz de la estación (Carrera, et al., 2016).

$$Y = a * x + b$$

Ecuación 1

Donde:

Y = Valor estimado de la T° para la estación con datos faltantes.

x = Valor de la T° de la estación cercana.

a y b = Constantes de la ecuación.

3.4. Análisis y comparación de datos

El análisis de datos se realizó mediante software y métodos estadísticos que permitieron la obtención de correlaciones de los datos meteorológicos. Al realizar el análisis de la Zona Cinco, permitió evidenciar la tendencia en el periodo de 1983-2012 en estos datos se examinaron sucesos climatológicos históricos, predicciones anuales, temperaturas máximas y mínimas, precipitaciones (mensuales y anuales), valores de radiaciones emitidas mensualmente, velocidades de los vientos; evapotranspiración y porcentajes de humedad. Con la información analizada se pudo determinar la diversidad de clima, el mismo que es necesario para la planificación territorial y de inversiones del sector productivo.

3.4.1. Análisis de antecedentes históricos en el sector agropecuario de la región cinco

En las ciudades en las que el sector agropecuario no posee antecedentes registrados en los sistemas de información oficiales, se realizó una recopilación de información a personas involucradas para determinar eventos de mayor relevancia, siendo otro antecedente para la relación climática con las actividades productivas agrícolas. Además, se obtuvo información del INEC, MAGAP y entidades municipales de cada provincia o cantón. El análisis de estas variaciones y los sucesos históricos en el sector agropecuario como crisis y auges, permitirá a los involucrados la toma de decisiones para la prevención y mitigación de los posibles efectos que hayan existido en el pasado.

3.4.2. Análisis del cambio climático

Mediante los sucesos analizados se relacionó su origen con los datos meteorológicos para evidenciar los efectos del cambio climático de los últimos 30 años dentro de las provincias de estudio, para comparar dicha variación con el resto del país y establecer conclusiones a nivel de la región cinco.

3.5. Elaboración de mapas climatológicos

Para la elaboración de los mapas meteorológicos se empleó los resultados de los datos analizados con lo que se realizaron los mapas en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.8 de cada variable antes mencionada y visualizar el análisis según las estaciones

establecidas en la zona de estudio. Es así que este SIG permitió visualizar la información de cada estación y poder proyectarla a la región, mediante el método de interpolación IDW, y luego extraerla para dividirla (Sinchi & Zagal, 2018).

3.6. Determinación de proyecciones meteorológicas

Para las proyecciones meteorológicas se empleó el programa Excel, así con lo que se compararon los datos, se pronosticó los escenarios futuros y se visualizó mediante la elaboración de gráficas. Esta determinación permitió evaluar la diversidad de climas, meso y microclimas en el área de estudio con lo que se deducen eventos que podrían ocurrir con base en el histórico obtenido, es decir si existirá una réplica.

3.7. Resultados y elaboración de propuestas ambientales

Con base en los análisis anteriores se estableció propuestas para cada provincia con lo que se brindan alternativas de mitigación y prevención antes los eventos climatológicos que se presenten, con lo cual el sector agropecuario se desarrolle. En la matriz se incluyó aspectos como el área de afección (agua, flora, fauna, aire, población, suelo), el índice del mismo, la problemática encontrada y cada propuesta con un indicador y medio de verificación.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Análisis de los datos meteorológicos obtenidos de las estaciones y su influencia en el sector agropecuario, así como su incidencia en el cambio climático

Para la recolección de información de las variables meteorológicas se identificó las estaciones de monitoreo establecidas en la Zona Cinco, resumidas en la siguiente tabla.

Tabla 7

Estaciones meteorológicas identificadas en la región cinco

N°	Provincia	Estación	Código	Longitud	Latitud	Altitud
1	Bolívar	Laguacoto	M1107	-78.99	-1.61	2622
2	Bolívar	Chillanes ^a	M0130	-79.06	-1.98	2259
3	Bolívar	Caluma	M129	-79.29	-1.62	350
4	Bolívar	San Pablo De Atenas	M131	-79.07	-1.82	2680
5	Galápagos	Charles Darwin Inamhi	M0191	-90.30	-0.74	2
6	Galápagos	Bellavista – Isla S. Cruz	M0192	-90.37	-0.70	223
7	Galápagos	SAN Cristóbal ^b	M0221	-89.61	-0.90	74
8	Guayas	Milagro (Ingenio Valdez)	M0037	-79.60	-2.13	73
9	Guayas	Ingenio San Carlos (Batey)	M0218	-79.41	-2.22	44
10	Guayas	Ingenio Aztra (La Troncal)	M1095	-79.35	-2.44	76
11	Guayas	Nobol	M1207	-80.02	-1.90	8
12	Guayas	Camaronera Songa	M5131	-79.86	-2.29	1
13	Guayas	Puerto Hondo	M1253	-80.02	-2.19	5
14	Guayas	Guayaquil (Facultad Ccnn)	M1271	-79.92	-2.15	6
15	Guayas	Coe-Monte Bello	M5132	-79.94	-2.09	21
16	Guayas	Cuerpo De Bomberos Divino	M5133	-79.83	-2.17	3
17	Los Ríos	Pueblo Viejo	M0172	-79.54	-1.52	44
18	Los Ríos	Babahoyo-Utb	M0051	-79.53	-1.80	5
19	Los Ríos	Pichilingue	M0006	-79.49	-1.07	73
20	Los Ríos	VINCES Inamhi ^d	M466	-79.77	-1.56	17
21	Santa Elena ^c	Ancon	M174	-80.85	-2.32	25
22	Santa Elena	Santa Elena-Universidad	M1170	-80.88	-2.24	38

- a = Se utilizó esta estación para rellenar el resto de Bolívar.
- b = Se utilizó esta estación para rellenar el resto de Galápagos.
- c = Para rellenar los datos de esta estación se empleó la de Milagro por cercanía.
- d = Se utilizó esta estación para rellenar el resto de Los Ríos.

Fuente: Autores, (2022)

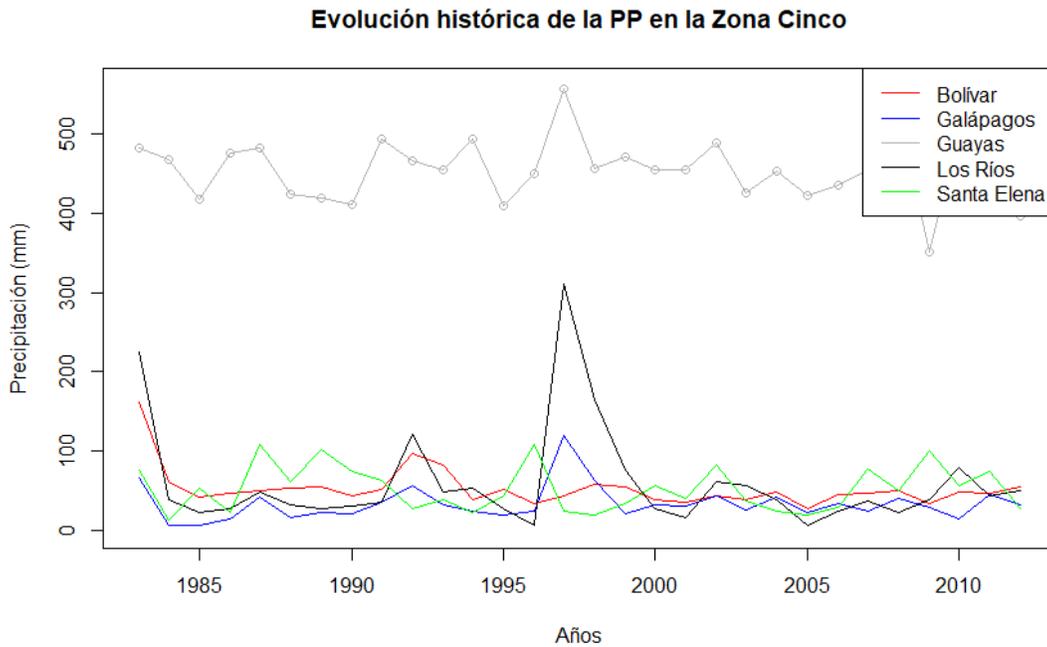
Como indica la Tabla 7, se cuenta con 22 estaciones meteorológicas en la Zona Cinco, siendo identificadas cuatro en Bolívar, tres en Galápagos, nueve en el Guayas, cuatro en Los Ríos y dos en Santa Elena. Es así que se emplearán estas estaciones para describir cada variable, en los siguientes apartados.

4.1.1. Precipitación

Los datos recolectados de PP se colocaron en una matriz consolidada (Anexo 1) para realizar el análisis correspondiente de las estaciones antes indicadas.

Figura 9

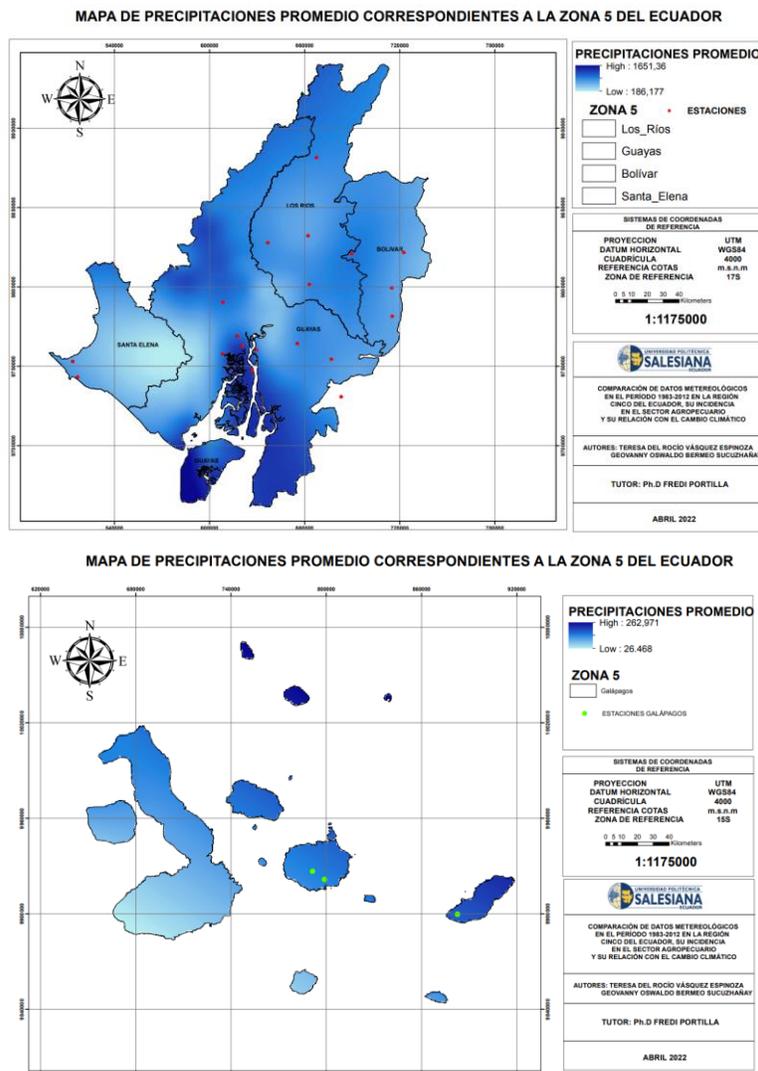
Evolución histórica de la PP en la Zona Cinco



Fuente: Autores, (2022)

Como indica la Figura 9, se ha recopilado la información anual de cada estación y separado por cada provincia para la variable de PP medida en milímetros de lluvia. En Bolívar se denota que la evolución de lluvia presentó el pico más alto en el año 1983 (180 mm) y a lo largo de los años no superó los 100 mm, similar comportamiento presenta Galápagos con un despunte en el año 1997 alcanzando los 119.27 mm de lluvia, similar al de Los Ríos (311.36 mm) y Santa Elena se mantiene en un rango entre 20 a 100 mm. El caso del Guayas, es interesante ya que, es la única provincia que obtuvo medias de hasta 500 mm de lluvia a lo largo de 30 años.

Figura 10
Mapa de precipitación



Fuente: Autores, (2022)

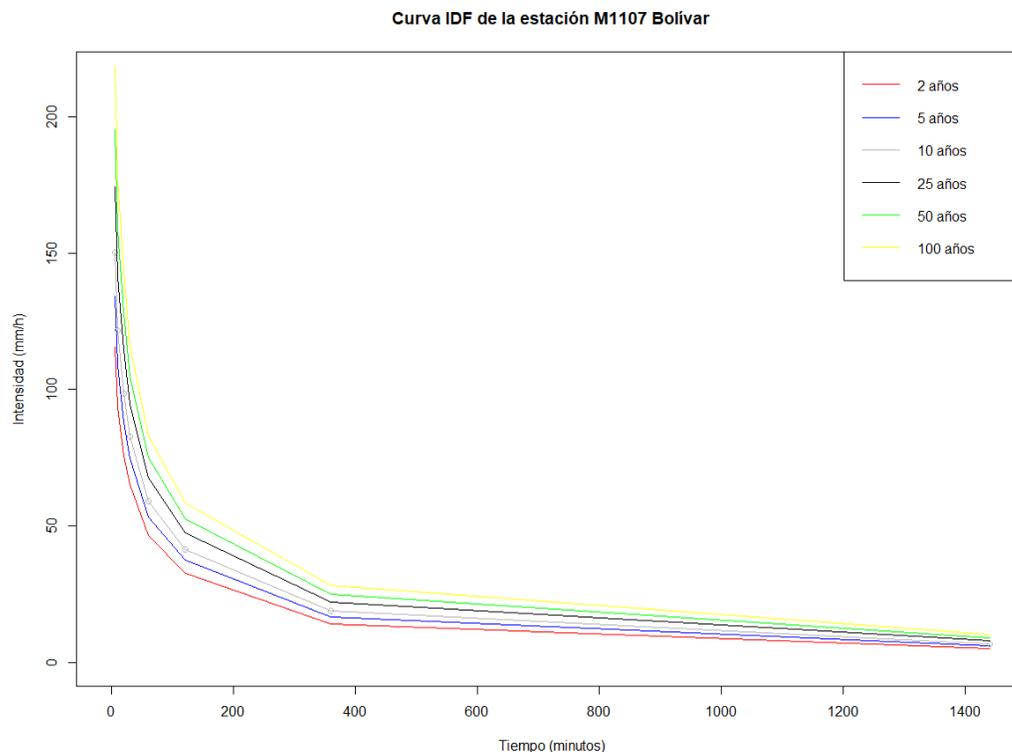
La Figura 10 se elaboró con base en la información recolectada de las estaciones, siendo los valores promedios tomados e interpolados por el método IDW para visualizar cada variable meteorológica (Anexo 2). En este caso como se observa los valores altos de lluvia existen en el norte y sur de la Zona Cinco, siendo Santa Elena donde se presentan niveles bajos en el período de estudio, así como Galápagos hacia el Oeste. En el caso de las PP mínimas estas se presentaron en Los Ríos, Bolívar y una gran porción del Guayas. Las PP máximas existieron en la zona cercana a las playas de Guayas y Santa Elena.

a. Curvas IDF

Para la construcción de las curvas se empleó las ecuaciones establecidas en el estudio del INAMHI (2019), obteniendo las gráficas por cada estación (Anexo 3), para analizar los resultados obtenidos, se presenta la siguiente figura a modo de ejemplo.

Figura 11

Curva IDF de la estación M1107 (Bolívar)



Fuente: Autores, (2022)

La Figura 11 indica que la intensidad máxima es de hasta 190 mm/h alcanzada en los primeros minutos de lluvia, que ocurrirá cada 100 años, siendo de 110 mm/h cada dos años. Esto es un indicador que los eventos de precipitación son un riesgo durante el inicio de la temporalidad de lluvia, además que para cada período de retorno estos están presentes, lo que es un insumo para consideraciones en la planificación territorial y más aún en el sector agropecuario.

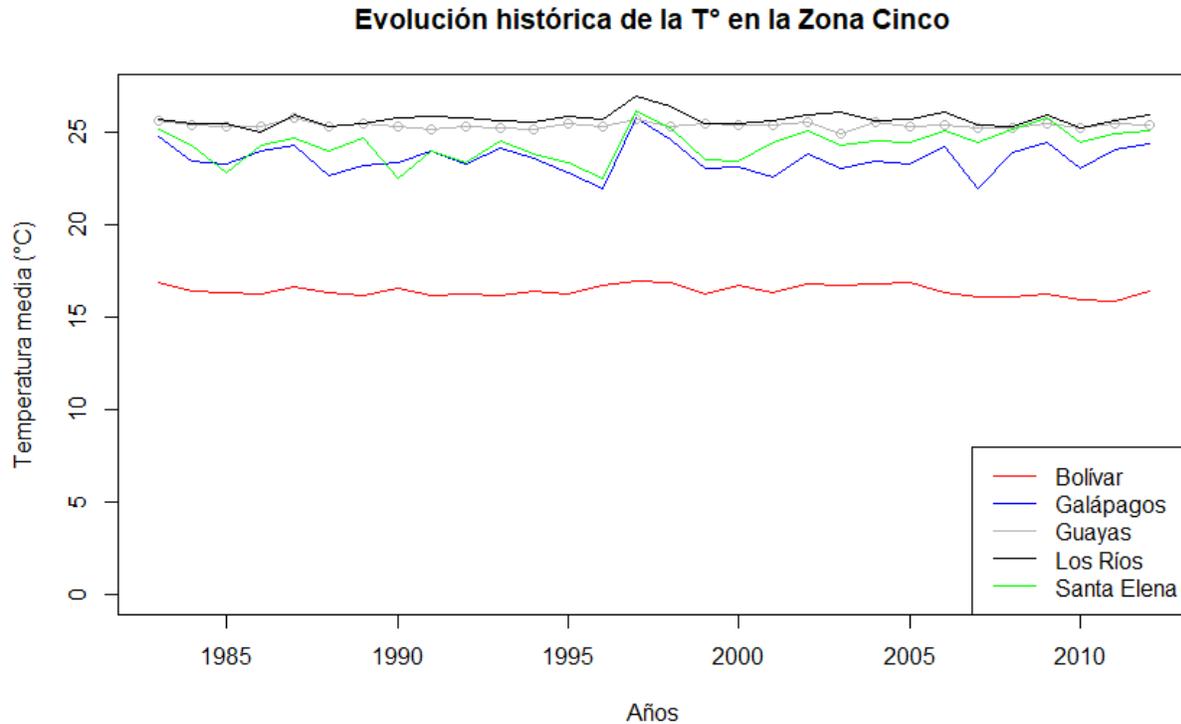
En todas las curvas IDF de las 22 estaciones, se establece que presentan el mismo patrón, es decir para los seis periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años) su relación de intensidad con la precipitación es no lineal. Por lo tanto, a una mayor intensidad de un fenómeno de lluvia la duración es menor y que si la misma es elevada también lo es su periodo de retorno y que debe considerarse en la producción agropecuaria.

4.1.2. Temperatura

En el caso de la temperatura para el período de 30 años de estudio, se denota que la máxima alcanzada ha sido en 1997 en Los Ríos (31 °C), mientras que Bolívar presenta una temperatura constante de 17,5°C (Figura 12). Es importante notar que se presenta un patrón dentro de la serie de datos cada 10 años, iniciando en el año 1987, 1997 y 2007, donde se presentan los incrementos de temperatura en varias provincias como Galápagos, Santa Elena, Guayas y Los Ríos. Estos picos son indicadores de la variación de este parámetro donde es necesario prevenir eventos que puedan afectar a la población de estos sitios.

Figura 12

Evolución histórica de la T° en la Zona Cinco



Fuente: Autores, (2022)

La variable de la T° influye en gran medida en varios procesos fisiológicos, como, por ejemplo, el estrés que presentan los cultivos frente a cambios bruscos, en este marco es importante resaltar que los valores mínimos y máximos expresan esta relación, por lo tanto, se ha elaborado la siguiente tabla con las menores y más altas temperaturas dentro del período de estudio.

