

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

#### “INFLUENCIA DE LOS PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN LA VARIABILIDAD DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO 2000-2016 EN LOS PÁRAMOS DEL NORTE DE ECUADOR”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

#### **AUTORES:**

Lenin Israel Ramírez Cuasque

Brian David Vallejo García

#### **DIRECTOR:**

MSc. Darío Paúl Arias Muñoz

Ibarra-Ecuador

2018



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## “INFLUENCIA DE LOS PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN LA VARIABILIDAD DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO 2000-2016 EN LOS PÁRAMOS DEL NORTE DE ECUADOR”

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

### **APROBADA:**

Ing. Paúl Arias, MSc.

**DIRECTOR**

FIRMA

Ing. Mónica León, MSc.

**ASESORA**

FIRMA

Ing. Oscar Rosales, MSc.

**ASESOR**

FIRMA

Ing. Tania Oña, MSc.

**ASESOR**

FIRMA



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

##### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTOS		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100369630-7	100286350-2
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Ramírez Cuasque Lenin Israel	Vallejo García Brian David
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ricardo Sánchez 2-25 y Río Quinindé	Ramón Alarcón 2-318 y N. Hidalgo
<b>EMAIL:</b>	raelramirezcc@gmail.com	bdvallejog@outlook.com
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 953324	<b>MÓVIL:</b> 0997990714
DATOS DE LA OBRA		
<b>TÍTULO:</b>	"Influencia de los patrones climáticos globales en la variabilidad del clima durante el período 2000-2016 en los páramos del norte de Ecuador"	
<b>AUTORES:</b>	Ramírez Cuasque Lenin Israel	Vallejo García Brian David
<b>FECHA:</b>	Febrero 2018	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO		
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO	
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTAN:</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables	
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Paúl Arias, MSc.	

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, **LENIN ISRAEL RAMÍREZ CUASQUE**, con cédula de identidad Nro. **100369630-7** y **BRIAN DAVID VALLEJO GARCÍA**, con cédula de identidad Nro. **100286350-2**, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al quinceavo día del mes de febrero del 2018

**AUTORES:**

**ACEPTACIÓN:**



.....

Lenin Israel Ramírez Cuasque

**C.I. 100369630-7**



.....

Brian David Vallejo García

**C.I. 100286350-2**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, **LENIN ISRAEL RAMÍREZ CUASQUE**, con cédula de identidad Nro. **100369630-7** y **BRIAN DAVID VALLEJO GARCÍA**, con cédula de identidad Nro. **100286350-2**, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado: **“INFLUENCIA DE LOS PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN LA VARIABILIDAD DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO 2000-2016 EN LOS PÁRAMOS DEL NORTE DE ECUADOR”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia se suscribe este documento en el momento que se haga la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Lenin Israel Ramírez Cuasque

**C.I. 100369630-7**

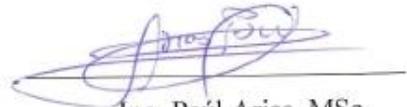
Brian David Vallejo García

**C.I. 100286350-2**

Ibarra, al quinceavo día del mes de febrero del 2018

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **LENIN ISRAEL RAMÍREZ CUASQUE** y **BRIAN DAVID VALLEJO GARCÍA**, bajo mi supervisión en calidad de director.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paúl Arias', is written over a horizontal line.

Ing. Paúl Arias, MSc.

**DIRECTOR**

## DECLARACIÓN

Manifestamos que la presente obra es original y se ha desarrollado sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y somos los titulares de los derechos patrimoniales; por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldremos en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al quinceavo día del mes de febrero del 2018



---

Lenin Israel Ramírez Cuasque  
**C.I. 100369630-7**



---

Brian David Vallejo García  
**C.I. 100286350-2**

## **AGRADECIMIENTO**

*Este estudio es el resultado de muchos días de entrega y arduo trabajo de todos los que formamos este proyecto. Por esta razón, es para nosotros un verdadero placer utilizar este espacio para ser justos y consecuentes con aquellas personas, expresándoles nuestros más sinceros agradecimientos.*

*A nuestro director MSc. Paúl Arias, quien a lo largo de este tiempo nos brindó todo su apoyo y confianza en nuestro tema de tesis. Su capacidad y conocimientos fue culminante para saber guiar apropiadamente nuestras ideas en el desarrollo de esta investigación.*

*A nuestros asesores MSc. Mónica León, MSc. Oscar Rosales y MSc. Tania Oña por su tiempo, amabilidad y, sobre todo, por su significativa contribución de conocimientos para el progreso de esta tesis.*

*De igual forma, queremos agradecer de manera especial al MSc. Marlon Calispa quien fue pieza fundamental para que esta investigación floreciera y diera sus frutos. Su disponibilidad, paciencia, experiencia y conocimientos fueron esenciales a lo largo de este proceso. No nos quepa la menor duda de que su intervención enriqueció nuestro trabajo.*

*Y, desde luego, el agradecimiento más especial va para nuestros padres quienes nos han apoyado y motivado a lo largo de toda nuestra etapa de formación académica. Gracias por creer en nosotros y no dudar jamás de nuestras destrezas.*

**Brian y Lenin**

## **DEDICATORIA**

*Con mucho cariño dedico este trabajo de tesis a mi madre Luzmila García por ser la persona más paciente, honesta y humilde que conozco. Esas virtudes fueron de gran ejemplo a seguir y admirar, no solo para mí, sino de mi hermano, familia y amigos. Pese a las adversidades, siempre supo seguir adelante y jamás rendirse. Por lo cual, jamás hubiera podido pedir algo mejor en esta vida.*

*Ella es mi pilar fundamental, la que me amo desde el primer día que me vio, la que me forjo para ser una persona de bien y la que me apoyo incondicionalmente en todos mis nuevos retos. Por todo eso y muchas cosas más, Gracias mamá.*

**Brian V.**

## DEDICATORIA

*Esta investigación que representa el último peldaño en esta etapa universitaria es dedicada con todo mi cariño a mis padres quienes siempre confiaron en mis capacidades y sobre todo mantuvieron siempre la ilusión desde mis primeros días en la universidad y soñaron con este momento. Todo esto es posible gracias a su ejemplo, apoyo y constante motivación. A mis hermanos, que siempre los llevo en mi corazón y pensamientos, también han esperado para poder disfrutar este momento en familia. A mis familiares aquí y en el extranjero que siempre han estado pendientes de mi formación y han mostrado muestras de apoyo y cariño. A mis compañeros y ahora colegas, directos testigos y espectadores de esta etapa formativa, ahora estamos preparados para encarar el campo profesional, a ellos mis mejores éxitos en donde no solo encontré compañía, sino que pude consolidar amistades duraderas y sinceras a prueba de cualquier adversidad. Gracias a todos ustedes y a la vida por enseñarme el camino del amor y la felicidad.*

**Lenin R.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Páginas
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2    Objetivos específicos.....	4
1.4. Preguntas de investigación .....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	5
2.1 Incidencia de la variabilidad de los patrones climáticos en el páramo de Ecuador....	5
2.1.1 Páramo de Ecuador.....	5
2.1.2 Clima y Patrones climáticos .....	6
2.1.3 Variabilidad de los patrones climáticos.....	7
2.1.4 Variabilidad de patrones climáticos en el páramo.....	8
2.1.5 Fenómenos climáticos ENOS (El Niño/Oscilación del Sur).....	9
2.1.6 Índices climáticos del ENOS.....	10
2.1.7 Influencia de fenómenos climáticos ENOS en el páramo .....	13
2.2 Dinámica temporal de los páramos mediante índices de vegetación .....	14
2.2.1 Detección remota de la cobertura vegetal .....	14
2.2.2 Índices de vegetación .....	15
2.3 Marco legal.....	17
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador .....	17
2.3.2 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible .....	17
2.3.3 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.....	18
2.3.4 Conferencia Internacional sobre Cambio Climático (COP 21).....	18
2.3.5 Código Orgánico del Ambiente de Ecuador.....	18
2.3.6 Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 .....	18
2.3.7 Política de Ecosistemas Andinos del Ecuador.....	19

<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>21</b>
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Materiales y equipos.....	21
3.1.1 Materiales .....	21
3.1.2 Equipos.....	21
3.2 Caracterización del área de estudio .....	21
3.3 Fases de la investigación .....	23
FASE I.....	23
3.3.1 Delimitación del área de estudio .....	23
3.3.2 Obtención y geoprocesamiento de datos MODIS .....	24
3.3.3 Análisis temporal de los índices de vegetación EVI.....	27
FASE 2 .....	28
3.3.4 Disponibilidad y calidad de datos de precipitación de las estaciones meteorológicas correspondiente al área de estudio .....	28
3.3.5 Limitaciones .....	29
3.3.6 Consideraciones para validación de datos meteorológicos .....	30
3.3.7 Correlación entre datos de precipitación y TRMM.....	34
FASE 3 .....	36
3.3.8 Correlación entre la variabilidad del ecosistema páramo (EVI) y los fenómenos climáticos ENOS .....	36
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>39</b>
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1 Dinámica temporal de los páramos en el norte de Ecuador .....	39
4.1.1 Comportamiento del índice de vegetación EVI de los páramos en el norte de Ecuador durante una variabilidad climática .....	40
4.1.2 Comportamiento del índice de vegetación EVI de los páramos en el norte de Ecuador por ecosistema.....	48
4.2 Variabilidad de la precipitación para el área de estudio en el período 2000-2015...	51
4.3 Variabilidad del ecosistema páramo y los fenómenos climáticos ENOS.....	57
4.3.1 Correlación entre el índice EVI y MEI.....	57

4.3.2 Correlación entre el índice MEI y Precipitación (RR) .....	58
4.3.3 Correlación entre el índice SST y Precipitación (RR).....	60
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>62</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones .....	64
REFERENCIAS .....	65
ANEXOS .....	76
Anexo 1. Tablas de promedios mensuales EVI por ecosistema de páramo .....	76
Anexo 2. Tablas de datos mensuales de precipitación (INAMHI).....	81
Anexo 3. Tablas de datos mensuales de precipitación TRMM.....	90
Anexo 4. Tablas de correlación lineal INAMHI vs TRMM .....	95
Anexo 5. Tablas de estaciones meteorológicas con datos rellenos .....	100
Anexo 6. Mapas temporales del índice de vegetación EVI durante el período 2000-2016 .....	1022
Anexo 7. Mapa temporal del índice de vegetación EVI durante el fenómeno de La Niña de intensidad fuerte.....	119
Anexo 8. Mapa temporal del índice de vegetación EVI durante el fenómeno de El Niño de intensidad fuerte.....	1200
Anexo 9. Gráficas del promedio mensual-anual EVI por ecosistema de páramo .....	1211

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
Tabla 2.1 Factores condicionantes que condicionan el clima en el páramo.....	6
Tabla 3.1 Ecosistemas páramo del norte de Ecuador.....	23
Tabla 3.2 Bandas de las imágenes MODIS MOD13Q1.....	25
Tabla 3.3 Promedios mensuales EVI del ecosistema Bosque siempreverde y Herbazal del páramo durante el período 2000-2015.....	28
Tabla 3.4 Estaciones meteorológicas correspondientes al área de estudio.....	29
Tabla 3.5 Porcentajes de datos disponibles de las estaciones meteorológicas.....	31
Tabla 3.6 Estaciones meteorológicas consideradas para el área de estudio.....	33
Tabla 3.7 Correlación de la estación meteorológica M0002 “La Tola” vs TRMM.....	36
Tabla 3.8 Valores bimensuales del MEI durante el período 2000-2016.....	37
Tabla 3.9 Anomalías de la temperatura superficial del mar en el período 2000-2015.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
Figura 2.1 Regiones del ENOS.....	10
Figura 2.2 Datos STT durante el período 1998-2017.....	11
Figura 2.3 Índice Multivariado ENOS durante el período 1950-2017.....	12
Figura 3.1 Localización de los páramos del norte de Ecuador.....	22
Figura 3.2 Tiles del sensor MODIS.....	24
Figura 3.3 Tiles correspondientes al área de estudio.....	26
Figura 3.4 Imágenes raster correspondientes al área de estudio.....	26
Figura 3.5 Simbología del índice de vegetación EVI.....	27
Figura 3.6 Precipitación mensual de la estación meteorológica M002 “La Tola”.....	30
Figura 3.7 Mapa disponibilidad de datos de precipitación por estación meteorológica...32	
Figura 3.8 Estaciones meteorológicas consideradas para el estudio.....	33
Figura 3.9 Estaciones meteorológicas cercanas con mismo valor TRMM.....	35
Figura 4.1 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2001 (año normal).....	40
Figura 4.2 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2002 (El Niño).....	41
Figura 4.3 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2003 (El Niño).....	42
Figura 4.4 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2007 (El Niño-La Niña).....	43
Figura 4.5 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2008 (La Niña).....	43
Figura 4.6 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2009 (La Niña).....	44
Figura 4.7 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2014 (La Niña-El Niño).....	45
Figura 4.8 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2015 (El Niño).....	46
Figura 4.9 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2016 (El Niño).....	47
Figura 4.10 Promedio EVI por ecosistema de páramo durante el período 2000-2016.....	48

Figura 4.11 Precipitación anual de la estación meteorológica “La Tola” (M0002).....	51
Figura 4.12 Precipitación anual de la estación meteorológica “Izobamba” (M0003).....	52
Figura 4.13 Precipitación anual de la estación meteorológica “Rumipamba-Salcedo” (M0004).....	52
Figura 4.14 Precipitación anual de la estación meteorológica “INAMHI-Iñaquito” (M0024).....	53
Figura 4.15 Precipitación anual de la estación meteorológica “San Gabriel” (M0103)....	54
Figura 4.16 Precipitación anual de la estación meteorológica “Otavalo” (M0105).....	54
Figura 4.17 Precipitación anual de la estación meteorológica “Pilalo” (M0105).....	55
Figura 4.18 Precipitación anual de la estación meteorológica “Las Pampas” (M0362)....	56
Figura 4.19 Precipitación anual de la estación meteorológica “Tomalón-Tabacundo” (M1094).....	56
Figura 4.20 Correlación EVI vs MEI.....	57
Figura 4.21 Correlación MEI vs RR.....	58
Figura 4.22 Mapa de correlación MEI vs RR por estación meteorológica, año 2009.....	59
Figura 4.23 Correlación SST vs RR.....	60
Figura 4.24 Mapa de correlación SST vs RR por estación meteorológica, año 2009.....	61

## **GLOSARIO**

**ATSM:** Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar

**CA:** Cuenca Amazónica

**CIIFEN:** Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño

**CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

**ENOS:** El Niño/Oscilación del Sur

**EOS:** Sistema de Observación de la Tierra

**EVI:** Índice de Vegetación Mejorado

**IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

**IPCC:** Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

**MEI:** Índice Multivariado ENOS

**MODIS:** Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

**NDVI:** Índice de Vegetación Normalizado

**NOAA:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**ONI:** Índice Oceánico del Niño

**SST:** Temperatura Superficial del Mar

**TIFF:** Tagged Image File Format

**TRMM:** Tropical Rainfall Measuring Mission

**ZCIT:** Zona de Convergencia Intertropical

## RESUMEN

El conocimiento sobre el clima en Ecuador se ha desarrollado en base a la información de estaciones meteorológicas y satélites que se caracterizan por una resolución espacial gruesa. Sin embargo, estos estudios no son eficientes para determinar la influencia de los patrones climáticos en unidades espaciales más pequeñas como el ecosistema páramo. En esta investigación se analizó la influencia de los fenómenos climáticos El Niño y La Niña en los páramos del norte de Ecuador durante el período 2000-2016. Para ello se evaluó la dinámica temporal del páramo mediante el Índice de Vegetación Mejorado (EVI), y se analizó la variabilidad de la precipitación (RR) por medio de la red de estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio y datos obtenidos del Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) para posteriormente correlacionar con los índices del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) durante el período de estudio. Los resultados muestran que los eventos ENOS (categoría fuerte) tienen impacto en la vegetación de los páramos. Además, la respuesta de cada ecosistema de páramo ante estos eventos no es la misma, destacando HsSn03 (Herbazal húmedo montano alto superior del páramo) como el valor más alto y HsNn02 (Herbazal ultra húmedo subnival del páramo) como el más bajo del EVI. En cuanto al análisis de la variabilidad de precipitación, señaló que el año 2008 es donde se registran mayores precipitaciones en todas las estaciones meteorológicas consideradas para el estudio, excepto la estación “San Gabriel” (M0103). Los coeficientes de correlación entre EVI vs MEI son bajos y los resultados por asociación en patrones grupales no son concluyentes. En cuanto al coeficiente entre MEI vs RR se encontró valores significativos cuyos valores máximos se distribuyen en los períodos 2008-2009 y 2012. El coeficiente de correlación entre las variables SST vs RR arrojó altos valores dependencia en período 2008-2009 demostrando que las anomalías océano-atmosféricas fuertes y su influencia, no se limitan a la región insular, sino que tienen impacto el régimen de precipitación de los Andes con un incremento de las lluvias, influyendo en el estado de vegetación del páramo.

**Palabras clave:** *clima, patrones climáticos, páramo, ENOS, EVI, MEI, SST, RR, TRMM*

## SUMMARY

Data about the climate in Ecuador has been developed based on information from meteorological stations and satellites characterized by a thick spatial resolution. However, these studies are not efficient in determining the influence of climate patterns on smaller spatial units such as moorland ecosystem. In this investigation, the influence of El Niño and La Niña climatic phenomena from northern Ecuador's moorlands was analyzed during the period 2000-2016. For this, the temporal dynamics of the moorlands were evaluated through the Enhanced Vegetation Index (EVI), and the variability in precipitation (RR) was analyzed through the meteorological stations local network and data obtained from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) to subsequently correlate with the El Niño / Southern Oscillation (ENSO) index during the study period. The results show that ENSO events (strong category) have an impact on the vegetation from moorlands. Although, the response of each ecosystem before these events is different, highlighting HsSn03 (Herbazal húmedo montano alto superior del páramo) as the highest value and HsNn02 (Herbazal ultra húmedo subnival del páramo) as the lowest EVI's value. Regarding to the analysis of rainfalls variability, year 2008 got the highest recorded rainfall in all meteorological stations network considered for this study, except "San Gabriel" station (M0103). The correlation coefficients between EVI vs MEI are low and the results by association in group patterns aren't conclusive. About the coefficient between MEI vs RR, it was possible to find significant values whose maximum values are distributed on periods 2008-2009 and 2012. The correlation coefficient between the variables SST vs RR yielded high dependency values on 2008-2009 period, proving that strong ocean-atmospheres anomalies and their influence, are not restricted only to insular region, but have an impact on precipitation regime of Los Andes with rainfalls increase, influencing also in vegetation state of moorlands.

**Keywords:** *clime, climate patterns, moorland, ENSO, EVI, MEI, SST, RR, TRMM*

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos, el clima en el planeta ha ido variando un sinnúmero de veces, pasando por siete eras glaciales, inundaciones, sequías, períodos de tiempo muy calurosos, entre otros (Viñas, 2012). Estas variaciones a lo largo de todo ese tiempo han ido definiendo al clima. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), define al clima como: “La condición meteorológica media o como la descripción estadística del tiempo en términos de la media y la variabilidad de magnitudes relevantes durante un período que puede oscilar entre varios meses y miles o millones de años” (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2013). De otro modo más amplio, el clima es el estado del sistema climático, conformado por la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la superficie terrestre y la biósfera. El conjunto de estos elementos determina el estado y la dinámica del clima terrestre (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2007).

Actualmente, la meteorología y la climatología son las ciencias encargadas de estudiar el sistema climático desde varios puntos de vista. Estas dos ciencias describen el estado del tiempo en un período y área específica, e investiga la conducta de las grandes masas de aire creando principios respecto a su influencia sobre otros factores climáticos con el fin de determinar un pronóstico acertado del tiempo (Rodríguez, Capa y Lozano, 2004). No obstante, existen muchas dificultades al momento de predecir los efectos del clima, esto ha conllevado al estudio de patrones climáticos en todo el planeta.

Cuesta et al. (2012) mencionaron que Sudamérica tiene una gran influencia en los patrones climáticos regionales, debido a la presencia de la cordillera de los Andes por ser la segunda meseta más alta y extensa del mundo, constituyendo la única barrera a los patrones de circulación del hemisferio sur. Por lo tanto, la variabilidad espacial y temporal de las fuentes de humedad y precipitación en Sudamérica responde principalmente a la presencia de la cordillera de los Andes y los patrones de circulación atmosférica que conjuntamente determinan el clima, la disponibilidad de agua y definen los ecosistemas (Pourrut et al., 1995; Insel et al., 2010).

El conocimiento actual sobre el clima en el país se ha desarrollado principalmente en base a la información que proporcionan las redes de estaciones meteorológicas y satélites meteorológicos que se caracterizan por una resolución espacial gruesa (Pourrut et al., 1995; Insel et al., 2010). A pesar de contar con métodos eficaces, estos estudios no son eficientes al instante de determinar la influencia de los patrones climáticos en unidades espaciales más pequeñas como cuencas hidrográficas, divisiones políticas o ecosistemas específicos.

El presente estudio se enfoca en los páramos del norte de Ecuador localizados en la Cordillera Occidental y Oriental de “Los Andes”. En este ecosistema no existen estaciones meteorológicas que permitan conocer la respuesta al clima. Además, la alteración y degradación de los páramos a causa de actividades antropogénicas ha conllevado que herramientas de sistemas de información geográfica no sean eficientes al momento de determinar la dinámica de la vegetación ante la variabilidad climática. Sin embargo, este ecosistema posee una gran disponibilidad de agua por su alta retención de humedad, influenciando la productividad vegetal (Nemani et al., 2003). Por consiguiente, la variabilidad de los indicadores espectrales de vegetación puede ser usada para comprender la influencia de los patrones climáticos predominantes y las fuentes de humedad disponible sobre un área geográfica (Van Leeuwen et al., 2013).

Además, la alteración en los patrones climáticos a causa del cambio climático ha ocasionado que fenómenos de variabilidad climática como El Niño y La Niña tengan un mayor impacto en la región (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2016). Por tal razón, al analizar la influencia de los patrones climáticos, tales como los fenómenos climáticos El Niño y La Niña en la dinámica de los páramos del norte de Ecuador por medio de índices espectrales de vegetación, nos permite conocer con certeza el estado actual de la vegetación y el impacto que genera estos fenómenos sobre dicho ecosistema.

## 1.2 Justificación

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) reconoce que el estudio de los ecosistemas tiene el potencial de llegar a ser un poderoso indicador de los cambios climáticos actuales y futuros en una región (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2007). Así mismo, Chen et al. (2012) enunciaron que los cambios en el clima a causa de fenómenos climáticos (El Niño y La Niña) tienen el potencial de influenciar los ecosistemas, comprometiendo su calidad y estructura.

Tanto El Niño como La Niña influyen de manera diversa en el país (Garreaud et al., 2009). Por tal razón, el estudio de los páramos ante la presencia de estos fenómenos climáticos son una herramienta importante para conocer los efectos e impactos que se producen en este ecosistema.

La presente investigación pretende obtener resultados relevantes que serán base para definir estrategias fundamentales a los fenómenos climáticos. Es decir, la adaptación al cambio climático como consecuencia del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) dentro del país debe ser formulada a nivel regional y determinada de acuerdo con el sistema climático predominante.

De igual manera, es importante generar información sobre las variaciones en el índice espectral de vegetación y que correlaciones pueden vincularse con los fenómenos de El Niño y La Niña. El desarrollo de esta investigación requiere la aplicación de un campo multidisciplinario que permita articular diferentes ciencias impartidas durante el transcurso de la etapa de preparación profesional, antecedentes relevantes y metodologías viables y confiables.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

- Analizar la influencia de los fenómenos climáticos El Niño y la Niña en la dinámica del páramo en el norte del Ecuador durante el período 2000-2016.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Evaluar la dinámica temporal en los páramos del norte de Ecuador mediante el índice espectral de vegetación EVI en el período 2000-2016.
- Analizar la variabilidad de precipitación para el área de estudio en el período 2000-2015.
- Determinar la correlación entre la variabilidad del ecosistema páramo y los fenómenos climáticos: El Niño y La Niña.

## **1.4. Preguntas de investigación**

- 1) ¿Existen cambios temporales en el índice espectral de vegetación EVI en los páramos del norte de Ecuador?
- 2) ¿Qué tipo de correlación existe entre el Índice Espectral de Vegetación (EVI) y los fenómenos climáticos?

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Este capítulo presenta una breve recopilación de información bibliográfica que se relaciona directamente con el tema de investigación.

#### **2.1 Incidencia de la variabilidad de los patrones climáticos en el páramo de Ecuador**

Para conocer la influencia de los patrones climáticos ante una variabilidad climática en el páramo de Ecuador se obtuvo información sobre las diferentes teorías aplicables a la presente investigación.

##### ***2.1.1 Páramo de Ecuador***

El páramo es un ecosistema de alta montaña ubicado sobre la línea de bosque andino. En Ecuador, se localiza a lo largo de la cordillera de los Andes. La Cordillera Oriental ocupa la mayor extensión de páramo, creando una zona sin fragmentación desde Carchi hasta Cañar, mientras que en la Cordillera Occidental la extensión es más fragmentada. En el centro y norte del país, los páramos generalmente se ubican encima de los 3300 msnm, mientras que en las provincias del sur se encuentran páramos a los 2800 msnm por las características más bajas de los Andes (Hofstede et al., 2014). Ecuador, es el país que más páramos posee con respecto a su extensión total (Mena y Hofstede, 2006).

Este ecosistema presenta un clima frío con cambios de temperatura y humedad durante todo el día. En las mañanas, cuando el sol brilla, la temperatura en los páramos se eleva hasta los 22°C, mientras en las noches, el frío recupera terreno con temperaturas menores a 5°C (García, Mena y Parra, 2014). Por otro lado, la precipitación varía de acuerdo con la altura y orientación, los páramos ubicados en la cordillera oriental son más húmedos debido a la vertiente amazónica. Así mismo, los páramos del norte y centro del país son más húmedos y con un clima definido durante todo el año, mientras que los del sur, son más secos debido a la influencia de la corriente fría de Humboldt (León-Yáñez, 2000).

La Asociación de Geógrafos Españoles (2017) indicó que la atmósfera varía con respecto a la influencia que tienen sobre ésta una serie de componentes, por lo que varios factores condicionan el clima global. En los ecosistemas de alta montaña los factores que

determinan el clima se relacionan con la influencia oceánica y continental, la circulación atmosférica y el efecto del relieve (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1** Factores que condicionan el clima del páramo.

<b>Influencia oceánica y continental</b>	Las masas de aire oceánicas y continentales generan en los páramos una variación en los patrones climáticos locales, alterando el clima en este ecosistema. La cordillera occidental y central se encuentran determinados principalmente por las masas de aire del Pacífico, mientras que la cordillera Oriental está determinada por masas de aire húmedas provenientes del Atlántico y de la Amazonía (Hofstede, Vásconez y Cerra, 2015).
<b>Circulación atmosférica</b>	La circulación atmosférica en los páramos está influenciada por la interacción de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y a la presencia de la cordillera de los Andes (Vuille et al., 2008).
<b>Efecto del relieve</b>	El relieve influye sobre los patrones de precipitación y temperatura a escala regional. En los páramos la precipitación se encuentra establecida por la orografía andina y la influencia de los vientos locales, lo que determina una variación a escala espacial y temporal (Buytaert y Ramírez, 2012).

**Fuente:** Elaboración propia.

Además, el páramo es considerado de gran importancia ya que ofrece varios servicios ambientales y de albergar tantas formas de vida que interactúan con el ambiente abiótico (García, Mena y Parra, 2014; Herrera y Játiva, 2010). Se caracteriza principalmente por almacenar y regular el agua que reciben de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve y el hielo de los nevados (Beltran et al., 2009).

### **2.1.2 Clima y Patrones climáticos**

El clima se define estadísticamente en términos de la media y la variabilidad de magnitudes meteorológicas durante un período que puede oscilar entre varios meses o miles de años, a modo que sea geográficamente representativa (Panel Intergunamental sobre el Cambio Climático, 2013). Por lo tanto, el clima evalúa las variables de la superficie como temperatura, precipitaciones, viento, humedad, entre otros factores. Así

mismo, Varela (2016) indicó que el clima en articulación con otras variables biológicas, conforman zonas bioclimáticas con características y adaptaciones bien diferenciadas.

Los patrones climáticos son los factores meteorológicos que se desarrollan en la atmósfera y componen el sistema climático (Panel Intergunamental sobre el Cambio Climático, 2013). Estos patrones están en constantes movimientos, cambiando continuamente en respuesta a la radiación solar, a la circulación oceánica, entre otros factores condicionantes del clima (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales et al., 2016).

Cuesta (2008) manifestó que los patrones climáticos están determinados por las interacciones entre los diferentes factores climáticos que se encuentran en la atmósfera, interfiriendo en la dinámica de otros factores.

### ***2.1.3 Variabilidad de los patrones climáticos***

La variabilidad climática es la variación en el estado medio y otros datos estadísticos (como fenómenos climáticos extremos) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados (Damman, 2008). Esta variabilidad se debe a procesos internos naturales o variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales et al., 2016). Según el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (2016) este cambio puede ser mejor apreciado a una escala espacial menor (ecosistemas o regiones), que a una escala mayor (continentes o hemisferios). Los resultados de análisis de registros cronológicos de datos meteorológicos señalan que la variación climática no es uniforme en todo el planeta. Por tal razón, en diferentes regiones, la variabilidad climática se da por los patrones climáticos regionales (Josse et al., 2009).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales et al. (2016) determinaron que el acelerado cambio en el clima del planeta ha modificado los ciclos atmosféricos en Colombia. Estas modificaciones en los patrones climáticos a gran escala conllevan cambios a mediana escala (variabilidad climática) y a pequeña escala (tiempo meteorológico). Es decir, la alteración en los patrones de temperatura y la precipitación, ocasionados por el Cambio Climático podrían generar que los efectos de fenómenos de

variabilidad climática como El Niño o La Niña tengan mayor impacto en el país, ya que en las regiones donde se espera un aumento paulatino de la temperatura y disminuciones en la precipitación, pueden afectarse severamente en los años donde se presente estos fenómenos.

#### ***2.1.4 Variabilidad de patrones climáticos en el páramo***

En los páramos los patrones climáticos se encuentran establecidos por las interacciones entre temperatura y precipitación, condicionando varios factores climáticos (Cuesta, 2008). Josse et al. (2009) indicaron que los patrones de variación de la temperatura son relativamente similares y tiene una estrecha relación con el gradiente altitudinal. Por otro lado, los patrones de precipitación varían en cada región debido a la abrupta orografía de los Andes. Así mismo, los vientos provenientes de los océanos mantienen una humedad constante en ambos flancos externos de las cordilleras mientras que los flancos interandinos se encuentran expuestos a influencias variables entre las masas de aire oceánicas y continentales (Kattan et al. 2004). El aire húmedo de la Amazonía, la nubosidad, corrientes de aire, entre otros factores, dan origen a lo que son las vertientes húmedas y vertientes secas, determinando la singularidad de los diferentes tipos de páramos (Hofstede et al., 2014).