Tabla 8*Temperaturas mínimas y máximas dentro de la Zona Cinco*

Provincia	Temperatura (°C)	
	Mínima	Máxima
Bolívar	5,7	29,2
Galápagos	17,2	29,8
Guayas	15	32,8
Los Ríos	16,4	31,8
Santa Elena	17,6	30,4

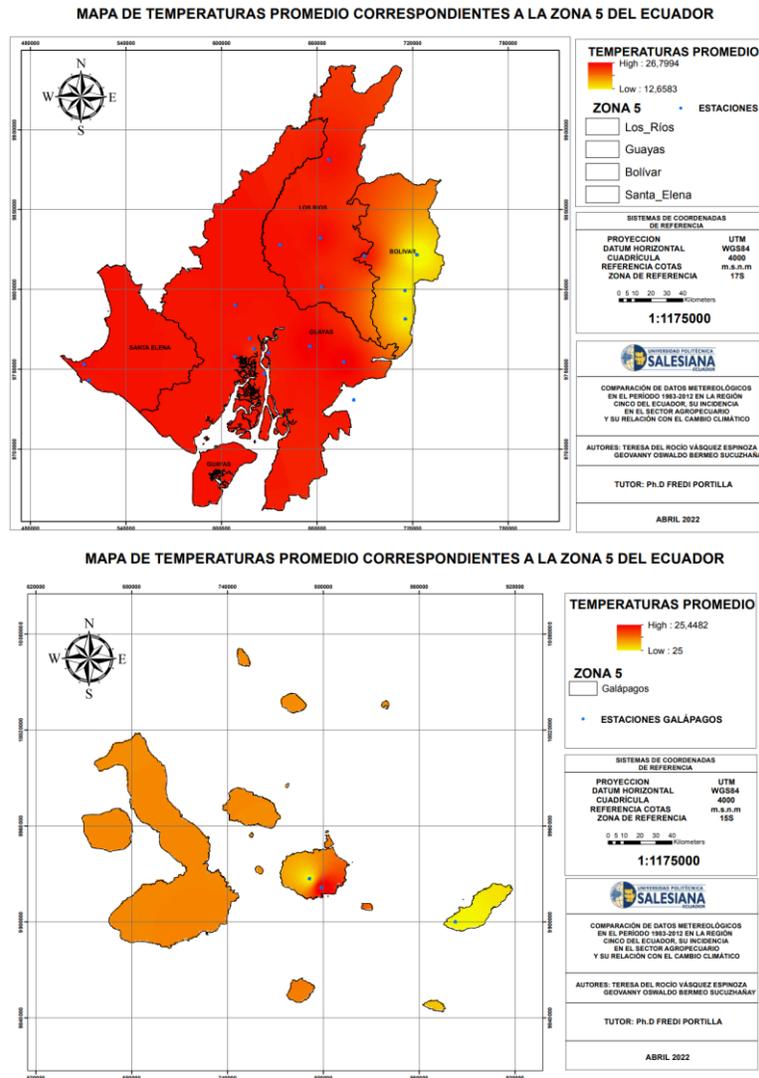
Fuente: Autores, (2022)

En la Tabla 8, están representadas las temperaturas mínimas y máximas durante los 30 años de estudio, notando que los históricos más bajos están muy por debajo de los datos centrales (Figura 12), las variaciones de los datos suponen eventos que ocasionaron que descendan a un valor considerable, así como su incremento en donde los efectos debieron ser perceptibles.

Para una visualización de la información presentada dentro de la Figura 13, se observa que toda la Zona Costa, es decir, Santa Elena, Guayas y Los Ríos, presentan una T° considerable y similar influenciada por las corrientes cálidas del lugar, siendo solo en Bolívar donde el valor medido es diferente debido a que se ubica en otra región del país. Tanto las temperaturas máximas como mínimas (Anexo 2), se comportan similarmente y con valores constantes para las provincias de la Zona Cinco.

Figura 13

Mapa de temperatura



Fuente: Autores, (2022)

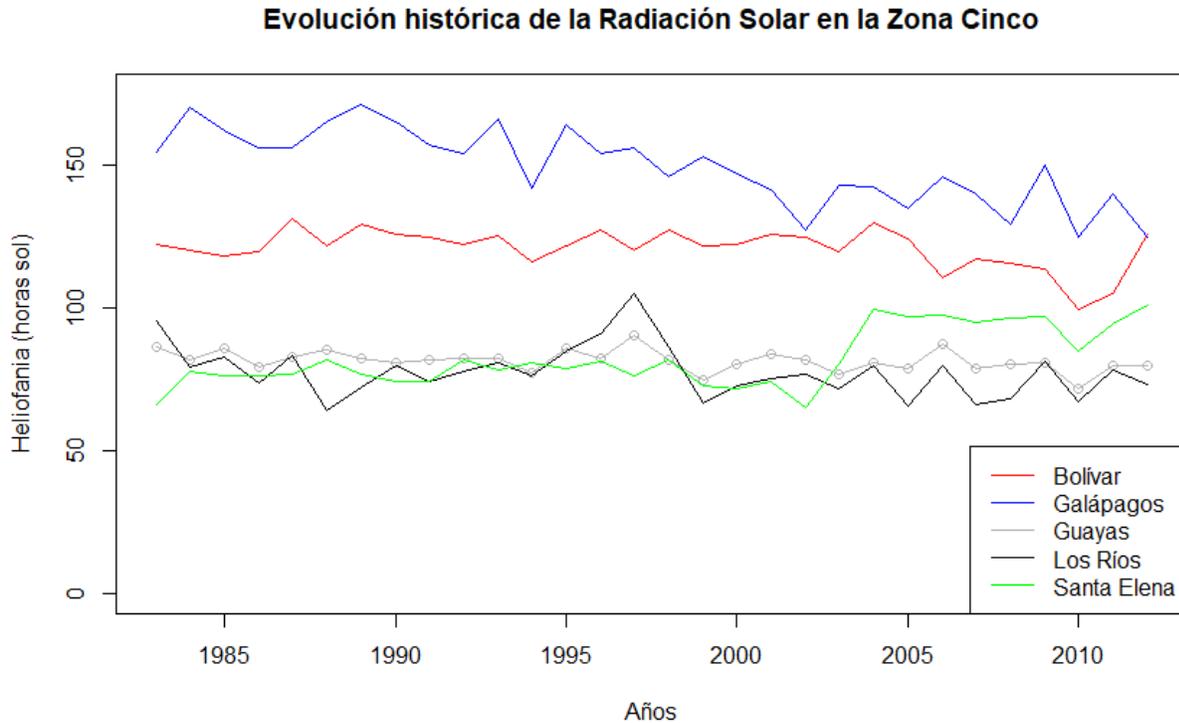
4.1.3. Radiación solar

La cantidad de horas de sol presentes en las provincias de la Zona Cinco, está representada en la Figura 14. Es así que la evolución de esta variable indica que ningún sitio recibió una cantidad de radiación solar directa menor a 50 h/sol con un máximo de 170 h/sol anual. Los lugares con comportamiento similar son Guayas, Santa Elena y Los Ríos, es decir recibieron radiación solar directa en un rango entre 50 y 100 h/sol anual, por lo que se puede suponer que, durante los 30

años (Anexo 5), existieron períodos con gran presencia de nubosidad, en especial ya que, las dos primeras provincias se encuentran junto al mar, al igual que Galápagos, pero en mayor cantidad (> 120 horas).

Figura 14

Evolución histórica de la Radiación solar en la Zona Cinco

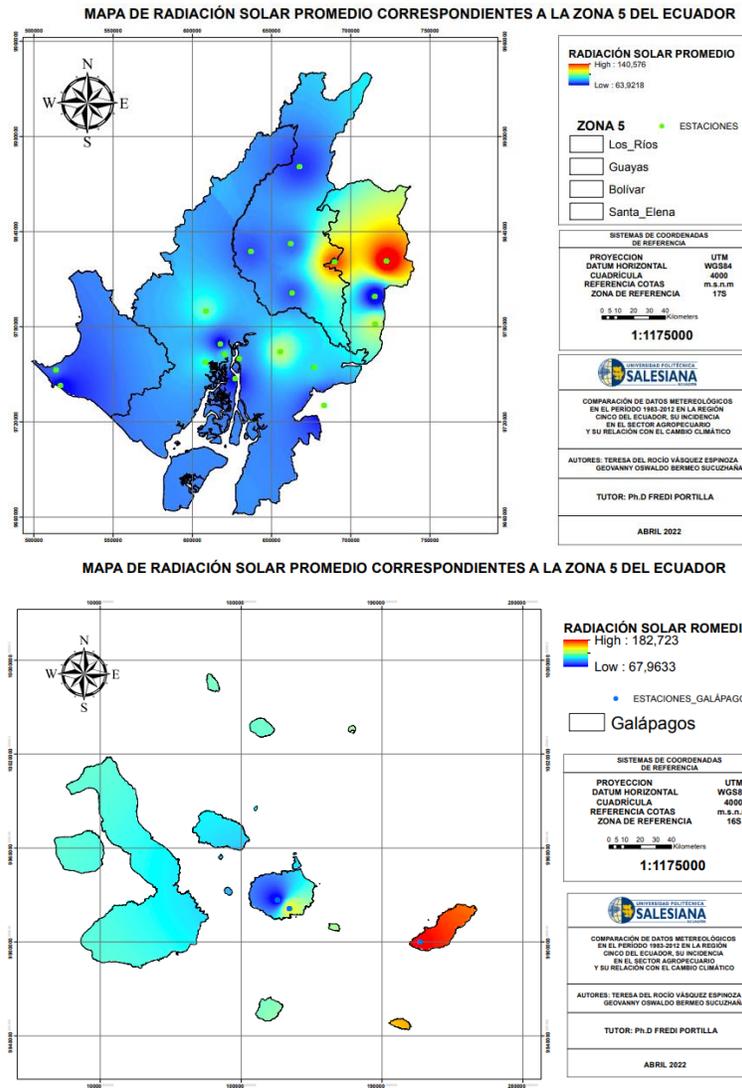


Fuente: Autores, (2022)

En la Figura 15, se observa el mapa de radiación solar con valores promedios de la Zona Cinco, en donde la mayor cantidad de heliofanía está presente en la región Sierra (Bolívar), así como en zonas del Guayas y Los Ríos, principalmente porque en la costa existen períodos donde la nubosidad impide el paso de la luz UV. En cambio, en Galápagos la mayor cantidad de radiación solar directa está en la isla San Cristóbal, seguido por Isabela y con valores bajos en Santa Cruz. Las radiaciones solares directas mínimas (Anexo 2) son reducidas principalmente en Santa Elena y con valores intermedios en provincias como Guayas, Los Ríos y Galápagos, siendo las máximas congruentes con lo indicado en los valores promedios.

Figura 15

Mapa de Radiación solar



Fuente: Autores, (2022)

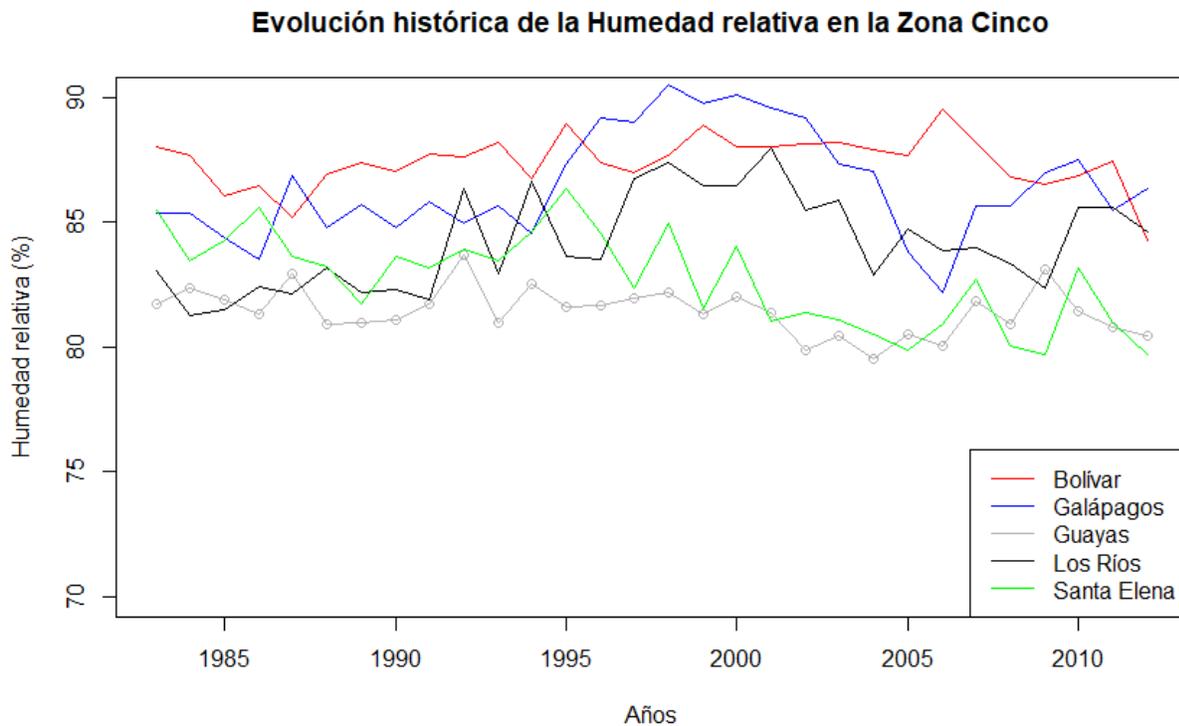
4.1.4. Humedad relativa

La Humedad relativa (HR) dentro de la Zona Cinco (Anexo 6), se presenta con un rango entre el 80 al 90%, siendo la provincia con menor porcentaje Guayas (>80%), así como Santa Elena, que desde el año 97 ha ido descendiendo hasta llegar a un valor menor al 80% (Figura 16). En el caso de Los Ríos, Galápagos y Bolívar en cambio, han incrementado desde dicho año, pero

descendiendo luego del 2000. Esta relación implica un período desde 1995 hasta el 2002 donde la HR fue mayor en las tres provincias antes descritas y un descenso en los dos restantes.

Figura 16

Evolución histórica de la HR en la Zona Cinco

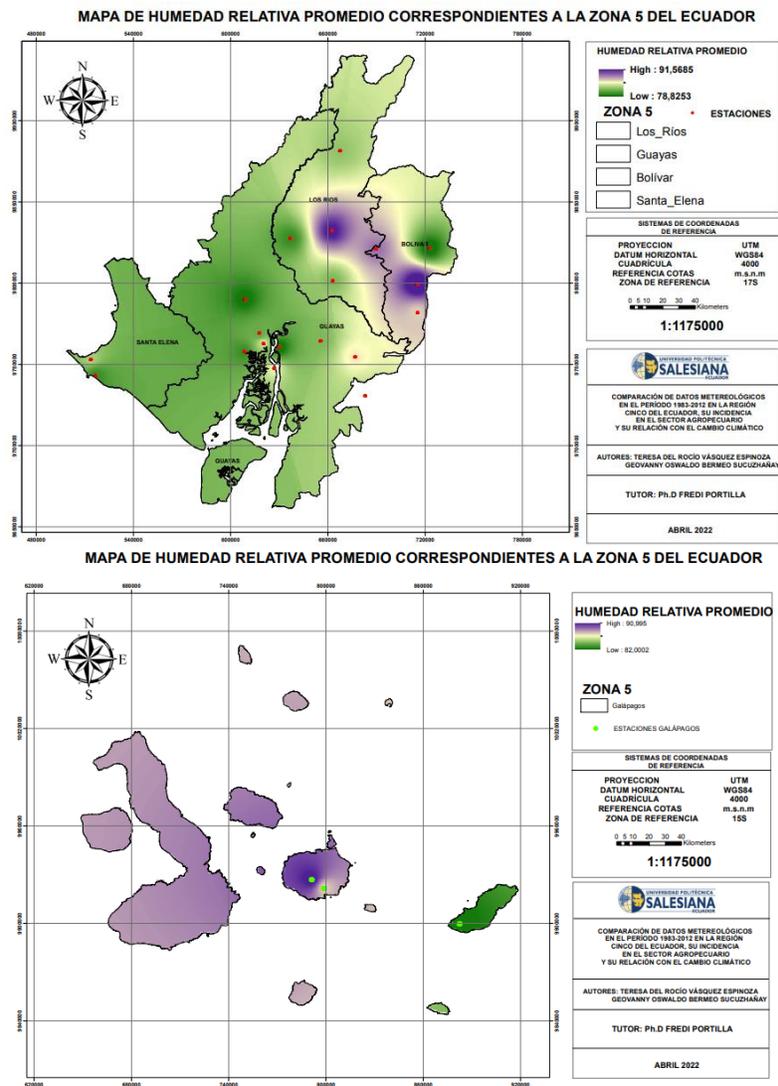


Fuente: Autores, (2022)

Como indica la Figura 17, los porcentajes más altos de HR están en las provincias de Bolívar, Los Ríos y Galápagos, siendo menores en todo el territorio del Guayas y Santa Elena. En el caso de los mínimos se ubican en los dos sitios antes indicados pero los máximos indican que en general la Zona Cinco, presenta una cantidad intermedia de HR debida principalmente a la densa vegetación y la humedad que esta presenta en la mayoría de provincias.

Figura 17

Mapa de humedad relativa



Fuente: Autores, (2022)

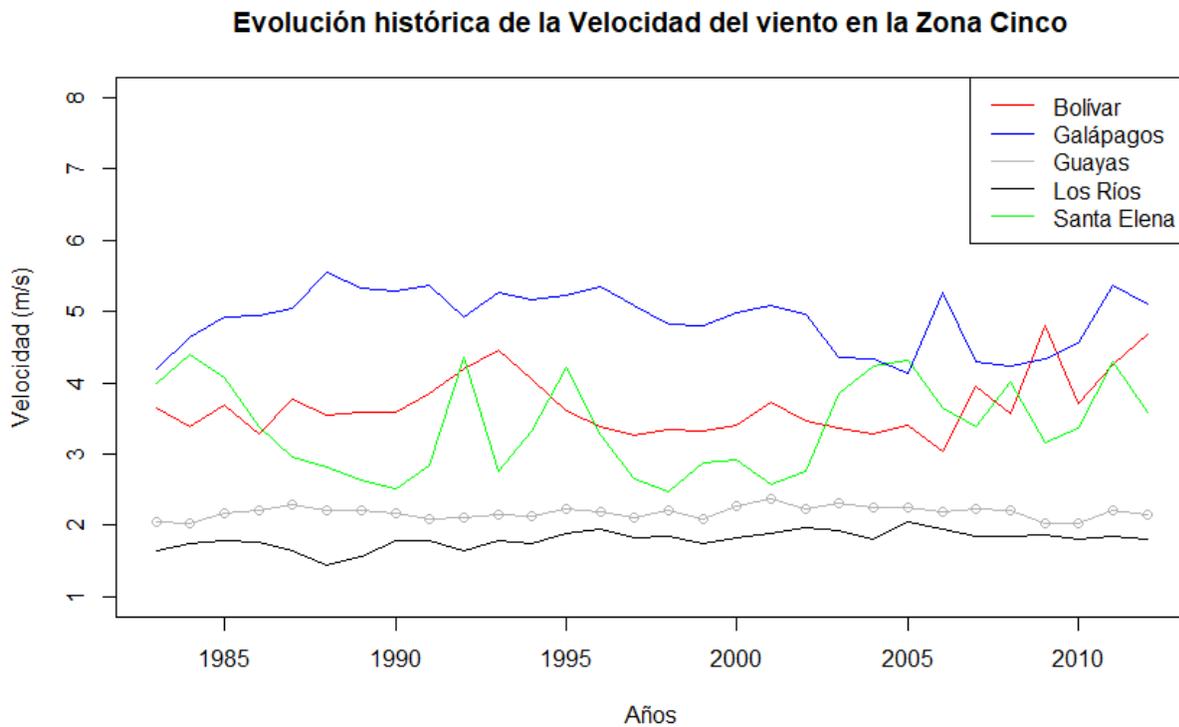
4.1.5. Velocidad y dirección del viento

La Figura 18 fue elaborada con los datos de velocidad y dirección del viento obtenidos desde el 1983 al 2012 que se encuentran en el Anexo 7, es así que la velocidad del viento (VV) de la Zona Cinco, indica un rango entre 1 hasta 5,5 m/s siendo estos valores concordantes con planicies (región costa), donde no existen elevaciones pronunciadas o ríos que induzcan a que las corrientes de aire incrementen su velocidad. En este marco se evidencia como la VV, tiende a

incrementar desde el año 2005 en Bolívar, Galápagos y Santa Elena, siendo en esta última donde disminuyó desde el año 1997 hasta el 2002.

Figura 18

Evolución histórica de la VV en la Zona Cinco



Fuente: Autores, (2022)

Los Ríos presenta corrientes de viento no superiores a 2 m/s, compartiendo similar comportamiento con la provincia de Guayas, aunque no por la ubicación geográfica. Santa Elena a su vez presenta períodos con varios picos en los años 1985, 1992, 1995, 2005, 2010 y 2011 que sobrepasan los 4 m/s. La provincia que no pertenece a la región costa es Bolívar con velocidades de viento entre 3 a 4 m/s, siendo estas un poco más elevadas a las de la costa por la influencia de las elevaciones de los Andes. Por último, Galápagos es la provincia con mayor VV (>5 /s), ya que, al encontrarse en una zona costera y de isla, las corrientes marinas influyen en esta variable.

En el caso de la dirección del viento (Anexo 8) al ser todos datos cualitativos, se puede analizar la mayor corriente de viento se ubica hacia al Oeste, repitiéndose en todas las estaciones

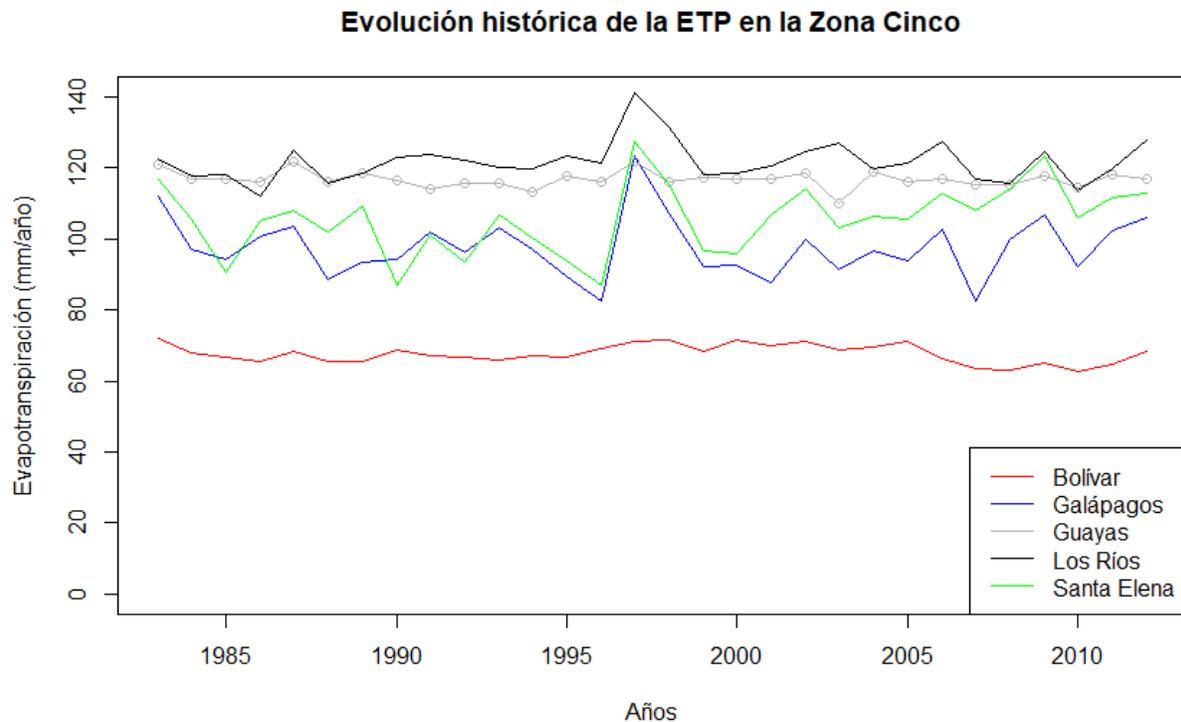
analizadas, por lo tanto, es concordante con la ubicación ecuatorial que influye en que el viento va en dirección de Este a Oeste, con ligeras tendencias al Sur o Norte. Pero en todas las provincias se ha notado esta característica.

4.1.6. Evapotranspiración

La combinación de la transpiración con la evaporación de la vegetación da como resultado la evapotranspiración (ETP) que se calcula por medio de la fórmula de Thornthwaite y representa la cantidad de agua perdida (Anexo 9). Los resultados de los cálculos de las 22 estaciones meteorológicas a lo largo de los 30 años de estudio están representados en la siguiente figura.

Figura 19

Evolución histórica de la ETP en la Zona Cinco



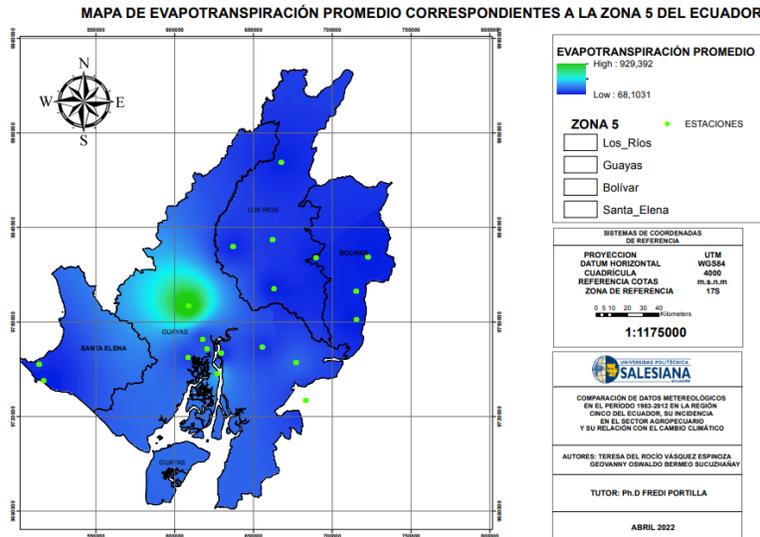
Fuente: Autores, (2022)

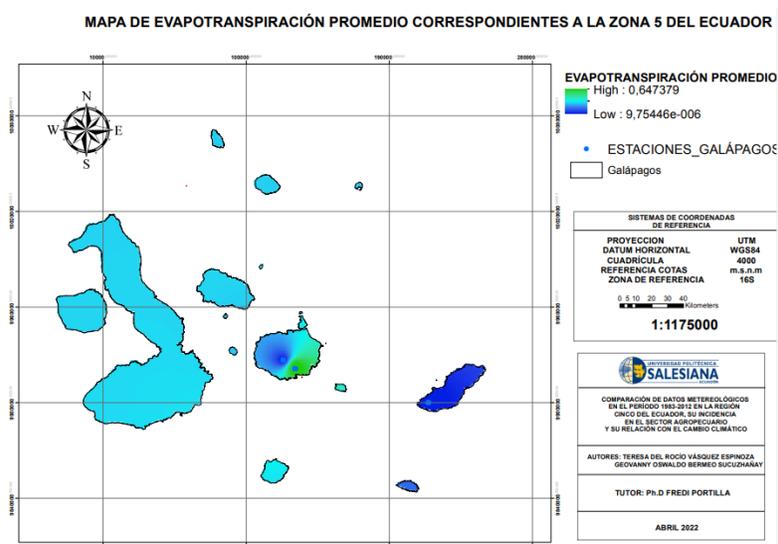
Como indica la Figura 19, la pérdida de agua representada en valores de ETP, dentro de la Zona Cinco se ubica en un rango entre 62,84 hasta 141,23 mm/año. En la provincia de Bolívar se

evidencia que se mantuvo estable dentro del rango de 60 a 80. Al igual que Galápagos y Santa Elena presentan un comportamiento similar a lo largo de 30 años con valores entre 80 a 120. En el caso de Guayas y Los Ríos, ambos sitios presentan los valores más altos de ETP.

La ETP como otras variables meteorológicas analizadas, presenta ciertos picos como por ejemplo en el año 1987, así como el más representativo sucedido en el año 1997, en todas las provincias (excepto Bolívar). Estos datos anómalos reflejan una cantidad considerable de pérdida de agua influenciada principalmente por temporadas calientes y una periodicidad que se repite cada 10 años. En la Figura 20, se observan dentro del mapa lo indicado anteriormente, donde se refleja que toda la Zona Cinco presenta una ETP considerable siendo máxima hacia el norte del Guayas. En el caso de los valores mínimos (Anexo 2) reflejan que no existe un déficit de agua durante el período de 30 años del estudio, así como las máximas son congruentes con los valores promedio, en todas las provincias.

Figura 20
Mapa de ETP





Fuente: Autores, (2022)

4.1.7. *Influencia de las variables en el sector agropecuario y su incidencia en el cambio climático*

Mediante diferentes entrevistas a actores involucrados y sitios oficiales, se recopilaron los antecedentes descritos en la Tabla 9, la cual indica que la Zona Cinco presenta históricamente un gran potencial de susceptibilidad a eventos relacionados con El Niño Oscilación Sur (ENSO) principalmente en los años 1983 y 1997, así como su fase fría La Niña con episodios importantes durante 1999 a 2001. Es por ello que han existido inundaciones principalmente en Santa Elena, Guayas y Los Ríos, pero con un efecto no muy recurrente en Bolívar. En el caso de Galápagos no existen registros oficiales, pero su efecto para el ecosistema marino puede presentar impactos ecológicos negativos.

Tabla 9
Recopilación de eventos históricos en la Zona Cinco

Año	Evento	Descripción
1983	ENSO	Azotó con inundaciones a Guayas y Los Ríos, por lo que existió pérdidas agrícolas por millones de dólares.
1988 a 1998	Sequía	Guayas fue una de las afectadas y en el resto de la Zona Cinco no se registran eventos significativos.
1989 a 2001	ENSO	Inundaciones en Guayas (100) desbordamiento del río, Los Ríos (40 a 100 eventos), Bolívar (2 eventos); año 1997 – 1998

		se dio eventos fuertes de precipitaciones y desbordamiento de ríos.
	Deslizamientos	Fueron importantes en Guayas, Los Ríos y Bolívar, influenciados por las precipitaciones.
2002 - 2010	ENSO	Inundaciones en Bolívar ocasionaron daños en cultivos, Guayas existió 6 eventos incluido un desbordamiento en 2009. Los Ríos 3 eventos y un desbordamiento de ríos.
	ENSO	Fuertes lluvias en Bolívar, una inundación en Guayas.
2011 - 2012	Vientos fuertes	En la provincia de Guayas ocasiono daños en 80 ha de cultivos, en Los Ríos 3 ha, Santa Elena 11.487 ha.
	Déficit hídrico	Guayas y Santa Elena más de 46.000 ha con daños en cultivos, Los Ríos 149.236 ha.

Fuente: Demoraes y Dercole (2011), DesInventar (2019), elaborado por los autores (2022).

El clima es un parámetro de gran influencia para la productividad agrícola y puede presentar efectos negativos frente al cambio climático como se ha notado en los eventos antes descritos y los resultados obtenidos de cada variable meteorológica que establecen que las variaciones de PP, T°, Radiación Solar (RS), HR, VV y ETP presentan estos efectos debido a que han influenciado históricamente a la producción de daños y pérdidas tanto materiales como económicas. En relación a los ingresos monetarios estos pueden reducirse ante el incremento de temperaturas y las parroquias rurales son gravemente afectadas (IPCC, 2014).

Los datos recopilados reflejan el origen de los eventos climáticos debido a las variaciones principalmente de T° y PP. Tales hechos han ocasionado que en el sector ganadero existan bajos rendimientos de forraje ya que, al presentar exceso o ausencia de las variables antes mencionadas ocasionan que la cantidad y calidad de los pastos se reduzca, además de impulsar la distribución de enfermedades. Es así que se reconoce que los animales son afectados por la T° del aire, la humedad y VV, porque estas variables inducen a que varíe su apetito, así como el crecimiento de los mismos. Con base en lo expuesto se denota que la ganadería es muy sensible al clima, por lo tanto, el cambio climático puede disminuir el número de animales y afectar negativamente el crecimiento.

Además, la T° es una variable que influye en el correcto desarrollo de los cultivos y que al sufrir variaciones produce estrés en la planta reflejándose en un bajo rendimiento, es por ello que las mínimas o máximas temperaturas son un indicador de vulnerabilidad. Por su parte la PP puede

ocasionar la inundación de espacios terrestres, como se observó en los eventos históricos, pero también desbordar ríos, y ocasionar deslizamientos, siendo estos eventos los causantes de las pérdidas agrícolas en términos de producción. Es por ello que fenómenos ENSO acompañados de vientos fuertes y temperaturas frías han ocasionado un efecto negativo, siendo el cambio climático un problema que evoluciona con el tiempo y es poco predecible su comportamiento. Al contrario, por la presencia de reducidas lluvias ocurren sequías que en la Zona Cinco que se han manifestado en provincias como Santa Elena, Guayas y Los Ríos, mismas que son potencialmente expuestas a este evento como se ha visto en los resultados de evapotranspiración potencial (ETP).

En este marco la PP también influye en la cantidad de humedad presente en el área, ya que, cuando es más alta la T° , mayor es el porcentaje de agua en el aire (Vaisala, 2019). Es así que los eventos de PP están acompañados de vientos fuertes que como se indicó en la Tabla 9, pueden ocasionar daños en los cultivos, debido a la velocidad con que golpean a las plantas. En las provincias donde esta variable ha presentado variaciones importantes también existen pérdidas productivas, es por ello que esta variable genera implicaciones negativas en la producción.

Se ha notado que las temperaturas mínimas en la Zona Cinco inducen a que exista un porcentaje reducido de humedad que compromete el crecimiento de plantas porque las plantaciones demoran más tiempo en llegar a un tamaño óptimo para la venta, y también existe el riesgo que las hojas se marchiten lo que ocasiona la pérdida de energía para la planta en el proceso de fotosíntesis. Este proceso a su vez, emplea la radiación solar como energía para que las plantas fisiológicamente puedan desarrollarse correctamente, siendo que cuando existen fenómenos superiores a lo requerido por el vegetal no favorecen su crecimiento. En este marco los sitios de la Zona Cinco, con altos valores de horas sol, presentarán grietas en los frutos, maduración manchada, hoja enrollada, frutos huecos y golpes de sol. Es por ello que la diferenciación de esta variable ocasionada por el cambio climático influye en los procesos fisiológicos, que afectan a la calidad y cantidad de plantas.

La ETP es una variable básica en las necesidades de riego de las plantaciones, ya que aporta el agua requerida para que se desarrolle dotando de este insumo. Es así que el riego esta complementado con las lluvias, la intensidad y su frecuencia para establecer las cantidades a aportar dependiendo de la temporada. El fenómeno ENSO genera una variabilidad climática que

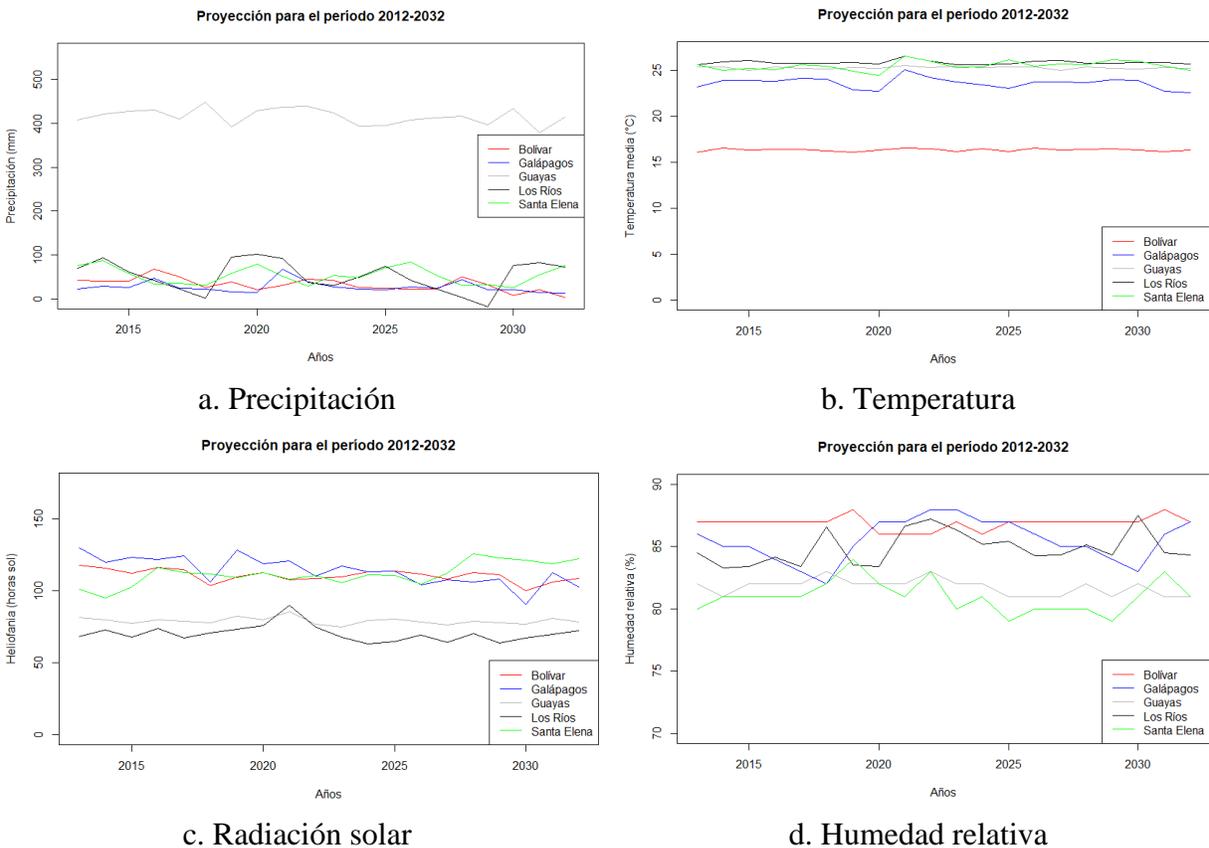
incrementa la ETP, por lo que existe una saturación que a nivel edáfico ocasiona la podredumbre de las raíces y cuando se reduce genera efectos negativos debido al déficit hídrico, ya que muy poca agua es absorbida por las plantas. Con lo antes indicado se reduce la productividad agropecuaria y se genera escases de alimento por la variación climática.

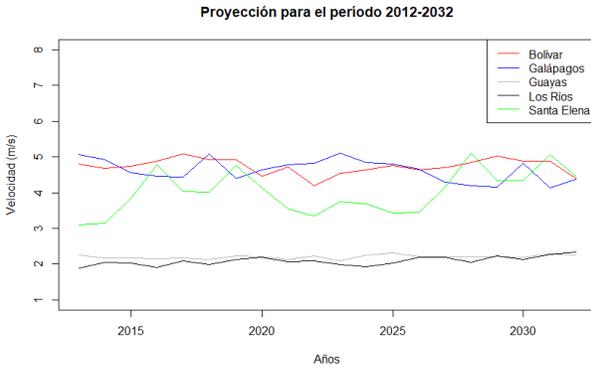
4.2. Construcción de proyecciones climatológicas a partir de datos meteorológicos y sucesos históricos

Las proyecciones realizadas para el presente estudio se elaboraron con base en los 30 años históricos (1983-2012) de los datos, con lo que se obtienen datos para los siguientes 20 años, es decir, el período de estudio fue hasta el año 2012 y se han proyectado hasta el año 2032 como indica la siguiente figura

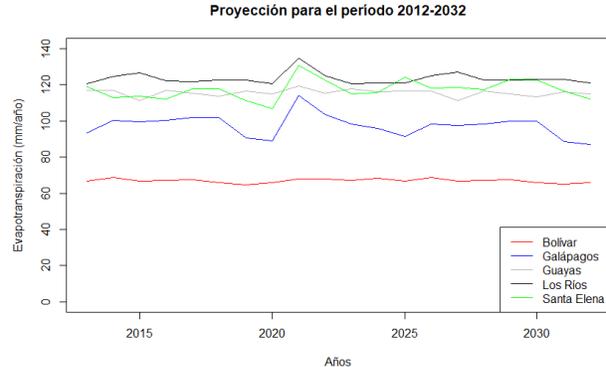
Figura 21

Proyección para el período 2012-2032 con base en el histórico 1983-2012.





e. Velocidad del viento



f. Evapotranspiración

Fuente: Autores, (2022)

Como se observa en la figura anterior, se han realizado las proyecciones desde el 2012 hasta el año 2032. En el caso de la PP (Figura 21a) los valores históricos no se comparan con los calculados ya que desde el período 1983 - 2012 se nota un incremento de la lluvia, pero la proyección indica tendencia de disminución hasta el año 2020, donde se repite un ciclo de PP elevada como en el año 2010 y a futuro se predice la reducción de lluvia hasta el 2032.