Espinoza et al. (2010) analizaron la variabilidad espacio-temporal de las lluvias y su relación con la variabilidad hidrológica en la región andina. Por lo cual, se empleó el Método de Vector Regional (análisis que consiste en la asignación de zonas o grupos que abarquen estaciones meteorológicas cercanas) con la finalidad de crear una estación ficticia con datos promediados para compararlos con cada estación de la zona. Esta investigación planteó el estudio de 756 estaciones meteorológicas asentadas en la cuenca amazónica (CA) de cinco países de la Comunidad Andina (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia), las cuales cumplían con condiciones de continuidad de al menos cinco años de registros. El análisis de tendencia de las precipitaciones se da por medio del coeficiente de correlación de Pearson. Además, se determinó el ciclo pluviométrico predominante en todas las zonas de la CA. El estudio concluyó que el régimen de precipitación en los Andes y su variabilidad no sólo se limita a las condiciones atmosféricas que se dan en el Océano Pacífico, sino que está fuertemente influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). También se demostró que los regímenes de precipitación son más diversificados en los Andes que en la CA y que desde

1980 las lluvias disminuyen, principalmente en los trimestres junio-julio-agosto y septiembre-octubre-noviembre. Las mayores lluvias se registran en las regiones más bajas de la CA, una zona expuesta a corrientes de humedad provenientes del Océano Atlántico y disminuyen conforme incrementa la altitud y cercanía a la meseta andina. Además, las precipitaciones en la CA están influenciadas por los fenómenos ENOS, disminuyendo durante episodios de El Niño y aumentando durante La Niña (Espinoza et al., 2010).

### ***2.1.5 Fenómenos climáticos ENOS (El Niño/Oscilación del Sur)***

Los fenómenos de El Niño y su fase opuesta La Niña son expresiones de la variabilidad climática interanual (de un año a otro). Estos fenómenos son la consecuencia de la interacción entre la atmósfera y las superficies oceánicas del Pacífico. El fenómeno de El Niño ocurre cuando los vientos alisios provenientes del Oeste se van debilitando, por lo que las aguas cálidas del Pacífico provenientes del Este llegan a las costas sudamericanas, desplazando a las aguas frías de la corriente de Humboldt. Por otra parte, el fenómeno de La Niña ocurre cuando los vientos alisios del Oeste se intensifican frente a las costas de Sudamérica, disminuyendo la temperatura superficial del mar (Comunidad Andina, 2008).

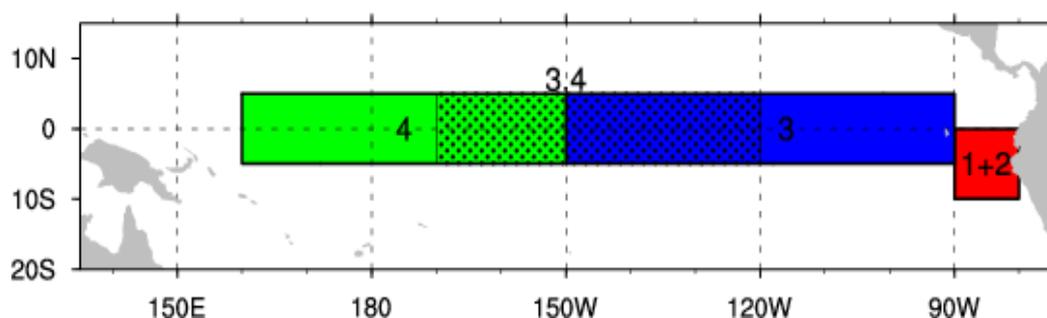
Al presentarse un fenómeno de El Niño en Sudamérica, normalmente en las áreas húmedas se originan largas sequías y en las áreas áridas se originan fuertes lluvias (Carmona y Muñoz, 2009). Montealegre (2007) indicó que los fenómenos ENOS son la base de la gran variabilidad climática en la franja tropical del Océano Pacífico, produciendo fuertes perturbaciones sobre la circulación atmosférica global y sus efectos climáticos tienen dramáticas implicaciones socioeconómicas y ambientales en casi todo el planeta.

La clasificación del ENOS se determina en función de la intensidad y duración de estos. La intensidad viene siendo las oscilaciones de las anomalías que se registran en el océano Pacífico Tropical y la temperatura superficial del mar (Montealegre, 2007). Tanto el fenómeno de El Niño como el de La Niña se los categoriza en débil, moderado y fuerte (Quinn y Neal, 1992).

### 2.1.6 Índices climáticos del ENOS

Si bien el ENOS es uno de los fenómenos más estudiados, también hay que mencionar que es uno de los fenómenos menos comprendidos (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2016). Los índices climáticos del ENOS son valores que pueden ser utilizados para describir el estado y los cambios en la interacción entre el sistema climático. De esta manera se puede comprender los ciclos y el flujo de energía y materia en la atmósfera, a la vez de saber que se requiere para investigar las causas y efectos del cambio climático a través de análisis estadísticos para la comparación de series de tiempo, estimación de medias e identificación de valores extremos y tendencias (Jiménez, 2012).

Para facilitar la investigación del progreso en fases de los eventos ENOS, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) dividió el Océano Pacífico en cuatro Regiones: Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 (Figura 2.1). En estas regiones se estudia varios índices que permiten conocer las características de una variabilidad climática.

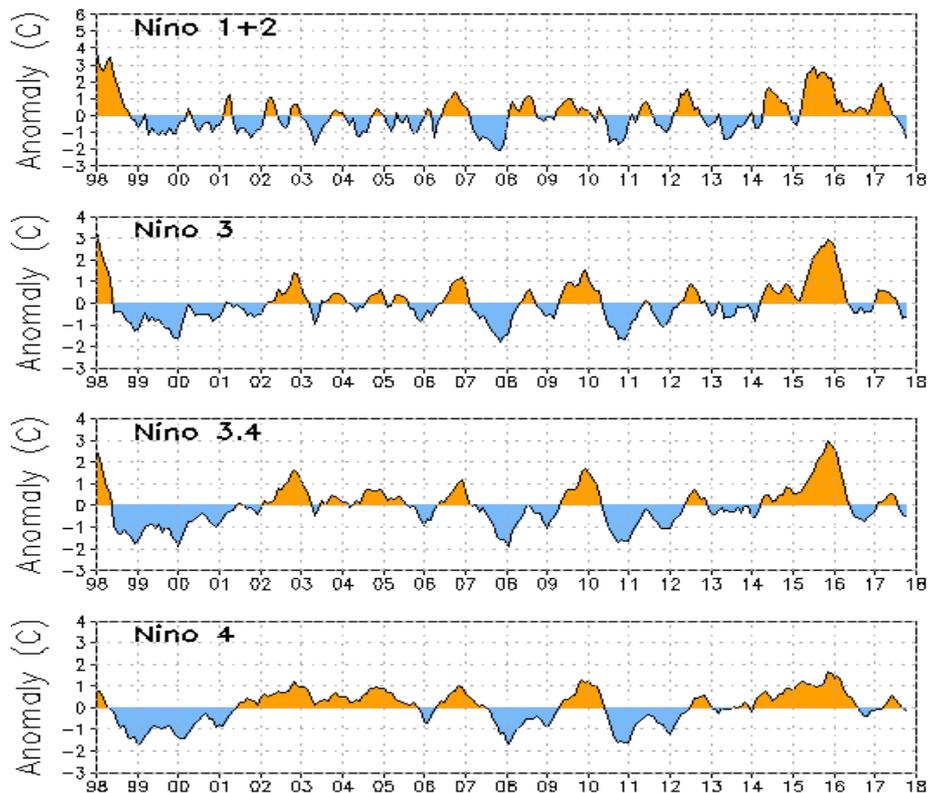


**Figura 2.1** Regiones del ENOS.

**Fuente:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017.

- **SST (Sea Surface Temperature)**

Los datos de la Temperatura Superficial del Mar (SST) y la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (ASST) son valores que representan las variaciones en la temperatura del agua cerca de la superficie del mar para la Regiones de El Niño (Figura 2.2). El factor temperatura es uno de los más estudiados para realizar predicciones sobre la intensidad y posible denominación de un evento ENOS (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2011).



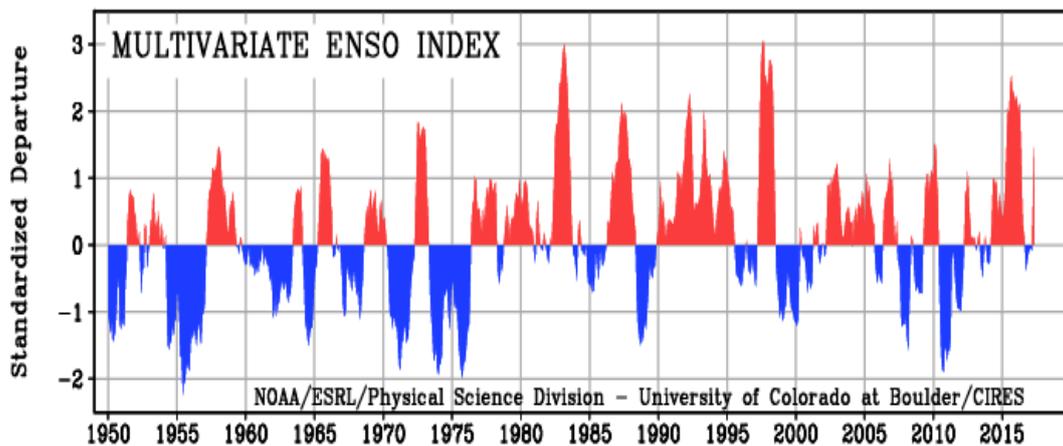
**Figura 2.2** Datos SST durante el período 1998-2017.

**Fuente:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017.

Villacís, Galárraga y Francou (2001) analizaron la relación del ENOS (influencia que antes se consideraba como no significativa) sobre la precipitación en la sierra central del Ecuador. El análisis comprendió 16 estaciones meteorológicas con ausencia de datos menor al 10% en los alrededores de los nevados Antisana y Chimborazo entre los años 1965 y 1998. Por lo cual, el régimen de precipitaciones en la región interandina con dos picos pluviométricos (marzo-abril y octubre-septiembre) y una estación seca bien definida, se realizó un ejercicio de correlación con sumas trimestrales agrupadas de la siguiente manera: marzo-abril-mayo (principal estación lluviosa), junio-julio-agosto (principal estación seca), septiembre-octubre-noviembre (estación lluviosa secundaria) y diciembre-enero-febrero (estación seca secundaria). Estas sumas fueron evaluadas frente a datos trimestrales de la ASST de la Región Niño 3.4, dando como resultados que durante la principal estación seca es donde se puede reflejar una mayor correlación entre la ASST y los datos de precipitación. Los valores precipitación durante un fenómeno de El Niño son más bajos que lo normal, y en cuanto al fenómeno de La Niña los valores de precipitación son más altos que la media.

- **MEI (Multivariate ENSO Index)**

Es un índice que indica la presencia de un evento ENOS, midiendo la diferencia entre la anomalía promedio mensual de presión atmosférica superficial en Tahítí (Polinesia francesa), y el puerto de Darwin (Australia). Esto origina una interacción entre el océano y la atmósfera en el Océano Pacífico. Cuando el número es positivo, existe un fenómeno denominado el Niño y cuando es negativo, el fenómeno se denomina La Niña (Figura 2.3) (Jiménez, 2008). Este índice destaca por articular el factor océano-atmosférico de mejor manera, es el ideal para realizar correlaciones con temperaturas superficiales y datos de precipitación a nivel mundial (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017).



**Figura 2.3** Índice Multivariado ENOS durante el período 1950-2017.

**Fuente:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017.

El Estudio de la Influencia del Fenómeno El Niño-Oscilación del Sur en la Oferta Hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua analizó los volúmenes del caudal durante la ocurrencia de fases extremas el ENOS por medio del cálculo de anomalías de índices de la región del Pacífico de la región 3, 4 y 3.4. Por lo cual, se conformó un período registros tanto para la precipitación como para el caudal que comprende desde 1982-2010 y 1982-2005 respectivamente. Para determinar las anomalías se consideró los años de eventos El Niño, La Niña y años normales durante los 29 años. Los valores de correlación se calcularon por medio del coeficiente de correlación de Pearson por ser el más utilizado en para estudiar grados de dependencia de variables cuantitativas. Los resultados indican que el índice MEI fue el que mejor correlación obtuvo frente a la precipitación ( $r=0.45$ ) como para caudal ( $r=0.52$ ) con rezago de 0 y un mes respectivamente. Además, durante

fases extremas del ENOS se determinó oscilaciones en la precipitación con reducciones del 39% (1111 mm/anuales) y aumentos del 84% (2393 mm/anuales) durante El Niño y La Niña respectivamente. El mismo efecto se evidenció en cuanto a la disminución del caudal 40% (11,6 m<sup>3</sup>/s) y aumentos del 50% (14,5 m<sup>3</sup>/s) durante los mismos eventos (Gutiérrez, Carvajal y Ávila, 2013).

### ***2.1.7 Influencia de fenómenos climáticos ENOS en el páramo***

Estudios realizados en países andinos han demostrado que al ocurrir eventos extremos como los fenómenos de El Niño y La Niña, el régimen de lluvias se altera, afectando seriamente el ecosistema. Por tal razón, la fragilidad de este entorno la hace vulnerable a una variabilidad climática (Hofstede et al., 2014).

Varios estudios han manifestado que el páramo guarda una estrecha relación con los glaciares, dado a que al momento de presentarse un fenómeno ENOS, la distribución de temperatura y precipitación se altera (Buytaert y Ramírez, 2012). El Instituto de Investigación y Desarrollo Francés ha realizado un seguimiento de los glaciares en la región andina de Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia. El resultado de este monitoreo determinó que el aumento de la TSM y los fenómenos ENOS son la principal causa del retroceso de los glaciares, afectando la regulación hídrica en los páramos (Rabatel et al., 2013).

En Colombia, la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, elaboró un informe sobre el “Impacto del Fenómeno El Niño 2015-2016 en los nevados y alta montaña en Colombia” determinando que las cuencas del río Claro y Cardenillo ubicadas a más de 2800msnm presentaron una disminución de precipitación (73% y 28% respectivamente) durante la fase fuerte del fenómeno El Niño. Por otro lado, cuando se presenta el fenómeno de La Niña, las lluvias son muy superiores a las observadas históricamente en estas cuencas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2016).

## **2.2 Dinámica temporal de los páramos mediante índices de vegetación**

Para conocer la dinámica temporal de los páramos de Ecuador mediante índices espectrales de vegetación se obtuvo información sobre estudios aplicables a la presente investigación.

### ***2.2.1 Detección remota de la cobertura vegetal***

En los páramos, las asociaciones de vegetación tienen relación con la altitud, temperatura, humedad, precipitación, entre otros factores (Hofstede et al., 2014). Por lo tanto, es imprescindible evaluar los cambios de la vegetación en un determinado tiempo, con la finalidad de conocer aquellos patrones y factores clave en la transformación del ecosistema.

La teledetección o detección remota es la mejor herramienta para el monitoreo y evaluación de la vegetación. La detección remota de la vegetación se basa en propiedades que poseen las hojas al interactuar con la irradiación proveniente del sol. Por tal razón, la detección y el estado cuantitativo de la vegetación son clave para la percepción remota en el manejo de los recursos naturales y la toma de decisiones (Bravo, 2014).

- ***Comportamiento espectral de la hoja viva***

El conocer las propiedades espectrales de la vegetación y sus partes individuales es de gran ayuda para la aplicación de la detección remota en diseños de vegetación. Es por eso que se debe estudiar la estructura de la hoja de manera específica.

Bravo (2014) expresó que las moléculas de clorofila absorben la luz roja y azul para realizar la fotosíntesis ya que estas no absorben uniformemente toda la luz proveniente del sol. Es decir, menos cantidad de la luz verde es absorbida y más es reflejada, por lo cual en el espectro visible se observa la reflexión dominante de la luz verde como vegetación viva. Por otro lado, en el espectro cercano al infrarrojo, la reflexión de la hoja es controlada por la estructura del tejido interno siendo esta responsable por el brillo de la reflectancia infrarroja de la vegetación viva (Paz-Pellat et al., 2007). Así mismo, en el borde del espectro visible, la absorción de la luz roja por los pigmentos de clorofila empieza a decrecer, y la reflectancia crece rápidamente. Este comportamiento facilita la

separación de las superficies de vegetación de las superficies sin vegetación, que son usualmente muy oscuras en el infrarrojo cercano (Gilbert et al., 1997).

### ***2.2.2 Índices de vegetación***

Los índices de vegetación son medidas cuantitativas basadas en valores digitales almacenados en bandas espectrales de la imagen y cuya finalidad es realzar la cubierta vegetal (Díaz, 2015). En las últimas décadas se ha demostrado como los índices espectrales de vegetación son métodos eficaces para obtener información sobre el estado de la cobertura vegetal y sus características en diversos ecosistemas (Ruimy et al., 1994; Van Leeuwen et al., 2006). Estos índices poseen una estrecha relación entre la productividad y disponibilidad de vegetación para el análisis regional. Por tal razón, la dinámica temporal del índice de vegetación determina si un mes o año es mejor o peor respecto al valor histórico (González, Paredes y Rial, 2009). Entre los índices más destacados se encuentra el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) e Índice de Vegetación Mejorado (EVI).

Carvacho y Sánchez (2010) analizaron y compararon cinco índices de vegetación (NDVI, SAVI, ARVI, GreenNDVI y EVI) provenientes del sensor MODIS en la Región de O'Higgins, Chile. En ella se determina el comportamiento de la vegetación en tres zonas (agrícola, pradera y forestal) y en dos períodos estacionales (verano e invierno) de los años 2001, 2003 y 2005. Este estudio derivó que a pesar de que el estado de la vegetación es semejante en los cinco índices, existen diferencias marcadas que hacen evidente la necesidad de elegir correctamente el tipo de índice de acuerdo con las necesidades de cada investigación.

En Colombia, Poveda y Roldán (2006) realizaron un análisis de la variabilidad espacio-temporal de los índices de vegetación NDVI y EVI calculados a partir de imágenes MODIS, en cinco regiones (Amazonía, Orinoquía, Caribe, Andina y Pacífica). Esta investigación demostró que los valores del NDVI y EVI siguen el ciclo hidrológico anual que se asocia al paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Sin embargo, cuando se presenta fenómenos de El Niño y La Niña la respuesta de la vegetación a la hidrología se modifica debido a las anomalías de precipitación. Igualmente, la vegetación presenta una respuesta diferente debido a diversos factores que condicionan el área.

- **Índice de Vegetación Mejorado (EVI)**

El índice de vegetación mejorado (EVI) es un indicador del estado de vegetación. Este índice tiene la finalidad de apartar la vegetación del brillo que produce el suelo, facilitando el cálculo e interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación (Rouse et al., 1974). El EVI se caracteriza por mejorar la calidad del índice NDVI, ya que añade a la banda infrarroja cercana y a la banda visible roja, la banda azul. Es decir, corrige los efectos derivados por la nubosidad y los aerosoles en la atmósfera que bloquean la visión de los satélites (Poveda y Roldán, 2006; Gao et al., 2003). Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{EVI} = 2,5 (\text{banda IR} - \text{banda R}) / (\text{banda IR} + \text{C1*banda R} - \text{C2*banda B} + \text{L})$$

Donde la **banda IR** es la banda del infrarrojo cercano, la **banda R** es la banda visible roja, la **banda B** es la banda visible azul, y **L**= (0 para vegetación densa, 0.5 para cobertura intermedia y 1 para vegetación rala), **C1**=6, **C2**=7.5, son los coeficientes adoptados en el algoritmo.

Reyes, Alcaraz y Cabello (2015) realizaron el seguimiento de los ecosistemas mediante el índice EVI, proveniente del sensor MODIS. El índice EVI se emplea como estimador lineal de la fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación, el principal control de la producción primaria. Pese a eso, las imágenes de este índice no se encuentran libre de errores. Este estudio evaluó el efecto que el filtrado de calidad tiene sobre la información espacial y temporal de la base de datos del EVI en el período 2001-2010. Determinando que en las zonas de menor altitud no se ven afectadas por el filtrado, sin embargo, las regiones de alta montaña muestran variaciones significativas en sus valores del EVI cuando son filtrados por aerosoles, sombras o la presencia de nieve.

La investigación realizada por Maita (2015) “Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los ecosistemas del sur del Ecuador” tuvo la finalidad de relacionar los datos de estaciones meteorológicas (precipitación y temperatura) y el índice de vegetación EVI, por medio de métodos de correlación. Esta investigación concluyó en que la serie temporal del EVI tiene un comportamiento similar a los datos del ENOS, por lo cual existe una influencia de estos fenómenos en los ecosistemas del sur de Ecuador.

## **2.3 Marco legal**

Las directrices de esta investigación están enmarcadas en diferentes mandatos a nivel nacional e internacional.

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

Capítulo II “Derecho”, sección segunda “Ambiente Sano”, art. 14, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay; declarando de interés público la preservación del ambiente y conservación de los ecosistemas.

El título VII “Régimen del Buen Vivir”, capítulo segundo “Biodiversidad y Recursos Naturales”, sección primera “Naturaleza y ambiente”, art. 395, se garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas.

La sección segunda “Biodiversidad”, art. 406, se regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados como el páramo. Así mismo la sección séptima “Biósfera, ecología urbana y energías alternativas”, art. 414, se adoptará medidas adecuadas para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero (Asamblea Constituyente, 2008).

### ***2.3.2 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible***

Objetivo 13 “Acción por el Clima”, fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países; incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales; y promover mecanismos para aumentar la capacidad de planificación y gestión eficaz en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños estados insulares en desarrollo (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

### ***2.3.3 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático***

El último objetivo establece las obligaciones básicas para abordar y combatir el cambio climático logrando la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático y en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992).

### ***2.3.4 Conferencia Internacional sobre Cambio Climático (COP 21)***

Art. 7, sección 2, establece que las partes reconocen que la adaptación es un desafío mundial que incumbe a todos, y cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas, teniendo en cuenta las necesidades urgentes e inmediatas de las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015).

### ***2.3.5 Código Orgánico del Ambiente de Ecuador***

Art 5, numeral 12, establece la implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de estos para mitigar sus causas.

Art.261, numeral 5, expone El manejo de forma integral de la zona marino-costera, así como la promoción de su capacidad adaptativa a los efectos de la variabilidad climática y cambio climático.

### ***2.3.6 Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017***

Objetivo 3 “Mejorar la calidad de vida de la población”, numeral 3.11 “Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico”, literal h, incorporar planes de contingencia ante eventuales cambios del nivel del mar, originados por la variabilidad y el cambio climático, que puedan afectar la infraestructura y los servicios en las zonas costeras e insulares (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

### **2.3.7 Política de Ecosistemas Andinos del Ecuador**

Art. 1, establece como Política de Estado la “Política de Ecosistemas Andinos del Ecuador”, al tenor de lo siguiente:

#### **a. Ejes principales de la política**

- b) Conservar y manejar de manera sustentable los ecosistemas altoandinos (páramo, humedal, bosque y agroecosistemas) mediante la aplicación de normas y estrategias vigentes y el impulso a las alternativas productivas que conduzcan a la reducción de presiones y generación de ingresos por los beneficios que presta la biodiversidad (conservación y manejo sustentable).
- c) Facilitar entre los diferentes actores públicos y privados la armonización de acciones de investigación, generación de conocimientos, aplicación de nuevas tecnologías y recuperación de las prácticas ancestrales que apunten a la reducción de la pobreza y reduzcan el deterioro ambiental y fortalezcan el desarrollo sustentable de los ecosistemas (armonización de acciones entre actores).

#### **b. Políticas para el ecosistema páramo**

Política 1. “El Estado ecuatoriano promueve la conservación de los páramos y los declara áreas frágiles que requieren de un manejo y cuidado especial por sus características de regulación hídrica, ecológicas, biológicas, sociales, culturales y económicas. El manejo de los páramos debe propender a la conservación de los recursos naturales y a la sostenibilidad de la biodiversidad, donde las actividades productivas deben ser únicamente de subsistencia y ecoturísticas, enmarcadas en un plan de manejo integral aprobado por la autoridad ambiental”.

#### ***Estrategias específicas:***

- Desarrollar un marco legal que garantice la conservación y una adecuada utilización de los recursos naturales de los páramos, bajo el concepto de áreas frágiles que tienen como potencial los servicios ambientales.

Política 2. “El Estado fomenta el desarrollo de un sistema consensuado de incentivo y compensación de los servicios ambientales de los páramos, bosques, humedales con la finalidad de garantizar su permanencia y calidad”.

***Estrategias específicas:***

- Promover con las universidades del país, institutos de investigación y entidades del sector privado la generación de mecanismos para el reconocimiento de los servicios ambientales que proporcionan los páramos, bosques andinos y humedales

Política 3 “El Estado fomenta las acciones de investigación, promoción, difusión y el intercambio de experiencias que mejoren el conocimiento científico y técnico en los páramos, bosques, humedales y agroecosistemas que se apliquen a la realidad socioeconómica local, regional y nacional”.

***Estrategias específicas:***

- Impulsar la elaboración e implementación de un plan de investigación que mejore el conocimiento científico y técnico de los páramos, bosques, humedales y zonas de influencia para su mejor aprovechamiento y conservación.
- Promover la investigación tendiente a evaluar y proyectar la vulnerabilidad al cambio en los ecosistemas de páramos y alto andinos derivados del cambio climático global y en formular medidas de adaptación y mitigación de los efectos adversos sobre las especies vegetales y animales de estos ecosistemas.
- Promover y orientar un diálogo entre representantes de los centros de investigación pertinentes y grupos campesinos que habitan en los páramos, bosques y humedales para coparticipar en la investigación de temas prioritarios como el balance hídrico, los impactos de las formas de producción tradicionales, la rehabilitación y las alternativas para mejorar los sistemas productivos; al igual que, establecer las prioridades de investigación aplicada.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo presenta los materiales utilizados y la metodología desarrollada para la realización de esta investigación.

#### 3.1 Materiales y equipos

##### 3.1.1 Materiales

- Mapa de cobertura de uso del suelo del Ecuador
- Mapa de límites políticos del Ecuador
- Imágenes del sensor MODIS (Satélite Terra), lanzado el 18 de diciembre 1999
  - o Índices de Vegetación (MOD13Q1.h10v08), febrero 2000 a diciembre 2016
  - o Índices de Vegetación (MOD13Q1.h10v09), febrero 2000 a diciembre 2016
- Datos mensuales de precipitación de las estaciones meteorológicas del norte de Ecuador, enero 2000 a diciembre 2016
- Datos mensuales del satélite TRMM, enero 2000 a diciembre 2016
- Datos bimensuales del Índice Multivariado de ENOS (MEI), enero 2000 a diciembre 2016
- Datos mensuales de Anomalías de la Temperatura en la Superficie del Mar (SST) de la Región 1+2, enero 2000 a diciembre 2016

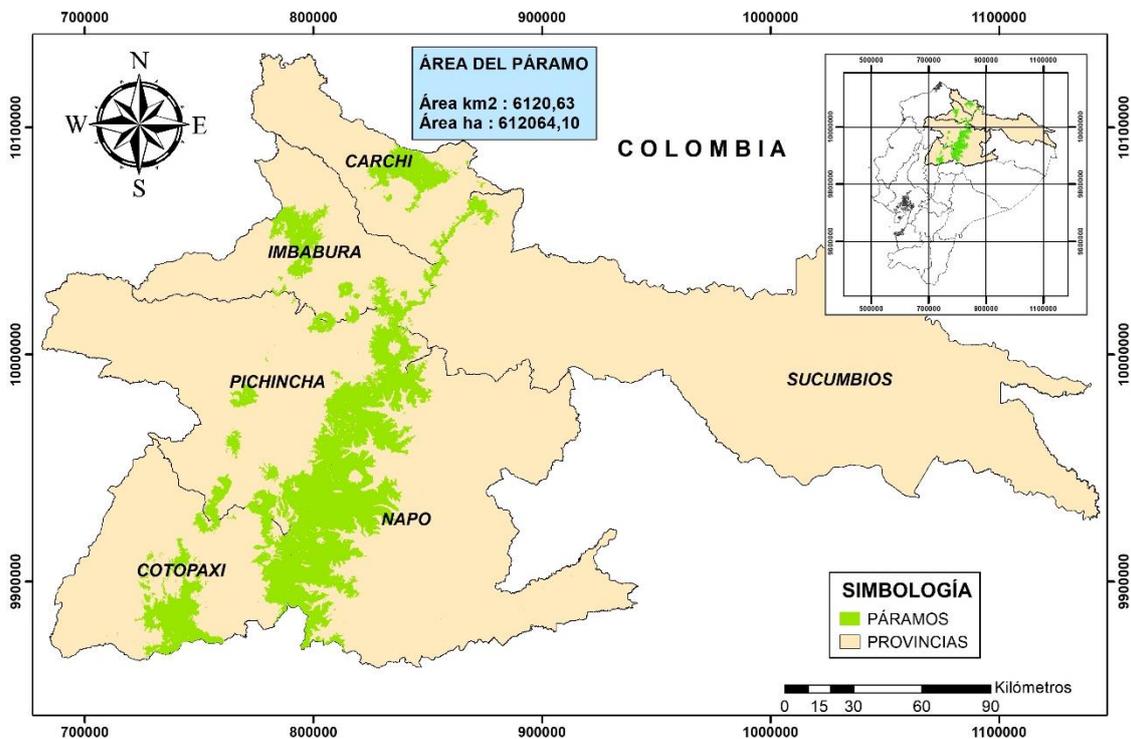
##### 3.1.2 Equipos

- Notebook HP Pavilion dm4
- Disco duro TOSHIBA (1 Terabyte)
- Software ArcGIS 10.5

#### 3.2 Caracterización del área de estudio

El área de estudio se encuentra en los páramos del norte de Ecuador, localizados en la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental de “Los Andes” a partir de los 3300 y 3700msnm respectivamente (García, Mena y Parra, 2014). La zona de investigación comprende las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Sucumbíos y Napo, abarcando un área total de 6120.663km<sup>2</sup> (Figura 3.1).