La temperatura (Figura 21b) en función al histórico indica que para el futuro se mantendrán sus valores similares hasta el año 2020, donde se nota que existirá un aumento siendo más elevada en las provincias de Los Ríos y Santa Elena que luego en toda la Zona Cinco disminuirá unos 3°C aproximadamente hasta el año 2025, continuando así por seis años más.

La Figura 21c muestra que la RS presentará descensos en Galápagos y Bolívar llegando hasta 100 horas de sol al año, al igual que Los Ríos y Guayas, donde no existirá gran variación ya que se mantienen dentro del rango de 50 a 100 horas; el caso de interés es Santa Elena donde mantiene una tendencia a incrementarse desde el año 2012 y se estima sobrepase las 100 h/sol de radiación solar directa hasta el 2032.

En el caso de la HR (Figura 21d) los datos observados presentan un comportamiento anómalo, es decir, mantienen una tendencia a descender hasta cerca del año 2020, pero para Bolívar, Los Ríos y Galápagos se incrementan mientras que para Guayas y Santa Elena la disminución es considerable hasta el 2032.

En la Figura 21e, la VV no disminuye para ninguna provincia manteniendo la tendencia presentada en el histórico, es decir para el Guayas y Los Ríos sobrepasa en ocasiones los 2 m/s, pero no varía. Santa Elena presenta incrementos (2015 – 2020) y descensos (2020 – 2025), que forman un ciclo que se repite sin gran variación. Por último, Bolívar y Galápagos muestran estabilidad para la proyección futura en un rango de 4 a 5 m/s. En el caso de la dirección de viento se prevé que continuará con orientación hacia el Oeste, como se ha analizado en todas las estaciones de la Zona Cinco (Anexo 7).

La Evapotranspiración (ETP) observada en la Figura 21f, es lineal para la provincia de Bolívar y Guayas, con ligeros despuntes en los años 2020, 2025 y 2030 para Galápagos, Los Ríos y Santa Elena, es decir, en estas fechas se estima que existirán mayores pérdidas de agua por parte de la vegetación, quizá impulsado por los incrementos de T° observados en la Figura 21b, donde se muestra claramente que existen picos similares.

4.3. Propuestas y alternativas ambientales para el sector agropecuario de la Zona Cinco y su desarrollo frente al cambio climático

En función a la diferente información publicada, así como de conversaciones con pobladores de las diferentes provincias contactadas se han elaborado las siguientes propuestas para que los problemas detectados en el sector agropecuario de Bolívar, Galápagos, Guayas, Los Ríos y Santa Elena. Con la finalidad de que se puedan afrontarse y prevenir un efecto negativo del cambio climático, en la siguiente tabla se encuentran las alternativas ambientales establecidas.

Tabla 10

Propuestas ambientales para la Zona Cinco

Provincia	Área	Índice	Problemática	Propuestas o alternativas	Indicadores	Medio de verificación	Observaciones
Bolívar	Sector Agua	26 mil l/s	Reducción del caudal hídrico para riego	Plan de manejo para el cuidado del agua	# Planes elaborados	Plan de manejo elaborado	
	Sector Flora	14%	Tala de bosques	Plan de manejo para los ecosistemas naturales, declarar zonas de protección	# Planes elaborados	Plan de manejo elaborado	
	Sector Fauna	0%	No existe un plan de manejo referente a la vida faunística de la provincia	Plan de manejo de conservación de la fauna	# Planes elaborados	Plan de manejo elaborado	
	Suelo	50.23%	Los suelos presentan gran extensión de desertificación	Programa de manejo y conservación de suelos	# de Programas	Programa de manejo	
	Aire	39%	Presencia de concesiones mineras a cielo abierto	Planes de forestación creando barreras físicas naturales en zonas mineras	# Árboles plantados	Informe de zonas forestadas	
		3%	Presencia de heladas altas y deslizamientos	Plan de acción referente a la mitigación de las vulnerabilidades climáticas	#Medidas establecidas	Plan de acción elaborado	
	Sector Poblacional	85%	El comercio agropecuario se realiza por intermediarios	Consolidación de organizaciones locales para comercializar sus productos	# Organizaciones establecidas	Acta de registro de organizaciones	
Galápagos	Sector Agua	5 días	Sequias consecutivas (La Niña)	Generar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad de lluvia	# Acciones establecidas	Sistema de alerta temprana	
		30%	No existen cuerpos de agua superficial para uso natural o de consumo de ríos	Protección de los estuarios formados por los ríos de las islas para aislar el agua dulce	# Planes elaborados	Plan de protección de estuarios	
	Sector Flora	40%	Mayor presencia de unidades ambientales terrestres de bosque y arbustal decíduo	Incrementar el conocimiento de agricultores sobre el cambio climático	# Capacitaciones a agricultores	Acta de registro de capacitaciones	
		35%	Uso intensivo del recurso maderable para construcción	Fomentar materiales alternativos basados en la reutilización y reciclaje de residuos	# Informes	Informe de materiales alternativos	
	Sector Fauna	20%	Escases de alimento proveniente del mar por el ENSO	Plan de acción frente al ENSO mediante medidas de acopio preventivo	# Planes elaborados	Plan de acción	
		N-d	Introducción de especies terrestres genera impacto negativo al ecosistema	Aumentar la educación ambiental de sociedad agricultora	# Capacitaciones a agricultores	Acta de registro de capacitaciones	
	Suelo	20%	Cobertura deficiente que ocasiona erosión	Introducción de variedades de vegetación resistentes a la T°	# Informes	Informe de especies potenciales	
	Aire	800 mm	El Niño Oscilación Sur (ENSO)	Generar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad de lluvia	# Acciones establecidas	Sistema de alerta temprana	
	Sector Poblacional	5%/año	Disminución de la productividad pesquera ocasionada por las reducidas aguas frías ricas	Pláticas con el gobierno local para tomar medidas para el sector pesquero	# Reuniones	Acta de reuniones mantenidas con el gobierno local	
Guayas	Sector Agua	3 – 5 d/año	Períodos de sequia	Promover la irrigación como técnica que asegure la dotación de agua a los cultivos	# Capacitaciones a agricultores	Acta de registro de capacitaciones	
	Sector Flora	4 mil ha	Deforestación	Plan de reforestación en zonas más afectadas y vigilancia para evitar su extensión	# Planes elaborados	Plan de reforestación	
	Sector Fauna	3%/año	Pérdida de diversidad de especies en la Unidad Hidrográfica de Guayas	Inventario de especies y monitoreo de su evolución anualmente	# Informes	Informe de inventario de especies para su monitoreo	
	Suelo	55%	Mayor cobertura son llanuras aluviales	Fortalecer el riego para el incremento de plantaciones aptas en estos espacios	# Capacitaciones a agricultores	Acta de registro de capacitaciones	
	Aire	1800 mm 28 °C	Lluvias intensas y altas T° ocasionan afecciones a la producción y además en vías, viviendas entre otros)	Generar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad de PP y T°	# Acciones establecidas	Sistema de alerta temprana	
	Sector Poblacional		Infraestructura vial y sistema de salud frente al cambio climático	Dentro de las zonas inundables priorizar las canales para el flujo de escorrentía, así como campañas contra los vectores de enfermedades	# Informes	Informe del estado de zonas inundables	
Los Ríos	Sector Agua		Degradación de agua superficial por minería no metálica, descargas y lixiviados de actividades	Gestión integral hídrica, inspecciones a mineras y recuperación de riveras de ríos	# Planes elaborados	Plan de gestión integral de hídrico, vigilancia minera y	

			agrícolas			recuperación de ríos	
	Sector Flora	1,1%	Presencia de uso de suelo agropecuario forestal	Recuperación de vegetación deforestada mediante un plan forestal planificado	# Planes elaborados	Plan forestal	
	Sector Fauna		Fauna amenazada por la frontera agrícola	Reducción de la frontera agrícola por medio de sistemas de producción ecológicamente sostenibles	# Informes	Informe de expansión de frontera agrícola y propuesta de sistemas de producción	
	Suelo		Degradación del suelo por lixiviados, abuso de agroquímicos, quemas y arado mayor a 30 cm	Plan de contingencia para recuperación de suelos y prevención de quemas	# Planes elaborados	Plan de recuperación de suelos	
	Aire		Reducción de la calidad del aire debido a las emisiones del sector industrial, automotor, así como quemas de vegetación, incendios provocados por el agro	Plan de captura de carbono mediante la plantación de especies destinadas a este fin, vigilancia de la optimización de maquinaria en el sector agroindustrial y educación ambiental para los productores	# Planes elaborados	Plan de captura de carbono	
	Sector Poblacional	50%	Pérdidas de cultivos y animales debido a inundaciones	Generar sistemas de alerta temprana evitando el mayor número de pérdidas	# Acciones establecidas	Sistema de alerta temprana	
Santa Elena	Sector Agua	1869 ha	Distribución no definida del agua empleada para consumo humano, riego y otras actividades	Desarrollar estrategias y acciones para un manejo sustentable de los recursos hídricos (agroforestería y silvopasturas)	# Planes elaborados	Plan de manejo sustentable de recursos hídricos	
	Sector Flora	38.622 ha	Deforestación que incrementa la conversión del uso de suelo en desiertos	Restauración forestal	# Planes elaborados	Plan de restauración forestal	
	Sector Fauna		El ganado no incrementa su número debido a la baja disponibilidad de agua	Dotar de agua tanto para riego como consumo de animales por medio de políticas públicas de gobiernos parroquiales y provincial	# Redes de riego establecidas	Sistema planificado para la dotación de agua	
	Suelo	985 ha	Esterilidad del suelo ocasionada por la erosión	Rotación de cultivos como técnica para recuperar los suelos y revegetación para evitar la erosión	# Planes elaborados	Plan de rotación de cultivos	
	Aire	100 mm	La Corriente Fría de Humboldt que ocasiona una lenta evaporación y poca PP en el año	Promover la irrigación como técnica que asegure la dotación de agua a los cultivos	# Planes elaborados	Propuesta de irrigación para cultivos	
	Sector Poblacional	90%	Déficit hídrico afecta la producción agropecuaria	Potenciar las zonas con menor déficit hídrico para potenciar la existencia de la actividad agrícola permanente	# Informes	Informe de zonas potenciales para actividad agrícola	

Fuente: Autores, (2022)

4.4. Discusión

Los resultados obtenidos de la presente investigación develan valores altos de precipitación principalmente en el norte y sur de la Zona Cinco, siendo Santa Elena en donde se presentan niveles bajos en el período de estudio comprendido entre 1983-2012, así como en el oeste de Galápagos. Los patrones de temperatura presentan un período de retorno de 10 años, iniciando en el año 1987, seguido por 1997 y 2007 con varios incrementos en todas las provincias. Autores como Vincenti, S. (2012) notaron que cada 30 años la T° y la PP presentan comportamientos irregulares. Según Nullis (2018), al ritmo actual de emisiones, se alcanzará un aumento de 1,5 °C entre 2030 y 2052 y en 2100 el calentamiento puede situarse entre 3 °C y 4 °C.

En el caso de la radiación solar todos los valores promedios de la Zona Cinco indican que la mayor cantidad de heliofanía está presente en la región Sierra (Bolívar), seguido por el Guayas y Los Ríos, principalmente como indica Cabrera et al., (2018) que en la costa existe mayor cantidad de nubosidad que en la sierra.

Por otra parte, la humedad relativa refleja porcentajes altos en la Zona Cinco, siendo menores en el Guayas y Santa Elena, concordando con estudio efectuados por entidades gubernamentales, en los cuales se determinó que el déficit hídrico es una realidad en el país (INAMHI, 2015). Estos resultados son similares a los hallazgos de la presente investigación, en los que se determina que el estrés es una característica que influye negativamente en los cultivos.

Los estudios de cambio climático enfocados al territorio en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Guayas, Santa Elena, Los Ríos, Galápagos y Bolívar, indican en cada uno que los valores de evapotranspiración son anómalos en la Zona Cinco y que existe una cantidad considerable de pérdida de agua influenciada por las temporadas calientes y una periodicidad que se repite cada 10 años. Autores como el IPCC, (2014), rescatan que el cambio climático es un reto que todos los territorios enfrentan y que principalmente deben enfrentarse al déficit hídrico, ya que afecta al sector agropecuario tanto en plantaciones como animales y que las medidas para adaptarse son la mejor herramienta para el cuidado futuro del agua.

Conclusiones

- La influencia de la meteorología en el período de 1983 – 2012 sobre el sector agropecuario es negativa, en períodos donde la adaptación a fenómenos como el Niño no están establecidas dentro de la Zona Cinco, como indica el análisis y comparación de los datos, pero en el caso de Santa Elena es altamente positivo debido a que, al ser un espacio seco, se recargan los acuíferos y posteriormente la vegetación se regenera, así como la fauna. A su vez, las proyecciones indican un descenso en todas las variables hasta el año 2032, siendo una de las propuestas ambientales más importante la generación de un sistema de alerta temprana, con la finalidad de prevenir y mitigar los eventos climáticos futuros.
- El análisis de los promedios de las variables establece que existe una alternabilidad entre períodos secos y lluviosos, siendo las segundas producidas por el déficit de lluvias en la Zona Cinco, eventos como el Fenómeno del Niño en los años 1983 y 1997, son una muestra de que todas las variables presentaron un cambio significativo con temporadas estables y otras fuera del promedio. Es por ello que afectan significativamente a la economía rural del sector agropecuario ya que, al no estar preparados presentan pérdidas constantes.
- Las proyecciones climatológicas construidas con los datos meteorológicos obtenidos y los sucesos históricos recopilados indican que la PP volverá a tener eventos de incremento y se reducirá hasta el año 2032. La temperatura se mantendrá en los valores actuales, pero hacia el año 2025 descenderá 3°C en toda la Zona Cinco. En el caso de la Radiación Solar directa también presentan un descenso. La Humedad Relativa es anómala con ciclo de aumento y disminución. La Velocidad del Viento no presenta variación futura, así como su dirección continuará con orientación hacia el Oeste. Por último, la Evapotranspiración indica ligeros despuntes donde existirá pérdidas de agua en los años 2020, 2025 y 2030.
- Se han propuesto en total 34 alternativas ambientales para la mitigación y prevención en las provincias de la Zona Cinco, en el caso de Bolívar no existen programas para la protección del agua y de suelos, además de un bajo nivel de capacitación frente a vulnerabilidades climáticas. En Galápagos es necesario el manejo hídrico para el cuidado de cultivos, especies mejor adaptadas y promover técnicas como la irrigación. Guayas durante sus períodos secos debe asegurar la dotación de agua, fortalecer el riego para incrementar sus plantaciones y generar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad.

La provincia de Los Ríos debe prepararse para eventos de inundaciones y capacitar constantemente a los productores acerca del cambio climático. Por último, Santa Elena es una provincia preocupante ya que, su clima es seco y la dotación de agua hace difícil la siembra y cría de ganado por lo que la dotación de agua es importante como la distribución de riego y asegurar este insumo para los agricultores.

Recomendaciones

- A los gobiernos locales, regionales y nacionales, la mejor disposición de información meteorológicos, ya que, el presente estudio evidencia la falta de datos que aún existe para realizar análisis temporales y que son necesario para interpretar los eventos climáticos que no solo afectan al sector agropecuario, sino a la población en general.
- La evidencia de los efectos del cambio climático observados en esta investigación, sirva de insumo para que exista una mejor conciencia por parte de los gobiernos autónomos descentralizados, ya que es evidente la falta de preparación que tienen tanto las organizaciones como los agricultores. Es necesario que la tecnificación y capacitación lleguen a los campos, para que no exista el abandono de los mismos.
- Brindarles el seguimiento respectivo a las proyecciones climatológicos ya que, son herramientas para estar preparados antes los eventos de cambio climático, los mismos que son imperceptibles a simple vista, pero pueden dejar graves efectos económicos, sociales, ambientales y en el peor de los casos las pérdidas de vidas.
- Socializar las medidas propuestas con los GADs respectivos, para que dentro de sus competencias podrán prevenir y mitigar los efectos antes mencionados, con miras a que la Zona Cinco y el país en general se convierta en un territorio adaptado al cambio climático y ser referente frente al mundo.