Este ecosistema presenta un clima tropical de alta montaña ya que se localiza en la franja ecuatorial, y en donde la radiación solar diaria es constante a lo largo del año. La variabilidad de temperatura determina el rol de la escarcha y la nieve (Beltrán et al., 2009). Esta variabilidad depende principalmente de dos aspectos: la gradiente altitudinal y la humedad del aire, determinados por el clima local. El lapso de proporción se encuentra entre  $0.6^{\circ}$  y  $0.7^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros de variación altitudinal (Van der Hammen y Hooghiemstra, 2000; Castaño, 2002). Así mismo, Luteyn (1992) indicó que existe una alta variabilidad en la precipitación que va desde los 700mm hasta 3000mm y con algunos extremos en áreas limitadas, sobre los 6000mm. La variabilidad de precipitación a una escala pequeña está determinada por variaciones en la dirección y velocidad del viento.



**Figura 3.1** Localización de los páramos del norte de Ecuador.

Este ecosistema se caracteriza por poseer una vegetación dominante de pajonal y de carecer en su mayoría de árboles. Entre las especies más representativas se encuentra *Agrostis breviculmis*, *Buddleja incana*, *Buddleja pichinchensis*, *Calamagrostis intermedia*, *Chrysactinium acaule*, *Espeletia pycnophylla*, *Gnaphalium pensylvanicum*, *Gynoxys acostae*, *Miconia cladonia*, *Oreomyrrhis andicola*, *Pteridium arachnoideum*, *Polylepis incana*, *Puya lanata*, entre otras. Conforme se incrementa la altitud, el número de especies y su cobertura va decreciendo (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015).

### 3.3 Fases de la investigación

Para analizar la influencia de los fenómenos climáticos El Niño y la Niña en la dinámica del páramo en el norte del Ecuador durante el período 2000-2016 se estableció tres fases.

#### FASE I

Esta fase evalúa la dinámica temporal en los páramos del norte de Ecuador mediante el índice espectral de vegetación EVI durante el período 2000-2016.

#### 3.3.1 Delimitación del área de estudio

Para delimitar el área de estudio se utilizó el mapa de cobertura de uso del suelo a escala 1:1000000 generado por el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) en el año 2015 y el mapa de límites políticos proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) en el año 2011.

A continuación, mediante el software ArcGIS 10.5 se identificó los ecosistemas de páramos existentes en el mapa de cobertura de usos del suelo y se geoprocesó con respecto a las seis provincias de estudio (Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Sucumbíos y Napo) contenidas en el mapa de límites políticos. El área de estudio abarcó nueve tipos de ecosistemas de páramo de los once que posee el Ecuador (Tabla 3.1).

**Tabla 3.1** Ecosistemas páramo del norte de Ecuador.

Código	Ecosistema	Área (Km <sup>2</sup> )
AsSn01	Arbustal siempreverde y Herbazal del páramo	839.07
BsSn01	Bosque siempreverde del páramo	18.68
HsSn02	Herbazal del páramo	4464.31
HsSn03	Herbazal húmedo montano alto superior del páramo	16.18
HsNn01	Herbazal húmedo subnival del páramo	45.96
HsSn04	Herbazal inundable del páramo	61.75
HsNn02	Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo	63.27
HsNn03	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo	147.66
RsSn01	Rosetal caulescente y Herbazal del páramo (frailejones)	463.72
<b>TOTAL</b>		<b>6120.60</b>

**Fuente:** Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015.

Los resultados de esta información fueron la base para el geoproceso y análisis de toda la investigación.

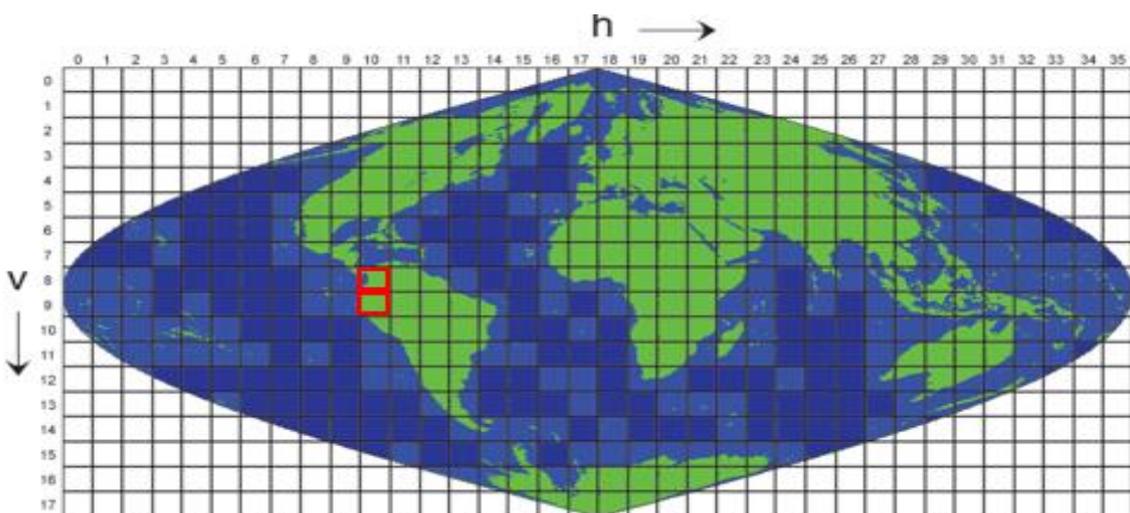
### 3.3.2 Obtención y geoprocésamiento de datos MODIS

A continuación, se detalla acerca de la obtención y geoprocésamiento de datos MODIS para la presente investigación.

- **Descarga de datos**

Las imágenes provenientes del sensor pasivo MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) se descargaron de la página web <http://modis.gsfc.nasa.gov/>, el cual trabaja a través del Sistema de Observación de la Tierra (EOS) de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA).

Este sensor MODIS posee el producto MOD13Q1 que contiene información del índice espectral de vegetación EVI (Enhanced Vegetation Index) el cual es utilizado como indicador de producción primaria de vegetación en diversos ecosistemas (MODIS, 2017). Estas imágenes se encuentran en proyección sinusoidal (datum WGS84) y esferoide (WGS8), divididas en “tiles” o “cuadrantes” de 10° x 10° (aproximadamente 1200km x 1200km) (Figura 3.2). Los valores de los índices tienen una resolución temporal de 16 días en un período comprendido entre febrero del 2000 y diciembre del 2016, con una resolución espacial de 250 metros.



**Figura 3.2** Tiles del sensor MODIS (la zona enmarcada en rojo muestra los tiles correspondientes al área de estudio).

**Fuente:** MODIS, 2017

- **Geoprocamiento de datos**

El producto MOD13Q1 se encuentra conformado por doce bandas (Tabla 3.2). La segunda banda (EVI) fue empleada en este estudio, debido a que es la menos afectada por el efecto de suelo desnudo (Pérez, 2014). El EVI es representado en imágenes y son de gran importancia para el seguimiento de los ecosistemas terrestres a diferentes escalas. Esto hace que exista una frecuencia temporal en la vegetación con una resolución espacial de buena calidad (Maita, 20015).

**Tabla 3.2** Bandas de imágenes MODIS MOD13Q1

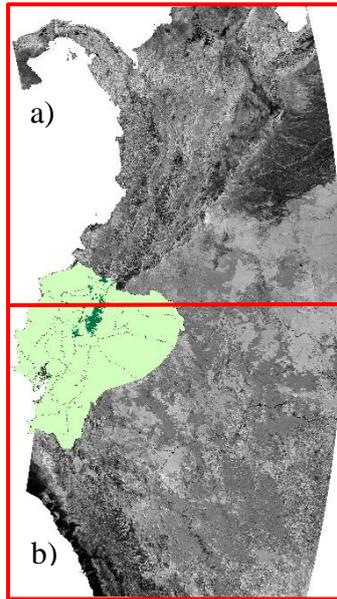
<b>Banda</b>	<b>Science Data Sets (HDF Layers) (12)</b>	<b>Units</b>	<b>Bit Type</b>	<b>Fill</b>	<b>Valid Range</b>	<b>Multiply by scale factor</b>
<b>1</b>	250m 16 days <b>NDVI</b>	NDVI	16-bit	-3000	-2000, 10000	0,0001
<b>2</b>	250m 16 days <b>EVI</b>	EVI	16-bit	-3000	-2000, 10000	0,0001
<b>3</b>	250m 16 days <b>VI</b> Quality detailed QA	Bits	16-bit	65535	0,65534	NA
<b>4</b>	250m 16 days <b>red</b> reflectance (Band 1)	Reflectance	16-bit	-1000	0,10000	0,0001
<b>5</b>	250m 16 days <b>NIR</b> reflectance (Band 2)	Reflectance	16-bit	-1000	0,10000	0,0001
<b>6</b>	250m 16 days <b>blue</b> reflectance (Band 3)	Reflectance	16-bit	-1000	0,10000	0,0001
<b>7</b>	250m 16 days <b>MIR</b> reflectance (Band 7)	Reflectance	16-bit	-1000	0,10000	0,0001
<b>8</b>	250m 16 days view zenith angle	Degree	16-bit	-1000	-9000, 9000	0,01
<b>9</b>	250m 16 days sun zenith angle	Degree	16-bit	-1000	-9000, 9000	0,01
<b>10</b>	250m 16 days relative azimuth angle	Degree	16-bit	-1000	-3600, 3600	0,1
<b>11</b>	250m 16 days composite day of the year	Julian day of year	16-bit	-1	1,366	NA
<b>12</b>	250m 16 days pixel reliability summary QA	Rank	16-bit	-1	0,3	NA

**Fuente:** Pérez, 2014.

De igual forma, cada imagen se encuentra en formato TIFF (Tagged Image File Format) y con una información binaria de 16 bits por pixel (Rodríguez y Arredondo, 2015; García-Mora y Mas, 2011).

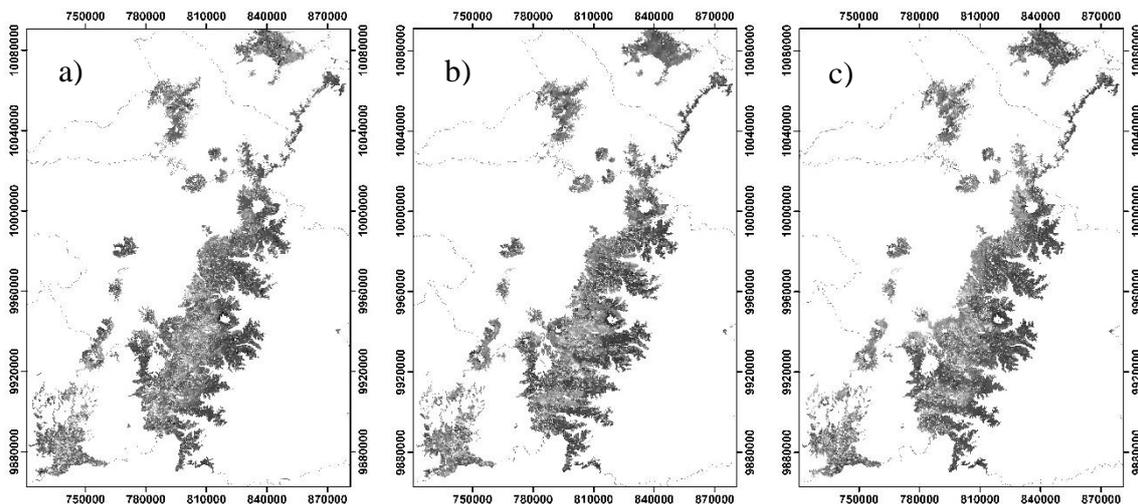
El área de estudio comprendió dos tiles h10v08 y h10v09, dando como resultado 748 imágenes ráster (374 imágenes ráster por cada tile) comprendidas entre febrero del 2000

a diciembre del 2016 (Figura 3.3). Cabe recalcar que los pixeles clasificados de alta calidad fueron incorporados en el análisis.



**Figura 3.3** Tiles a) h10v08 y b) h10v09 correspondientes al área de estudio.

Finalmente, se geoprocesó cada imagen con respecto a la delimitación del páramo, y se realizó una reproyección (WGS84 UTM Zone 17S) para georreferenciar los datos de índices de vegetación EVI con el área de interés (Figura 3.4).



**Figura 3.4** Imágenes raster a) marzo 2000, b) marzo 2001 y c) marzo 2002.

### 3.3.3 Análisis temporal de los índices de vegetación EVI

Con el fin de analizar detalladamente la dinámica temporal de los índices espectrales de vegetación, se aplicó como simbología una tonalidad diferente de color para los valores espectrales.

Los valores del EVI fluctúan entre -1 y 1, y están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético (Díaz, 2015). Cuando los valores son mayores a cero, es porque existe vegetación viva y conforme va incrementando este valor, la vegetación es más vigorosa. Los valores negativos representan superficies sin vegetación, nieve, cuerpos de agua y rocas (Poveda y Roldán, 2006).

Dado a que cada imagen ráster posee un valor por defecto de -10000 a 10000, fue necesario clasificar los valores en rangos que van de 0 a 10000 (Figura 3.5). Los valores negativos fueron descartados del estudio.



**Figura 3.5** Simbología del índice de vegetación EVI.

Para visualizar y analizar los resultados, se procedió a elaborar mapas temporales del índice de vegetación EVI para los diecisiete años de estudio (2000-2016). Seguidamente, se comparó los mapas temporales durante un año normal y un fenómeno climático, y durante dos fenómenos climáticos seguidos, con el fin de conocer el comportamiento del índice EVI durante una variabilidad climática.

Finalmente se realizó un análisis por cada ecosistema de páramo debido a que cada ecosistema tiene un comportamiento diferenciado. Por lo cual, se graficó el promedio mensual del índice de vegetación EVI (Tabla 3.3) por ecosistema de páramo existente en el área de estudio.

**Tabla 3.3** Promedios mensuales EVI del ecosistema Bosque siempreverde y Herbazal del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.22	0.28	0.28	0.28	0.32	0.34	0.35	0.35	0.28	0.26	0.28
<b>2001</b>	0.33	0.28	0.32	0.28	0.32	0.24	0.28	0.31	0.31	0.30	0.30	0.34
<b>2002</b>	0.27	0.32	0.27	0.29	0.29	0.28	0.32	0.25	0.33	0.27	0.27	0.29
<b>2003</b>	0.31	0.30	0.33	0.29	0.30	0.30	0.31	0.28	0.31	0.34	0.33	0.27
<b>2004</b>	0.32	0.35	0.31	0.29	0.33	0.29	0.26	0.29	0.30	0.32	0.30	0.31
<b>2005</b>	0.35	0.34	0.33	0.39	0.35	0.28	0.34	0.32	0.29	0.32	0.27	0.32
<b>2006</b>	0.24	0.28	0.32	0.34	0.33	0.31	0.32	0.27	0.34	0.33	0.30	0.32
<b>2007</b>	0.35	0.35	0.31	0.31	0.33	0.28	0.33	0.32	0.28	0.32	0.31	0.31
<b>2008</b>	0.33	0.35	0.33	0.31	0.31	0.32	0.31	0.35	0.32	0.31	0.35	0.37
<b>2009</b>	0.29	0.37	0.34	0.36	0.30	0.34	0.32	0.35	0.32	0.33	0.27	0.31
<b>2010</b>	0.35	0.38	0.31	0.28	0.32	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.29	0.31
<b>2011</b>	0.36	0.32	0.22	0.25	0.34	0.28	0.24	0.25	0.24	0.27	0.33	0.28
<b>2012</b>	0.24	0.24	0.24	0.23	0.26	0.27	0.26	0.28	0.32	0.32	0.27	0.22
<b>2013</b>	0.27	0.18	0.28	0.33	0.24	0.27	0.22	0.23	0.34	0.27	0.28	0.29
<b>2014</b>	0.27	0.25	0.33	0.18	0.27	0.22	0.19	0.24	0.27	0.25	0.24	0.21
<b>2015</b>	0.17	0.29	0.21	0.27	0.22	0.21	0.22	0.25	0.28	0.24	0.24	0.19

**Nota:** Los promedios mensuales EVI de los nueve ecosistemas de páramo se detallan en el Anexo 1.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **FASE 2**

Esta fase analiza la variabilidad de precipitación en los páramos del norte de Ecuador durante el período 2000-2015.

### ***3.3.4 Disponibilidad y calidad de datos de precipitación de las estaciones meteorológicas correspondiente al área de estudio***

Los datos de las estaciones meteorológicas para el período 2000-2016 y ubicadas en las seis provincias que abarca el área de estudio (Carchi, Imbabura, Pichincha, Napo, Sucumbíos y Cotopaxi), fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

### 3.3.5 Limitaciones

A partir de las bases de datos del INAMHI se obtuvo registros de 18 estaciones meteorológicas durante el período 2000-2015 (Tabla 3.4), esto se debe a que varias de las estaciones se encuentran inactivas y otras cesaron sus funciones para el año 2016.

**Tabla 3.4** Estaciones meteorológicas correspondientes al área de estudio.

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Provincia</b>
<b>M0002</b>	La Tola	0°13'54" S	78°22'13" W	2480	Pichincha
<b>M0003</b>	Izobamba	0°21'57" S	78°33'18" W	3058	Pichincha
<b>M0004</b>	Rumipamba-Salcedo	1°1'12" S	78°35'41" W	2685	Cotopaxi
<b>M0024</b>	INAMHI-Iñaquito	0°10'42" S	78°29'16" W	2789	Pichincha
<b>M0102</b>	EL Ángel	0°37'8.2" N	77°56'41.4" W	3000	Carchi
<b>M0103</b>	San Gabriel	0°36'15" N	77°49'10" W	2860	Carchi
<b>M0104</b>	Mira-FAO	0°33'11" N	78°1'39" W	2275	Carchi
<b>M0105</b>	Otavalo	0°14'36" N	78°15'0" W	2550	Imbabura
<b>M0120</b>	Cotopaxi-Clirsen	0°37'24" S	78°34'53" W	3510	Cotopaxi
<b>M0122</b>	Pilalo	0°56'50" S	78°59'42" W	2504	Cotopaxi
<b>M0188</b>	Papallacta	0°22'50.2" S	78°7'29" W	3150	Napo
<b>M0362</b>	Las Pampas	0°25'32" S	78°57'54" W	1583	Cotopaxi
<b>M1066</b>	Cotopilalo	0°45'2.9" S	78°42'37.6" W	3250	Cotopaxi
<b>M1094</b>	Tomalón-Tabacundo	0°0'40.1" N	78°15'18.1" W	2790	Pichincha
<b>M1124</b>	Sierrazul	0°40'15" S	77°55'27" W	2240	Napo
<b>M1156</b>	Nayón Granja Santa Ana	0°10'37" S	78°25'37.8" W	2395	Pichincha
<b>M1203</b>	Lumbaqui	0°02'26" N	77°20'2" W	580	Sucumbíos
<b>M1219</b>	Tena	0°55'01" S	77°49'9" W	665	Napo

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016.

La información obtenida es compatible con los productos de la plataforma Microsoft Office. Este formato incluye el encabezado con el nombre de la institución, el tipo de variable (precipitación), nombre de la estación, código, período de disponibilidad, latitud, longitud y altitud.

En la parte de registros se detallan los datos de las sumas mensuales expresada en milímetros (mm) para cada estación. Al final de cada fila también se muestra la suma acumulada por año y una media anual. Por otra parte, la fecha de inicio de toma de datos varía por cada estación, mientras que el límite de disponibilidad de datos coincide para todas las estaciones, es decir, la fecha límite es diciembre del 2015 (Figura 3.6).

Precipitación Total Mensual (mm)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS

NOMBRE: LA TOLA

CODIGO: M002

PERIODO: 1900 - 2015 LATITUD: 06 13' 54" S LONGITUD: 78G 22' 13" W ELEVACION: 2480.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
2000	129.5	145.5	128.3	125.3	144.7	55.8	35.4	2.1	77.3	67.4	59.3	92.3	1062.9	88.5
2001	55.5	60.6	100.0	16.1	35.1	13.5	25.0	0.0	95.7	34.6	109.9	45.4	591.4	49.2
2002	44.7	36.9	129.6	263.8	49.7	36.6	11.6	21.7	49.6	79.9	98.0	99.7	921.8	76.8
2003	40.1	68.9	58.3	149.8	15.0	32.0	10.3	20.8	84.3	85.3	146.3	47.1	758.2	63.1
2004	82.3	27.3	86.2	79.7	47.4	3.4	4.4	0.7	53.8	105.4	177.9	131.0	799.5	66.6
2005	52.8	97.7	75.9	58.7	44.0	29.1	9.1	18.8	20.2	87.0	84.0	79.0	656.3	54.6
2006	42.4	74.8	211.8	168.0	30.9	45.6	4.6	3.0	11.0	101.3	153.0	166.4	1012.8	84.4
2007	69.2	42.5	155.6	141.3	50.7	19.7	3.6	13.1	22.3	143.4	185.1	28.6	875.1	72.9
2008	86.4	148.2	198.6	135.9	131.7	60.2	2.4	22.1	25.4	186.7	73.8	108.4	1179.8	98.3
2009	101.4	48.5	152.9	70.3	46.2	29.7	14.9	0.1	9.9	121.5	55.0	96.6	747.0	62.2
2010	15.9	83.0	12.1	163.4	100.4	40.7	69.6	29.5	79.1	66.4	170.4	107.6	938.1	78.1
2011	34.8	158.9	116.7	233.2	61.4	19.5	46.6	43.3	35.5	77.8	53.1	60.8	941.6	78.4
2012	76.9	59.8	95.1	114.4	16.3	8.2	1.5	2.0	53.3	70.2	235.9	59.8	793.4	66.1
2013	17.8	159.8	73.1	103.1	95.2	0.3	4.5	36.3	24.4	77.9	51.6	49.8	693.8	57.8
2014	66.5	65.7	131.4	36.3	116.0	10.7	0.8	0.4	46.9	130.5	44.5	49.3	699.0	58.2
2015	54.2	78.5	123.1	57.3	33.0	2.0	16.8	2.0	16.8	123.7	45.2	2.5	555.1	46.2

**Nota:** Los datos mensuales de precipitación obtenidas del INAMHI se detallan en el Anexo 2.

**Figura 3.6** Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica M002 “La Tola”.

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016.

### 3.3.6 Consideraciones para validación de datos meteorológicos

Los registros de datos atmosféricos pueden ser de diversos orígenes (estatales, privados, inclusive militares). En este caso, los datos obtenidos del INAMHI se encuentran incompletos, ya que para algunas estaciones los registros no se han llevado de manera constante. Esto sin duda influye en la calidad y cobertura temporal de información.

Para la selección de estaciones con datos adecuados en esta investigación se toma en cuenta dos requisitos: temporalidad y continuidad. Por temporalidad, se refiere a que existan datos desde el año 2000 hasta el año 2015, y por continuidad, que los datos disponibles no presenten vacíos en los meses de registro. Esta parte de la investigación es importante dado a que hay que elegir entre tener abundantes registros en un período más corto al planteado en los objetivos, pero con una abundante cobertura espacial de las estaciones, o por el contrario obtener períodos apropiados con los objetivos planteados, pero con una limitación espacial reducida, debido a que no todas las estaciones podrán cumplir con los parámetros de temporalidad y continuidad.

Sin embargo, aunque varias estaciones no tengan un 100% de registros desde el año 2000 al 2015 se puede hacer un ajuste para los meses faltantes. Los ajustes para relleno de datos en meses sin registros es una técnica muy empleada para poder contar con una mayor fuente de información. Esta técnica de relleno de datos faltantes también tiene

consideraciones o condiciones, esto se basa en el porcentaje de datos faltantes según el período que se tenga como referencia. Estudios realizados en el altiplano peruano señalan que el límite de aceptación de datos faltantes para completar datos atmosféricos en diferente escala o unidad no debe exceder el 25% del total de datos (Carbajal et al., 2010).

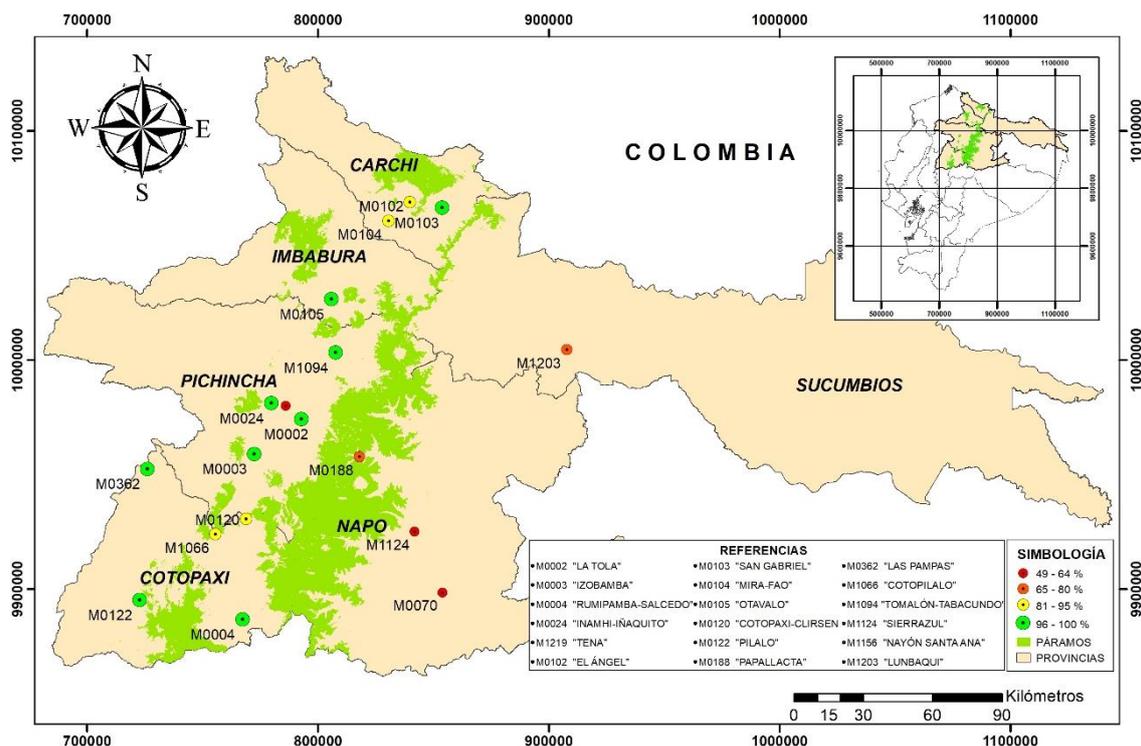
El cálculo de porcentajes de datos disponibles se realizó con una simple regla de tres. Tomando en cuenta que desde enero del año 2000 a diciembre del 2015 transcurren 192 meses, es decir, 192 registros de precipitación que son la base para generar los porcentajes de ausencia de datos para cada estación meteorológica (Tabla 3.5).

**Tabla 3.5** Porcentajes de datos disponibles de las estaciones meteorológicas.

<b>Código</b>	<b>Estaciones Meteorológicas</b>	<b>Meses totales</b>	<b>Meses con registro</b>	<b>Meses sin registro</b>	<b>Datos disponibles%</b>
<b>M0002</b>	La Tola	192	192	0	100.00
<b>M0003</b>	Izobamba	192	192	0	100.00
<b>M0004</b>	Rumipamba-Salcedo	192	192	0	100.00
<b>M0024</b>	INAMHI-Iñaquito	192	189	3	98.44
<b>M0102</b>	EL Ángel	192	173	19	90.10
<b>M0103</b>	San Gabriel	192	192	0	100.00
<b>M0104</b>	Mira-FAO	192	165	27	85.94
<b>M0105</b>	Otavalo	192	192	0	100.00
<b>M0120</b>	Cotopaxi-Clirsen	192	155	37	80.73
<b>M0122</b>	Pilalo	192	185	7	96.35
<b>M0188</b>	Papallacta	192	138	54	71.88
<b>M0362</b>	Las Pampas	192	187	5	97.40
<b>M1066</b>	Cotopilalo	192	177	15	92.19
<b>M1094</b>	Tomalón-Tabacundo	192	192	0	100.00
<b>M1124</b>	Sierrazul	192	104	88	54.17
<b>M1156</b>	Nayón Granja Sta Ana	192	104	88	54.17
<b>M1203</b>	Lumbaqui	192	145	47	75.52
<b>M1219</b>	Tena	192	95	97	49.48

**Fuente:** Elaboración propia.

Posteriormente, se realizó un análisis de los datos faltantes, de lo que se obtiene un mapa con la distribución de las estaciones meteorológicas en las seis provincias de estudio. En la Figura 3.7 se observa que las estaciones cuyos datos tienen rangos del 49 al 64% de los 192 meses se ilustran de color rojo, estaciones con rangos de 65 al 80% presentan un tono verde, estaciones con rangos del 81 al 95% tienen coloración celeste y estaciones con rangos de 96 al 100% de datos completos se simbolizan con coloración amarilla.



**Figura 3.7** Mapa de disponibilidad de datos de precipitación por estación meteorológica.

**Fuente:** Elaboración propia.

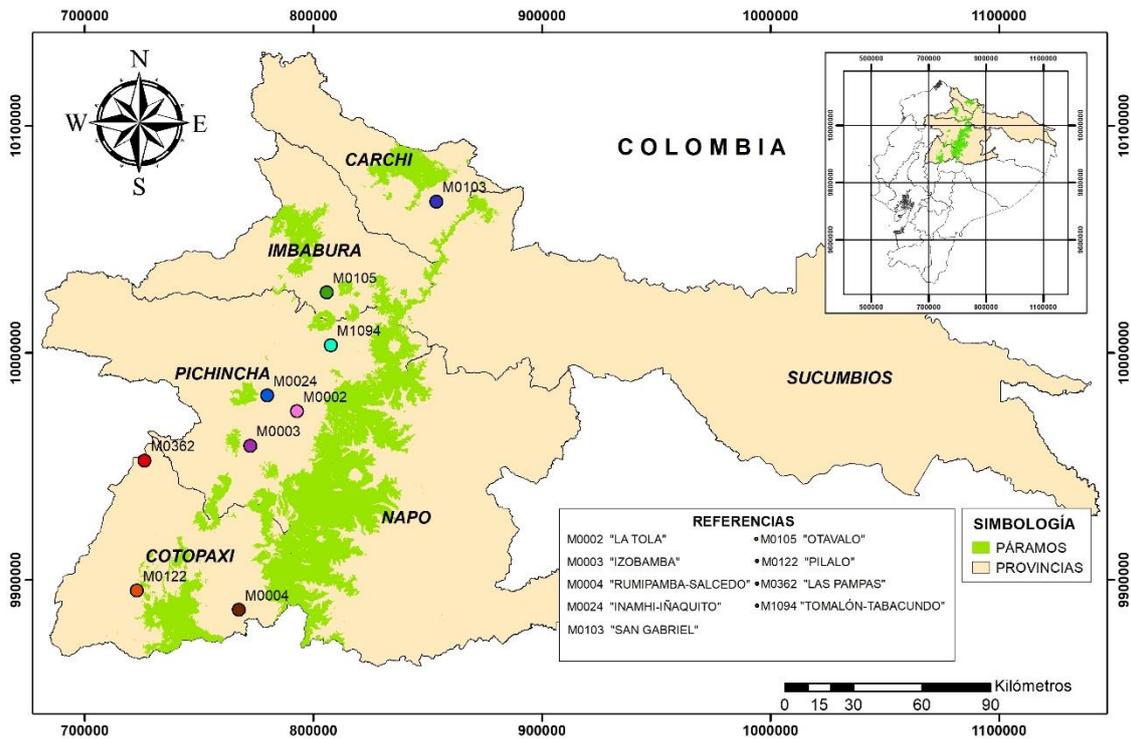
Los porcentajes que se expresaron tanto en la Tabla 3.5 como en la Figura 3.7 señalan claramente aquellas estaciones que mantienen un umbral de ausencia superior al 25% de total. Sin embargo, la disposición de los meses faltantes es determinante para poder llenar registros en la siguiente etapa. Un nivel de aceptación de 25% significa 4 años, es decir 48 meses sin registros. La agrupación de estas ausencias hace necesario aplicar este parámetro de 25% de aceptación, pero en período inferior. Este análisis permitió avalar o descartar que estaciones fueron tomados en cuenta para el estudio (Tabla 3.6).

**Tabla 3.6** Estaciones meteorológicas consideradas para el área de estudio.

Código	Estaciones Meteorológicas	Meses totales	Meses de registro	Meses sin registro	Datos disponibles %
M0002	La Tola	192	192	0	100.00
M0003	Izobamba	192	192	0	100.00
M0004	Rumipamba-Salcedo	192	192	0	100.00
M0024	INAMHI-Iñaquito	192	189	3	98.44
M0103	San Gabriel	192	192	0	100.00
M0105	Otavalo	192	192	0	100.00
M0122	Pilalo	192	185	7	96.35
M0362	Las Pampas	192	187	5	97.40
M1094	Tomalón-Tabacundo	192	192	0	100.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Las nueve estaciones meteorológicas consideradas cumplen con los parámetros de temporalidad y continuidad (Figura 3.8).



**Figura 3.8** Estaciones meteorológicas consideradas para el estudio.

Para las estaciones que presentan meses sin registros se emplea un llenado de datos por medio de la descarga de datos mensuales del TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) expresados en milímetros (mm), para posteriormente correlacionar los datos de precipitación mensual del INAMHI y TRMM. Según Fernández (2010), en su estudio

“Modelación del balance del glaciar 15α del volcán Antisana usando el software WEAP” los datos de precipitación obtenidos del TRMM son coherentes con los registros proporcionados por el INAMHI, los picos y patrones tienen buena correlación, a diferencia de la precipitación estimada por medio de otros modelos climáticos.

Los datos mensuales de precipitación TRMM para las nueve estaciones del INAMHI se encuentran en el Anexo 3.

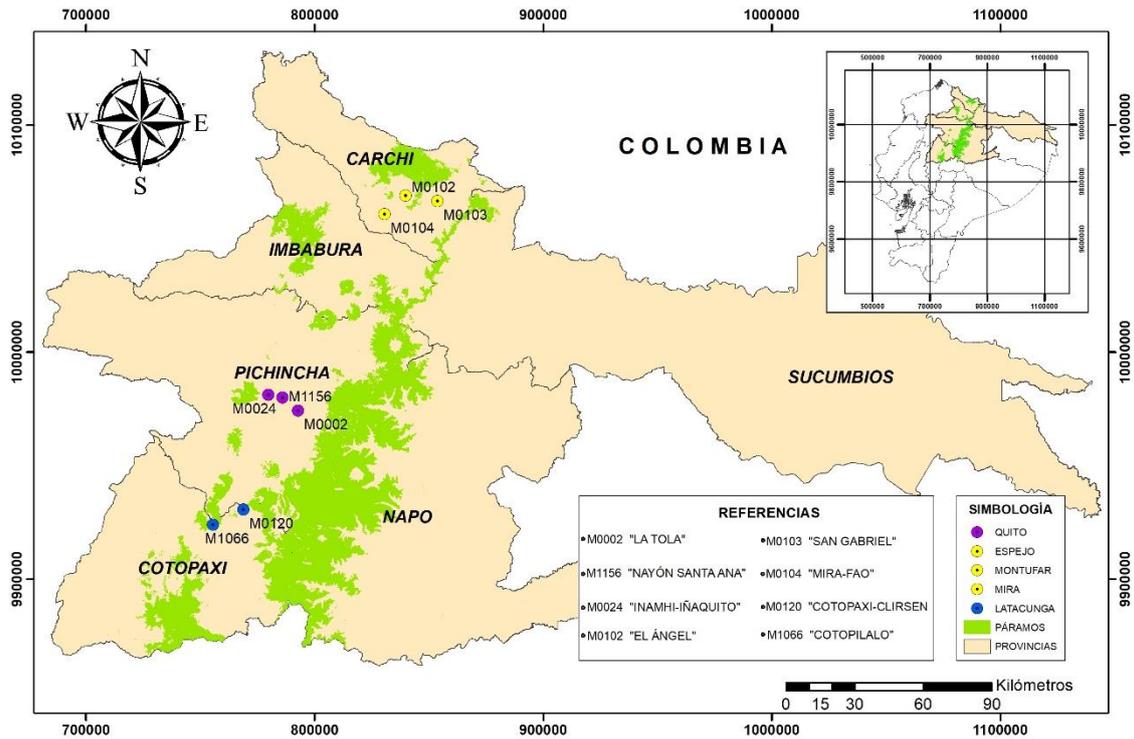
### ***3.3.7 Correlación entre datos de precipitación y TRMM***

Para determinar la correlación entre los datos de precipitación y TRMM se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Este coeficiente expresa el grado de dependencia u orden de dos variables, siendo positivo o negativo. La forma de interpretación es mediante diagramas de dispersión. El valor puede oscilar de -1 a 1. Los valores próximos a estas cifras representan una alta correlación o dependencia entre las variables, mientras que los valores cercanos a 0 se entienden como nula dependencia (Morales, 2011)

- ***Atributos de los datos INAMHI y TRMM***

La unidad para los registros de precipitación obtenidos por parte del INAMHI se da en milímetros. Cada milímetro de lluvia significa que en una superficie de 1m<sup>2</sup> la lámina de agua tiene una altura de 1mm. Al ser una toma de datos manual y directa, sus registros son muy precisos. Por otra parte, la obtención de datos TRMM es por medio de un sensor microondas, por consiguiente, posee una resolución espacial gruesa. Estos datos se encuentran en una resolución espacial de 0.25° grados.

Un grado de latitud equivale a 111km, mientras que un grado longitud corresponde a 111.32km. Por esta razón, tomando en cuenta que la resolución es una fracción de grado (un cuarto) se puede decir que la resolución de cada celda de información es de una superficie de 770.06km<sup>2</sup> aproximadamente. Por ende, en cada estación se descargó datos dependiendo de la ubicación de cada una, y en caso de que haya estaciones cercanas entre sí, los datos del TRMM fueron los mismos. Estos casos se dieron en ocho estaciones meteorológicas agrupadas de la siguiente manera: La Tola, Inamhi-Iñaquito, Nayón Granja Santa Ana; El Ángel, San Gabriel, Mira-FAO, Cotopaxi-Clirsen y Cotopilalo (Figura 3.9). La distancia entre estos cúmulos de estaciones cercanas no supera los 24km entre sí.



**Figura 3.9** Estaciones meteorológicas cercanas con mismo valor TRMM.

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez asignado los datos TRMM con las nueve estaciones meteorológicas (Tabla 5), se realizó una regresión lineal, que consiste en observar la relación de un diagrama o nube de puntos de las dos variables de precipitación que se expresa en mm/mes. Así mismo, se obtiene una ecuación de ajuste y un coeficiente de correlación  $R^2$ . Conforme este valor se aproxime a 1 o -1 significa una correlación perfecta, valores cercanos a 0 significa correlación nula o escasa dependencia entre las variables de precipitación.

Para el cálculo de los valores de  $R^2$  y la ecuación de ajuste se usó el Software Excel, con las variables de precipitación del INAMHI y TRMM se obtiene de manera anual la correlación. Ubicando la variable TRMM en el eje  $x$  se obtuvo datos desde el año 2000 al 2015 para las nueve estaciones del área de estudio (Tabla 3.7).

**Tabla 3.7** Correlación lineal de la estación meteorológica M0002 “La Tola” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.91	$0.6281x + 6.05$
<b>2001</b>	0.43	$0.5433x - 3.05$
<b>2002</b>	0.71	$1.1733x - 56.85$
<b>2003</b>	0.80	$0.8264x - 29.14$
<b>2004</b>	0.53	$0.9347x - 27.47$
<b>2005</b>	0.64	$0.4893x + 2.80$
<b>2006</b>	0.79	$1.0994x - 41.72$
<b>2007</b>	0.75	$0.8523x - 40.24$
<b>2008</b>	0.63	$0.7923x - 9.26$
<b>2009</b>	0.59	$0.742x - 6.10$
<b>2010</b>	0.54	$0.7178x - 5.48$
<b>2011</b>	0.74	$0.9469x - 27.02$
<b>2012</b>	0.48	$0.7252x - 6.41$
<b>2013</b>	0.83	$0.8324x - 18.40$
<b>2014</b>	0.67	$0.8345x - 23.03$
<b>2015</b>	0.50	$0.7639x - 24.29$

**Nota:** Las tablas con las correlaciones lineales y ecuaciones de ajuste se detallan en el Anexo 4.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para rellenar los registros de las estaciones meteorológicas cuyos datos faltantes no superan el 25% del total, se realizó con la ecuación de ajuste una sustitución de la variable “x” con los datos correspondientes al TRMM. De este modo los meses se completan para finalmente obtener 192 registros en las nueve estaciones de estudio.

Las tablas con los datos rellenos de las estaciones meteorológicas se encuentran en el Anexo 5.

### **FASE 3**

Esta fase determina la correlación entre la variabilidad del ecosistema páramo y los fenómenos climáticos (El Niño y La Niña).

#### ***3.3.8 Correlación entre la variabilidad del ecosistema páramo (EVI) y los fenómenos climáticos ENOS***

Para conocer la respuesta de la vegetación del páramo debido a los fenómenos climáticos se procedió a realizar una regresión lineal mediante el coeficiente de correlación de

Pearson. Por esta razón, los datos del EVI son promediados para que exista una relación entre dos variables aleatorias cuantitativas.

- ***Índice Multivariado ENOS (MEI)***

Este índice se localiza en la región 3.4 y sirve para estudiar y predecir la intensidad de los eventos ENOS (Centro Nacional de Investigación Atmosférica, 2017). Para adquirir los datos bimensuales del índice MEI se ingresó al portal web: NOAA <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html>. Dichos valores vienen comprendidos en valores negativos que corresponde al fenómeno La Niña y valores positivos correspondientes al fenómeno El Niño (Tabla 3.8).

**Tabla 3.8** Valores bimensuales del MEI durante el período 2000-2016.

<b>Año</b>	<b>Dic- Ene</b>	<b>Ene- Feb</b>	<b>Feb- Mar</b>	<b>Mar- Abr</b>	<b>Abr- May</b>	<b>May- Jun</b>	<b>Jun- Jul</b>	<b>Jul- Ago</b>	<b>Ago- Sep</b>	<b>Sep- Oct</b>	<b>Oct- Nov</b>	<b>Nov- Dec</b>
<b>2000</b>	-1.16	-1.21	-1.11	-0.48	0.17	-0.05	-0.18	-0.15	-0.23	-0.39	-0.71	-0.55
<b>2001</b>	-0.50	-0.67	-0.57	-0.09	0.23	0.01	0.27	0.34	-0.17	-0.28	-0.16	0.03
<b>2002</b>	-0.03	-0.18	-0.14	0.40	0.85	0.91	0.69	1.02	0.91	1.00	1.08	1.14
<b>2003</b>	1.20	0.94	0.83	0.37	0.11	0.10	0.14	0.32	0.48	0.52	0.54	0.35
<b>2004</b>	0.32	0.36	-0.06	0.29	0.54	0.27	0.54	0.63	0.57	0.51	0.82	0.67
<b>2005</b>	0.31	0.81	1.06	0.64	0.84	0.59	0.49	0.35	0.32	-0.17	-0.38	-0.58
<b>2006</b>	-0.44	-0.41	-0.53	-0.62	0.01	0.53	0.69	0.76	0.82	0.96	1.32	1.00
<b>2007</b>	1.01	0.54	0.11	0.02	0.25	-0.22	-0.29	-0.44	-1.18	-1.22	-1.12	-1.13
<b>2008</b>	-0.97	-1.36	-1.58	-0.87	-0.37	0.13	0.05	-0.27	-0.55	-0.69	-0.50	-0.61
<b>2009</b>	-0.71	-0.68	-0.68	-0.11	0.36	0.82	1.04	1.07	0.74	0.91	1.09	1.04
<b>2010</b>	1.15	1.52	1.43	0.95	0.64	-0.33	-1.16	-1.68	-1.87	-1.90	-1.52	-1.53
<b>2011</b>	-1.65	-1.53	-1.51	-1.39	-0.29	-0.08	-0.23	-0.52	-0.77	-0.93	-0.89	-0.91
<b>2012</b>	-1.00	-0.67	-0.38	0.13	0.75	0.84	1.10	0.62	0.34	0.08	0.21	0.08
<b>2013</b>	0.07	-0.12	-0.13	0.07	0.15	-0.17	-0.36	-0.48	-0.13	0.13	-0.03	-0.26
<b>2014</b>	-0.29	-0.24	0.03	0.25	0.98	0.98	0.88	0.95	0.59	0.44	0.77	0.61
<b>2015</b>	0.42	0.47	0.67	0.97	1.58	2.05	1.95	2.37	2.53	2.24	2.31	2.12
<b>2016</b>	2.20	2.12	1.96	2.07	1.70	1.00	0.31	0.18	-0.10	-0.38	-0.21	-0.12

**Fuente:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017.

Por último, al tener todos los valores bimensuales del MEI se correlaciona con los promedios mensuales del EVI para el período 2000-2016.

- ***Temperatura Superficial del Mar (SST)***

Los datos SST (Sea Surface Temperature) son valores que representan las anomalías de temperatura del agua cerca de la superficie del mar para la Región Niño 1+2, ubicado en

la parte oriental del Océano Pacífico, bordeando el litoral del norte del Perú y Ecuador (incluyendo las islas Galápagos). Este índice se caracteriza por tener los mayores registros de oscilación de la temperatura superficial (Centro Nacional de Investigación Atmosférica, 2017). Dichos datos se obtuvieron a través de la página oficial de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>, y se encuentran comprendidos en valores positivos que indican temperaturas superiores a las normales y valores negativos que indican temperaturas inferiores a las normales en un mes (Tabla 3.9).

**Tabla 3.9** Anomalías de la temperatura superficial del mar en el período 2000-2015.

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	-0.60	-0.36	-0.33	0.37	-0.10	-0.57	-1.01	-0.55	-0.42	-0.45	-0.99	-0.57
2001	-0.58	-0.16	0.92	1.22	-0.43	-1.08	-0.72	-0.75	-0.97	-1.30	-1.10	-0.83
2002	-0.82	-0.01	1.01	1.06	0.60	-0.15	-0.59	-0.71	-0.47	0.34	0.66	0.65
2003	-0.08	-0.26	-0.55	-1.03	-1.71	-1.24	-0.85	-0.51	-0.36	0.17	0.33	0.20
2004	0.14	-0.26	-0.58	-0.15	-1.15	-1.22	-0.89	-1.03	-0.29	0.10	0.37	0.15
2005	0.01	-0.58	-0.92	-0.57	0.20	-0.35	-0.42	-0.04	-0.65	-1.10	-0.97	-0.50
2006	-0.13	0.39	0.25	-1.32	-0.34	-0.05	0.59	0.94	1.07	1.40	1.10	0.66
2007	0.53	0.17	-0.78	-1.17	-1.47	-1.23	-1.33	-1.49	-1.79	-2.02	-2.10	-1.77
2008	-0.60	0.25	0.78	0.42	0.21	0.73	1.03	1.14	0.83	-0.07	-0.15	-0.36
2009	-0.10	-0.11	-0.26	0.37	0.56	0.85	1.02	1.00	0.47	0.17	0.51	0.35
2010	0.30	-0.06	-0.40	0.45	0.00	-0.27	-1.54	-1.37	-1.44	-1.73	-1.56	-1.34
2011	-0.44	0.08	-0.43	0.16	0.62	0.85	0.45	0.00	-0.59	-0.60	-0.80	-0.96
2012	-0.64	0.16	0.27	1.30	1.20	1.59	0.99	0.35	0.49	-0.11	-0.38	-0.68
2013	-0.52	-0.41	0.07	-0.86	-1.38	-1.40	-1.33	-0.98	-0.57	-0.63	-0.54	-0.20
2014	0.27	-0.75	-0.78	-0.37	1.30	1.64	1.36	1.27	0.96	0.75	0.74	0.08
2015	-0.39	-0.55	0.06	1.35	2.43	2.54	2.87	2.24	2.57	2.52	2.24	2.19

**Fuente:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017.

Finalmente, los datos de anomalías SST se correlaciona con los datos mensuales de precipitación de las nueve estaciones meteorológicas del área de estudio para el período 2000-2015.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Dinámica temporal de los páramos en el norte de Ecuador

Al analizar la dinámica temporal durante los diecisiete años de estudio mediante el índice de vegetación EVI, se evidenció como los páramos del norte de Ecuador han ido variando año tras año. Los cambios producidos en este ecosistema se deben a diferentes factores climáticos (lluvia, humedad, temperatura, viento, entre otras cosas), influencia de perturbaciones amazónicas, influencia de corrientes marinas como los fenómenos de El Niño y La Niña o períodos estacionales de la región.

A pesar de que el cambio en la vegetación del ecosistema se debe a diferentes factores climáticos, los períodos estaciones (lluvioso y seco) son los factores que más inciden o influyen en la vegetación del páramo. Por tal razón, en los meses de enero a mayo y octubre a diciembre (períodos de estacionalidad lluviosa), la respuesta espectral de vegetación fue vigorosa debido al incremento de precipitaciones; mientras que en los meses de junio a septiembre (período de estacionalidad seca), la vegetación disminuye su vigorosidad debido a que el régimen de precipitaciones disminuye.

Sin embargo, en los años 2008 y 2009, tiempo en el que se presentó el fenómeno La Niña de intensidad fuerte (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017), hubo un incremento de precipitación en la región interandina, por consiguiente, la respuesta espectral de la vegetación fue vigorosa. Por otro lado, en los años 2014 y 2015, tiempo donde se presentó el fenómeno El Niño de intensidad fuerte, la precipitación disminuyó, por lo tanto, la vegetación pierde su vigorosidad en el ecosistema.

Montealegre y Pabón (2000) manifestaron que, al presentarse los fenómenos ENOS con intensidad fuerte en la región interandina, el régimen de lluvias se altera, por lo que existe tendencia a un aumento o disminución de precipitación, conllevando a constantes cambios en la vegetación. Pese a eso, no existe un patrón definido que permita conocer con exactitud el impacto que genera estos fenómenos en un área determinada de la región.

La serie temporal del índice de vegetación EVI durante el período 2000-2016 se encuentra en el Anexo 6.

### 4.1.1 Comportamiento del índice de vegetación EVI de los páramos en el norte de Ecuador durante una variabilidad climática

Para conocer la respuesta espectral de la vegetación en los páramos del norte de Ecuador, se analizó la serie temporal del índice de vegetación EVI en los años que existió alguna variabilidad climática. Por tal razón, se comparó la serie temporal durante un año normal y un fenómeno climático, y en los años donde ocurrió dos fenómenos climáticos seguidos.

- **Año Normal – Fenómeno El Niño**

Para el año 2001 (Figura 4.1), correspondiente a un año normal, se evidenció que la respuesta espectral de la vegetación es óptima a lo largo de todo el año. Esto se debe a los períodos estacionales propios de la región. Por tal razón en los meses de enero a mayo y octubre a diciembre, el estado de la vegetación es vigoroso debido al aumento de precipitaciones relacionado a los dos períodos lluviosos que se presentaron en ese año. Por otro lado, en los meses de junio a septiembre el estado de la vegetación pierde vitalidad, especialmente en la cordillera oriental de los Andes, esto se debe a la falta de precipitación referente al período seco de la región.

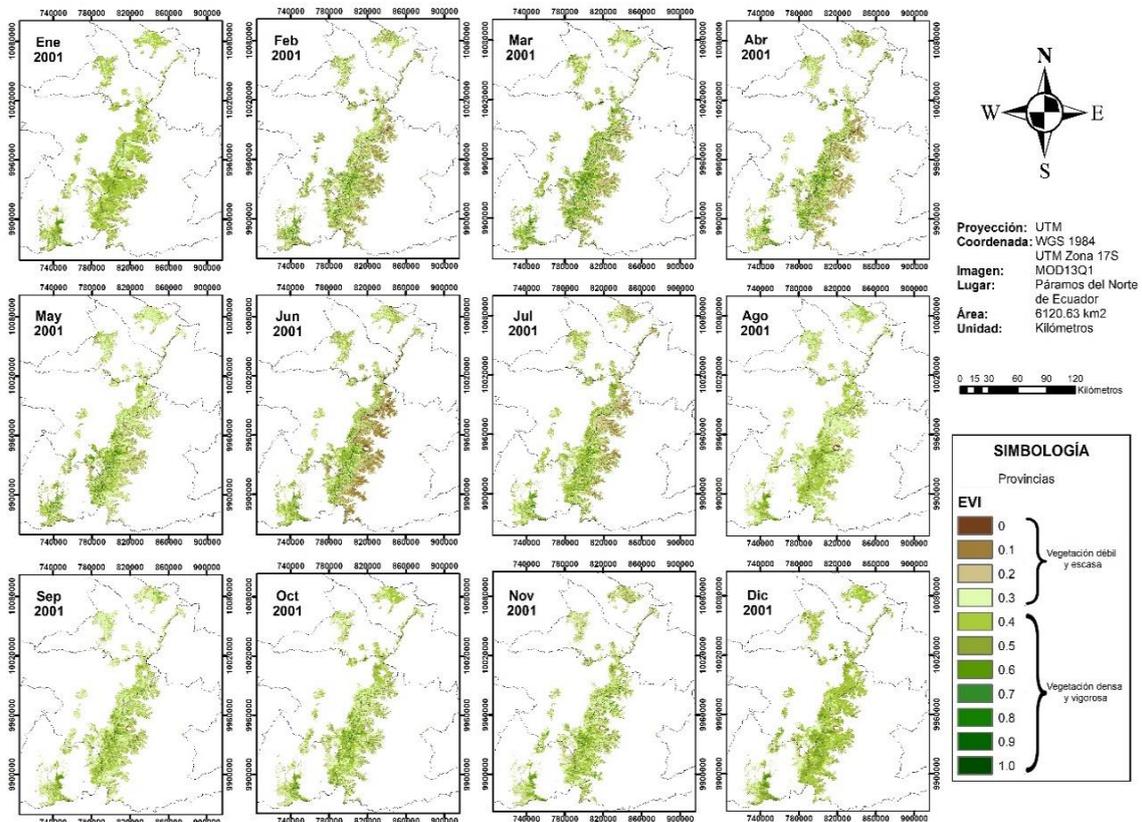
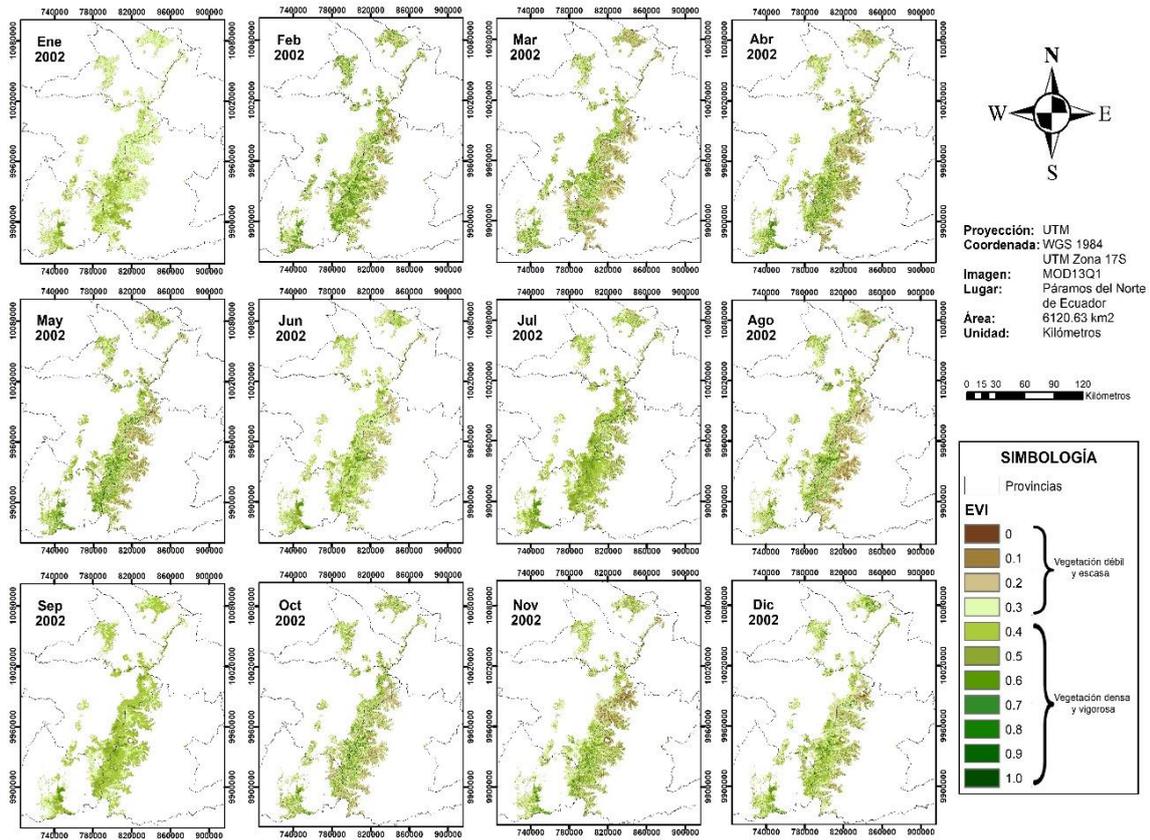


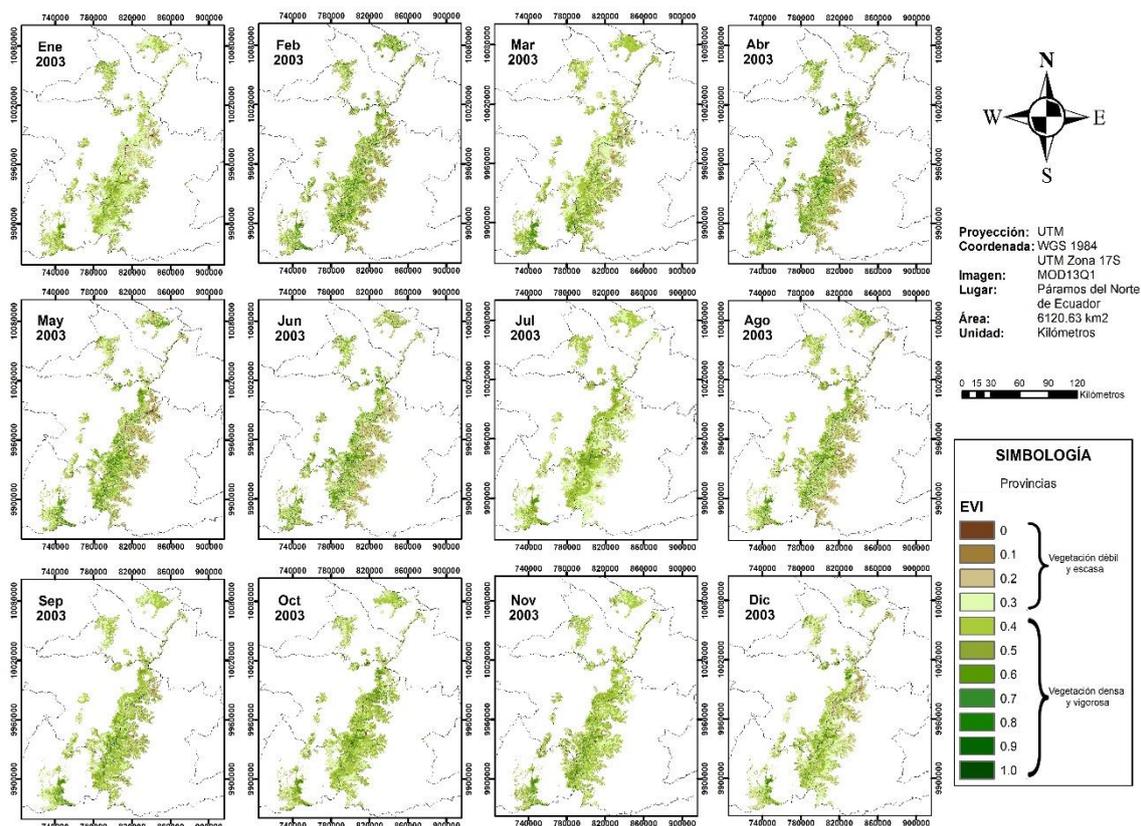
Figura 4.1 Mapas del índice EVI correspondientes al año 2001 (año normal).

En el año 2002 (Figura 4.2) se observa que la respuesta espectral de la vegetación varía en todo el año, esto se debe a la alteración del régimen de precipitaciones que se presentó durante ese período (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2002). Por lo cual, en los meses de junio a septiembre la vegetación varía debido al aumento y disminución de lluvias en un período de estacionalidad seca.



**Figura 4.2** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2002 (El Niño).

En el año 2003 (Figura 4.3) la respuesta espectral de la vegetación es óptima, relacionándose con los períodos estacionales propios de la región (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2003). Por tal razón, en los meses de enero a mayo y septiembre a diciembre, el régimen de lluvias aumenta debido a los dos períodos lluviosos, dando una vegetación vigorosa. Por otra parte, en los meses de junio a agosto, la vegetación pierde vitalidad debido a la disminución de precipitaciones que se presenta durante el período seco.