Bibliografía

- Allstädt, F., Koutsodendris, A., Appel, E., Rösler, W., Reichgelt, T., Kaboth, S., & Pross, J. (2021). Late Pliocene to early Pleistocene climate dynamics in western North America based on a new pollen record from paleo-Lake Idaho. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 101(1), 177-195. doi:177-195. 10.1007/s12549-020-00460-1
- Alves, J., Silva, E., Vasconcelos, F., Barbosa, A., Santos, A., & Sombra, S. (2019). Modelos acoplados do IPCC (CMIP3-CMIP5) e o gradiente meridional de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no oceano atlântico tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(1), 217-226. doi:<https://doi.org/10.1590/0102-7786334036>
- Bayas, A., Avilés, A., Yance, C., & Delgado, D. (30 de Noviembre de 2017). *Observatorio de la economía latinoamericana*. Obtenido de Agricultura de la Provincia del Guayas: un enfoque estratégico al sector productivo del café.: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/sector-productivo-cafe.html>
- Birthal, P., Khan, T., Negi, D., & Agarwal, S. (2014). Impact of climate change on yields of major food crops in India: Implications for food security. *Agricultural Economics Research Review*, 27(2), 145-155. <https://ideas.repec.org/a/ags/aerrae/196659.html>
- Bonilla, C., & Mesa, O. (2017). Validación de la precipitación estimada por modelos climáticos acoplados del proyecto de intercomparación CMIP5 en Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(158), 107-118. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.427>
- Cabrera, M., González, V., & Fries, A. (2018). Caracterización de variables meteorológicas a ser usadas como fuentes de energía en la región sur del Ecuador. *Revista GEOESPACIAL*, 15(2), 13-23. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1348/966>
- Carmona, J. (21 de 09 de 2018). *Los gases invernadero*. Recuperado el 30 de 09 de 2022, de Conogasi: <https://conogasi.org/articulos/los-gases-invernadero/>
- Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L., Balarezo, A., Narváez, C., & Morocho, D. (2016). Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media. *Idesia (Arica)*, 34(3), 81-90. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300010>

- Challinor, A., Watson, J., Lobell, D., Howden, S., Smith, D., & Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4, 287–291. <https://ccafs.cgiar.org/resources/publications/meta-analysis-crop-yield-under-climate-change-and-adaptation>
- Chiriboga, G., Bunces, P., Guzmán, C., Capelo, S., Cepeda, J., Gordillo, G., . . . Carvajal, G. (2021). Harnessing of geothermal energy for a greenhouse in Ecuador employing a heat pump: design, construction, and feasibility assessment. *Heliyon*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08608>
- CIIFEN. (2014). *Metodología para la Estimación de Vulnerabilidad en Ecuador, Perú y Bolivia*. Centro Internacional para la investigación del Fenómeno de el Niño: <http://geonode.ciifen.org/documents/1134>
- Consejo Nacional de Planificación. (2021). *Registro Oficial Suplemento 544 de 23-sep.-2021. Plan Nacional De Desarrollo 2021, 2025*. <http://www.eeq.com.ec:8080/documents/10180/36483282/PLAN+NACIONAL+DE+DESARROLLO+2021-2025/2c63ede8-4341-4d13-8497-6b7809561baf>
- CSN. (2018). *Consejo de Seguridad Nuclear de España*. Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de Las radiaciones: <https://www.csn.es/las-radiaciones>
- Das, M., Das, A., Pereira, P., & Mandal, A. (2021). Exploring the spatio-temporal dynamics of ecosystem health: A study on a rapidly urbanizing metropolitan area of Lower Gangetic Plain, India. *Ecological Indicators*, 125(1), 107584. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107584>
- De García, L., & Cuesta, C. (2017). El Protocolo de Kioto y los costos ambientales. *Revista Digital del Instituto Internacional de Costos*, 1(1), 9-31. [https://estrucplan.com.ar/el-protocolo-de-kioto-y-los-costos-ambientales/#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20\(PK,mecanismos%20de%20desarrollo%20limpio%20y](https://estrucplan.com.ar/el-protocolo-de-kioto-y-los-costos-ambientales/#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20(PK,mecanismos%20de%20desarrollo%20limpio%20y)
- De la Cruz, G. (1 de Noviembre de 2021). *Escenarios climáticos: Cambios en los extremos climáticos en el Perú al 2050*. Flood Resilience Portal: <http://repo.floodalliance.net/jspui/handle/44111/4532>

- Demoraes, F., & Dercole, R. (Agosto de 2011). *Cartografía de las Amenazas de Origen Natural por cantón en el Ecuador*. Horizon: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-03/010065702.pdf
- DesInventar. (2019). *Framework for disaster risk reduction (Ecuador)*. Recuperado el 10 de Abril de 2022, de DesInventar Sendai Sendai <https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp>
- Dou, Y., & Kuang, W. (2020). A comparative analysis of urban impervious surface and green space and their dynamics among 318 different size cities in China in the past 25 years. *Science of the Total Environment*, 706(1), 135828. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135828>
- Dr. Choy , Y. (2021). Chapter 2 - The United Nations' journey to global environmental sustainability since Stockholm: An assessment. *Case Studies and Analysis of the United Nations ' Journey toward Sustainable Development*, 7-61. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822419-9.00002-3>
- Ecured. (2016). *Dirección del viento*. Ecured: https://www.ecured.cu/Velocidad_del_viento
- EPA. (2000). *Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications*. U.S. Agency Environmental Protection. https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/mmgrma_0.pdf
- Firozjaei, M., Fatholouloumi, S., Kiavarz, M., Arsanjani, J., & Alavipanah, S. (2020). Modelling surface heat island intensity according to differences of biophysical characteristics: A case study of Amol city, Iran. *Ecological Indicators*, 109(1), 105816. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105816>
- Flores, J. (2016). *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Mexico*. Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de Viento: <http://uaaan.mx/~jaflores/viento/viento.pdf>
- ForoNuclear. (2017). *¿Qué sabes de la radiación?* Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de Foro nuclear: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/que-sabes-de-la-radiacion/>
- Gamio, P. (2022). *Pandemia, Cambio Climático y el Perú* (Primera ed.). Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú. En el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana.<https://doi.org/10.18800/978-9972-674-30-3.018>

- García, A., & Meira, P. (2019). Caracterización de la investigación educativa sobre el cambio climático y los estudiantes de educación secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 24(81), 507-535. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662019000200507
- García, C., Cheng, L., Caesar, L., Schmidtko, S., Jewett, E., Cheripka, A., & Abraham, J. (2021). An overview of ocean climate change indicators: Sea surface temperature, ocean heat content, ocean pH, dissolved oxygen concentration, arctic sea ice extent, thickness and volume, sea level and strength of the AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circula. *Frontiers in Marine Science*, 1(1), 1-15. doi:10.3389/fmars.2021.642372
- García, S., Arguello, A., Parra, R., & Pilay, M. (2019). Factors that influence the pH of water through the application of linear regression models. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59-71. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- González, E., & Maldonado, A. (2017). Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones vulnerables: el papel de la educación en la resiliencia comunitaria. *Teoría de la Educación*, 29(1), 273-294. <https://doi.org/10.14201/teoredu291273294>
- Global Energy Review. (2022). *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*. Recuperado el 30 de 09 de 2022, de <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>
- GPR. (2007). *Programa de inversión pacto rural para el cambio*. Gobierno Provincial de Los Ríos. <http://repiica.iica.int/docs/B3141e/B3141e.pdf>
- Hernandez, I., Asseng, S., Kassie, B., Xiong, W., Robertson, R., Pequeno, D., & Hoogenboom, G. (2018). Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 373-387. doi:10.1016/J.AGRFORMET.2018.09.008
- IMN. (2020). *Escenarios de cambio climático*. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica: <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/cambio-climatico/escenarios-de-cambio-climatico/>
- INAMHI. (20 de Agosto de 2018). Boletín Agroclimático decadal. Instituto Naciones de Meteorología e Hidrología: https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_dec.pdf

- INAMHI. (2015). Deficit Hídrico Anual, escala 1:250.000, año 2015. SENAGUA - SBTRH - DSIRH. <http://qa-ide.ambiente.gob.ec:8080/geonetwork/srv/api/records/b6289ba2-e98e-4148-afa8-68e03a607e6>
- INAMHI. (2019). *Determinacion de Ecuaciones para el Calculo de Intensidades maximas de precipitacion*. Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología : https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf
- IPCC. (2012). *Resumen para responsables de políticas en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Intergovernmental Panel on Climatic Change.
- IPCC. (2014). *Impacts, adaptation, and vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132.
- Keen, S., Lenton, T., Godin, A., Yilmaz, D., Grasselli, M., & Garrett, T. (2022). Las estimaciones erróneas de los daños del cambio climático. *Revista de Economía Institucional*, 24(46), 1-4. <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01245996&AN=154286213&h=4LodPgkdktk%2fK%2fcgPE7wnUYS8E%2b5tZ2M2BZm%2bVCcGxXH5nkMJGmJLMj1snv506c87IFbwDDJUI3ruXRQEZOoMw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&result>
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S. (2021). Future urban expansion and local climate zone changes in relation to land surface temperature: Case of Bangkok Metropolitan Administration, Thailand. *Urban Climate*, 37(1), 100835. doi:<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100835>
- León, L., Matailo, A., Romero, A., & Portalanza, C. (2020). Ecuador: producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico 2013-2016. *Revista Científica UISRAEL*, 7(3), 97-114. <https://doi.org/10.35290/rcui.v7n3.2020.324>
- López, A. (2015). *Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina*. CEPAL: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39824/S1501286_es.pdf
- MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado el 24 de Marzo de 2022, de

- Ministerio de Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>
- MAGAP. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*. Ministerio de Agricultura y Pesca. <http://www2.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/03-06PPP2015-POLITICA03.pdf>
- Mendelsohn, R. (2009). The impact of climate change on agriculture in developing countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19. <https://www.elsevier.es/en-revista-atmosfera-76-articulo-the-impact-climate-on-farm-S0187623617300437#:~:text=Climate%20change%20can%20alter%20the,in%20respons e%20to%20climate%20change>.
- Mendoza, M. (2021). Metodología para la estimación de parámetros de cálculo de tormentas de diseño con datos pluviométricos en Bolivia. *Ventana Científica*, 11(18), 1-21. <http://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica/article/view/29>
- Monterroso, A., & Gómez, J. (2021). Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México. *Terra Latinoamericana*, 39(e774), 1-12. <https://www.redalyc.org/journal/573/57366066004/html/>
- Montgomery, D., Peck, E., & Vining, G. (2006). *Introducción al análisis de regresión lineal*. (Primera ed.). México: Limusa Wiley. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=HAG.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mnfn=018924>
- Muñoz, Á. (10 de 2013). *Ministerio de Ambiente . Análisis estadístico con Climdex de índices climáticos para las provincias de Pichincha y Napo. Asistencia Técnica para la Generación de Escenarios de Cambio Climático para la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático del Ec:* https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Informe_Final_ClimDex_2013.pdf
- Nadizadeh, S., Hamzeh, S., Zanganeh, S., Firozjaei, M., & Jokar, J. (2020). Modelling the intensity of surface urban heat island and predicting the emerging patterns: Landsat multi-temporal images and Tehran as case study. *International Journal of Remote Sensing*, 41(19), 7400-7426. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1759841>

- Nullis, C. (2018). El IPCC publica el Informe especial sobre el calentamiento global de 1,5 °C. *Oficina de Comunicación y de Relaciones Públicas de la Organización Meteorológica Mundial*, 67(2), 1-3. <https://public.wmo.int/es/resources/bulletin/el-ipcc-publica-el-informe-especial-sobre-el-calentamiento-global-de-15-%C2%B0c#:~:text=A1%20ritmo%20actual%20de%20emisiones,alerta%20que%20prete nde%20hacernos%20reaccionar>.
- Olmo, N. (2012). *HyperPhysics*. Termodinámica: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/relhum.html>
- Organización de las Naciones Unida. (28 de Febrero de 2022). *Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022*. Organización de las Naciones Unidas: <https://www.unep.org/es/resources/informe/sexto-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022>
- Ortiz, R. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1450>
- PCE. (2019). *¿Qué es una estación meteorológica?* Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de PCE Ibérica S.L. <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm#:~:text=Una%20estacion%20meteorologica%20es%20el,poder%20es tablecer%20el%20comportamiento%20atmosf%C3%A9rico>.
- PDOTB. (22 de Septiembre de 2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021 - 2025*. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar : <http://www.bolivar.gob.ec/index.php/pdot-2021-2025>
- PDOTG. (9 de Diciembre de 2015). *Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial*. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Galápagos. https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Plan-Galapagos-2015-2020_12.pdf
- PDOTG. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Guayas*. Gobierno Provincial de Guayas. <https://guayas.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-13-PDOT-Guayas-v2-2021-Opt.pdf>
- PDOTLR. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* . Gobierno Provincial de Los Ríos: <http://losrios.gob.ec/diagnostico>

- Peralta, S., Aguilar, H., Loayza, A., & Morejón, L. (2018). Aporte del sector agropecuario a la economía del Ecuador. Análisis crítico de su evolución en el período de dolarización. Años 2000–2016. *Revista Espacios*, 39(32), 1-11. https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Pino-Peralta/publication/338013825_Contribution_of_the_agricultural_sector_to_the_economy_of_Ecuador_Critical_analysis_of_its_evolution_in_the_period_of_dollarization_Years_2000_-2016/links/5dfa2c204585159aa4851
- Propuesta del Plan Nacional de Gobierno Electrónico. (2016). *Parque Nacional Galápagos. Conservación y desarrollo sustentable Desarrollo Agropecuario en Galápagos.* http://www.carlospi.com/galapagospark/desarrollo_sustentable_agropecuario.html
- Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J., & Wagnon, P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7(1), 81-102. <https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>
- Rashford, B., Adams, R., Wu, J., Voldseth, R., Guntenspergen, G., Werner, B., & Johnson, W. (2016). Impacts of climate change on land-use and wetland productivity in the Prairie Pothole Region of North America. *Regional Environmental Change*, 16(2), 515-526. doi:10.1007/s10113-015-0768-3
- Reay, D., Smith, P., Christensen, T., James, R., & Clark, H. (2018). Methane and Global Environmental Chang. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 165-192. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-environ-102017-030154>
- Reyes, S., & Cano, D. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572022000100053&script=sci_arttext
- Roberto, P., Juan, F., Claudia, S., & Enzo, M. (2017). *Sociedad estándares de ingeniería para aguas y suelos ltda. Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia:* https://www.academia.edu/10718093/SOCIEDAD_EST%C3%81NDARES_DE_INGENIER%C3%8DA_PARA_AGUAS_Y_SUELOS_LTDA_M%C3%93DULO_2_CURVAS_INTENSIDAD_DURACION_FRECUENCIA

- Román. (2012). *Hidrología Superficial (III): Relación Precipitación-Escorrentía* (Primera ed.). Dpto. Geología--Univ. Salamanca (España). https://hidrologia.usal.es/temas/Hid_Sup_3.pdf
- Rungrapee , P., Pichayakone , R., & Woraphon, Y. (2021). Impactos económicos y energéticos en las emisiones de gases de efecto invernadero: un estudio de caso de China y EE. UU. *Informes de energía*, 240-247. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.06.040>
- Schneiderbauer, S., Pisa, P., Delves, J., Pedoth, L., Rufat, S., Erschbamer, M., & Granados, S. (2021). Risk perception of climate change and natural hazards in global mountain regions: A critical review. *Science of the total environment*, 784, 146957. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2021.146957
- SENPLADES. (2015). *Provincias de Santa Elena, Guayas, Bolívar, Los Ríos y Galápagos 2013 - 2017*. Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-5.pdf>
- Shorabeh, S., Kakroodi, A., Firozjaei, M., Minaei, F., & Homae, M. (2022). Impact assessment modeling of climatic conditions on spatial-temporal changes in surface biophysical properties driven by urban physical expansion using satellite images. *Sustainable Cities and Society*, 80(1), 103757. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103757>
- Sistema de información Agroclimática para el Regadío. (2017). Evapotranspiración. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/Evapotranspiraci%C3%B3n_tcm30-82951.pdf
- Témez, H. (1978). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Spain. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo: Dirección General de Carreteras.
- Tigero, J. (2015). *Caracterización de sistemas de producción agropecuaria en comunas de la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena*. [Tesi de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena], Repositorio UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2746/1/UPSE-TAA-2015-019.pdf>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2017).. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, actividades forestales y uso del suelo (CMNUCC). <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro->

trabajo/cambio-clim%C3%A1tico-en-am%C3%A9rica-del-sur/bosques-y-cambio-clim%C3%A1tico/cmnucc

- Underwood, E., Hollander, A., Safford, H., Kim, J., Srivastava, L., & Drapek, R. (2019). The impacts of climate change on ecosystem services in southern California. *Ecosystem Services*, 39, 101008. doi:10.1016/J.ECOSER.2019.101008
- Universidad Técnica del Norte. (23 de Marzo de 2017). La Importancia de la Agricultura en nuestro país.
<https://agropecuaria.utn.edu.ec/?p=1091#:~:text=La%20agricultura%20desempe%C3%B1a%20un%20papel,una%20importante%20cantidad%20de%20poblaci%C3%B3n.>
- Vaisala. (25 de Enero de 2019). *Humedad Relativa: qué es y por qué es importante controlarla*. Secoin : <https://www.secoin.com.uy/blog/humedad-relativa-qu%C3%A9-es-y-por-qu%C3%A9-es-importante-controlarla>
- Vaquero, J. (2021). *El vapor de agua atmosférico sobre la Península Ibérica: validación y efecto radiativo*. [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura], Repositorio UNEX. https://dehesa.unex.es/flexpaper/template.html?path=https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/12460/1/TDUEX_2021_%20Vaquero%20_%20Mart%c3%adnez.pdf#page=2
- Vincenti, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*, 16(2), 23-47. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/16.2012.03>
- Wang, Y., Li, X., Zhang, F., Wang, W., & Xiao, R. (2020). Effects of rapid urbanization on ecological functional vulnerability of the land system in Wuhan, China: A flow and stock perspective. *Journal of Cleaner Production*, 248(1), 119284. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119284>
- Wang, X., Hou, X., & Feng, A. (2021). Climate Change Projections of Temperature Over the Coastal Area of China Using SimCLIM. *Front. Environ. Sci.*, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.782259>
- WMO. (2018). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (1 th ed.). Switzerland: Chairperson, Publications Board. https://library.wmo.int/index.php?id=12407&lvl=notice_display

Yoro, K., & Daramola, M. (2020). Capítulo 1 - Fuentes de emisión de CO₂, gases de efecto invernadero y el efecto del calentamiento global. *Avances en la captura de carbono Metodos, Tecnologias y Aplicaciones*, 3-28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>

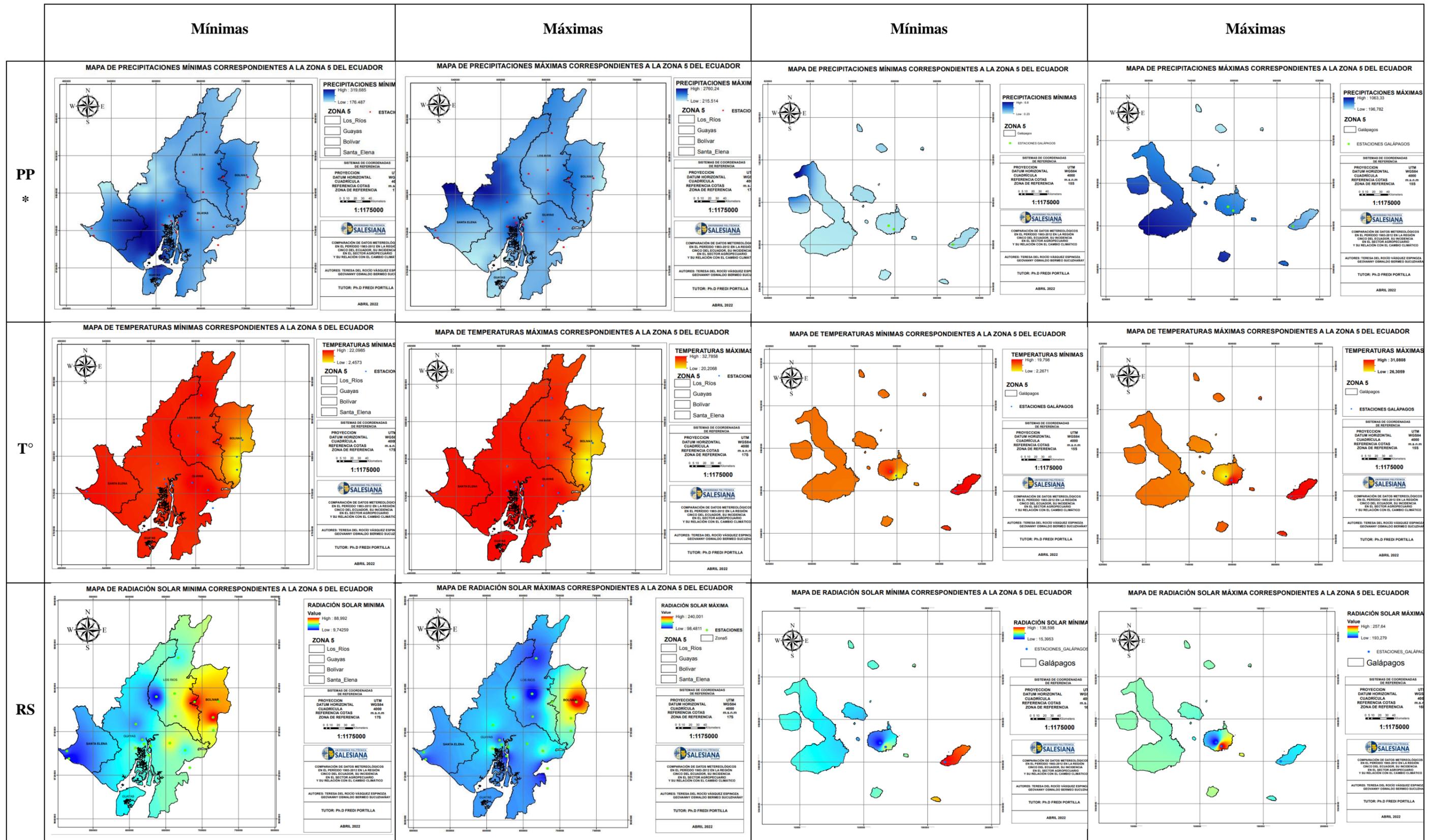
Zuñiga, I., & Crespo, E. (2015). *Meteorologia y Climatologia* (Primera ed.). Madrid: UNED. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2708/lib/upsal/reader.action?docID=3202072&query=Frentes#>