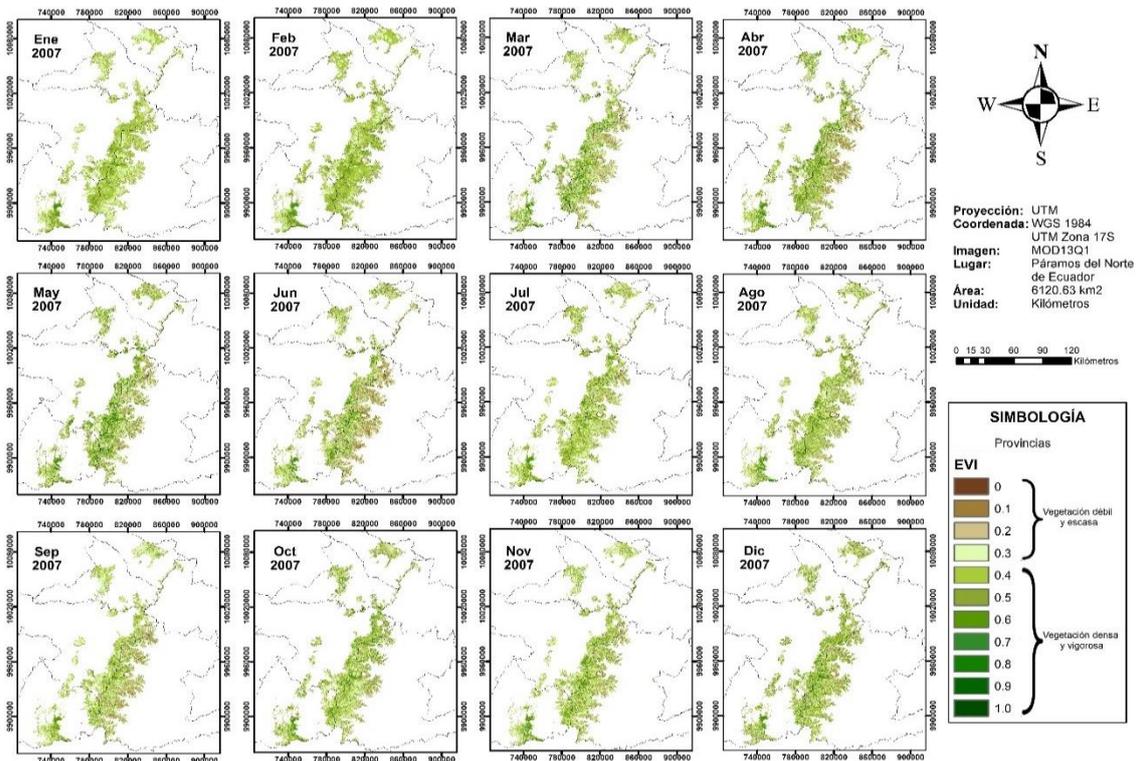


**Figura 4.3** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2003 (El Niño).

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (2017), desde mayo del 2002 (Figura 4.2) hasta abril del 2003 (Figura 4.3) se presentó un fenómeno de El Niño con una intensidad de débil a moderada en la Región Niño 3.4. Durante ese tiempo, la respuesta espectral de la vegetación en el área de estudio fue irregular debido al aumento y disminución de lluvias. Sin embargo, esto no se debe a causa de una variabilidad climática (fenómenos ENOS), sino a factores climáticos propios de la región.

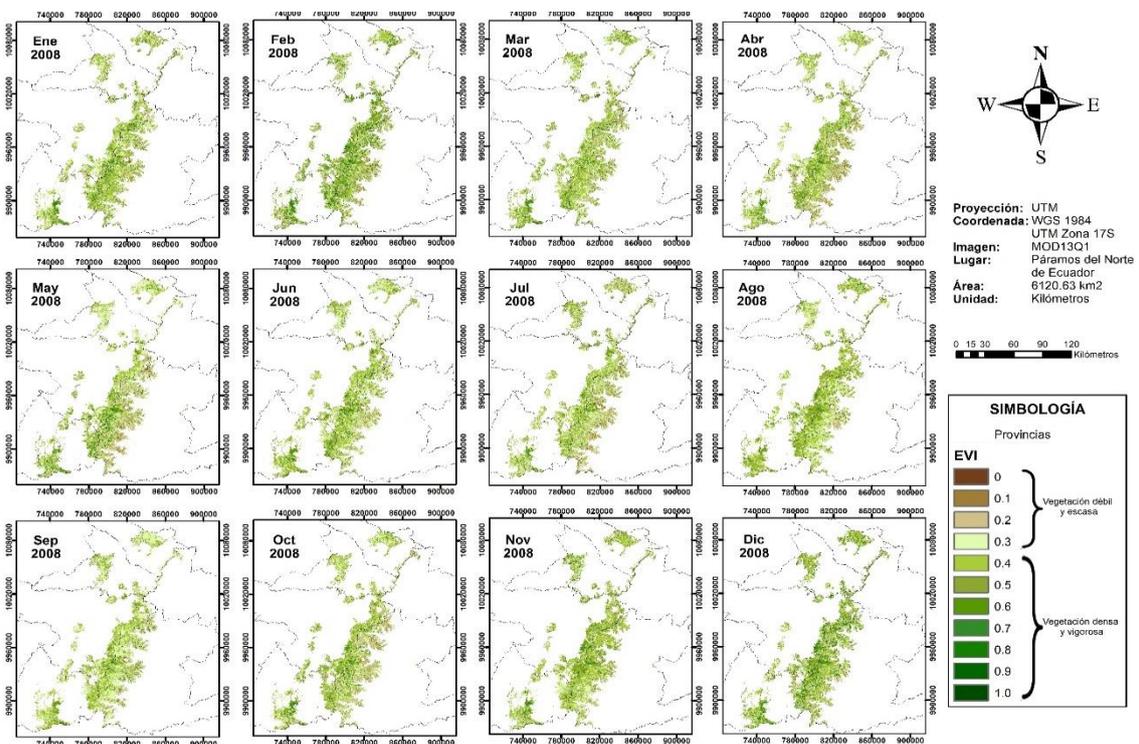
- ***Fenómeno El Niño y Fenómeno La Niña***

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (2017) desde enero a mayo del año 2007 (Figura 4.4) se evidenció el fenómeno El Niño de intensidad moderada. Durante ese tiempo el estado de la vegetación en la zona de estudio fue vigorosa, sin embargo, el régimen de precipitaciones que se presentó se relaciona al período lluvioso de la región (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007). Así mismo, desde junio a diciembre del mismo año se presentó el fenómeno de La Niña de intensidad fuerte. Palacios (2014) indicó que hubo un aumento en la precipitación durante ese tiempo, por consiguiente, el estado de la vegetación fue vigorosa.



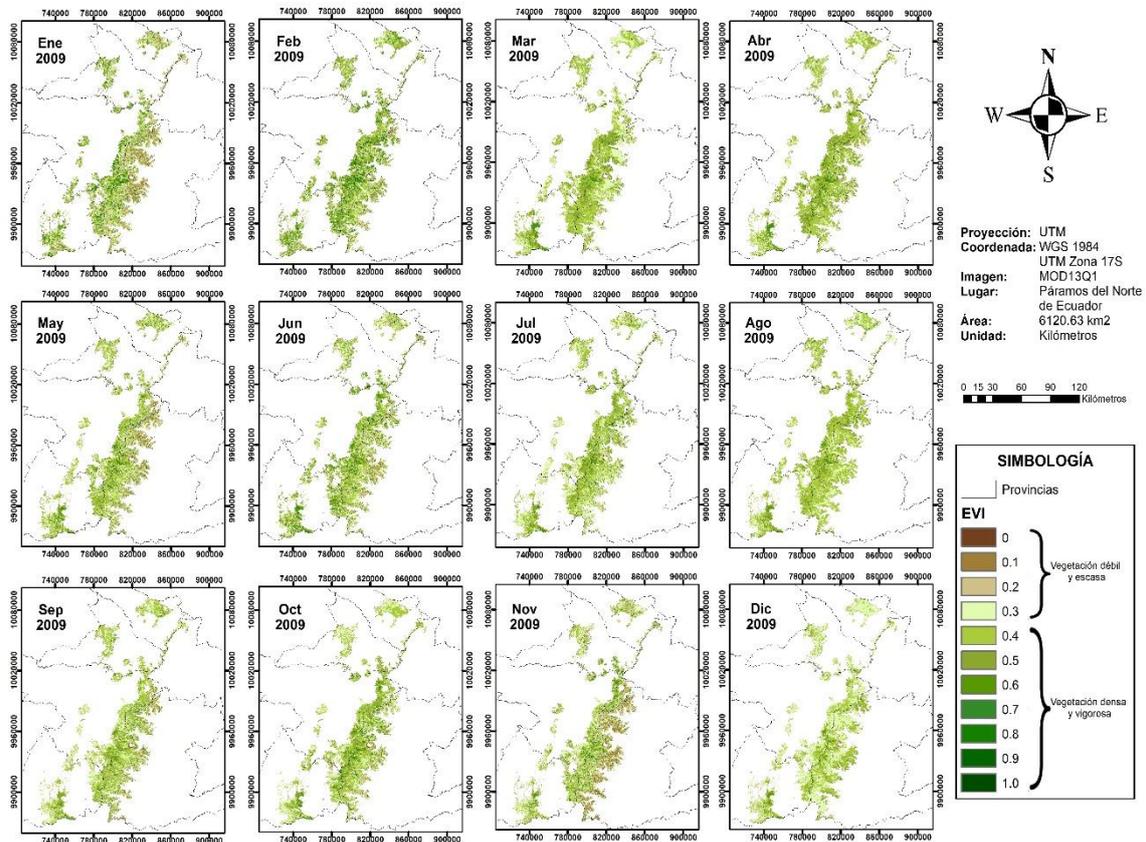
**Figura 4.4** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2007 (El Niño-La Niña).

En el año 2008 (Figura 4.4) continuo el fenómeno de La Niña de intensidad fuerte. Por lo tanto, el estado de la vegetación en la zona de estudio es vigorosa debido al aumento de la precipitación en la región (Palacios, 2014).



**Figura 4.5** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2008 (La Niña).

De igual manera, desde enero a abril del 2009 (Figura 4.6) continuó el fenómeno de La Niña de intensidad fuerte, con incrementos en la precipitación. Sin embargo, desde mayo a diciembre el régimen de precipitaciones es irregular (Palacios, 2014). Por tal razón, la respuesta espectral de la vegetación varía durante este período de tiempo.



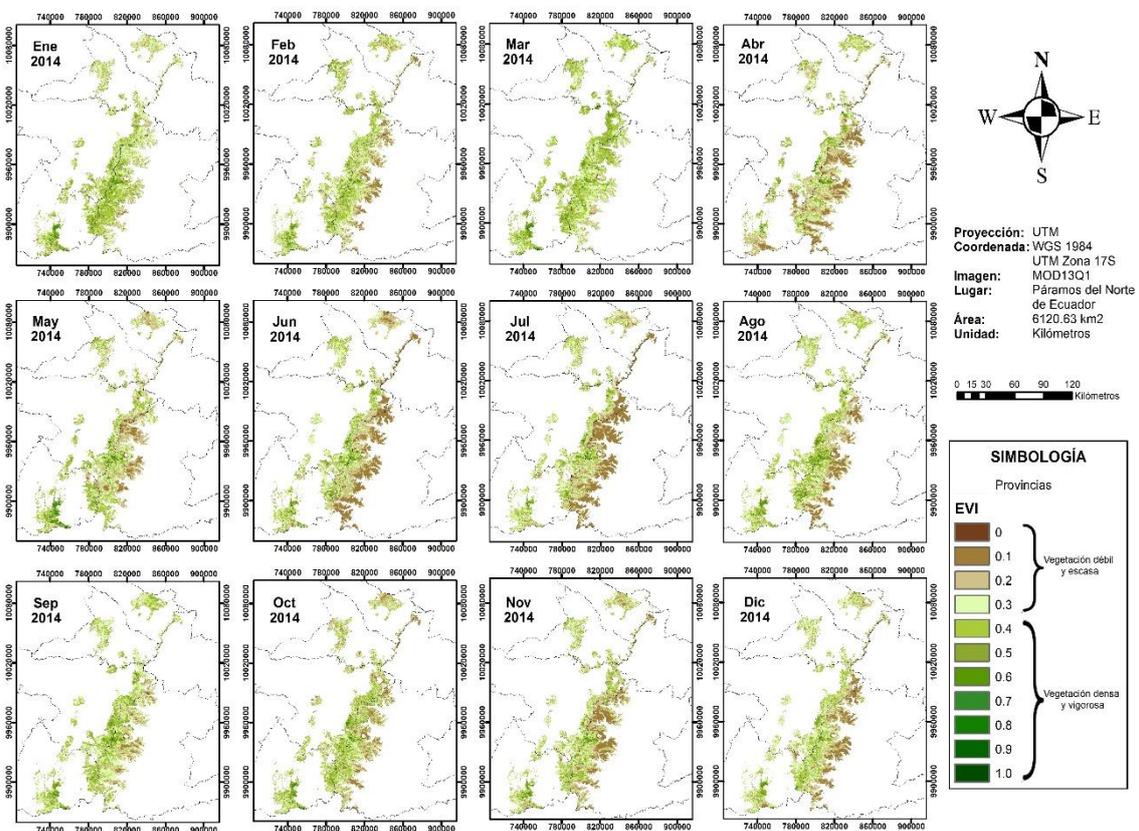
**Figura 4.6** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2009 (La Niña).

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (2017), desde junio del año 2007 hasta abril del 2009 se presentó un fenómeno de La Niña de intensidad fuerte en la Región Niño 3.4. En la región interandina las precipitaciones presentaron incrementos porcentuales desde mediados del 2007 a mediados del 2009 (Palacios, 2014). Por tal razón, durante ese lapso se evidenció que el estado de la vegetación fue vigorosa pese a los períodos estacionales de la región. No obstante, la vegetación en ciertos meses pierde su viveza, especialmente en la cordillera oriental, debido a que se presentó incrementos y decrementos de precipitación en la región amazónica (World AgroMeteorological Information Service, 2017).

El mapa temporal del índice de vegetación EVI durante el fenómeno de La Niña de intensidad fuerte se encuentra en el Anexo 7.

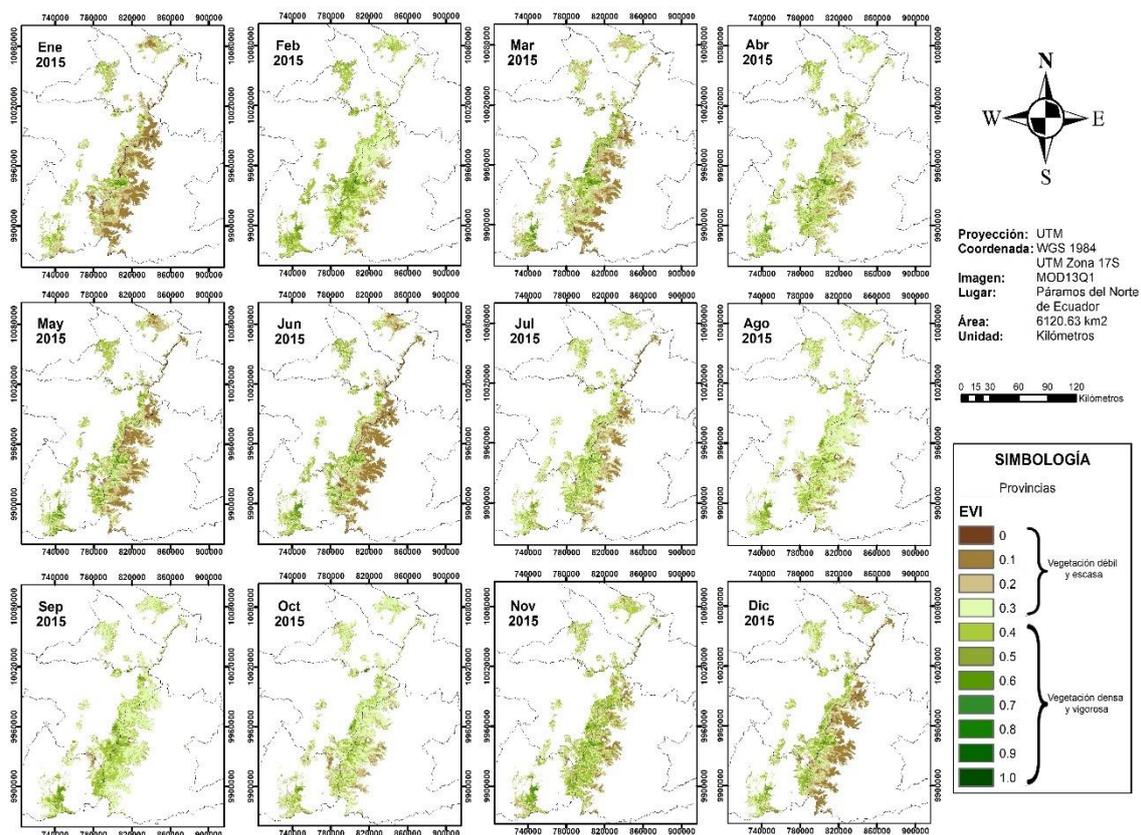
- **Fenómeno La Niña y Fenómeno El Niño**

Para el año 2014 (Figura 4.7), la respuesta espectral de la vegetación varía debido a las anómalas precipitaciones a causa de fenómenos climáticos. Por lo tanto, desde enero a abril, meses donde se presentó el fenómeno de La Niña de intensidad débil (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017), la respuesta espectral de la vegetación fue irregular debido a los incrementos y decrementos porcentuales de precipitación que existió en la región interandina y oriental (Palacios, 2014). Sin embargo, desde mayo a diciembre se presentó el fenómeno de El Niño de intensidad fuerte, durante ese período, la respuesta espectral de la vegetación pierde vitalidad debido a la falta de precipitación (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014).



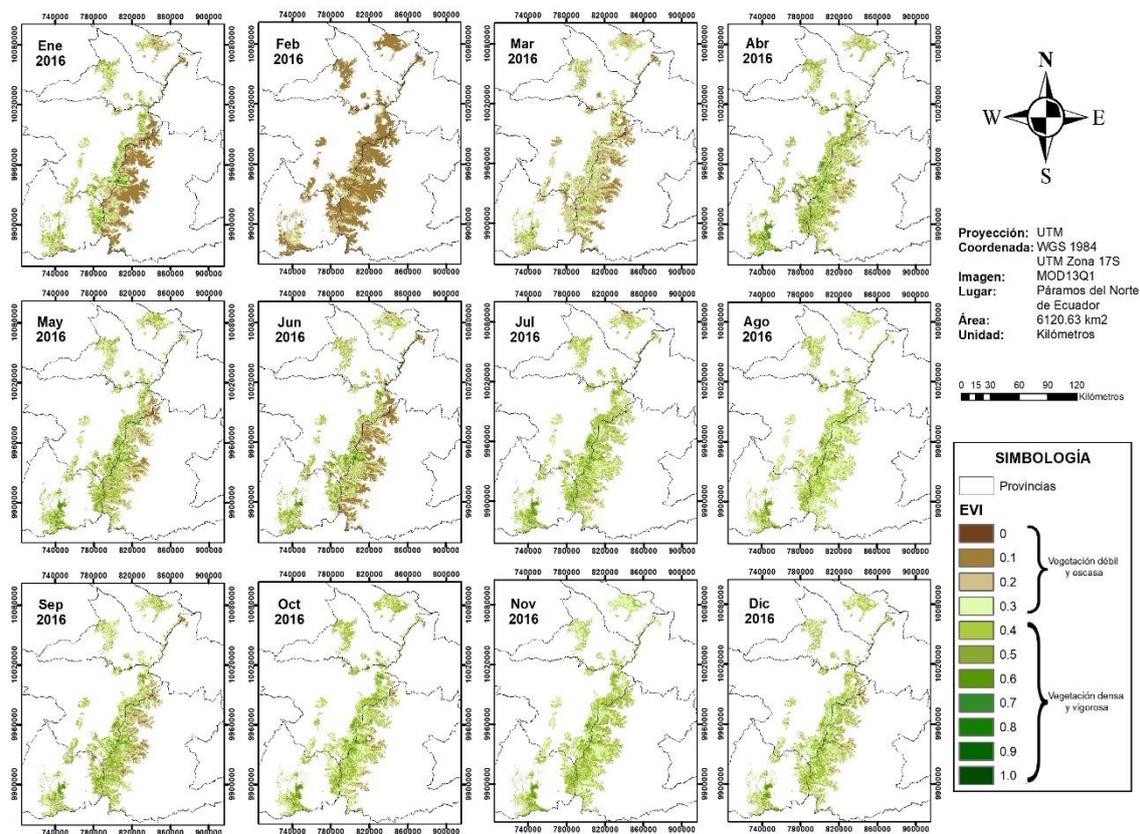
**Figura 4.7** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2014 (La Niña-El Niño).

De igual modo, en el año 2015 (Figura 4.8) continuó el fenómeno de El Niño de intensidad fuerte. Durante ese tiempo la respuesta espectral de la vegetación se mantiene sin vigorosidad, especialmente en la cordillera oriental, esto se debe a las ligeras precipitaciones que se presentó en la región (Palacios, 2014).



**Figura 4.8** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2015 (El Niño).

Durante el primer semestre del 2016 (Figura 4.9) continuó el fenómeno de El Niño de intensidad fuerte. Durante ese tiempo predomina la falta de vigorosidad en la vegetación principalmente en el mes de febrero donde se registran récords de precipitación mínima en varias estaciones meteorológicas (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016). Sin embargo, en el segundo semestre del año se vuelve a estabilizar las precipitaciones en la región, debido a que se presentó el fenómeno de La Niña de intensidad débil (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2017). Por tal razón, vuelven a predominar los períodos estacionales y la vegetación va recuperando vigorosidad.



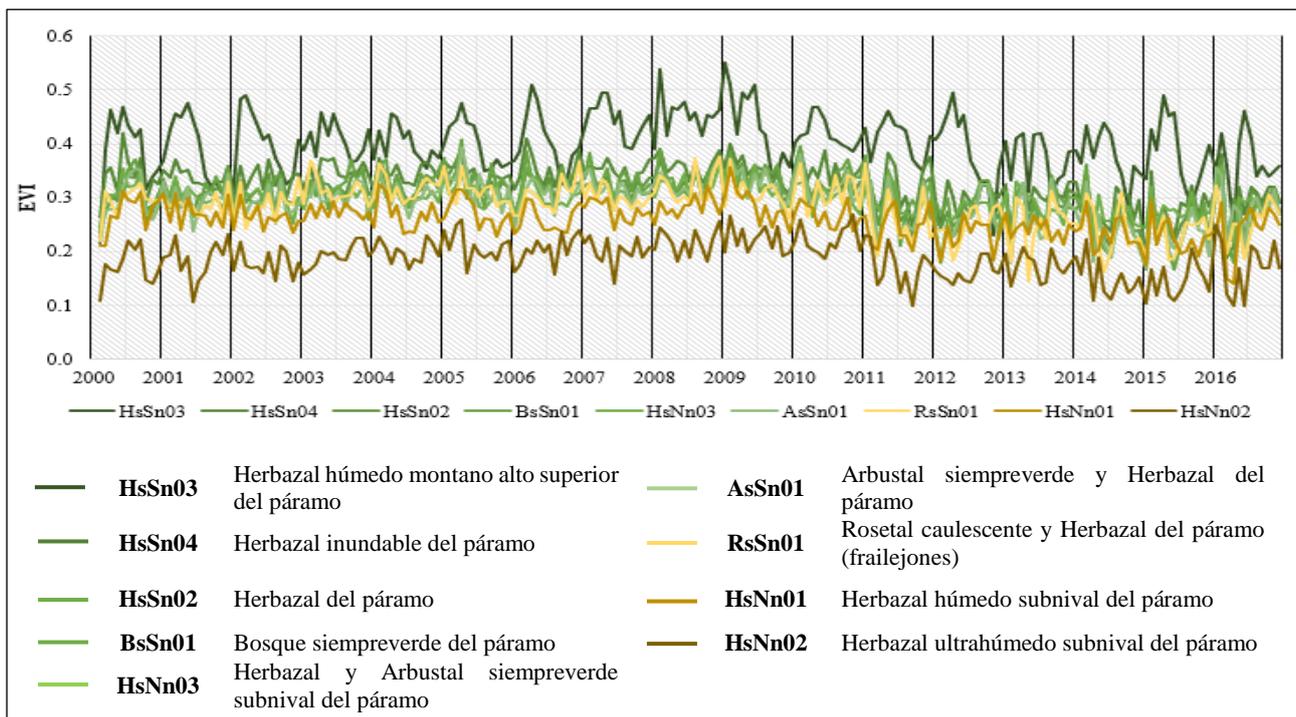
**Figura 4.9** Mapas del índice EVI correspondientes al año 2016 (El Niño).

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (2017), desde mayo del 2014 hasta junio del 2016 se presentó un fenómeno de El Niño de intensidad fuerte, alcanzando su máxima intensidad en febrero del 2016 (Figura 4.9) en la Región Niño 3.4. Por tal razón, la respuesta espectral de la vegetación en el área de estudio pierde vigorosidad, debido a que se presentó ligeras precipitaciones pese a los períodos estacional que predominan en la región. Sin embargo, en ciertos meses, la vegetación es vigorosa, debido a que hubo incrementos de precipitación en la región interandina (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015).

El mapa temporal del índice de vegetación EVI durante el fenómeno de El Niño de intensidad fuerte se encuentra en el Anexo 8.

#### 4.1.2 Comportamiento del índice de vegetación EVI de los páramos en el norte de Ecuador por ecosistema

El análisis temporal del índice de vegetación EVI por medio de mapas temáticos dificulta al momento de conocer cuál fue la conducta de la vegetación en el área de estudio. Para ello, fue pertinente elaborar una gráfica del promedio mensual EVI por cada tipo de ecosistema de páramo, con el fin de analizar detalladamente el comportamiento de la vegetación durante los años de estudio (Figura 4.10).



**Figura 4.10** Promedio anual por ecosistema de páramo durante el período 2000-2016.

El ecosistema HsSn03 (Herbazal húmedo montano alto superior del páramo) se encuentra ubicado a 3600-4000 msnm de la cordillera central de los Andes con una superficie de 16.18km<sup>2</sup>. Posee una humedad relativamente baja por lo que este ecosistema es frágil a las actividades antrópicas, provocando erosión del suelo y pérdida de cobertura vegetal (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2012). Pese a esto, varias especies de flora como la *Baccharis caespitosa*, *Calamagrostis intermedia*, *Agrostis breviculmis*, *Lachemilla orbiculata*, entre otras, son resilientes al lugar. Por tal razón, la vegetación presenta una mejor respuesta espectral con los valores más altos del índice de vegetación EVI, esto se debe a los períodos estacionales y a la concentración de vegetación dentro de un área pequeña. Los valores más altos del EVI fueron desde inicios hasta mediados de cada año, coincidiendo con el período lluvioso. Así mismo, se puede observar desde el 2008 hasta

mediados del 2009 tiene los valores relativamente más altos del EVI debido a los incrementos de precipitación a causa del fenómeno de La Niña (Palacios, 2014).

El ecosistema HsSn04 (Herbazal inundable del páramo) está ubicado a 3300-4500 msnm de la cordillera central de los Andes con una superficie de 61.75Km<sup>2</sup>. Presenta una vegetación azonal con un balance hídrico positivo (Bosman et al. 1993). Sin embargo, las actividades antrópicas han condicionado a este ecosistema, conllevando a un alto grado de erosión, cubierta vegetal escasa y eutrofización en cuerpos de agua (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). Por tal razón, la respuesta espectral de la vegetación en este ecosistema está influenciada por condiciones edáficas y factores climáticos locales.

El ecosistema HsSn02 (Herbazal del páramo) se encuentra ubicado a 3400-4300 msnm de la cordillera occidental y central de los Andes con una superficie de 4464.31Km<sup>2</sup>. Se caracteriza por poseer suelos ricos en materia orgánica y una excelente capacidad hídrica por su alta humedad. La vegetación se encuentra dominado por los géneros Calamagrostis, Agrostis, Festuca, Stipa, Diplostephium, Hypericum y Pentacalia (Ramsay y Oxley 1997). Sin embargo, las actividades antrópicas, tal como las quemadas asociadas a la ganadería extensiva ha provocado disminución en la densidad de la vegetación (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). Por tal razón, la respuesta espectral de la vegetación se debe principalmente a factores antrópicos y a la distribución geográfica, ya que los factores climáticos no responden igual.

El ecosistema BsSn01 (Bosque siempreverde del páramo) se encuentra ubicado a 3200-4100 msnm de la cordillera occidental y central de los Andes con una superficie de 18.68km<sup>2</sup>. Estos bosques se caracterizan por encontrarse aisladas en una matriz de vegetación herbácea o arbustiva y poseer una alta humedad ambiental (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2012). La vegetación está dominada por el género Polylepis, Gynoxys y Buddleja. No obstante, el estado de la vegetación se debe a factores climáticos en los diferentes pisos altitudinales.

El ecosistema HsNn03 (Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo) se encuentra ubicado a 4100-4500 msnm de la cordillera occidental de los Andes con una superficie de 147.66km<sup>2</sup>. Se caracteriza por poseer suelos desnudos y una vegetación fragmentada. La vegetación se encuentra dominado por las familias Asteraceae y Poaceae

(Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). Sin embargo, el estado de la vegetación se debe a factores climáticos extremos propios de la zona.

El ecosistema AsSn01 (Arbustal siempreverde y Herbazal del páramo) se encuentra ubicado a 3300-3900 msnm de la cordillera occidental, central y oriental de los Andes con una superficie de 839.07km<sup>2</sup>. La vegetación está dominada por *Calamagrostis spp.*, y por los géneros *Baccharis*, *Gynoxys*, *Brachyotum*, *Escallonia*, *Hesperomeles*, *Miconia*, *Buddleja*, *Monnina* e *Hypericum* (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). Sin embargo, la respuesta espectral de la vegetación se debe a su distribución geográfica, ya que cada sitio presenta diferentes factores climáticos y no responden de la misma manera.

El ecosistema RsSn01 (Rosetal caulescente y Herbazal del páramo) se encuentra ubicado a 3350-4100 msnm de la cordillera central y oriental de los Andes con una superficie de 463.72km<sup>2</sup>. Se caracteriza por poseer suelos bien drenados. La vegetación está dominada por *Calamagrostis intermedia* y *Espeletia pycnophylla* (Ramsay 1992). Sin embargo, la respuesta espectral de la vegetación estaría determinado por factores climáticos locales y los dos períodos estacionales del país.

El ecosistema HsNn01 (Herbazal húmedo subnival del páramo) se encuentra ubicado a 4500-4900 msnm de la cordillera occidental y central de los Andes con una superficie de 45.96km<sup>2</sup>. Posee un bajo contenido de materia orgánica en los suelos y una mala capacidad hídrica (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). Por tal razón, la vegetación se encuentra determinada por patrones irregulares de precipitación y variaciones de la humedad ambiental, dando valores bajos del EVI.