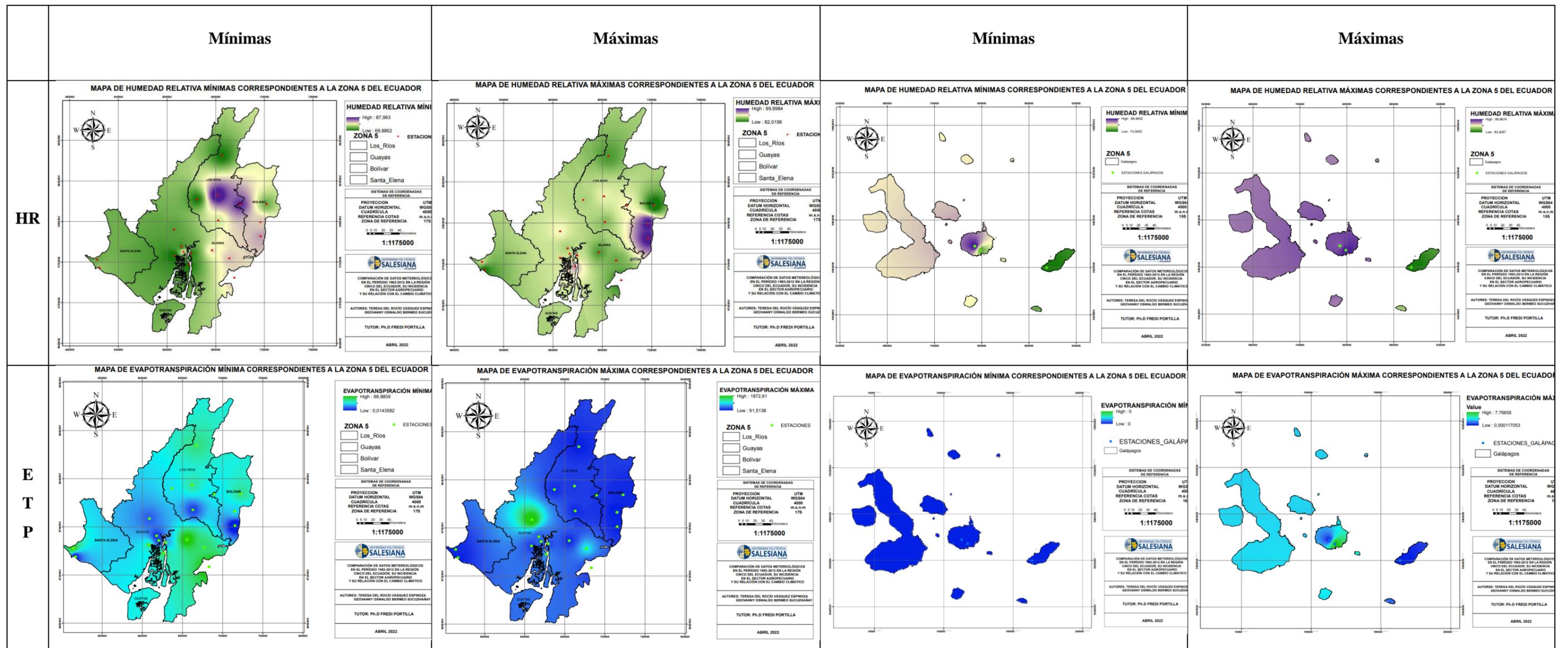
Anexos

Anexo 1 Evolución de la PP desde 1983 hasta 2012 en la Zona Cinco

Año	Bolívar					Galápagos				Guayas									Los Ríos					Santa Elena			
	M1107	M0130	M129	M131	χ	M0191	M0192	M0221	χ	M0037	M0218	M1095	M1207	M5131	M1253	M1271	M5132	M5133	χ	M0172	M0051	M0006	M466	χ	M174	M1170	χ
1983	36.98	65.40	470.25	74.4	161.76	57.45	30.12	108.15	65.24	253.70	177.40	98.86	484.91	923.56	526.70	914.49	582.15	378.41	482.24	39.20	294.7	318.55	246.50	224.74	112.20	37.97	75.09
1984	29.11	36.10	123.20	56.9	61.33	3.50	13.59	3.20	6.76	8.50	17.15	101.75	674.18	813.59	744.48	647.68	543.74	657.01	467.56	54.05	26.2	43.00	28.10	37.84	0.00	24.20	12.10
1985	49.97	38.35	41.65	37.6	41.89	3.05	10.48	4.65	6.06	1.45	12.65	104.96	589.04	498.74	723.77	865.64	605.00	358.97	417.80	12.20	14.0	43.35	18.85	22.10	0.00	104.81	52.41
1986	43.21	33.00	69.70	42.6	47.13	12.40	15.54	13.75	13.90	3.20	6.50	104.65	681.22	614.40	615.52	1267.62	408.13	585.90	476.35	26.30	9.4	54.70	19.00	27.35	1.30	44.32	22.81
1987	61.81	21.95	59.50	58.6	50.47	28.10	82.95	15.70	42.25	34.50	59.83	108.84	825.64	518.14	629.93	641.58	770.09	754.40	482.55	50.55	17.9	73.75	53.35	48.89	132.89	83.96	108.43
1988	36.36	52.80	83.10	42.4	53.67	8.13	36.40	3.70	16.08	15.30	71.51	112.53	770.09	348.97	890.04	474.63	583.38	547.28	423.75	11.85	30.7	63.40	20.35	31.58	44.03	77.32	60.68
1989	45.43	26.50	110.35	34.6	54.22	11.23	48.90	8.35	22.83	2.55	71.51	18.20	461.11	371.47	347.79	1115.86	512.69	865.12	418.48	11.30	14.3	72.55	11.55	27.43	83.99	118.01	101.00
1990	17.08	18.30	100.40	37.6	43.35	12.92	44.55	6.75	21.41	36.10	53.49	68.54	675.58	304.46	599.85	582.47	740.72	637.90	411.01	23.15	33.7	33.75	29.10	29.93	54.97	94.42	74.70
1991	33.26	37.75	50.35	85.4	51.69	11.78	80.95	12.55	35.09	6.25	27.60	40.50	1035.05	766.75	753.89	688.55	465.23	659.91	493.75	23.35	10.4	37.45	69.15	35.09	0.00	126.08	63.04
1992	43.34	27.55	64.10	251.5	96.62	56.01	86.65	27.91	56.86	8.05	21.95	139.45	605.32	568.93	989.17	753.78	505.07	609.91	466.85	51.15	81.0	225.35	124.40	120.48	0.00	53.55	26.78
1993	39.72	35.70	174.55	77.4	81.84	14.58	66.25	13.50	31.44	30.50	166.95	84.70	706.19	703.68	622.69	790.66	348.08	645.33	455.42	52.85	54.0	58.40	25.05	47.58	0.50	75.90	38.20
1994	2.65	19.40	77.30	56.0	38.84	10.18	54.50	7.05	23.91	24.15	7.25	43.70	688.79	782.11	632.01	996.14	487.68	783.83	493.96	76.10	30.9	74.90	33.10	53.75	0.75	42.71	21.73
1995	52.56	48.85	52.65	53.0	51.77	9.75	36.50	10.50	18.92	9.75	16.55	23.00	339.16	809.66	729.13	974.26	257.76	526.02	409.48	20.80	26.6	45.30	13.85	26.64	0.00	87.18	43.59
1996	41.38	11.85	37.71	44.1	33.76	11.50	56.75	3.75	24.00	0.90	5.50	19.15	482.36	711.23	841.79	546.66	553.84	882.16	449.29	3.10	4.9	14.30	4.80	6.78	0.00	215.46	107.73
1997	15.32	73.65	37.42	49.1	43.87	117.50	163.35	76.95	119.27	204.55	335.95	389.15	554.93	878.22	451.14	671.09	598.46	922.20	556.19	260.45	323.3	361.80	299.90	311.36	5.70	41.12	23.41
1998	55.19	23.70	112.03	39.6	57.63	34.70	70.45	81.05	62.07	62.60	212.15	105.85	260.37	746.15	714.69	879.96	588.55	537.44	456.42	227.25	136.9	207.45	85.45	164.26	8.50	27.97	18.24
1999	43.45	30.20	37.50	107.4	54.64	7.50	46.15	6.40	20.02	32.05	88.70	83.10	341.27	709.41	1003.14	482.31	651.39	841.96	470.37	46.90	78.4	117.60	63.25	76.54	0.00	67.52	33.76
2000	36.03	30.00	43.97	43.3	38.33	12.65	64.35	20.95	32.65	4.95	10.65	26.30	936.93	872.49	380.41	362.32	570.04	936.22	455.59	14.50	32.3	40.85	19.85	26.88	0.00	112.81	56.41
2001	32.33	19.95	36.22	53.4	35.48	11.55	62.85	15.10	29.83	0.60	38.94	20.05	821.17	504.81	570.74	801.83	479.72	860.95	455.42	17.15	4.4	33.95	4.45	14.99	31.42	47.39	39.41
2002	49.52	34.60	36.26	52.9	43.32	20.05	94.00	15.95	43.33	6.15	81.73	30.00	539.36	644.42	771.93	796.92	720.34	811.33	489.13	47.75	38.9	108.95	47.75	60.84	118.47	46.25	82.36
2003	58.84	47.05	28.28	17.2	37.84	11.60	62.25	4.00	25.95	14.75	7.50	22.60	694.40	539.21	463.97	776.84	575.70	732.37	425.26	29.80	26.8	121.75	49.65	57.00	72.45	1.55	37.00
2004	33.79	50.70	52.86	52.9	47.56	15.05	79.00	31.65	41.90	13.25	8.50	19.95	350.28	821.06	806.73	804.76	657.88	589.85	452.47	27.75	21.8	23.00	81.90	38.61	45.94	2.80	24.37
2005	33.44	14.45	32.58	29.8	27.57	6.35	53.00	5.55	21.63	13.05	0.00	15.20	392.60	564.81	743.43	1039.72	532.53	505.33	422.96	1.05	18.6	4.95	0.00	6.15	36.59	0.55	18.57
2006	41.94	43.50	57.20	36.6	44.81	12.20	74.15	13.50	33.28	11.35	23.40	47.20	632.84	382.17	706.50	812.33	402.48	903.31	435.73	29.80	16.9	30.60	15.60	23.23	50.27	7.27	28.77
2007	46.65	35.75	54.00	47.0	45.85	8.95	55.65	5.75	23.45	4.05	8.10	26.25	571.53	845.86	773.88	773.34	395.32	687.77	454.01	54.85	32.6	42.70	19.95	37.53	99.78	54.80	77.29
2008	68.65	39.25	57.63	35.6	50.28	25.25	78.40	18.00	40.55	2.70	9.30	30.70	697.21	674.89	794.53	1096.67	508.94	935.78	527.86	13.00	5.6	49.15	19.10	21.71	99.36	0.55	49.96
2009	29.35	15.45	49.34	42.1	34.06	14.80	58.80	10.90	28.17	10.20	8.65	51.15	530.35	447.85	597.99	269.15	769.29	473.78	350.93	49.50	36.3	39.25	28.55	38.40	87.84	111.10	99.47
2010	48.85	45.65	71.00	27.2	48.18	9.75	27.35	3.95	13.68	20.95	53.40	83.15	594.03	950.72	681.08	576.85	621.47	969.81	505.72	83.85	74.7	131.85	25.00	78.85	110.24	1.45	55.85
2011	37.00	17.85	77.65	51.1	45.90	17.25	106.80	10.10	44.72	12.55	13.85	22.55	491.15	554.35	782.64	585.37	504.95	893.41	428.98	46.25	45.0	47.85	32.20	42.83	147.01	0.45	73.73
2012	71.20	47.50	42.51	60.3	55.38	7.85	69.55	18.80	32.07	5.50	23.50	19.30	438.29	342.51	368.06	1167.76	629.62	567.53	395.79	30.90	82.6	53.20	29.50	49.05	53.75	0.15	26.95