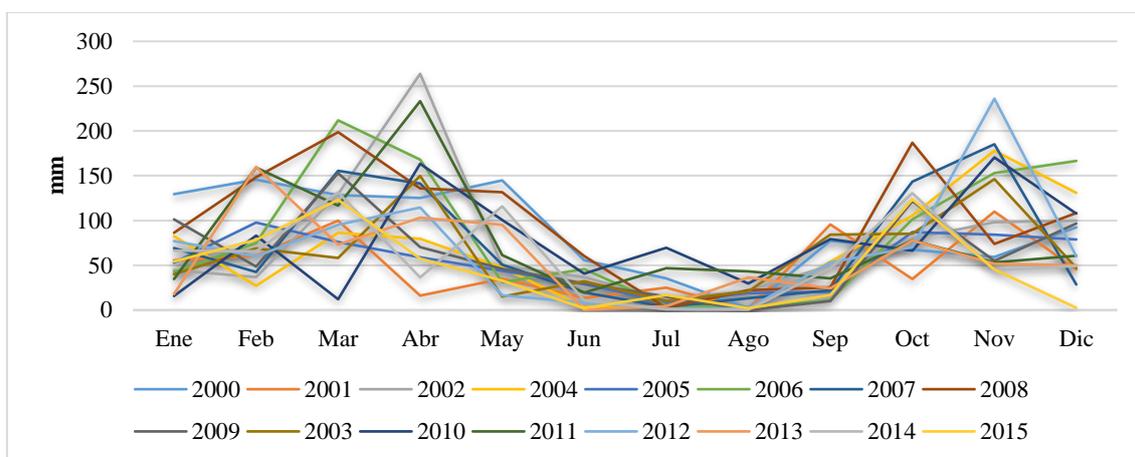
El ecosistema HsNn02 (Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo) se encuentra ubicado a 4400-4900 msnm de la cordillera occidental y central de los Andes con una superficie de 63.27km<sup>2</sup>. Posee una alta humedad causado por su orientación hacia las zonas de formación de precipitación de la Amazonía. La vegetación se encuentra dominado en su mayoría por las familias *Asteraceae* y *Poaceae* (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). Pese a esto, gran parte del área de este ecosistema es suelo desnudo y rocoso. Por esta razón, los valores del EVI son bajos, ya que solamente existen pequeños fragmentos de vegetación.

Las gráficas del promedio mensual-anual EVI por ecosistema de páramo durante el período 2000-2016 se encuentra en el Anexo 9.

## 4.2 Variabilidad de la precipitación para el área de estudio en el período 2000-2015

A continuación, se presentan los resultados de análisis de la variabilidad de la precipitación para el área de estudio en el período 2000-2015.

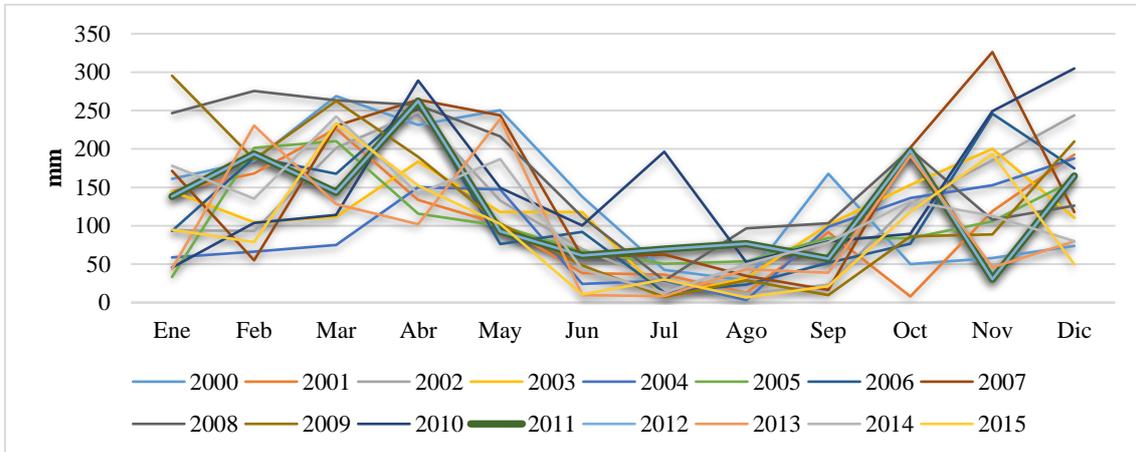
En la Figura 4.11 se observó claramente dos picos pluviométricos, característicos del clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo a húmedo (Pazmiño 2010), además de un período seco bien definido. El año con más precipitación corresponde al 2008 (marrón). Esto se debe, a que para este año se evidenció un evento ENOS, tanto en el índice ONI (empleado por el INAMHI), así como el MEI (empleado para este estudio) coinciden en el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014). El segundo año con la mayor cantidad de precipitaciones corresponde al año 2000 (Azul); mientras que el año con menor precipitación corresponde al año 2015 (amarillo). Esto se debe a que en este año se registró un fenómeno de El Niño, temporada en la cual predominaron los decrementos de precipitación en la región andina (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015). El segundo año más seco corresponde al año 2001 (anaranjado).



**Figura 4.11** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “La Tola” (M0002).

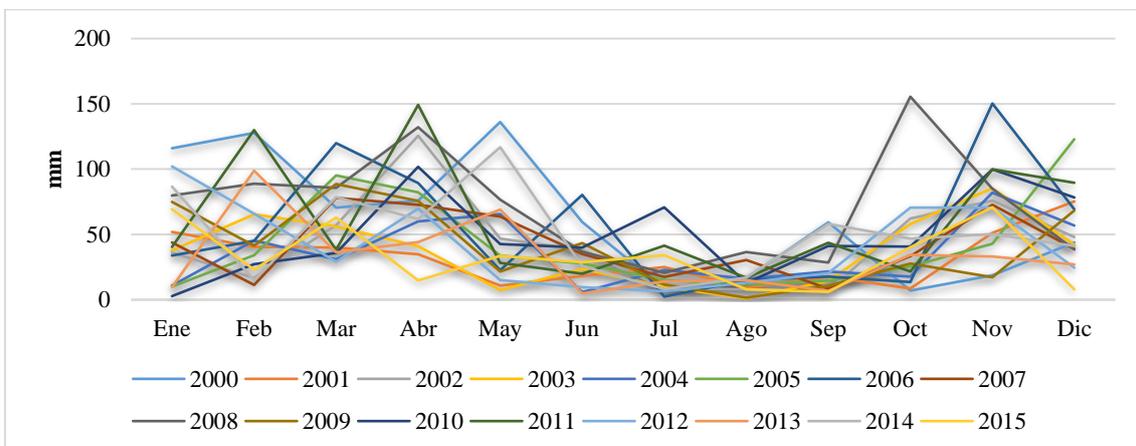
En la Figura 4.12 la distribución e intensidad de las lluvias corresponde al Clima ecuatorial frío de alta montaña (Pazmiño 2010); con dos picos pluviométricos y una estación seca bien diferenciada en todo el período de estudio, exceptuando el año 2010. Este año presenta una anomalía en la época seca, debido que el mes de julio registra 196.2mm, cifra que contrasta con el resto de años en el mismo mes, ya que este valor excede en más del 600% con respecto a la media del mes de julio para el resto de años (30mm). El año 2008 (gris) en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña es donde hubo

más precipitaciones (Palacios, 2014), seguido por el año 2007 (marrón). El año 2015 es el que menor precipitaciones registra y acorde al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2015) en este año se presentó el fenómeno de El Niño. El año 2004 (celeste) fue el segundo año con menos precipitaciones.



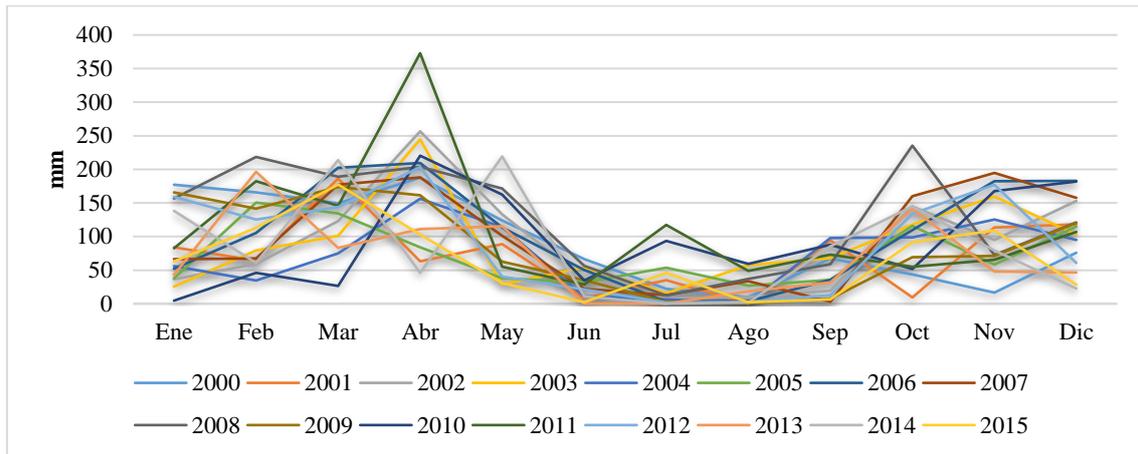
**Figura 4.12** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “Izobamba” (M0003).

En la Figura 4.13, se aprecian dos épocas lluviosas a lo largo del año. Su distribución corresponde al Clima ecuatorial mesotérmico seco (Pazmiño 2010), las precipitaciones no sobrepasan los 600 mm anuales. Es considerada la estación meteorológica con menor cantidad de lluvias durante el período de estudio Al igual que en las anteriores estaciones el año 2008 (gris), en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014), presenta la mayor precipitación, seguido del año 2000 (azul). El año 2001 (anaranjado) tiene los registros más bajos de precipitación seguido del año 2013 (rosa).



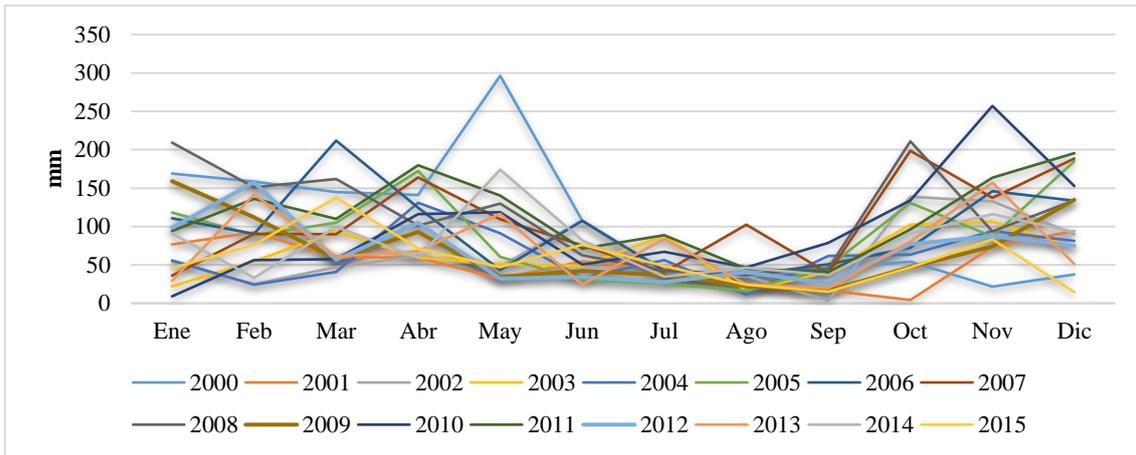
**Figura 4.13** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “Rumipamba-Salcedo” (M0004).

En la Figura 4.14, la estación Iñaquito tiene un registro de lluvias muy similar a de la estación meteorológica de “La Tola” (M0002) (Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo a húmedo). El año 2008 (gris), en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014), presenta las mayores precipitaciones, seguido del año 2011 (verde) donde precisamente en el mes de abril se registró hasta 372mm. En contraste los años 2015 (amarillo) el cual corresponde a un evento El Niño y 2013 (anaranjado) tienen los más bajos registros (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015).



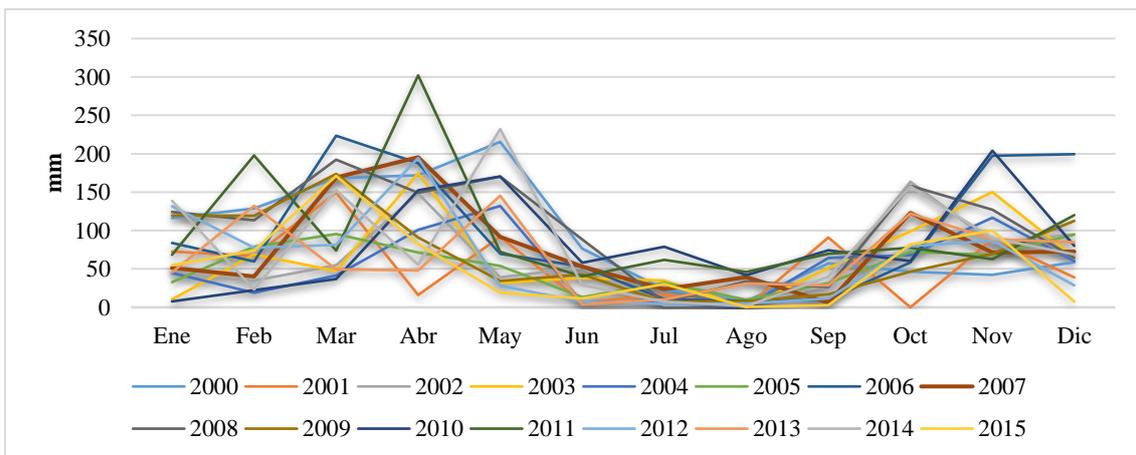
**Figura 4.14** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “INAMHI-Iñaquito” (M0024).

La Figura 4.15 ilustra registros propios del Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo a húmedo (Pazmiño 2010). Sin embargo, no se pueden asociar más patrones en la distribución de las lluvias. En mayo del año 2000 se grafica un pico 300 mm, valor que contrasta con el resto de años en el mismo mes. Este un valor excede en más del 300% con respecto a la media del mes de mayo para el resto de años (82mm) A diferencia de las anteriores estaciones, ésta registra los mayores registros de lluvias en el año 2011 (verde), seguido del año 2007 (marrón). Los años 2015 (amarillo) y 2001 (naranja) representan los registros más bajos en período de estudio. Estos datos coinciden con el análisis de la precipitación del período 2000-2010 del Plan de Manejo de la reserva Ecológica el Ángel, donde el año 2001 registró una precipitación acumulada inferior a los 500 mm (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015).



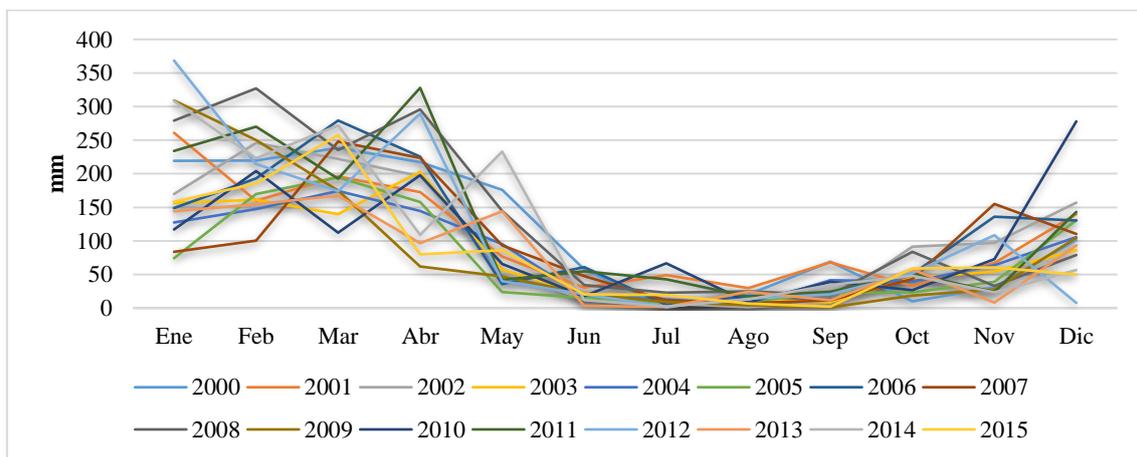
**Figura 4.15** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “San Gabriel” (M0103).

La Figura 4.16 correspondiente a la estación de Otavalo se encuentra dentro de la categoría del Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo a húmedo (Pazmiño 2010). A diferencia de las anteriores estaciones meteorológica, en esta se observó que la primera fase de lluvias es más fuerte en intensidad y duración. También es posible verificar una época seca muy prolongada que se extiende desde mayo hasta finales de septiembre. El año 2008 (gris) en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014), presenta mayores lluvias, seguido por el año 2011 (verde). El año con menos precipitación registrada es el 2015 (amarillo) el cual corresponde a un fenómeno El Niño (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015). El segundo año con menor cantidad de lluvias registradas fue el año 2001 (anaranjado).



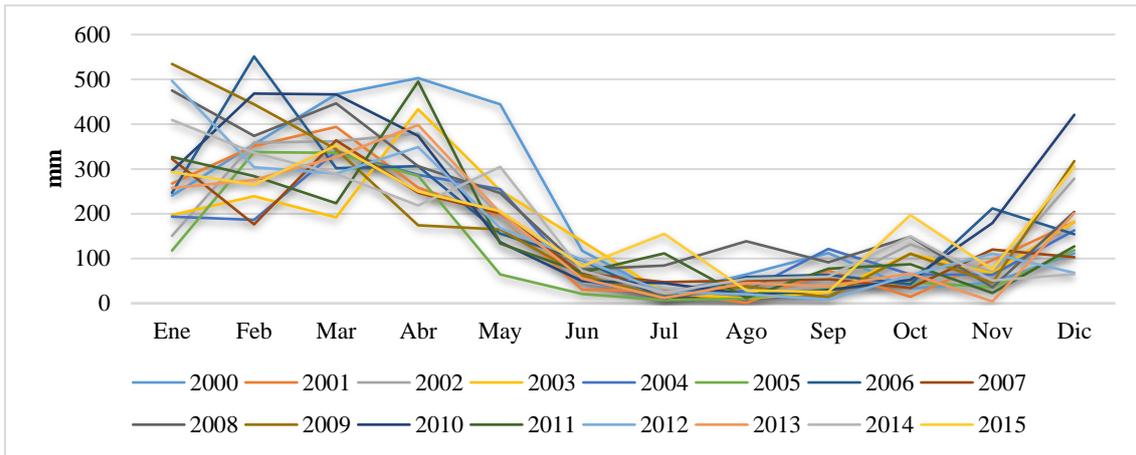
**Figura 4.16** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “Otavalo” (M0105).

En la Figura 4.17 pertenece a la descripción del Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo a húmedo (Pazmiño 2010). Sin embargo, el diagrama no muestra dos picos pluviométricos. Aparte de un período seco muy prolongado, el régimen de lluvias que inicia en noviembre tiene continuidad hasta finales de abril. El año 2008 (gris) en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014), acumula la mayor cantidad de precipitación, seguido del año 2011 (verde oscuro). Los períodos con menos lluvias corresponden a los años 2005 (verde claro) y 2013 (rosa). Esta distribución en la precipitación podría deberse a la ubicación de la estación meteorológica, la cual está en la zona más occidental del área de estudio. A pesar de que esta estación meteorológica se ubica a 2504m de altitud, la distribución de las lluvias asemeja más al clima del litoral, que se caracteriza por abarcar lluvias desde los meses de diciembre hasta abril (UNESCO, 2010; Instituto Oceanográfico de la Armada, 2016).



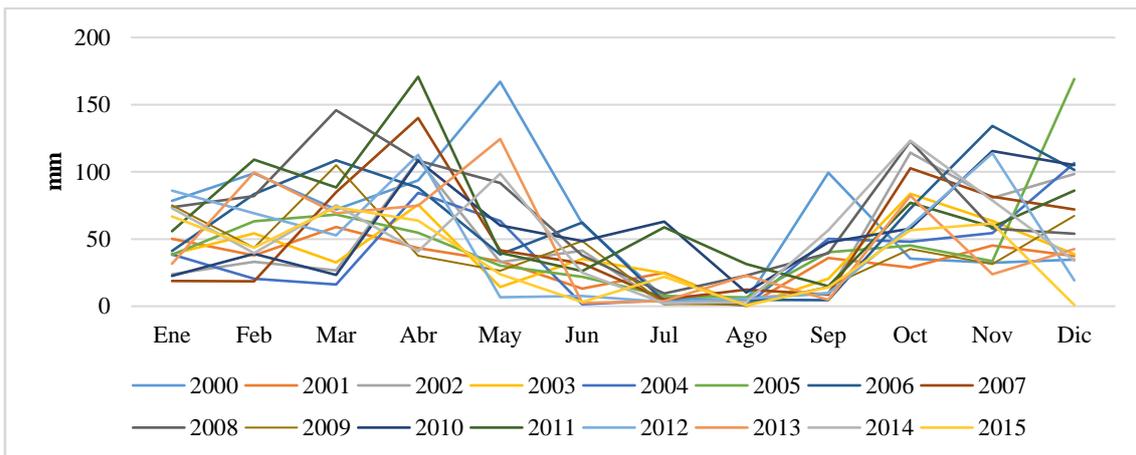
**Figura 4.17** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “Pilalo” (M0105).

La Figura 4.18 corresponde a las características del Clima tropical megatérmico muy húmedo (Pazmiño 2010), cuyos registros de precipitación son los más altos del resto de estaciones meteorológicas analizadas. El patrón de distribución de las lluvias se asemeja al de la estación meteorológica “Pilalo” (ambas ubicadas en el occidente de la provincia de Cotopaxi) pues presentan un solo período de lluvias, seguido de los meses de estiaje. La época lluviosa que empieza desde noviembre se extiende hasta mayor de manera uniforme en todos los años. El año con mayores lluvias es 2008 (gris) en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014), seguido del año 2010 (azul). Mientras que los períodos con menos lluvias son los años 2005 (verde) y 2004 (celeste).



**Figura 4.18** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “Las Pampas” (M0362).

En la Figura 4.19 corresponde a un Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo a húmedo (Pazmiño 2010) con dos épocas lluviosas. En esta gráfica se observa un período de estiaje inferior a dos meses. Al igual que todas las estaciones meteorológicas consideradas (excepto “San Gabriel”). El año 2008 (gris) destaca por tener los mayores registros de precipitación. Además, Palacios (2014) indicó que en este año se evidenció el fenómeno de La Niña. Mientras que el año 2001 (anaranjado) es el año con menores lluvias, seguido del año 2013 (rosa). Esta estación presenta el segundo registro más bajo de lluvias, únicamente superado por la estación meteorológica “Rumipamba-Salcedo” (M0004).



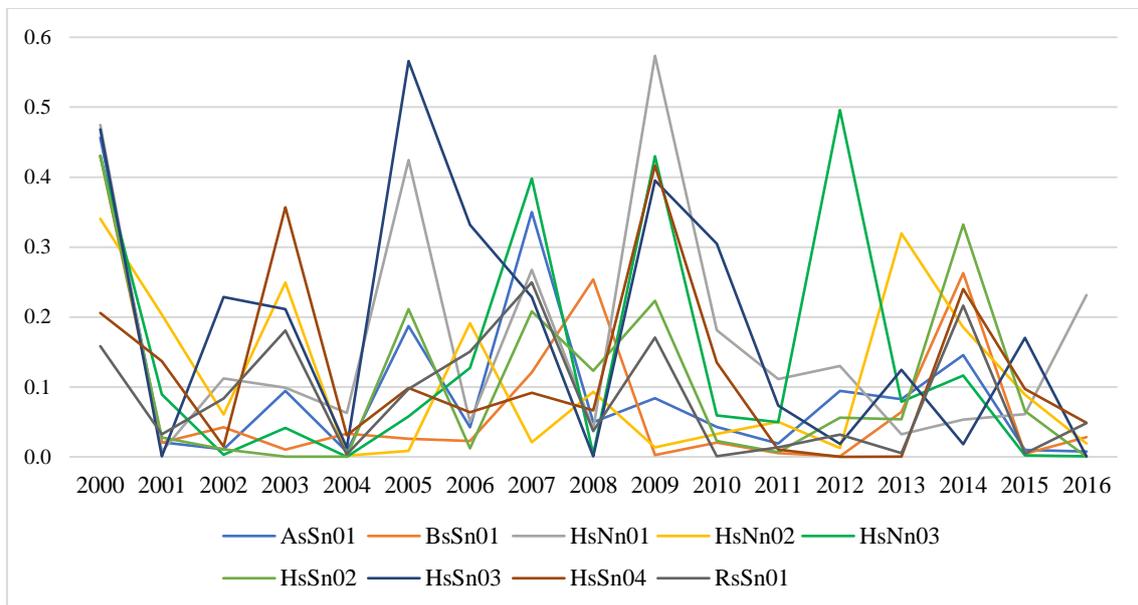
**Figura 4.19** Precipitación anual (mm) de la estación meteorológica “Tomalón-Tabacundo” (M1094).

### 4.3 Variabilidad del ecosistema páramo y los fenómenos climáticos ENOS

A continuación, se presenta los resultados de correlación para determinar la influencia de los fenómenos climáticos en los páramos de estudio.

#### 4.3.1 Correlación entre el índice EVI y MEI

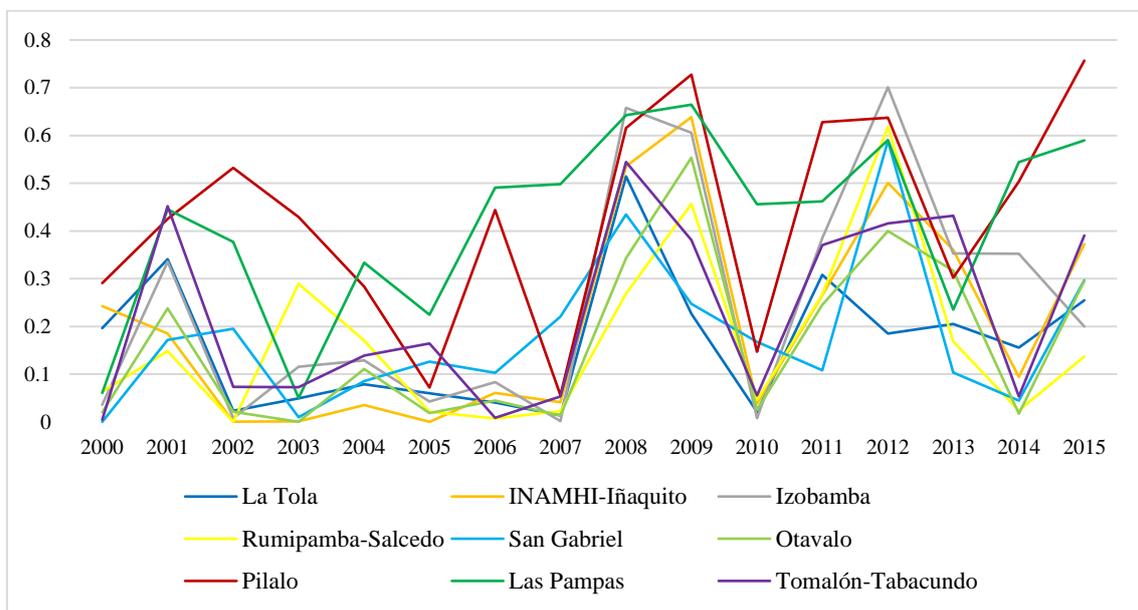
La Figura 4.20 muestra los datos de correlación de los nueve ecosistemas de páramo, durante el período 2000-2016. Donde el ecosistema HsSn03 (Herbazal húmedo montano alto superior del páramo), HsNn01 (Herbazal húmedo subnival del páramo) y HsNn03 (Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo) presentan una mejor correlación en los años 2005, 2009 y 2012 respectivamente, con valores mayores o iguales a 0.5. Sin embargo durante todo el período de estudio (2000-2016) no se pueden asociar patrones que representen una correlación significativa entre el índice EVI y MEI. Esto se debe a la naturaleza del índice MEI y EVI, los cuales articulan se valen de complejos algoritmos y diferentes variables tanto océano-atmosféricas por parte del MEI, como fisiológicas en el comportamiento de la vegetación en el EVI.



**Figura 4.20** Correlación EVI vs MEI.

### 4.3.2 Correlación entre el índice MEI y Precipitación (RR)

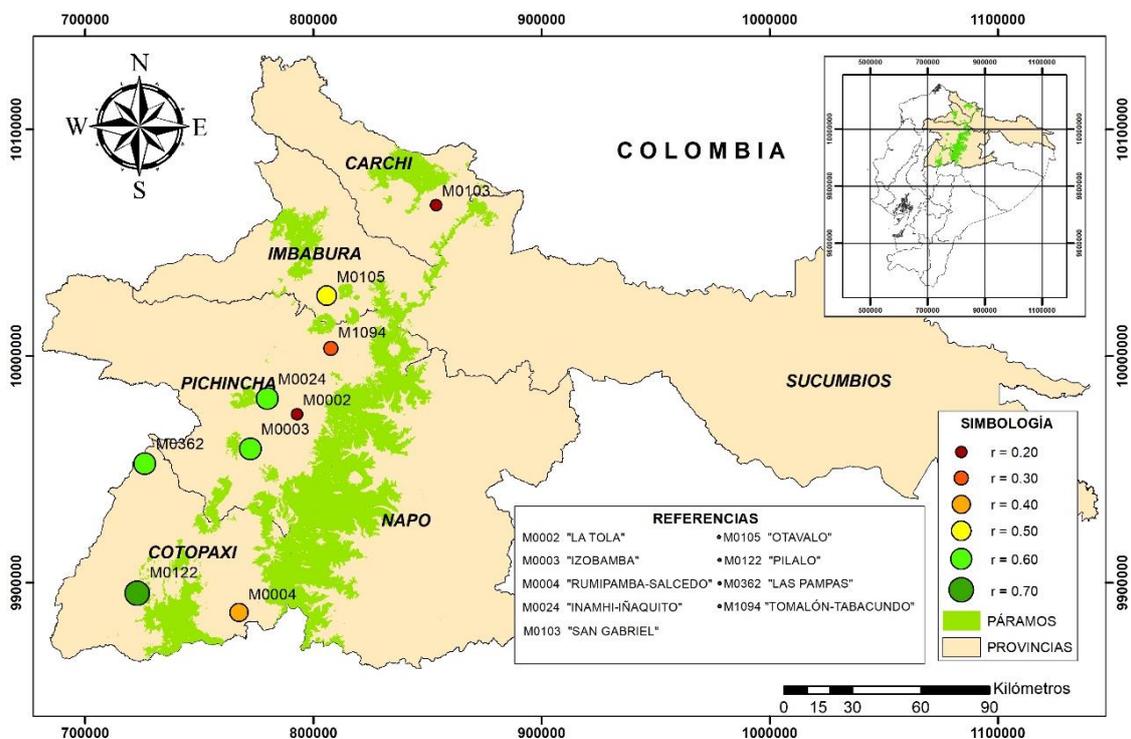
La Figura 4.21 ilustra los datos de correlación de las 9 estaciones consideradas para el estudio. Presenta una leve correlación en períodos específicos. Los valores más son de casi 0,7. Es necesario mencionar que se nota un incremento de la dependencia de estas variables a comienzos del año 2007 y alcanza su máximo entre los años 2008 y 2009 años en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014). Posteriormente se presenta otro pico de alta correlación en el año 2012 en el cual se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014).



**Figura 4.21** Correlación MEI vs RR.

La estación meteorológica, cuya precipitación tiene la mejor correlación durante los 16 años de estudio es “Pilalo” (rojo) con una media de 0,42; seguido por la estación “Las pampas” (verde oscuro) con una media de 0,41. En cambio las estaciones con más bajo valor de correlación corresponden a “La Tola” (azul) y Otavalo” (verde limón), ambas con un valor de correlación de 0,16. Por medio del análisis y la asociación de patrones en períodos específicos se encontró una concentración a inicios del año 2007, cuyo asenso incrementa su valor de dependencia durante los dos años siguientes, alcanzando un valor de correlación de 0.7 para la estación meteorológica “Las Pampas”. Para mediados del año 2009 se evidencia un descenso en cuyos valores de correlación pierden significancia. Este rápido decremento en la dependencia solo es comparable con su posterior asenso para finales del año 2010. Esta oscilación coincide con la descripción del estudio

“Aspectos de la circulación atmosférica de gran escala sobre el noroccidente de Suramérica asociada al ciclo ENOS 2009-2010 y sus consecuencias en el régimen de precipitación en Colombia”, donde menciona la transición de un fenómeno de La Niña a El Niño en junio del año 2009 para posteriormente volver a cambiar la tendencia a un fenómeno la Niña a mediados del año 2010 (León-Aristizábal, 2011). El análisis de la gráfica no permite asociar más patrones. Los valores de correlación obtenidos podrían deberse a que el régimen de lluvias no sólo obedece a los efectos del ENOS. Pues hay que tomar en cuenta los fenómenos meteorológicos provenientes del Océano Atlántico que influyen en las corrientes de humedad de la Cuenca Amazónica (CA) en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2016).



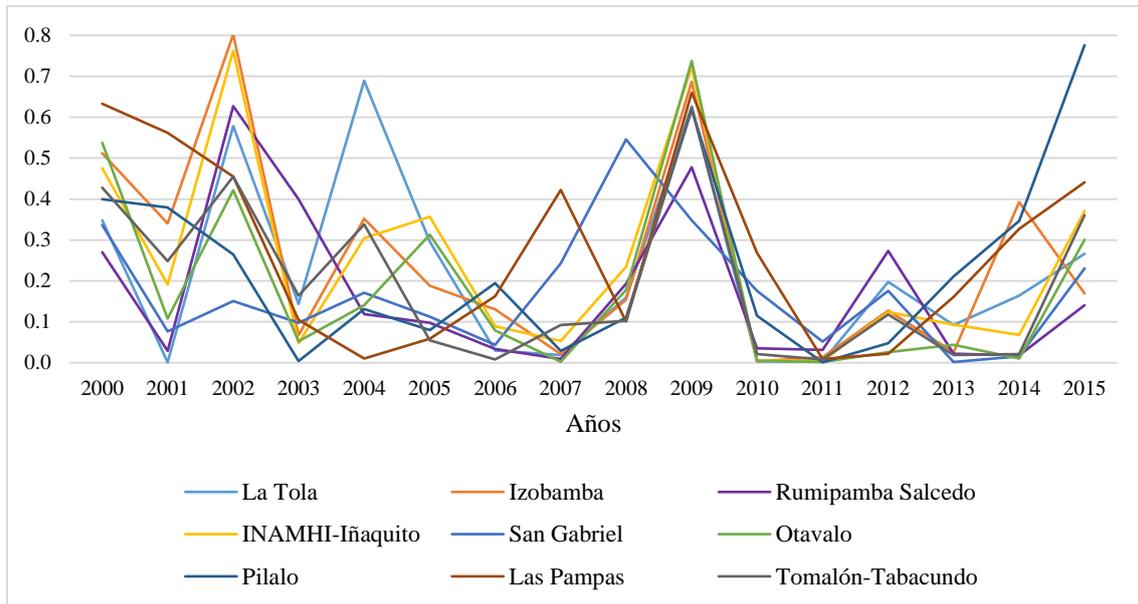
**Figura 4.22** Mapa de correlación MEI vs RR por estación meteorológica, año 2009.

Las estaciones con mayor proximidad a la zona biogeográfica de El Chocó o ubicadas entre la cordillera oriental y occidental presentan una menor correlación con el MEI. Esto podría deberse a la influencia que reciben directamente de esta formación biogeográficas. Hernández y Zambrano (2009) determinaron que los límites de influencia significativa del ENOS está dado por las estribaciones occidentales de los Andes. Mientras que las estaciones más occidentales además de mostrar patrones más semejantes al clima del

litoral en el comportamiento de la distribución de las lluvias también tienen una mayor correlación con el MEI con un valor superior a 0.6.

#### 4.3.3 Correlación entre el índice SST y Precipitación (RR)

La Figura 4.23 representa la variación de la correlación a lo largo del período de estudio entre la variación del SST del Océano Pacífico (Región El Niño 1+2). Se observó dos períodos con picos de alta correlación entre las variables. Los años 2002 y 2009 agrupan la mayor concentración de patrones de alta correlación, en este último año se evidenció el fenómeno de La Niña (Palacios, 2014). Las estaciones con valores más altos de correlación son “Las Pampas” (Rojo) e “Izobamba” (anaranjado) con una media de correlación de 0,36 y 0,33 respectivamente. Mientras que las estaciones con valores más bajos de correlación son “San Gabriel” (celeste) y “Rumipamba-Salcedo” (violeta) con 0,23 cada una. Pese a que estos valores promedios son más bajos comparando con la correlación entre el índice MEI vs RR, se puede afirmar que el SST tiene mayor correlación debido a los patrones bien diferenciados y la buena sincronía en los aumentos (mayor a 0.70) y descensos en todas las estaciones meteorológicas (período 2008-2009).



**Figura 4.23** Correlación SST vs RR.

Se evidenció que aquellas estaciones con valores más altos no necesariamente se encuentran en la región más occidental y con características pluviométricas similares al litoral ecuatoriano. Además, en valles interandinos rodeados por dos cordilleras tanto en la estación de “INAMHI-Iñaquito” como la de “Otavalo” mostraron alta correlación con

valores superiores a 0.70. La Meteorología Aplicada a Sistemas de Tiempo Regionales (2017) menciona que las condiciones de humedad y presión atmosférica en el Océano Pacífico alcanzan la región amazónica y además inhiben ciertos procesos relacionados con el SST del Océano Atlántico y la ZCIT. Sin embargo, al igual que la correlación MEI vs RR la estación “San Gabriel”, mostró los valores más bajos de correlación, esto podría deberse a que esta zona noroccidental del Ecuador es fuertemente influenciada de las corrientes húmedas provenientes de la región amazónica por oriente y la región Biogeográfico del Chocó en donde se reportan precipitaciones de 7500 a 12000mm por año (Pazmiño, 2011).

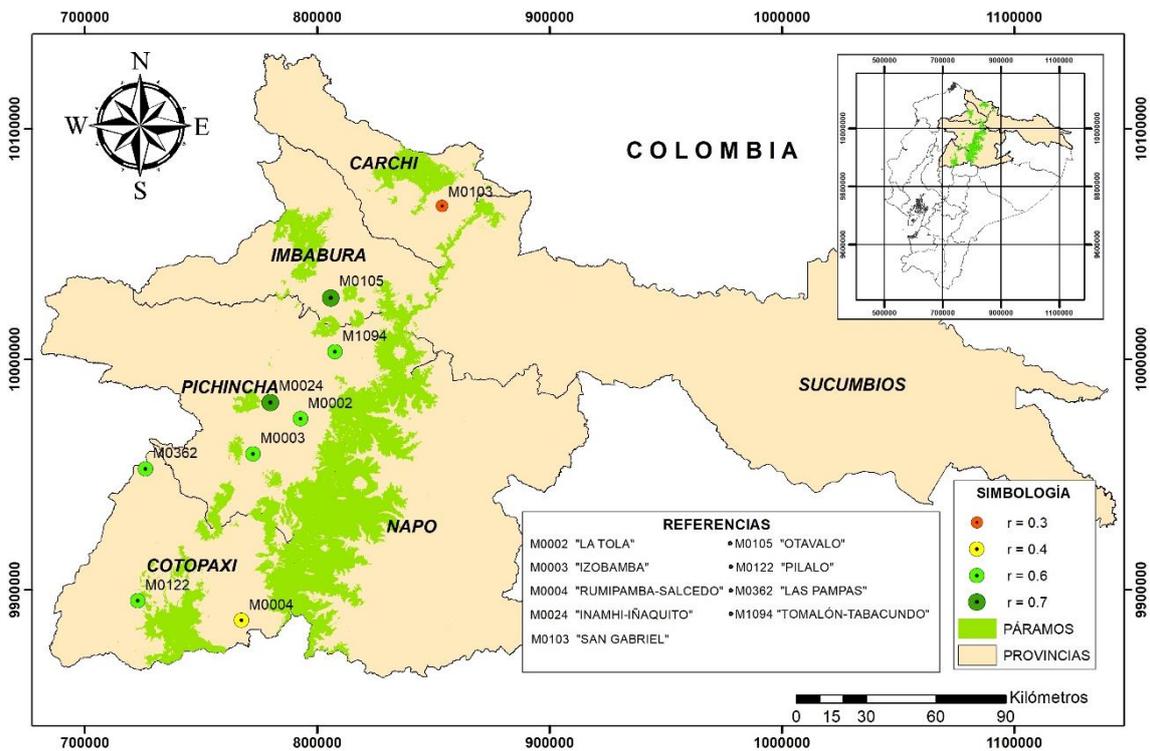


Figura 4.24 Mapa de correlación SST vs RR por estación meteorológica, año 2009.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Los cambios producidos en la vegetación del páramo durante el período de estudio se deben a diferentes factores climáticos. Sin embargo, se identificó patrones temporales que inciden en la respuesta espectral de la vegetación, siendo estos los períodos estaciones (lluvioso y seco) propios de la región. Por lo tanto, en los meses de enero a mayo y octubre a diciembre, la respuesta espectral de vegetación es vigorosa debido al incremento de precipitaciones que se presentan en el período lluvioso; mientras que, en los meses de junio a septiembre, la respuesta espectral de la vegetación disminuye su vigorosidad debido a la disminución de precipitaciones que se presentan en el período seco.
- El comportamiento del EVI ante un fenómeno climático determinó que El Niño y La Niña de intensidad débil y moderada no influyen directamente al área de estudio. Sin embargo, al presentarse fenómenos de intensidad fuerte el régimen de lluvias se altera. Por tal razón, durante un evento fuerte de El Niño, la precipitación disminuye, dando una vegetación débil, y durante un evento fuerte de La Niña, la precipitación aumenta, dando una vegetación más vigorosa.
- La respuesta espectral de la vegetación mediante el índice EVI a nivel de ecosistema (páramo) no es igual debido a que esta zona presenta nueve ecosistemas con diferentes factores (piso altitudinal, biogeografía, clima, entre otros factores). Por consiguiente, el ecosistema HsSn03 (Herbazal húmedo montano alto superior del páramo) tuvo una mejor respuesta espectral en la vegetación con los valores más altos del EVI, siendo 0.54 (febrero 2008) y 0.55 (febrero 2009) los valores máximos. Por otro lado, el ecosistema HsNn02 (Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo) tuvo una baja respuesta espectral de la vegetación con los valores más bajos con respecto a los demás, siendo 0.1 el valor mínimo del EVI.
- Los regímenes de precipitación en las estaciones meteorológicas de estudio muestran dos picos pluviométricos en los meses de abril y septiembre, además de una estación seca muy marcada en los meses de mayo, junio, julio y agosto, excepto las estaciones

meteorológicas “Pilalo” (M0105) y “Las Pampas” (M0362). Estas dos últimas estaciones se encuentran en la provincia de Cotopaxi, y su régimen pluviométrico asemeja más al del Litoral ecuatoriano que la región interandina dado a que ambas se ubicaron en la región más occidental del área de estudio.

- En todas las estaciones meteorológicas registraron las mayores precipitaciones en el año 2008 a excepción de la estación “San Gabriel” (M0103) en 2011, la cual está influenciada por corrientes de humedad tanto de la región biogeográfica del Chocó, así como de la Reserva Ecológica el Ángel y la región amazónica. Los años con menores lluvias se distribuyeron en tres años: 2015 para las estaciones: “La Tola” (M0002), “Izobamba” (M003), “INAMHI-Iñaquito” (M0024), “San Gabriel” (M0103) y “Otavalo” (M0105); 2001 para las estaciones “Rumipamba-Salcedo” (M0004) y “Tomalón-Tabacundo (M1094)”; y 2005 para las estaciones “Pilalo” (M0122) y “Las Pampas” (M0362), estas últimas difieren sus registros tanto en intensidad como en distribución de las lluvias del resto de las estaciones meteorológicas.
- La correlación entre los índices MEI y EVI es baja. La variación de los valores del EVI no está influenciada con los valores del MEI que se registran en la Región 3.4 del Océano Pacífico. Los logaritmos cuyas operaciones articulan diferentes factores para elaborar estos índices pueden influir a mantener bajos los valores de  $R^2$ .
- Las correlaciones con significancia estadística de los años 2008, 2009 y 2012 en la relación MEI vs RR señalan que el máximo de lluvias registrado para esta investigación tiene dependencia de los fenómenos que se originan en la Región 3.4. El fenómeno de La Niña influye de manera que incrementa las precipitaciones de la región interandina, mientras que el fenómeno de El Niño genera escasas lluvias como se evidenció en el año 2015.
- La SST tiene su mayor correlación en el año 2009, estas anomalías de temperatura que se dan cerca a las costas ecuatorianas no necesariamente significan un evento ENOS. Sin embargo, en este año se observó un patrón de alta correlación con las precipitaciones de todas las estaciones meteorológicas.

- La relación entre la distribución geográfica de las estaciones meteorológicas y los valores de las correlaciones tanto en el MEI como en la SST para el año de mayor valor de  $R^2$  no permite determinar vínculos. Solo la estación meteorológica “San Gabriel” (M0103) destaca por mostrar en ambas regresiones los valores más bajos de correlación.

## **5.2 Recomendaciones**

- Desarrollar estudios para determinar la influencia de los patrones climáticos en la producción de cultivos importantes para la economía local y regional.
- Proponer estudios a nivel de cuencas hidrográficas para evaluar la posible variación de la oferta hídrica en zonas estratégicas para la producción agrícola, sector energético o consumo humano con fines de planificación.
- Analizar la respuesta y posibles variaciones en la composición y estructura de los ecosistemas acuáticos como lagos y lagunas frente a los eventos ENOS.
- Con base al alto valor de correlación encontrado entre los datos del INAMHI y el TRMM se recomienda incentivar el uso de los sensores remotos y la teledetección aplicada para rellenar datos de otras variables meteorológicas (como humedad o temperatura) en futuras investigaciones donde se requiera rellenar series con datos ausentes.

## REFERENCIAS

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (2011). NOAA Coral Reef Watch Methodology, Product Description, and Data Availability of NOAA Coral Reef Watch (CRW) Operational and Experimental Satellite Coral Bleaching Monitoring Products. Recuperado de <https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/methodology/methodology.php#sst>
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (2017). Description of Changes to Ocean Niño Index (ONI). Recuperado de [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_change.shtml](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_change.shtml)
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (2017). MEI (Multivariate ENSO Index) Ranks. Recuperado de <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/rank.html>
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (2017). Multivariate ENSO Index (MEI). Recuperado de <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>
- Asociación de Geógrafos Españoles. (2017). *El tiempo y el clima en España*. España: AGE. Recuperado de <http://age.ieg.csic.es/secundaria>
- Beltrán, K., Cárdenas, A., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Ortiz, E., Salgado, S., Romoleroux, K., y Velástegui, A. (2009). *Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. Memoria técnica del mapa a escala 1:100.000*. Quito: Ediecuatorial.
- Bosman, A., Van der Molen, P., Young, R., y Cleef, A. (1993). Ecology of a Paramo cushion mire. *Journal of Vegetation Science*. 4, 633-640.
- Bravo, N. (2014). *Manual Cambio de cobertura de Tierra y Uso de Suelo*. Perú: Geomática Ambiental SRL.
- Buytaert, W., y Ramírez, J. (2012). Generación de escenarios desagregados del cambio climático para los Andes Tropicales. En Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.), *Panorama andino sobre cambio climático*:

*Vulnerabilidad y adaptación en Andes Tropicales.* (pp. 37-57). Lima: CONDESAN, SGCAN.

Carbajal, M., Yarlequé, C., Posadas, A., Silvestre, E., Mejía, A., y Quiroz, R. (2010). Reconstrucción de datos faltantes de precipitación pluvial diaria mediante la Transformada Wavelet. *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, (2): 76-88.

Carmona, J., y Muñoz, J. (2009). Comparación y manejo de los diferentes riesgos del agua, en los aspectos social, económico y de la salud general. *Luna Azul*. (29), 68-81.

Carvacho, L., y Sánchez, M. (2010). Comparación de índices de vegetación a partir de imágenes MODIS en la región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile, en el período 2001-2005. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.). *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*, 728-737. Do: (ISBN 978-84-472-1294-1).

Castaño, C. (2002). *Páramos y ecosistemas altoandinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor*. Bogotá: IDEAM.

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (2016). *Variabilidad climática y extremos*. Guayaquil: Centro de Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. Recuperado de <http://www.ciifen.org/>

Centro Nacional de Investigación Atmosférica. (2017). Índices de Niño STT (Niño 1+2, 3, 3.4, 4, ONI y TNI). Recuperado de <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>

Chang, C.H., Arrowsmith, C., y Silvern, S. E. (2010). *Global Climate Change conceptual framework: Why does Earth have changing climates?*. Recuperado de [http://cgge.aag.org/GlobalClimateChange1e/cfpart1esp/cfpart1esp\\_print.html](http://cgge.aag.org/GlobalClimateChange1e/cfpart1esp/cfpart1esp_print.html)

Chen, W., Seiner, J., Suzuki, T., y Lackner, M. (2012). Handbook of climate change mitigation. *Springer Science*. doi 10.1007/978-1-4419-7991-9\_17.

Comunidad Andina. (2008). *El Cambio Climático no tiene fronteras*. Lima, Perú: Dot Print SAC.

- Constitución Política de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial*, 449 (20 de octubre de 2008).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2006). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Manual: Bonn*. Recuperado del sitio de internet de UNFCCC: [http://unfccc.int/resource/docs/publications/handbook\\_esp.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/publications/handbook_esp.pdf)
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2015). *Conferencia de las Partes*. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R., Halloy, S., Salgado, S., Ortiz, E., y M.T. Becerra. (2012). *Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales- Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Lima-Quito: CONDESAN.
- Cuesta, F., Peralvo, M., y Ganzenmü, A. (2008). *Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales*. Quito: CONDESAN.
- Damman, Grégory. (2008). *Sistemas de información y alerta temprana para enfrentar al cambio climático*. Lima: Soluciones Prácticas ITDG.
- Díaz, J. (2015). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión* (Trabajo de Máster). Universidad de Complutense de Madrid, España.
- Espinoza, J., Ronchail, J., Lavado, W., Carranza, J., Cochonnea, G., Oliveira, E., Pombosa, R., Vauchel, P., y Guyot, J. (2010). Variabilidad espacio-temporal de las lluvias en la cuenca amazónica y su relación con la variabilidad hidrológica regional. Un enfoque particular sobre la región andina. *Revista Peruana Geo-Atmosférica*. (2), 99-130.

- Fernández, A. (2010). *Modelación del balance de masa del glaciar 15a del volcán Antisana usando el software WEAP* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional.
- Gao, X., Huete, A.R., y Didan, K. (2003). Multisensor comparisons and validation of MODIS vegetation indices at the semiarid Jornada Experimental Range. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 41 (10): 2368- 2381.
- García, M., Mena, P., y Parra, D. (2014). *El País de la Biodiversidad: Ecuador*. Quito: Fundación Botánica de los Andes.
- García-Mora, T., y Mas, J. (2011) Los productos de superficie terrestre MODIS. En: Mas, J.F. (Ed.), *Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio* (pp. 11-24). México: INE, SEMARNAT, CIGA-UNAM.
- Garreaud, R.D., Vuille, M., Compagnucci, M., y Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281, 180-195.
- Gilbert, M., Gonzáles Piqueras, J., y García Haro, J. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de teledetección*, 1-10.
- Gutiérrez, S., Carvajal, Y., y Ávila, A. (2013). Estudio de la Influencia del Fenómeno El Niño-Oscilación del Sur en la Oferta Hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua. *Entre Ciencia e Ingeniería*, (13): 26-33.
- Hernández, F., y Zambrano, E. (2009). Relación entre la Temperatura Superficial del Mar del Océano Pacífico y las precipitaciones en la costa del Ecuador, durante 1981-2006. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 15 (1).
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vázquez, A., y Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. Quito: UICN.
- Hofstede, R., Vásquez, S. y Cerra, M. (Ed.) (2015). *Vivir en los páramos. Percepciones, vulnerabilidades, capacidades y gobernanza ante el cambio climático*. Quito: UICN.

- Insel, N., Poulsen, C.J., y Ehlers, T.A. (2010). Influence of the Andes Mountains on South American moisture transport, convection and precipitation. *Climate Dynamics*, 35(7), 1477-1492.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (2016). *Conocer: El primer paso para adaptarse. Guía básica de conceptos sobre el cambio climático*. Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2016). *Impacto del Fenómeno El Niño 2015-2016 en los nevados y alta montaña en Colombia*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Militar. (2017). *Mapa de límites políticos de Ecuador 2011*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2002). *Anual Meteorológico 2002*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2003). *Anual Meteorológico 2003*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2007). *Anual Meteorológico 2007*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). *Boletín Climatológico Anual 2014*. Quito
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2015). *Boletín Climatológico Anual 2015*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2016). *Boletín Meteorológico, Febrero: 2016*. Quito
- Instituto Oceanográfico de la Armada. (2011). La Niña: Impactos. Recuperado de [http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/elniño/nina\\_impactos.php](http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/elniño/nina_impactos.php)

- Instituto Oceanográfico de la Armada. (2016). *El Niño, La Niña, ENSO, ENOS, El Niño Modoki, El Niño Canónico, El Niño Extraordinario, El Niño Godzilla, El Niño Costero, El Niño Oriental ¿En qué consisten realmente y cómo afectan al Ecuador?* Recuperado de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/articulos/>
- Instituto Oceanográfico de la Armada. (2016). El Niño: Generalidades. Recuperado de [http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/elnino/nino\\_generalidades.php](http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/elnino/nino_generalidades.php)
- Jiménez, M. (2012). Elaboración de un boletín con información hidroclimática de los Mares de México: *Indicadores Climáticos. Una manera para identificar la variabilidad climática a escala global.* Recuperado de <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/BOLETINES/hidroclimatico/INDICES-CLIMATICOS.pdf>
- Jiménez, R. (2008). *Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial* (Tesis de Grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J., y Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro.* Lima, Perú: Nanuk E.I.R.L.
- Kattan, G., Franco, P., Rojas V., y Morales, G. (2004). Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography*, (31), 1829-1839.
- Legaard, S. (1992). Páramo: an Andean ecosystem under human influence. En H. Balslev y J.L. Luteyn (Eds.), *Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador* (pp. 151-170). Londres: Academic Press.
- León-Aristizábal, G. (2011). *Aspectos de la circulación atmosférica de gran escala sobre el noroccidente de Suramérica asociada al ciclo ENOS 2009-2010 y sus consecuencias en el régimen de precipitación en Colombia.* Bogotá, Colombia.
- León-Yáñez, S. (2000). La flora de los páramos ecuatorianos. *La Biodiversidad de los Páramos.* Serie Páramo 7. Quito: Abya Yala.

- Luteyn, J.L. (1992). Páramo: an Ecosystem under Human Influence. En H. Balslev y J.L. Luteyn (Eds.), *Páramos, why study them?* (pp. 1-14). Londres: Academic Press.
- Maita, J.A. (2015). *Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación (EVI) en los ecosistemas del sur del Ecuador* (Tesis previa a la obtención del título de Master en Geomática con mención en ordenamiento territorial). Universidad del Azuay, Ecuador.
- Meteorología Aplicada a Sistemas de Tiempo Regionales. (2017). *Zona de Convergencia Intertropical*. Recuperado de <http://www.masterantiga.iag.usp.br/ensino/>
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Segunda Edición. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2015). *Mapa de cobertura de uso del suelo a escala 1:100000*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2015). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel*. Quito, Ecuador.
- MODIS. (2017). *MODIS design*. Distrito de Columbia: NASA. Recuperado de <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>
- Montealegre, J. y Pabón, J. (2000): La Variabilidad Climática Interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña–Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Meteorol. Colomb. 2:7-21. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia
- Montealegre, J.E. (2007). *Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/>
- Morales, P. (2011). *El coeficiente de correlación*. Recuperado de [http://www.unizar.es/ice/images/stories/materiales/curso\\_06\\_2016/01.%20Documento%201%20\(correlaciones\).pdf](http://www.unizar.es/ice/images/stories/materiales/curso_06_2016/01.%20Documento%201%20(correlaciones).pdf)

Nemani, R.R., Kelling, C.D., Hashimoto, H., Jolly, W.M., Piper, S.C., Tucker, C.J., Myneni, R.B., y Running, S.W. (2003). Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, 300,1560-1563.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). “*Agenda:2030, Objetivos de Desarrollo Sostenible*”. Recuperado de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Palacios, J. (2014). *Anomalías de precipitación en el Ecuador continental e insular durante los años 2007 al 2014*. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Panel Intergunamental sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)

Panel Intergunamental sobre el Cambio Climático. (2013). *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment\\_report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment_report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf)

Pazmiño, A. (2010). *Variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones en zonas de montaña: caso del volcán Antisana* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Pazmiño, D. (2011). *Origen de las poblaciones introducidas de *Scinax quinquefasciatus* (Anura: Hylidae) en las islas Galápagos* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Paz-Pellat, F., Palacios-Vélez, E., Bolaños-González, M., Palacios-Sánchez, L., Martínez-Menes, M., Mejía-Sáenz, E., y Huete, A. (2007). Diseño de un índice espectral de la vegetación: NDVI. *Agrociencia*, 41 (5), 539-554.

- Pérez, B. (2014). *Diseño de muestreo para medir efectos de los cambios en la diversidad de especies sobre el servicio ecosistémico de captura de carbono en matorrales mediterráneos* (tesis de pregrado). Universidad de Granada.
- Pourrut, P., Róvere, O., Romo, I., y Villacrés, H. (1995). *Factores condicionantes de los regímenes climáticos e hidrológicos*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Poveda, G., y Roldán, P. (2006). Variabilidad espacio-temporal de los índices NDVI y EVI. Aplicación a cinco regiones colombianas. *Meteorología Colombiana*. (10), 47-59.
- Quinn, W., y Neal, V. (1992). The historical record of El Niño events. En Bradley, R.S. y Jones P. D. (eds). *Climate Since*. 623-648.
- Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gómez, J., Cáceres, B., Ceballos, J., Basantes, R., Vuille, M., Huggel, C., Scheel, M., Lejeune, Y., Arnaud, Y., Collet, M., Condom, T., Consoli, G., Favier, V., Jomelli, V., Galárraga, R., Ginot, P., Maisincho, L., Mendoza, J., Ramírez, E., Suárez, W., Villacis, M., y Wagnon, P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, (7): 81-102.
- Ramsay, P. (1992). *The páramo vegetation of Ecuador: The community ecology, dynamics and productivity of tropical grasslands in the Andes*. Wales.
- Ramsay, P., y Oxley, E. (1997). The growth form composition of plant communities in the ecuadorian páramos. *Plant Ecology*, 131.173-192.
- Reyes, A., Alcaraz, D., y Cabello, J. (2015). Implicaciones del filtrado de calidad del índice de vegetación EVI para el seguimiento funcional de ecosistemas. *Revista de Teledetección*, 43.
- Rodríguez, O., y Arredondo, H. (2005). *Manual para el Manejo y Procesamiento de Imágenes Satelitales obtenidas del sensor remoto MODIS de la NASA, aplicado en estudios de Ingeniería Civil* (Trabajo de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- Rodríguez, R, Capa, A., y Lozano, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. Madrid, España: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., y Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS. En Fraden, S.C., Marcanti, E.P y Becker, M.A. (Eds.), *Third ERTS-1 Symposium* (pp. 309-317). Washington: NASA.
- Ruimy A., Saugier, B., y Dedieu, G. (1994). Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *Journal of geophysical research Atmospheres*, 99, 5263-5283.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). (24 de junio de 2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Resolución No. CNP-002-2013. Do: (ISBN-978-9942-07-448-5).
- UNESCO. (2010). *Atlas Pluviométrico del Ecuador*. Do: (ISBN 978-92-9089-140-6).
- Van der Hammen, T., y Hooghiemstra, H. (2000). Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews* 19: 725–742.
- Van Leeuwen W.J.D., Orr, B.J., Marsh, S.E., y Herrman, S.M. (2006). Multi-sensor NDVI data continuity: uncertainties and implications for vegetation monitoring applications. *Remote Sensing of Environmental*, 100, 67-81.
- Van Leeuwen, W.J.D., Hartfield, K., Miranda, M., y Meza, F.J. (2013). Trends and ENSO/AAO driven variability in NDVI derived productivity and phenology alongside the Andes Mountains. *Remote Sens*, 5, 1177-1203.
- Varela, R. (2016). *El registro del cambio en el clima y sus efectos en el mar*. Recuperado de <https://periodismocc.files.wordpress.com/2016/05/registro-del-clima-ramon-varela.pdf>
- Villacís, M., Galárraga, R., y Francou, B. (2001). *Influencia de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) sobre la precipitación de los Andes centrales del Ecuador*. Quito.