Anexo 2 Mapas de las variables meteorológicas





*PP = Precipitación

T° = Temperatura

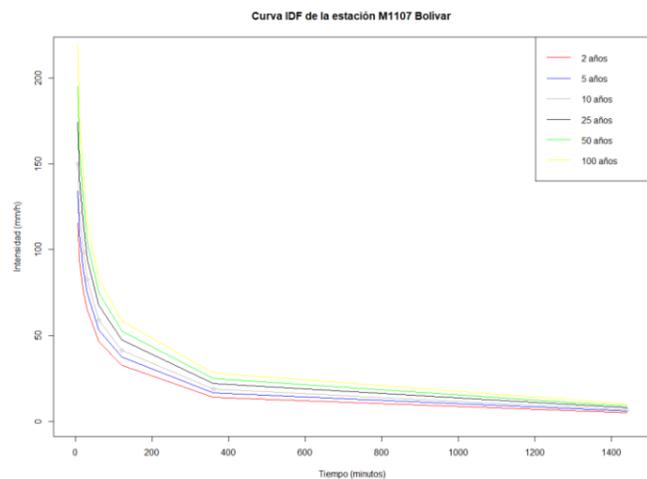
RS = Radiación solar

HR = Humedad relativa

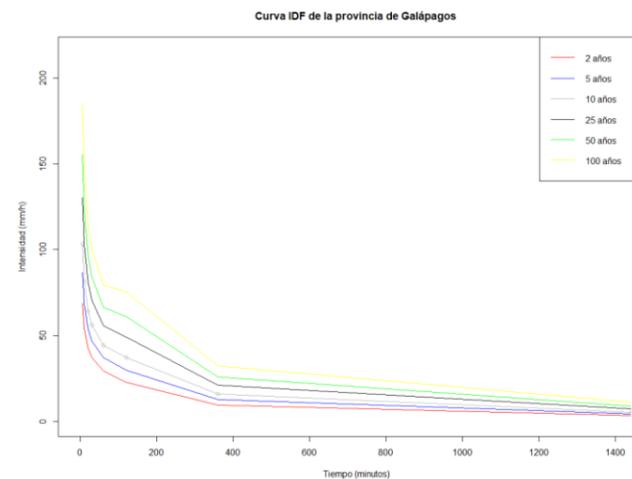
ETP = Evapotranspiración

Anexo 3 Curvas IDF de las estaciones meteorológicas de la Zona Cinco

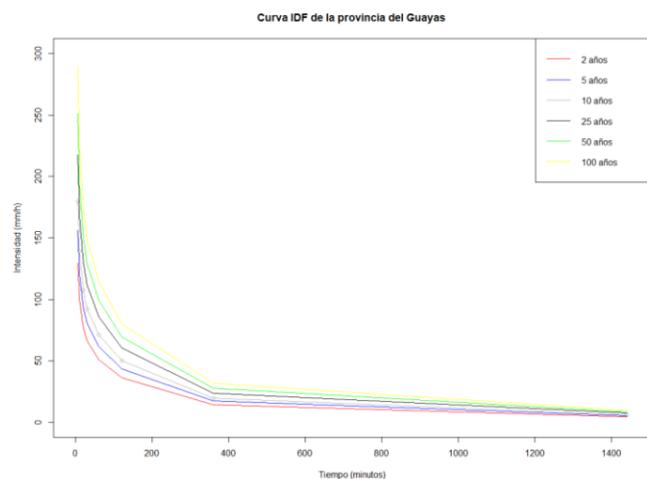
Bolívar



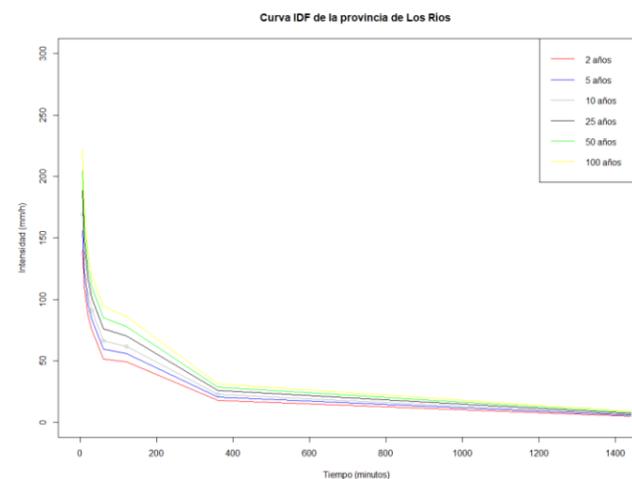
Galápagos



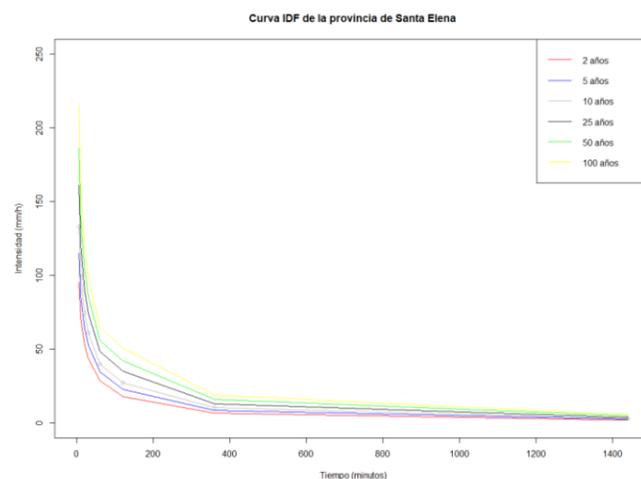
Guayas



Los Ríos



Santa Elena



Anexo 4 Evolución de la Temperatura desde 1983 hasta 2012 en la Zona Cinco

Año	Bolívar					Galápagos				Guayas									Los Ríos					Santa Elena			
	M1107	M0130	M129	M131	χ	M0191	M0192	M0221	χ	M0037	M0218	M1095	M1207	M5131	M1253	M1271	M5132	M5133	χ	M0172	M0051	M0006	M466	χ	M174	M1170	χ
1983	14.09	14.30	25.15	13.87	16.85	25.45	23.06	25.80	24.77	26.40	26.65	25.37	25.39	25.37	25.26	23.92	26.41	25.80	25.62	24.6	26.65	26.05	25.48	25.70	24.53	25.80	25.17
1984	13.66	13.85	24.25	13.87	16.41	23.00	23.69	23.50	23.40	25.45	25.05	25.36	24.93	25.80	25.86	25.49	25.01	25.47	25.38	25.9	25.50	25.15	25.24	25.45	25.02	23.50	24.26
1985	13.91	13.75	23.85	13.68	16.30	22.70	23.78	23.25	23.24	25.30	25.05	25.37	25.27	25.54	25.36	23.77	26.73	25.44	25.31	25.8	25.20	24.70	25.97	25.42	22.30	23.25	22.78
1986	13.97	13.93	23.35	13.69	16.24	24.00	23.80	24.15	23.98	25.30	24.85	25.40	25.82	25.30	25.70	24.92	25.42	24.89	25.29	24.8	25.25	24.70	25.21	24.99	24.40	24.15	24.28
1987	13.82	13.98	24.45	14.20	16.61	24.40	23.57	24.85	24.27	26.10	25.55	25.40	26.06	25.96	25.09	26.54	25.92	24.96	25.73	25.7	26.55	25.85	25.69	25.95	24.48	24.85	24.67
1988	13.82	13.75	23.28	14.26	16.28	23.49	21.40	22.95	22.61	25.30	25.29	25.39	24.17	26.15	26.12	25.14	25.83	24.43	25.31	25.8	25.20	24.75	25.36	25.28	25.01	22.95	23.98
1989	13.83	13.40	23.55	13.84	16.16	23.64	21.70	24.15	23.16	25.40	25.29	25.30	24.80	24.93	25.25	26.89	25.74	25.51	25.46	26.0	25.40	24.80	25.62	25.46	25.16	24.15	24.66
1990	13.81	13.69	24.81	13.71	16.51	23.79	22.30	23.80	23.30	25.70	25.29	25.10	25.65	26.11	24.30	24.51	26.03	25.22	25.32	26.0	25.55	25.60	25.94	25.77	21.20	23.80	22.50
1991	13.77	13.95	24.35	12.55	16.16	24.38	22.75	24.85	23.99	25.90	25.25	25.35	24.45	25.55	24.78	26.00	25.29	23.71	25.14	26.0	25.95	25.55	25.98	25.87	23.00	24.85	23.93
1992	13.93	14.05	23.90	13.15	16.26	23.85	22.55	23.45	23.28	25.70	25.15	25.15	25.14	25.23	25.49	25.78	25.53	24.26	25.27	26.3	25.60	25.30	25.82	25.76	23.15	23.45	23.30
1993	14.37	14.10	23.90	12.35	16.18	24.55	23.15	24.75	24.15	25.55	25.08	25.30	24.02	25.25	24.71	25.66	26.20	25.40	25.24	25.8	25.65	25.20	25.82	25.62	24.27	24.75	24.51
1994	14.35	14.50	24.00	12.60	16.36	23.64	22.70	24.25	23.53	25.30	24.90	25.34	25.08	25.03	25.55	24.36	25.13	25.27	25.11	26.1	25.40	24.95	25.70	25.54	23.30	24.25	23.78
1995	14.14	14.35	23.90	12.50	16.22	23.05	21.90	23.40	22.78	25.90	25.45	25.25	24.22	25.75	24.22	26.25	25.96	25.69	25.41	26.3	25.95	25.25	25.90	25.85	23.25	23.40	23.33
1996	14.12	14.10	24.69	13.75	16.67	22.15	20.95	22.60	21.90	25.35	25.25	24.60	25.66	26.23	25.67	24.37	25.29	25.26	25.30	26.3	25.50	25.10	25.85	25.69	22.30	22.60	22.45
1997	13.91	14.25	25.26	14.31	16.93	26.35	24.55	26.45	25.78	26.80	26.80	26.55	25.19	24.67	24.29	24.95	26.08	25.75	25.68	27.4	27.00	26.25	27.10	26.94	25.80	26.45	26.13
1998	13.85	14.50	25.38	13.60	16.83	24.90	23.60	25.15	24.55	26.15	25.95	25.80	25.83	25.53	24.51	24.97	25.20	23.83	25.31	27.0	26.30	25.75	26.55	26.40	25.30	25.15	25.23
1999	13.94	13.90	24.73	12.20	16.19	23.10	22.10	23.75	22.98	25.15	25.15	24.35	26.25	25.77	25.43	26.05	25.20	25.34	25.41	26.2	25.15	24.70	25.75	25.45	23.25	23.75	23.50
2000	13.81	13.65	25.55	13.67	16.67	23.40	21.95	23.85	23.07	25.05	24.85	24.60	25.64	26.03	25.41	25.84	25.22	25.66	25.37	26.3	25.20	24.75	25.50	25.44	23.00	23.85	23.43
2001	13.64	14.00	25.49	12.10	16.31	22.95	21.35	23.40	22.57	25.05	25.04	24.50	25.97	25.19	26.14	25.35	25.53	25.43	25.36	26.2	25.60	24.85	25.80	25.61	25.48	23.40	24.44
2002	14.12	13.95	25.31	13.85	16.81	24.20	22.60	24.55	23.78	25.75	25.41	25.40	25.09	26.36	25.35	24.74	25.20	26.14	25.49	26.5	25.90	25.30	26.00	25.93	25.59	24.55	25.07
2003	14.06	14.30	24.77	13.54	16.67	23.15	22.20	23.80	23.05	25.75	25.35	25.20	24.32	25.57	24.18	23.82	24.19	25.34	24.86	26.7	26.05	25.35	26.10	26.05	24.77	23.80	24.29
2004	13.90	14.10	24.94	14.00	16.74	23.60	22.25	24.49	23.45	25.50	25.41	25.25	25.12	26.11	24.87	26.39	25.72	25.45	25.54	26.4	25.80	25.45	24.61	25.57	24.46	24.49	24.48
2005	13.67	14.65	25.24	13.89	16.86	23.50	22.30	24.05	23.28	25.15	24.96	24.85	26.27	25.61	25.21	23.82	26.49	25.13	25.28	26.4	25.30	25.20	25.90	25.70	24.84	24.05	24.45
2006	14.23	13.60	23.80	13.72	16.34	24.60	22.95	24.95	24.17	25.60	25.26	25.20	25.61	25.33	24.28	25.44	25.04	26.50	25.36	27.0	25.95	25.30	26.15	26.10	25.18	24.95	25.07
2007	14.30	13.65	22.55	13.81	16.08	22.15	20.85	22.75	21.92	25.35	25.00	24.55	25.54	26.65	24.24	25.51	25.20	25.12	25.24	26.0	25.35	24.70	25.50	25.39	26.04	22.75	24.40
2008	14.20	13.70	22.40	13.85	16.04	24.25	22.65	24.70	23.87	25.05	24.85	24.50	24.29	25.90	25.66	24.10	26.28	26.41	25.23	25.9	25.20	24.60	25.55	25.31	25.53	24.70	25.12
2009	14.15	13.20	23.45	13.98	16.20	25.05	23.00	25.30	24.45	25.60	25.15	25.15	24.65	25.38	26.40	25.34	26.06	25.22	25.44	26.4	25.85	25.40	26.05	25.93	26.28	25.30	25.79
2010	13.60	13.30	22.65	14.01	15.89	23.50	21.80	23.85	23.05	25.10	24.90	24.75	24.99	26.69	25.08	24.44	26.16	24.69	25.20	25.9	24.85	24.75	25.40	25.23	24.93	23.85	24.39
2011	12.65	13.35	23.65	13.60	15.81	24.30	23.05	24.75	24.03	25.80	25.55	25.65	25.87	24.75	25.73	25.34	26.41	23.96	25.45	26.5	24.70	25.15	26.00	25.59	25.10	24.75	24.93
2012	13.25	13.25	24.70	14.45	16.41	24.90	23.10	25.00	24.33	25.70	26.00	25.55	25.22	26.08	25.29	23.91	25.33	25.32	25.38	27.0	25.09	25.45	26.00	25.89	25.03	25.00	25.02

Anexo 5 Evolución de la Heliofanía desde 1983 hasta 2012 en la Zona Cinco

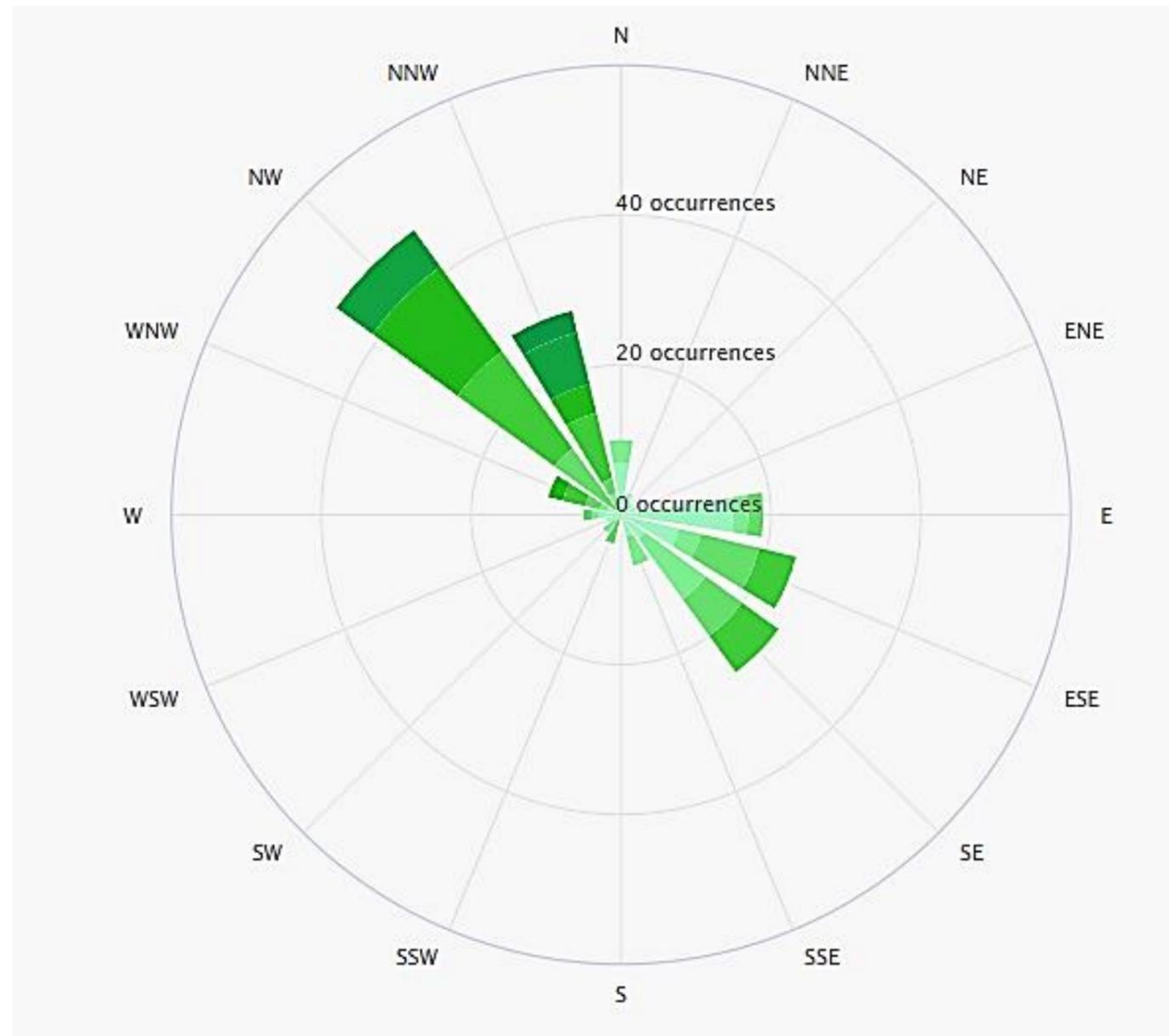
Año	Bolívar						Galápagos				Guayas									Los Ríos					Santa Elena			
	M029	M1107	M0130	M129	M131	χ	M0191	M0192	M0221	χ	M0037	M0218	M1095	M1207	M5131	M1253	M1271	M5132	M5133	χ	M0172	M0051	M0006	M466	χ	M174	M1170	χ
1983	117.00	116.54	104.29	127.94	146.32	122.42	146.01	135.39	182.23	154.54	99.74	87.50	66.39	95.18	89.33	93.32	86.64	71.32	90.71	86.68	74.47	121.83	110.32	75.58	95.55	53.66	78.84	66.25
1984	121.14	120.63	123.80	115.41	120.58	120.31	155.82	142.11	213.48	170.47	87.57	61.64	65.86	90.26	91.54	92.48	85.36	79.67	84.00	82.04	80.64	84.21	69.41	84.00	79.57	69.33	86.59	77.96
1985	113.58	116.06	116.69	126.02	119.84	118.44	153.78	142.43	191.59	162.60	100.43	74.65	65.39	77.15	88.47	119.46	95.52	74.07	77.70	85.87	93.85	91.06	69.97	77.18	83.01	68.37	84.35	76.36
1986	112.65	126.99	106.91	136.47	116.38	119.88	149.68	137.22	181.98	156.29	78.13	61.19	65.43	88.11	78.03	100.86	97.29	71.13	76.01	79.58	77.96	81.38	66.25	69.55	73.78	73.30	79.51	76.41
1987	126.40	131.22	136.11	130.23	133.98	131.59	139.13	147.14	182.57	156.28	80.88	66.69	66.26	92.85	83.12	111.56	104.01	56.72	84.27	82.93	75.84	87.05	82.18	87.57	83.16	78.04	75.77	76.90
1988	123.45	122.19	114.61	132.77	117.10	122.02	142.28	156.45	197.57	165.43	74.04	72.74	66.60	87.22	87.05	105.68	93.00	83.16	97.75	85.25	63.85	65.97	54.40	72.62	64.21	94.04	69.65	81.85
1989	125.00	113.37	138.00	122.94	148.27	129.52	158.81	153.55	202.71	171.69	75.08	71.59	66.83	87.54	89.51	90.92	95.42	84.19	81.27	82.48	63.26	75.13	62.64	87.79	72.21	75.46	77.96	76.71
1990	118.33	130.61	129.13	136.37	116.39	126.17	147.49	157.35	192.08	165.64	86.80	70.35	66.92	86.85	73.92	86.07	106.18	70.36	81.52	81.00	81.56	82.12	73.84	81.61	79.78	78.05	70.47	74.26
1991	129.60	122.34	131.12	123.87	117.36	124.86	133.54	144.60	193.41	157.18	78.93	61.68	53.15	94.56	99.72	98.12	109.27	58.44	84.64	82.06	73.50	80.13	70.95	71.80	74.09	73.79	74.33	74.06
1992	127.30	121.92	121.70	117.30	123.72	122.39	144.60	124.42	193.41	154.14	81.63	62.21	53.51	91.87	81.63	99.82	121.39	60.14	87.88	82.23	76.23	83.59	79.56	72.62	78.00	91.42	72.75	82.09
1993	114.49	128.07	131.22	129.95	123.70	125.49	139.89	160.19	199.70	166.59	80.09	59.52	47.00	75.82	90.79	105.88	104.69	85.83	92.54	82.46	66.59	83.07	79.66	93.31	80.66	76.07	80.39	78.23
1994	97.54	118.67	124.45	108.22	133.80	116.54	140.73	79.36	206.08	142.06	78.65	59.00	46.20	73.19	75.45	116.46	85.14	82.51	78.92	77.28	77.33	68.82	70.39	87.70	76.06	77.23	84.03	80.63
1995	132.95	122.89	112.80	109.22	131.80	121.93	167.02	108.45	217.33	164.26	91.62	65.35	43.13	79.16	82.78	121.82	108.78	74.54	107.18	86.04	71.06	85.14	78.70	104.55	84.86	82.37	75.54	78.96
1996	129.00	122.78	133.68	128.57	123.54	127.51	157.20	103.23	202.75	154.39	101.34	77.08	61.75	64.10	78.49	100.69	119.28	56.12	81.64	82.28	66.14	89.35	80.62	126.95	90.76	82.90	80.34	81.62
1997	118.67	114.73	135.17	123.81	108.99	120.27	177.70	96.04	195.81	156.52	102.58	77.87	77.78	100.55	98.22	105.35	96.94	81.74	75.43	90.72	77.15	112.66	105.98	124.85	105.16	76.19	76.91	76.55
1998	118.77	124.06	128.55	131.28	134.25	127.38	153.60	82.07	202.29	145.99	72.41	64.54	65.58	81.60	95.00	95.55	107.83	68.72	85.40	81.85	65.81	89.17	87.73	104.00	86.67	82.47	81.67	82.07
1999	122.30	121.13	131.57	109.49	124.06	121.71	158.46	98.61	201.97	153.01	56.76	48.96	41.74	85.17	81.20	93.84	108.14	75.02	80.78	74.62	83.15	62.83	57.72	63.85	66.89	79.39	66.54	72.96
2000	118.80	124.82	125.55	136.25	106.10	122.30	148.22	96.29	197.48	147.33	70.89	59.32	50.33	90.63	83.38	97.92	98.76	89.73	81.58	80.28	69.31	64.59	58.57	99.60	73.02	65.47	77.66	71.57
2001	120.80	131.29	122.20	128.76	126.17	125.84	143.39	90.45	190.78	141.54	76.40	62.17	58.35	96.13	87.25	113.78	97.36	68.45	94.37	83.80	68.57	70.99	70.24	92.38	75.55	73.06	75.64	74.35
2002	118.90	118.32	123.50	137.19	126.96	124.98	129.73	71.73	180.73	127.40	74.78	64.97	58.27	80.34	98.52	118.05	84.22	75.97	82.31	81.94	85.20	70.13	65.04	86.87	76.81	61.21	69.56	65.38
2003	118.90	130.78	115.54	118.88	114.01	119.62	138.05	91.87	200.02	143.31	67.18	68.60	59.32	79.90	87.50	91.28	79.65	77.38	81.67	76.94	83.59	69.23	70.68	63.68	71.79	79.03	81.25	80.14
2004	107.05	143.84	132.73	126.31	139.42	129.87	141.25	91.03	196.11	142.80	77.53	68.65	49.24	89.73	88.62	108.81	96.39	71.62	76.82	80.82	75.41	72.38	73.71	98.55	80.01	70.49	128.22	99.35
2005	121.05	127.76	139.88	109.22	123.57	124.30	130.03	89.31	185.36	134.90	67.07	68.46	61.42	81.83	76.29	104.27	98.55	71.76	79.89	78.84	71.71	55.91	64.52	69.65	65.45	80.13	114.38	97.25
2006	130.05	125.09	117.99	52.65	126.78	110.51	147.40	87.96	203.13	146.16	71.37	68.11	57.61	107.90	91.62	100.89	118.29	80.94	92.53	87.69	76.21	76.02	74.38	93.05	79.91	70.62	124.84	97.73
2007	122.76	114.17	111.54	114.19	123.95	117.32	143.33	89.44	187.36	140.04	60.93	65.57	45.25	97.49	85.80	102.86	100.90	73.13	79.40	79.04	73.12	55.98	57.52	78.55	66.29	77.31	113.20	95.26
2008	117.05	107.58	123.31	116.36	115.84	116.03	128.35	66.92	193.33	129.53	58.93	66.67	47.17	81.29	93.89	103.61	101.32	80.96	90.45	80.48	68.63	63.72	63.73	76.85	68.23	75.65	117.98	96.81
2009	130.25	160.13	113.86	42.70	121.19	113.63	156.91	96.23	197.37	150.17	71.78	66.67	55.31	99.52	81.58	94.67	85.13	85.55	87.43	80.85	76.63	78.24	72.93	98.25	81.51	80.50	113.71	97.11
2010	126.70	114.88	129.06	0.00	127.64	99.65	129.64	57.27	187.53	124.81	49.47	66.67	34.17	53.44	92.09	103.05	85.97	91.60	67.56	71.56	77.06	56.58	63.18	72.40	67.30	70.52	99.76	85.14
2011	107.10	140.64	100.21	57.50	120.72	105.23	138.96	80.90	201.01	140.29	67.63	66.67	58.01	99.16	68.71	92.99	98.80	71.96	95.50	79.94	59.70	80.67	77.41	95.20	78.24	68.02	120.73	94.37
2012	126.55	153.78	119.58	112.46	116.82	125.84	123.93	67.87	182.73	124.84	73.35	66.67	63.36	94.83	92.74	90.69	89.40	66.31	80.82	79.80	68.23	75.98	86.76	61.89	73.21	81.33	121.35	101.34

Anexo 6 Evolución de la Humedad relativa desde 1983 hasta 2012 en la Zona Cinco

Año	Bolívar					Galápagos				Guayas									Los Ríos					Santa Elena			
	M1107	M0130	M129	M131	χ	M0191	M0192	M0221	χ	M0037	M0218	M1095	M1207	M5131	M1253	M1271	M5132	M5133	χ	M0172	M0051	M0006	M466	χ	M174	M1170	χ
1983	88	86	88	92	88	87	86	84	85	83	85	83	79	78	81	87	80	79	82	83	83	86	80	83	88	83	85
1984	88	84	87	92	88	88	85	84	85	79	81	83	84	85	83	83	82	82	82	83	79	83	81	81	83	84	83
1985	87	85	85	88	86	86	81	86	84	77	81	83	86	75	86	82	82	85	82	81	80	83	82	81	87	82	84
1986	88	86	87	86	86	86	79	86	84	81	82	83	83	84	77	83	81	79	81	82	82	84	83	82	87	85	86
1987	88	82	86	86	85	87	91	84	87	81	84	83	86	83	83	88	77	81	83	82	82	85	80	82	82	85	84
1988	86	88	88	87	87	78	92	84	85	79	81	83	81	84	83	75	81	81	81	84	83	84	82	83	81	86	83
1989	88	87	90	86	87	80	93	85	86	80	81	83	81	74	84	86	81	79	81	80	82	85	82	82	79	84	82
1990	89	86	86	88	87	80	90	84	85	78	82	84	82	85	81	78	83	77	81	81	84	82	83	82	83	85	84
1991	88	85	87	91	88	86	90	82	86	78	83	86	82	83	81	82	77	83	82	82	82	83	82	82	86	80	83
1992	87	84	89	90	88	80	91	84	85	83	85	89	79	91	83	82	81	81	84	94	85	85	82	86	86	82	84
1993	87	84	92	90	88	85	89	84	86	81	82	86	81	80	79	83	81	77	81	85	81	84	82	83	84	83	83
1994	84	84	90	90	87	85	87	82	85	81	85	84	86	85	78	87	81	76	83	87	82	86	92	87	87	82	85
1995	89	85	91	91	89	90	92	81	87	78	82	84	87	81	81	87	77	78	82	86	81	85	84	84	89	84	86
1996	88	86	88	88	87	94	92	82	89	76	82	83	80	88	81	86	77	82	82	89	79	83	84	84	85	85	85
1997	87	87	87	87	87	89	95	84	89	82	83	85	84	80	84	85	79	77	82	88	85	86	89	87	82	83	82
1998	88	87	88	88	88	93	94	85	91	84	83	87	85	83	79	82	79	78	82	89	85	87	89	87	86	84	85
1999	88	88	89	91	89	92	94	84	90	81	83	85	82	81	79	81	78	82	81	89	84	86	88	87	82	82	82
2000	89	88	89	87	88	93	95	83	90	80	83	84	82	85	78	86	79	83	82	89	83	86	89	87	85	83	84
2001	87	87	91	88	88	91	94	84	90	82	83	85	81	83	79	80	78	83	81	91	84	86	92	88	81	81	81
2002	86	91	89	87	88	90	94	84	89	79	82	84	82	75	82	82	78	77	80	88	82	85	88	86	80	83	81
2003	89	90	88	86	88	86	93	83	87	81	82	84	82	79	77	80	78	81	80	88	82	85	89	86	82	81	81
2004	86	91	87	88	88	87	91	84	87	80	81	84	80	80	76	80	79	75	80	87	81	84	81	83	81	80	81
2005	86	88	88	89	88	85	86	81	84	79	83	83	81	74	85	82	79	79	81	87	80	83	90	85	78	82	80
2006	89	85	96	89	90	84	84	79	82	78	81	83	82	82	75	83	79	78	80	88	75	83	90	84	81	81	81
2007	83	90	91	89	88	86	89	82	86	80	84	82	83	83	78	79	84	83	82	87	79	85	86	84	80	85	83
2008	84	86	91	87	87	85	91	82	86	79	85	84	81	79	79	83	79	81	81	88	76	84	86	83	78	82	80
2009	80	91	89	87	87	84	91	87	87	79	86	88	83	85	84	82	82	79	83	88	76	83	83	82	79	80	80
2010	80	92	91	85	87	91	90	82	88	82	87	84	83	79	82	76	81	79	81	90	81	86	86	86	79	87	83
2011	79	94	90	87	87	87	89	81	86	79	84	80	81	84	80	81	78	79	81	89	83	85	86	86	80	82	81
2012	71	94	88	85	84	86	91	82	86	77	79	83	83	81	77	84	81	79	80	89	82	84	84	85	79	80	80

Anexo 7 Evolución de la Velocidad del viento desde 1983 hasta 2012 en la Zona Cinco

Año	Bolívar					Galápagos				Guayas									Los Ríos					Santa Elena			
	M1107	M0130	M129	M131	χ	M0191	M0192	M0221	χ	M0037	M0218	M1095	M1207	M5131	M1253	M1271	M5132	M5133	χ	M0172	M0051	M0006	M466	χ	M174	M1170	χ
1983	3.70	2.78	4.93	3.22	3.66	4.26	5.20	3.14	4.20	1.21	1.22	2.11	3.24	2.86	1.15	1.42	1.87	3.43	2.06	2.14	1.12	1.79	1.53	1.65	3.70	4.30	4.00
1984	2.92	2.53	4.93	3.18	3.39	4.01	4.83	5.06	4.63	1.18	1.19	2.48	2.91	2.5	1.15	1.45	2.09	3.32	2.03	2.25	1.41	1.99	1.37	1.75	4.02	4.77	4.39
1985	3.46	2.38	5.46	3.45	3.69	5.03	5.24	4.48	4.92	1.38	1.25	3.27	3.3	2.81	1.19	1.25	1.71	3.29	2.16	2.4	1.38	1.99	1.39	1.79	3.28	4.86	4.07
1986	2.90	2.36	4.88	3.03	3.29	5.19	5.37	4.26	4.94	1.52	1.34	3.65	3.2	2.97	0.72	1.34	1.69	3.41	2.20	2.13	1.32	2.13	1.45	1.76	3.15	3.64	3.39
1987	3.76	2.38	5.44	3.50	3.77	4.44	5.49	5.2	5.04	1.43	1.18	3.6	3.94	3.21	0.83	1.32	2	3.06	2.29	2.1	1.48	1.62	1.35	1.64	3.58	2.33	2.95
1988	3.33	2.65	4.83	3.34	3.54	5.25	4.95	6.44	5.55	1.52	1.5	2.55	3.56	3.09	1.54	1.26	1.67	3.22	2.21	2.11	1.49	0.84	1.34	1.44	4.12	1.52	2.82
1989	3.79	2.34	5.32	2.87	3.58	5.21	5.11	5.65	5.32	1.77	1.74	2.41	3.06	3.24	0.99	1.26	1.91	3.48	2.21	2.04	1.52	1.29	1.38	1.56	3.70	1.58	2.64
1990	3.08	2.84	4.42	4.03	3.59	5.11	5.02	5.73	5.29	1.45	1.49	2.11	3.33	3.02	1.13	1.48	2.21	3.25	2.16	2.12	1.56	2.08	1.37	1.78	3.51	1.53	2.52
1991	2.98	4.23	3.60	4.58	3.85	4.86	5.75	5.5	5.37	1.36	1.1	2.48	3.19	3.1	0.87	1.22	2.08	3.35	2.08	2.11	1.81	1.88	1.37	1.79	4.30	1.36	2.83
1992	3.39	5	4.01	4.38	4.19	5.09	4.67	4.99	4.92	1.5	1.27	2.45	3.05	3.1	1.13	1.3	1.77	3.39	2.11	2.21	1.38	1.75	1.27	1.65	4.01	4.70	4.35
1993	4.00	4.44	5.34	4.06	4.46	5.26	5.37	5.18	5.27	1.43	1.33	2.55	3.42	2.84	0.97	1.41	1.94	3.42	2.15	2.17	1.26	1.76	1.92	1.78	3.00	2.51	2.75
1994	4.70	3.89	3.91	3.67	4.04	4.88	5.19	5.42	5.16	1.23	0.89	2.44	3.31	3.06	1.13	1.37	2.16	3.52	2.12	1.78	1.18	1.77	2.23	1.74	3.67	2.98	3.33
1995	3.41	3.73	3.63	3.63	3.60	5.14	5.14	5.38	5.22	1.31	1.7	2.58	3.38	3.47	1.23	1.27	1.93	3.15	2.22	1.72	1.28	2.03	2.49	1.88	3.53	4.89	4.21
1996	3.26	3.43	3.24	3.58	3.38	4.99	4.85	6.18	5.34	1	1.84	2.59	3.32	3.1	1.18	1.15	2.18	3.36	2.19	2.08	1.2	1.91	2.58	1.94	3.10	3.42	3.26
1997	3.51	2.96	3.29	3.28	3.26	5.47	5.07	4.7	5.08	1.18	2.14	2.11	3.28	3.01	0.78	1.43	1.94	3.17	2.12	2	1.12	1.86	2.33	1.83	3.89	1.44	2.66
1998	3.49	2.98	3.42	3.52	3.35	4.84	4.93	4.72	4.83	1.33	2.12	2.07	3.3	3.02	1.23	1.39	2.08	3.43	2.22	2.08	1.11	1.63	2.53	1.84	3.30	1.64	2.47
1999	3.09	3.31	2.97	3.90	3.31	4.35	4.94	5.09	4.80	1.05	1.47	2.25	3.27	3.13	0.9	1.21	1.89	3.54	2.08	2.08	1.12	1.48	2.28	1.74	4.23	1.51	2.87
2000	3.31	3.56	3.00	3.72	3.40	4.95	5.17	4.81	4.98	1.11	1.81	2.78	3.37	3.29	1.18	1.42	2.04	3.42	2.27	2.12	1.08	1.55	2.53	1.82	4.21	1.63	2.92
2001	3.00	4.63	2.64	4.62	3.72	5.02	5.31	4.9	5.08	1.31	2.23	3.07	3.66	2.88	1.34	1.43	2.1	3.34	2.37	2.28	1.06	1.76	2.48	1.89	3.58	1.56	2.57
2002	3.41	3.71	3.30	3.41	3.46	4.72	5.16	5.03	4.97	1.23	1.68	3.27	3.08	3.17	1.31	1.4	1.73	3.28	2.24	2.29	1.19	2.02	2.36	1.96	3.55	1.95	2.75
2003	3.29	3.54	3.44	3.17	3.36	3.01	5.02	5.01	4.35	1.33	1.82	3.65	3.39	2.81	1.15	1.34	1.86	3.43	2.31	2.33	1.09	2.03	2.29	1.94	3.38	4.30	3.84
2004	3.09	3.43	3.18	3.44	3.28	3.06	5.12	4.82	4.34	1.33	1.59	3.6	3.46	2.64	1	1.27	1.88	3.4	2.24	2.33	1.14	2.03	1.72	1.80	3.72	4.77	4.24
2005	3.35	3.88	3.52	2.88	3.41	2.57	5.10	4.73	4.13	1.28	1.59	2.55	3.54	3.41	1.28	1.45	1.97	3.15	2.25	2.56	1.23	2.1	2.34	2.06	3.77	4.86	4.32
2006	2.77	3.88	2.24	3.26	3.04	6.61	4.73	4.48	5.27	1.3	1.52	2.71	3.43	2.92	1.1	1.37	2.12	3.3	2.20	2.28	1.08	2.06	2.38	1.95	3.65	3.64	3.64
2007	6.51	3.78	2.15	3.38	3.95	2.85	5.41	4.6	4.29	1.32	1.37	2.62	3.57	3.38	1.14	1.38	1.93	3.31	2.22	2.31	1.09	1.88	2.14	1.86	4.24	2.52	3.38
2008	5.06	3.29	2.14	3.74	3.56	3.09	5.18	4.46	4.24	1.67	1.48	2.44	3.58	2.99	1.13	1.29	2.07	3.24	2.21	2.16	1.14	2.07	2.05	1.86	3.33	4.70	4.01
2009	10.52	3.24	2.10	3.38	4.81	3.56	4.92	4.53	4.34	1.38	1.34	2.41	2.9	2.82	1.09	1.45	1.59	3.24	2.02	2.12	1.1	1.95	2.29	1.87	3.82	2.51	3.17
2010	6.15	3.08	2.09	3.50	3.71	3.01	5.25	5.4	4.55	1.26	1.43	2.11	3.08	2.87	0.92	1.5	1.84	3.31	2.04	2.17	1.05	1.79	2.21	1.80	3.73	2.98	3.36
2011	8.20	3.09	2.48	3.28	4.26	5.73	4.97	5.43	5.37	1.47	1.51	2.31	3.27	3.17	1.14	1.36	2.08	3.52	2.20	2.26	1.05	1.82	2.29	1.86	3.69	4.89	4.29
2012	9.21	3.1	3.19	3.22	4.68	4.45	5.10	5.75	5.10	1.59	1.6	2.24	3.51	2.87	0.96	1.26	2.11	3.18	2.15	2.2	1.18	1.59	2.28	1.81	3.75	3.42	3.59



Anexo 9 Evapotranspiración calculada con la fórmula de Thornthwaite para cada estación

Año	Bolívar					Galápagos				Guayas								Los Ríos					Santa Elena				
	M1107	M0130	M129	M131	χ	M0191	M0192	M0221	χ	M0037	M0218	M1095	M1207	M5131	M1253	M1271	M5132	M5133	χ	M0172	M0051	M0006	M466	χ	M174	M1170	χ
1983	56.01	58.84	114.8	57.66	71.83	120.39	90.12	125.20	111.90	131.78	136.52	116.75	116.90	115.75	115.51	100.28	132.70	122.61	120.98	105.83	137.77	128.59	118.25	122.61	109.04	125.20	117.12
1984	54.99	55.64	105.0	55.49	67.78	97.92	97.45	95.88	97.08	117.74	112.64	116.67	111.05	122.09	123.60	118.22	110.75	118.00	116.75	122.54	119.16	114.39	114.72	117.70	115.68	95.88	105.78
1985	55.62	55.05	100.3	55.74	66.68	90.15	98.30	94.78	94.41	116.17	113.05	116.73	115.28	119.33	116.41	97.58	137.51	119.07	116.79	123.36	115.01	108.73	125.41	118.13	86.10	94.78	90.44
1986	55.77	56.62	94.8	54.81	65.50	101.14	98.11	102.36	100.54	116.49	110.27	117.11	123.30	115.62	122.10	110.87	117.11	111.00	115.99	110.32	115.55	108.62	113.18	111.92	107.66	102.36	105.01
1987	55.77	55.69	105.9	55.26	68.16	104.13	96.50	109.66	103.43	127.10	116.22	117.08	126.12	124.47	113.12	135.41	124.77	110.80	121.68	121.07	134.69	123.64	121.40	125.20	106.15	109.74	107.95
1988	56.10	56.35	93.5	56.05	65.50	95.24	79.50	91.16	88.63	115.69	115.74	116.97	101.99	127.21	127.80	113.79	122.70	104.92	116.31	123.21	114.45	108.86	117.13	115.91	112.56	91.20	101.88
1989	55.34	54.57	96.9	55.41	65.56	96.38	80.19	103.95	93.51	118.18	115.74	115.65	109.50	110.14	115.24	140.66	121.91	118.79	118.42	125.43	117.90	110.27	120.32	118.48	114.47	103.95	109.21
1990	55.23	55.68	109.9	54.65	68.87	97.62	86.74	98.65	94.34	121.73	115.74	113.55	120.75	127.05	103.45	105.33	126.40	114.32	116.48	126.80	119.51	120.63	124.74	122.92	75.57	98.73	87.15
1991	54.24	55.52	105.5	53.65	67.23	104.95	90.05	110.90	101.97	124.46	115.57	116.79	104.21	118.03	109.18	125.16	115.99	96.97	114.04	124.58	125.14	119.62	126.57	123.98	91.11	110.90	101.01
1992	55.70	55.69	100.2	54.58	66.54	98.48	88.18	102.64	96.43	121.53	114.17	113.98	113.85	114.56	118.15	122.20	118.82	102.81	115.56	129.73	119.80	115.83	122.69	122.01	92.29	94.82	93.56
1993	55.26	55.91	100.7	52.13	66.00	107.06	92.93	109.01	103.00	119.10	112.95	116.34	100.24	114.79	108.98	121.38	128.92	117.80	115.61	123.25	120.41	114.28	122.94	120.22	104.73	109.01	106.87
1994	55.96	56.65	102.0	53.18	66.95	96.56	89.96	104.73	97.08	116.33	111.58	116.72	113.02	111.17	119.07	103.53	113.29	114.74	113.27	127.84	117.82	112.23	121.67	119.89	95.62	104.73	100.18
1995	56.91	56.28	100.2	52.87	66.57	91.08	82.47	94.80	89.45	124.32	117.91	115.49	102.70	121.53	102.97	130.69	124.26	121.42	117.92	129.91	125.16	115.14	123.76	123.49	93.07	94.80	93.94
1996	56.20	55.70	107.9	56.22	69.01	83.94	75.83	87.80	82.52	117.05	115.69	107.79	120.07	128.88	121.26	103.74	114.68	115.54	116.08	129.96	118.68	113.59	123.73	121.49	86.08	87.80	86.94
1997	56.03	56.57	114.7	56.64	70.99	131.14	106.74	132.53	123.47	138.52	138.64	134.19	115.10	106.66	102.55	111.16	127.05	121.64	121.72	148.72	142.31	129.38	144.08	141.12	122.74	132.53	127.64
1998	55.86	57.06	117.4	56.00	71.58	111.30	96.45	113.72	107.16	127.65	124.14	122.39	124.18	118.31	105.06	111.49	114.35	98.09	116.18	140.83	129.65	121.61	133.82	131.48	116.69	113.72	115.21
1999	56.36	55.28	109.0	52.52	68.29	92.83	84.59	99.30	92.24	114.19	113.62	104.33	129.18	122.23	117.06	126.32	114.11	115.93	117.44	127.74	113.85	108.92	122.38	118.22	93.72	99.30	96.51
2000	55.44	54.87	120.6	56.10	71.75	95.01	83.34	99.76	92.70	113.02	110.38	108.01	120.25	126.16	116.85	123.75	114.14	120.74	117.03	130.43	114.85	109.56	118.80	118.41	92.04	99.76	95.90
2001	54.67	55.68	118.2	51.63	70.05	90.43	77.94	94.64	87.67	113.06	111.94	106.44	125.13	114.11	128.10	116.92	118.17	117.47	116.82	127.83	120.51	110.62	123.31	120.57	118.68	94.64	106.66
2002	56.24	55.95	116.5	55.72	71.10	103.77	88.72	107.48	99.99	121.99	116.16	117.06	112.43	130.86	116.01	108.31	114.60	128.74	118.46	133.23	124.03	116.11	125.63	124.75	120.47	107.48	113.98
2003	55.52	56.51	108.8	54.34	68.79	91.33	84.71	97.86	91.30	122.14	116.87	114.61	103.51	119.04	101.21	97.10	101.74	115.95	110.24	136.05	126.86	117.04	127.49	126.86	108.87	97.86	103.37
2004	55.90	55.60	111.6	55.78	69.72	96.94	85.97	107.33	96.75	118.47	115.88	115.06	113.10	127.62	110.59	132.35	121.62	117.56	119.14	131.56	123.11	118.20	106.48	119.84	106.20	106.56	106.38
2005	55.54	56.92	116.1	55.88	71.11	95.54	85.34	101.12	94.00	113.10	111.07	109.57	130.49	120.54	114.48	97.71	134.16	112.75	115.99	131.64	115.36	114.84	123.91	121.44	109.84	101.12	105.48
2006	56.55	53.74	99.7	55.57	66.39	107.12	90.40	111.15	102.89	119.60	114.43	114.40	120.82	115.76	103.33	118.45	111.90	133.82	116.95	141.35	124.92	115.87	127.67	127.45	114.73	111.15	112.94
2007	55.85	54.98	87.2	56.15	63.55	83.46	74.77	89.12	82.45	116.21	111.54	105.37	119.17	136.40	102.29	118.95	114.73	113.32	115.33	125.09	115.88	108.21	117.91	116.77	127.24	89.12	108.18
2008	56.24	54.97	85.4	56.09	63.18	102.84	88.68	108.11	99.88	111.56	109.39	105.32	102.04	123.63	121.57	101.68	130.84	132.41	115.38	123.80	113.11	106.60	118.67	115.55	120.28	108.11	114.20
2009	55.96	53.87	95.5	55.15	65.12	113.18	91.26	116.54	106.99	119.38	113.38	113.52	108.12	116.34	132.37	115.98	126.94	115.10	117.90	131.60	123.25	117.03	126.03	124.48	130.66	116.54	123.60
2010	54.68	53.36	87.4	55.91	62.84	95.37	82.55	99.29	92.40	111.84	109.29	107.55	112.14	137.19	112.70	104.14	127.96	107.28	114.45	122.82	108.84	107.67	115.51	113.71	112.76	99.29	106.03
2011	52.84	54.39	97.9	54.18	64.83	104.20	93.03	109.54	102.26	122.56	119.05	120.64	124.49	108.23	121.74	116.53	132.66	98.74	118.29	132.18	108.30	113.61	125.27	119.84	113.59	109.54	111.57
2012	54.22	53.52	108.6	56.78	68.28	111.72	92.93	113.05	105.90	120.90	125.78	118.74	114.97	127.00	115.01	98.83	115.01	115.61	116.87	141.46	125.97	118.07	125.39	127.72	112.44	113.03	112.74