- Viñas, J. (2012). El Clima de la Tierra a lo largo de la historia. *IX Seminario Historia y Clima: Clima, Naturaleza, riesgo y desastre*. Celebrado en la Universidad de Alicante, España.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark G y Bradley, R. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers-Past, present and future. *Earth Science Reviews* 89, 79–96.
- World AgroMeteorological Information Service. (2017). *Decadal and Monthly Agrometeorological and Climatological Bulletin*. Recuperado de <http://www.wamis.org/countries/ecuador/>

## ANEXOS

### Anexo 1. Tablas de promedios mensuales EVI por ecosistema de páramo

Promedios mensuales EVI del ecosistema Bosque siempreverde y Herbazal del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.22	0.28	0.28	0.28	0.32	0.34	0.35	0.35	0.28	0.26	0.28
<b>2001</b>	0.33	0.28	0.32	0.28	0.32	0.24	0.28	0.31	0.31	0.30	0.30	0.34
<b>2002</b>	0.27	0.32	0.27	0.29	0.29	0.28	0.32	0.25	0.33	0.27	0.27	0.29
<b>2003</b>	0.31	0.30	0.33	0.29	0.30	0.30	0.31	0.28	0.31	0.34	0.33	0.27
<b>2004</b>	0.32	0.35	0.31	0.29	0.33	0.29	0.26	0.29	0.30	0.32	0.30	0.31
<b>2005</b>	0.35	0.34	0.33	0.39	0.35	0.28	0.34	0.32	0.29	0.32	0.27	0.32
<b>2006</b>	0.24	0.28	0.32	0.34	0.33	0.31	0.32	0.27	0.34	0.33	0.30	0.32
<b>2007</b>	0.35	0.35	0.31	0.31	0.33	0.28	0.33	0.32	0.28	0.32	0.31	0.31
<b>2008</b>	0.33	0.35	0.33	0.31	0.31	0.32	0.31	0.35	0.32	0.31	0.35	0.37
<b>2009</b>	0.29	0.37	0.34	0.36	0.30	0.34	0.32	0.35	0.32	0.33	0.27	0.31
<b>2010</b>	0.35	0.38	0.31	0.28	0.32	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.29	0.31
<b>2012</b>	0.24	0.24	0.24	0.23	0.26	0.27	0.26	0.28	0.32	0.32	0.27	0.22
<b>2013</b>	0.27	0.18	0.28	0.33	0.24	0.27	0.22	0.23	0.34	0.27	0.28	0.29
<b>2014</b>	0.27	0.25	0.33	0.18	0.27	0.22	0.19	0.24	0.27	0.25	0.24	0.21
<b>2015</b>	0.17	0.29	0.21	0.27	0.22	0.21	0.22	0.25	0.28	0.24	0.24	0.19

Promedios mensuales EVI del ecosistema Bosque siempreverde del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.24	0.27	0.30	0.30	0.30	0.35	0.37	0.34	0.26	0.27	0.31
<b>2001</b>	0.32	0.28	0.33	0.30	0.30	0.27	0.27	0.33	0.31	0.34	0.31	0.36
<b>2002</b>	0.26	0.30	0.31	0.29	0.29	0.30	0.31	0.34	0.34	0.29	0.29	0.29
<b>2003</b>	0.30	0.33	0.30	0.34	0.28	0.31	0.32	0.33	0.37	0.34	0.36	0.26
<b>2004</b>	0.30	0.36	0.37	0.30	0.34	0.30	0.28	0.29	0.34	0.33	0.33	0.35
<b>2005</b>	0.37	0.32	0.35	0.41	0.30	0.34	0.32	0.28	0.36	0.32	0.34	0.32
<b>2006</b>	0.26	0.30	0.39	0.33	0.34	0.31	0.33	0.28	0.36	0.33	0.34	0.36
<b>2007</b>	0.33	0.38	0.31	0.33	0.35	0.29	0.34	0.35	0.31	0.35	0.31	0.32
<b>2008</b>	0.32	0.39	0.34	0.34	0.30	0.31	0.30	0.36	0.30	0.35	0.35	0.35
<b>2009</b>	0.31	0.38	0.32	0.36	0.31	0.36	0.34	0.36	0.34	0.36	0.31	0.30
<b>2010</b>	0.35	0.40	0.29	0.30	0.32	0.29	0.30	0.35	0.35	0.37	0.34	0.34
<b>2012</b>	0.29	0.27	0.30	0.23	0.24	0.29	0.29	0.30	0.33	0.33	0.30	0.28
<b>2013</b>	0.26	0.22	0.30	0.32	0.23	0.30	0.24	0.24	0.34	0.30	0.29	0.28
<b>2014</b>	0.28	0.29	0.36	0.19	0.23	0.21	0.19	0.30	0.27	0.26	0.23	0.22
<b>2015</b>	0.17	0.29	0.27	0.26	0.20	0.17	0.22	0.25	0.28	0.26	0.29	0.21

Promedios mensuales EVI del ecosistema Herbazal del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.24	0.30	0.31	0.29	0.34	0.34	0.34	0.36	0.28	0.29	0.30
<b>2001</b>	0.33	0.29	0.33	0.30	0.31	0.27	0.30	0.31	0.31	0.32	0.31	0.35
<b>2002</b>	0.29	0.33	0.29	0.30	0.32	0.30	0.34	0.27	0.34	0.29	0.29	0.30
<b>2003</b>	0.30	0.33	0.31	0.33	0.33	0.31	0.32	0.31	0.34	0.35	0.34	0.31
<b>2004</b>	0.32	0.36	0.33	0.31	0.34	0.31	0.29	0.31	0.32	0.34	0.33	0.31
<b>2005</b>	0.35	0.34	0.37	0.39	0.31	0.35	0.32	0.30	0.33	0.31	0.33	0.32
<b>2006</b>	0.27	0.30	0.35	0.34	0.34	0.31	0.34	0.29	0.34	0.32	0.32	0.33
<b>2007</b>	0.34	0.36	0.32	0.33	0.34	0.29	0.33	0.33	0.29	0.33	0.32	0.34
<b>2008</b>	0.34	0.37	0.33	0.32	0.31	0.33	0.31	0.34	0.32	0.32	0.35	0.38
<b>2009</b>	0.32	0.38	0.35	0.36	0.33	0.35	0.34	0.35	0.33	0.35	0.29	0.31
<b>2010</b>	0.35	0.38	0.32	0.30	0.33	0.32	0.31	0.34	0.34	0.36	0.31	0.33
<b>2011</b>	0.33	0.33	0.25	0.28	0.35	0.31	0.26	0.27	0.23	0.28	0.32	0.34
<b>2012</b>	0.26	0.25	0.27	0.25	0.26	0.29	0.27	0.28	0.32	0.32	0.28	0.26
<b>2013</b>	0.31	0.22	0.29	0.32	0.25	0.29	0.24	0.26	0.33	0.29	0.28	0.31
<b>2014</b>	0.30	0.27	0.32	0.22	0.26	0.23	0.21	0.26	0.29	0.27	0.24	0.24
<b>2015</b>	0.19	0.30	0.23	0.27	0.24	0.22	0.25	0.26	0.30	0.26	0.29	0.22

Promedios mensuales EVI del ecosistema Herbazal húmedo montano alto superior del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.21	0.39	0.46	0.42	0.47	0.44	0.41	0.43	0.32	0.34	0.35
<b>2001</b>	0.37	0.43	0.46	0.45	0.48	0.44	0.42	0.34	0.32	0.33	0.31	0.36
<b>2002</b>	0.31	0.48	0.49	0.46	0.43	0.41	0.42	0.37	0.35	0.32	0.34	0.41
<b>2003</b>	0.39	0.42	0.38	0.46	0.41	0.45	0.43	0.40	0.37	0.37	0.39	0.43
<b>2004</b>	0.37	0.42	0.37	0.46	0.45	0.41	0.42	0.38	0.37	0.35	0.39	0.37
<b>2005</b>	0.40	0.43	0.44	0.47	0.44	0.43	0.40	0.35	0.35	0.37	0.36	0.36
<b>2006</b>	0.37	0.38	0.45	0.51	0.48	0.42	0.41	0.39	0.33	0.33	0.38	0.39
<b>2007</b>	0.43	0.47	0.46	0.49	0.49	0.44	0.46	0.39	0.39	0.41	0.43	0.45
<b>2008</b>	0.39	0.54	0.41	0.47	0.46	0.48	0.44	0.46	0.41	0.45	0.45	0.46
<b>2009</b>	0.55	0.51	0.42	0.50	0.48	0.51	0.43	0.42	0.34	0.35	0.38	0.36
<b>2010</b>	0.40	0.42	0.42	0.47	0.47	0.44	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.41
<b>2011</b>	0.43	0.37	0.42	0.44	0.46	0.43	0.43	0.42	0.37	0.36	0.35	0.42
<b>2012</b>	0.41	0.42	0.46	0.49	0.43	0.45	0.37	0.35	0.33	0.33	0.23	0.35
<b>2013</b>	0.40	0.33	0.41	0.42	0.31	0.42	0.42	0.39	0.31	0.34	0.34	0.39
<b>2014</b>	0.39	0.36	0.43	0.37	0.41	0.44	0.42	0.37	0.34	0.28	0.36	0.35
<b>2015</b>	0.33	0.43	0.39	0.49	0.45	0.46	0.34	0.31	0.29	0.33	0.36	0.40

Promedios mensuales EVI del ecosistema Herbazal húmedo subnival del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.21	0.21	0.27	0.26	0.31	0.29	0.29	0.31	0.24	0.29	0.29
<b>2001</b>	0.31	0.25	0.31	0.24	0.30	0.27	0.27	0.27	0.25	0.27	0.24	0.31
<b>2002</b>	0.24	0.31	0.27	0.26	0.29	0.24	0.26	0.26	0.27	0.27	0.23	0.26
<b>2003</b>	0.26	0.29	0.26	0.29	0.26	0.29	0.26	0.29	0.28	0.27	0.26	0.27
<b>2004</b>	0.24	0.32	0.31	0.26	0.29	0.23	0.24	0.23	0.27	0.26	0.29	0.25
<b>2005</b>	0.26	0.29	0.32	0.31	0.30	0.29	0.24	0.26	0.26	0.23	0.26	0.27
<b>2006</b>	0.23	0.24	0.30	0.29	0.27	0.24	0.24	0.25	0.24	0.23	0.27	0.29
<b>2007</b>	0.28	0.30	0.30	0.29	0.30	0.24	0.28	0.26	0.25	0.28	0.27	0.27
<b>2008</b>	0.25	0.29	0.27	0.28	0.26	0.29	0.29	0.31	0.27	0.32	0.30	0.27
<b>2009</b>	0.30	0.36	0.31	0.30	0.31	0.29	0.25	0.29	0.25	0.27	0.28	0.24
<b>2010</b>	0.27	0.30	0.29	0.28	0.25	0.27	0.24	0.24	0.27	0.30	0.24	0.26
<b>2011</b>	0.27	0.21	0.20	0.25	0.28	0.29	0.23	0.23	0.20	0.25	0.25	0.29
<b>2012</b>	0.23	0.18	0.25	0.21	0.22	0.27	0.23	0.26	0.25	0.25	0.18	0.23
<b>2013</b>	0.27	0.23	0.24	0.25	0.23	0.27	0.25	0.26	0.22	0.24	0.21	0.25
<b>2014</b>	0.24	0.24	0.29	0.19	0.20	0.24	0.22	0.26	0.26	0.22	0.22	0.21
<b>2015</b>	0.17	0.30	0.21	0.25	0.26	0.22	0.20	0.20	0.22	0.19	0.23	0.23

Promedios mensuales EVI del ecosistema Herbazal inundable del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.26	0.34	0.36	0.31	0.42	0.37	0.34	0.37	0.29	0.33	0.33
<b>2001</b>	0.35	0.34	0.37	0.35	0.35	0.33	0.33	0.32	0.32	0.33	0.33	0.36
<b>2002</b>	0.30	0.36	0.32	0.34	0.36	0.32	0.37	0.32	0.35	0.30	0.34	0.34
<b>2003</b>	0.32	0.36	0.32	0.37	0.37	0.37	0.34	0.34	0.35	0.34	0.37	0.34
<b>2004</b>	0.32	0.37	0.34	0.34	0.36	0.33	0.33	0.32	0.36	0.37	0.36	0.33
<b>2005</b>	0.37	0.36	0.36	0.39	0.35	0.35	0.31	0.31	0.34	0.34	0.33	0.34
<b>2006</b>	0.31	0.34	0.41	0.38	0.34	0.32	0.36	0.32	0.36	0.32	0.34	0.39
<b>2007</b>	0.35	0.36	0.35	0.35	0.37	0.35	0.34	0.36	0.31	0.34	0.35	0.37
<b>2008</b>	0.37	0.39	0.35	0.36	0.37	0.36	0.33	0.36	0.33	0.34	0.37	0.39
<b>2009</b>	0.35	0.40	0.36	0.38	0.34	0.36	0.35	0.35	0.34	0.36	0.32	0.31
<b>2010</b>	0.36	0.39	0.33	0.36	0.34	0.39	0.32	0.36	0.32	0.34	0.34	0.35
<b>2011</b>	0.37	0.32	0.28	0.30	0.38	0.36	0.28	0.30	0.24	0.30	0.35	0.38
<b>2012</b>	0.30	0.25	0.33	0.30	0.25	0.31	0.29	0.28	0.32	0.32	0.31	0.30
<b>2013</b>	0.33	0.23	0.30	0.33	0.28	0.32	0.30	0.29	0.32	0.30	0.30	0.33
<b>2014</b>	0.33	0.29	0.35	0.24	0.27	0.25	0.24	0.32	0.31	0.30	0.26	0.29
<b>2015</b>	0.18	0.35	0.22	0.28	0.25	0.22	0.29	0.28	0.32	0.26	0.31	0.28

Promedios mensuales EVI del ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.11	0.18	0.17	0.16	0.19	0.22	0.20	0.22	0.15	0.14	0.16
<b>2001</b>	0.19	0.19	0.23	0.16	0.19	0.11	0.15	0.16	0.20	0.22	0.19	0.23
<b>2002</b>	0.16	0.22	0.17	0.17	0.17	0.16	0.20	0.15	0.21	0.20	0.15	0.18
<b>2003</b>	0.16	0.17	0.18	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18	0.21	0.23	0.23	0.19
<b>2004</b>	0.20	0.23	0.21	0.18	0.21	0.20	0.17	0.19	0.18	0.23	0.22	0.19
<b>2005</b>	0.24	0.20	0.25	0.26	0.16	0.21	0.20	0.19	0.20	0.18	0.21	0.22
<b>2006</b>	0.16	0.17	0.21	0.20	0.22	0.20	0.21	0.16	0.24	0.19	0.22	0.24
<b>2007</b>	0.21	0.23	0.19	0.18	0.23	0.14	0.21	0.20	0.19	0.23	0.19	0.21
<b>2008</b>	0.20	0.25	0.23	0.22	0.18	0.22	0.19	0.24	0.21	0.18	0.22	0.26
<b>2009</b>	0.20	0.27	0.21	0.24	0.20	0.22	0.23	0.25	0.21	0.25	0.19	0.20
<b>2010</b>	0.22	0.26	0.21	0.20	0.20	0.19	0.21	0.21	0.24	0.25	0.27	0.20
<b>2011</b>	0.23	0.23	0.14	0.16	0.22	0.18	0.12	0.16	0.10	0.16	0.19	0.18
<b>2012</b>	0.16	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15	0.14	0.16	0.20	0.20	0.16	0.16
<b>2013</b>	0.20	0.13	0.17	0.21	0.19	0.18	0.14	0.14	0.21	0.17	0.16	0.18
<b>2014</b>	0.19	0.16	0.22	0.11	0.19	0.13	0.11	0.14	0.16	0.12	0.13	0.15
<b>2015</b>	0.10	0.17	0.12	0.17	0.12	0.11	0.13	0.15	0.21	0.17	0.15	0.13

Promedios mensuales EVI del ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.24	0.31	0.30	0.31	0.35	0.32	0.32	0.35	0.27	0.28	0.29
<b>2001</b>	0.31	0.31	0.34	0.30	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.30	0.28	0.33
<b>2002</b>	0.26	0.30	0.31	0.31	0.32	0.29	0.33	0.27	0.31	0.29	0.25	0.30
<b>2003</b>	0.28	0.32	0.33	0.32	0.31	0.32	0.32	0.29	0.32	0.30	0.32	0.29
<b>2004</b>	0.28	0.35	0.30	0.31	0.31	0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.29
<b>2005</b>	0.34	0.30	0.32	0.35	0.31	0.32	0.28	0.28	0.30	0.33	0.29	0.30
<b>2006</b>	0.25	0.30	0.36	0.34	0.32	0.29	0.29	0.28	0.29	0.28	0.30	0.31
<b>2007</b>	0.32	0.33	0.31	0.33	0.32	0.30	0.31	0.31	0.28	0.32	0.30	0.31
<b>2008</b>	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.35	0.30	0.35	0.32	0.31	0.32	0.36
<b>2009</b>	0.34	0.37	0.34	0.33	0.33	0.36	0.31	0.32	0.30	0.31	0.28	0.28
<b>2010</b>	0.33	0.33	0.33	0.26	0.30	0.32	0.30	0.31	0.31	0.33	0.29	0.27
<b>2011</b>	0.32	0.28	0.29	0.26	0.34	0.32	0.27	0.27	0.27	0.27	0.29	0.33
<b>2012</b>	0.24	0.18	0.26	0.26	0.27	0.30	0.28	0.29	0.29	0.29	0.26	0.24
<b>2013</b>	0.31	0.21	0.33	0.31	0.30	0.30	0.27	0.26	0.28	0.27	0.25	0.30
<b>2014</b>	0.30	0.29	0.32	0.23	0.30	0.26	0.26	0.28	0.29	0.28	0.25	0.25
<b>2015</b>	0.24	0.32	0.25	0.29	0.28	0.28	0.26	0.27	0.31	0.25	0.27	0.27

Promedios mensuales EVI del ecosistema Rosetal caulescente y Herbazal del páramo (frailejones) durante el período 2000-2015.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>		0.22	0.31	0.29	0.26	0.31	0.31	0.32	0.33	0.30	0.29	0.30
<b>2001</b>	0.30	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.29	0.28	0.31	0.26	0.33
<b>2002</b>	0.25	0.33	0.24	0.27	0.29	0.28	0.31	0.25	0.31	0.29	0.29	0.34
<b>2003</b>	0.29	0.37	0.35	0.31	0.31	0.29	0.30	0.30	0.31	0.33	0.31	0.28
<b>2004</b>	0.30	0.36	0.34	0.29	0.32	0.29	0.30	0.30	0.32	0.34	0.33	0.32
<b>2005</b>	0.36	0.31	0.29	0.36	0.32	0.32	0.30	0.32	0.32	0.28	0.29	0.29
<b>2006</b>	0.27	0.27	0.31	0.31	0.30	0.28	0.28	0.27	0.34	0.32	0.31	0.37
<b>2007</b>	0.30	0.33	0.29	0.33	0.32	0.28	0.30	0.30	0.28	0.30	0.28	0.30
<b>2008</b>	0.31	0.34	0.33	0.31	0.29	0.30	0.29	0.37	0.30	0.30	0.35	0.38
<b>2009</b>	0.28	0.37	0.30	0.33	0.31	0.30	0.30	0.32	0.32	0.30	0.29	0.26
<b>2010</b>	0.32	0.36	0.26	0.29	0.33	0.29	0.29	0.34	0.29	0.34	0.34	0.28
<b>2011</b>	0.36	0.27	0.19	0.25	0.32	0.26	0.23	0.25	0.21	0.25	0.32	0.22
<b>2012</b>	0.24	0.24	0.24	0.19	0.21	0.24	0.28	0.29	0.25	0.25	0.28	0.29
<b>2013</b>	0.25	0.18	0.30	0.28	0.14	0.23	0.26	0.22	0.31	0.27	0.27	0.25
<b>2014</b>	0.25	0.24	0.31	0.28	0.21	0.16	0.20	0.26	0.31	0.21	0.22	0.22
<b>2015</b>	0.19	0.28	0.23	0.27	0.18	0.19	0.22	0.25	0.25	0.25	0.26	0.22

## Anexo 2. Tablas de datos mensuales de precipitación (INAMHI)

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “La Tola”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	129.50	145.50	128.30	125.30	144.70	55.80	35.40	2.10	77.30	67.40	59.30	92.30
<b>2001</b>	55.50	60.60	100.00	16.10	35.10	13.50	25.00	0.00	95.70	34.60	109.90	45.40
<b>2002</b>	44.70	36.90	129.60	263.80	49.70	36.60	11.60	21.70	49.60	79.90	98.0	99.70
<b>2003</b>	40.10	68.90	58.30	149.80	15.00	32.00	10.30	20.80	84.30	85.30	146.30	47.10
<b>2004</b>	82.30	27.30	86.20	79.70	47.40	3.40	4.40	0.70	53.80	105.40	177.90	131.00
<b>2005</b>	52.80	97.70	75.90	58.70	44.00	29.10	9.10	18.80	20.20	87.00	84.00	79.00
<b>2006</b>	42.40	74.80	211.80	168.00	30.90	45.60	4.60	3.00	11.00	101.30	153.00	166.40
<b>2007</b>	69.20	42.50	155.60	141.30	50.70	19.70	3.60	13.10	22.30	143.40	185.10	28.60
<b>2008</b>	86.40	148.20	198.60	135.90	131.70	60.20	2.40	22.10	25.40	186.70	73.80	108.40
<b>2009</b>	101.40	48.50	152.90	70.30	46.20	29.70	14.90	0.10	9.90	121.50	55.00	96.60
<b>2010</b>	15.90	83.00	12.10	163.40	100.40	40.70	69.60	29.50	79.10	66.40	170.40	107.60
<b>2011</b>	34.80	158.90	116.70	233.20	61.40	19.50	46.60	43.30	35.50	77.80	53.10	60.80
<b>2012</b>	76.90	59.80	95.10	114.40	16.30	8.20	1.50	2.00	53.30	70.20	235.90	59.80
<b>2013</b>	17.80	159.80	73.10	103.10	95.20	0.30	4.50	36.30	24.40	77.90	51.60	49.80
<b>2014</b>	66.50	65.70	131.40	36.30	116.0	10.7	0.80	0.40	46.90	130.50	44.50	49.30
<b>2015</b>	54.20	78.50	123.10	57.30	33.00	2.00	16.80	2.00	16.80	123.70	45.20	2.50

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Izobamba”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	161.20	184.60	268.80	231.40	250.50	137.70	42.60	28.80	167.70	49.90	57.90	73.70
<b>2001</b>	144.80	168.20	226.30	133.60	102.00	38.20	36.10	12.40	91.40	7.90	119.00	192.60
<b>2002</b>	94.00	93.40	201.40	248.00	132.70	69.70	26.50	11.80	22.90	129.60	185.00	243.600
<b>2003</b>	144.70	104.40	111.50	183.70	118.00	117.80	7.90	32.20	101.30	153.20	200.10	110.50
<b>2004</b>	58.90	66.10	74.80	150.40	147.40	24.30	28.60	3.10	98.70	136.30	152.70	187.70
<b>2005</b>	33.30	201.40	210.20	115.70	100.10	66.80	50.60	53.90	84.10	83.70	105.80	159.40
<b>2006</b>	93.30	188.80	167.50	262.00	76.30	92.20	13.10	23.60	51.60	76.50	245.90	174.60
<b>2007</b>	171.30	55.10	229.90	264.30	243.60	59.70	62.60	34.80	16.40	201.90	326.20	117.80
<b>2008</b>	246.60	275.50	263.50	257.00	216.40	111.50	28.50	96.70	103.10	199.50	108.00	126.00
<b>2009</b>	295.40	186.60	262.40	189.90	102.80	48.20	7.10	29.00	9.70	86.40	88.80	209.90
<b>2010</b>	45.60	103.70	114.20	289.20	149.20	100.40	196.20	52.50	79.50	89.70	249.40	304.80
<b>2011</b>	138.30	193.30	143.70	262.40	92.80	61.40	69.40	76.70	56.90	197.60	30.40	164.90
<b>2012</b>	254.30	227.30	197.40	219.30	64.90	10.60	19.80	20.00	20.50	167.00	169.00	30.50
<b>2013</b>	43.70	230.50	128.10	101.90	239.00	9.80	8.30	43.50	38.90	191.50	45.90	79.60
<b>2014</b>	177.90	135.40	242.30	141.60	186.90	43.30	12.50	49.90	78.50	132.10	112.80	79.80
<b>2015</b>	94.90	78.90	233.30	152.20	102.40	10.60	30.00	6.60	21.40	118.20	193.40	49.70

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Rumipamba-Salcedo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	116.10	127.80	70.50	75.80	136.10	59.40	8.40	16.30	59.20	70	18.60	43.80
<b>2001</b>	51.90	40.50	39.90	34.80	10.90	18.10	25.00	9.20	17.70	8.60	51.30	75.30
<b>2002</b>	36.10	16.80	57.00	125.60	46.70	37.90	8.60	7.90	7.00	62.10	76.00	48.00
<b>2003</b>	37.70	65.30	56.20	41.00	7.50	23.50	10.00	1.10	14.200	58.00	85.40	42.10
<b>2004</b>	10.90	45.40	30.90	59.90	65.60	5.80	22.90	15.90	21.60	17.80	82.00	56.90
<b>2005</b>	10.10	34.20	95.30	82.20	33.90	27.80	14.90	11.70	14.50	25.50	42.80	122.90
<b>2006</b>	33.90	45.10	120.00	89.40	22.50	80.30	2.40	15.10	17.70	13.50	150.30	69.20
<b>2007</b>	43.90	11.30	78.00	72.60	63.60	35.10	17.50	30.50	8.50	33.40	72.80	39.10
<b>2008</b>	79.70	88.90	85.60	132.10	76.70	36.70	20.60	36.50	28.40	155.50	85.00	38.60
<b>2009</b>	74.90	41.40	88.60	75.70	21.60	43.30	11.50	1.60	10.70	27.80	17.10	68.30
<b>2010</b>	2.80	27.30	35.70	101.80	42.60	40.00	70.70	12.80	41.20	40.80	99.90	78.30
<b>2011</b>	40.40	1300	38.30	149.20	28.30	20.00	41.40	16.80	43.60	21.60	99.90	89.70
<b>2012</b>	102.10	65.90	29.10	69.70	15.10	9.60	6.50	130.00	20.50	70.50	70.50	24.60
<b>2013</b>	9.60	98.80	36.30	44.00	69.10	4.80	14.00	14.90	6.60	34.40	33.00	27.10
<b>2014</b>	86.70	15.10	78.50	61.80	116.80	25.80	8.20	16.90	58.00	46.80	50.20	41.10
<b>2015</b>	69.40	23.20	62.90	14.80	33.60	28.70	34.10	8.00	6.00	40.30	70.80	7.90

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “INAMHI-Iñaquito”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	177.30	165.80	149.50	187.60	123.80	66.40	22.10	9.70	67.30	43.80	16.70	76.10
<b>2001</b>	84.10	63.90	186.40	63.10	88.80	8.50	35.00	0.00	94.60	9.30	113.60	118.10
<b>2002</b>	36.60	59.10	123.10	256.60	133.10	37.30	8.20	9.80	19.20	144.60	95.00	152.90
<b>2003</b>	25.40	79.10	100.90	244.60	28.70	54.10	15.70		67.80	117.70	159.40	103.20
<b>2004</b>	56.00	34.40	75.20	156.30	113.80	11.00	6.70	0.60	97.60	98.80	125.50	94.80
<b>2005</b>	37.90	150.60	134.30	84.20	37.70	31.80	53.40	26.80	35.60	116.00	58.40	115.10
<b>2006</b>	52.30	105.20	202.50	209.50	113.60	50.20	3.10	3.50	35.60	109.50	182.40	183.00
<b>2007</b>	66.20	67.50	177.20	188.10	101.00	22.20	12.50	33.40	30.00	160.10	194.70	
<b>2008</b>	156.50	218.40	188.80	203.80	171.30	56.50	12.30	37.00	58.70	235.30	72.40	121.20
<b>2009</b>	165.80	141.50	173.80	161.30	62.70	35.00	2.60	1.00	7.40	69.40	71.30	120.00
<b>2010</b>	4.60	46.00	26.50	220.40		34.50	93.60	59.40	87.80	51.80	167.60	181.70
<b>2011</b>	82.40	182.50	145.80	372.90	55.20	28.50	117.20	48.90	73.30	54.80	65.70	107.00
<b>2012</b>	158.90	125.30	143.80	203.40	40.20	21.40	1.80	2.60	12.50	133.80	177.00	60.80
<b>2013</b>	430.00	196.40	83.10	111.00	115.40	0.30	0.10	18.20	31.80	141.70	48.00	46.60
<b>2014</b>	138.00	60.60	213.60	46.20	219.20	10.90	0.10	1.70	85.30	144.60	79.20	22.70
<b>2015</b>	63.30	112.80	177.40	102.80	30.80	2.50	46.00	2.10	6.50	91.50	109.30	28.30

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “El Ángel”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	159.80	156.40	120.00	97.20	172.20	53.80	35.40	10.50	42.80	40.80	34.80	43.30
<b>2001</b>	85.30	54.10	53.00	64.30	22.00	20.10	21.30	8.40	25.60	1.60	62.10	67.80
<b>2002</b>	61.60	19.50	60.30	75.80		70.00	7.10	26.50	26.30	111.90	83.30	100.60
<b>2003</b>	13.50	39.50	55.40	113.30	69.80	27.60	44.80	0.00	54.80	116.300	116.40	
<b>2004</b>	66.90	29.40	29.80	109.10	39.80	11.50	14.80	4.20	22.20	46.70	101.60	119.90
<b>2005</b>	68.00	89.80	130.80	86.80	57.20	16.60	28.70	7.50	30.90	106.30	92.80	160.30
<b>2006</b>	104.00	62.90	183.80	123.70	17.80	105.00	12.50	18.80	18.00	62.90	138.50	134.60
<b>2007</b>	50.90	58.10	127.50	137.50	44.40	36.10	17.80	48.00	6.20	164.10	111.40	141.80
<b>2008</b>	155.20	84.70	149.90	90.60	109.00		15.30	14.40	30.40	170.20		128.50
<b>2009</b>	123.60	92.10	128.60	69.60	13.00							
<b>2010</b>				71.90		62.10	36.30	22.50	61.50	93.50	213.00	190.50
<b>2011</b>	105.0	131.10	104.80	146.90	68.50	46.80	76.90	33.20	29.50	114.40	110.60	203.50
<b>2012</b>	137.60	102.90	54.30	108.30	9.30	7.60	9.10	21.40	9.40	111.70	82.70	49.90
<b>2013</b>	43.60	138.60	43.20	51.60	130.50	5.70	56.10	8.60	13.50	108.20	73.80	55.50
<b>2014</b>	103.40	16.40	97.30	20.30	148.10	54.30	14.40	19.60	25.00	74.60	84.80	139.00
<b>2015</b>	53.50	37.80	145.90	37.40	36.30	34.80	29.10	12.50				

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “San Gabriel”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	169.00	158.70	145.00	141.20	296.30	107.80	39.60	34.50	45.90	54.40	21.70	37.60
<b>2001</b>	76.50	92.60	60.20	59.70	32.30	54.70	44.90	21.70	16.90	4.30	73.60	94.10
<b>2002</b>	54.00	25.10	47.10	61.70	48.00	107.70	35.60	35.70	3.70	138.80	132.80	89.90
<b>2003</b>	22.30	54.80	93.70	59.50	51.10	48.70	88.50	16.30	410	102.60	106.40	73.30
<b>2004</b>	55.80	24.30	40.80	131.00	91.10	33.00	56.20	11.30	61.90	63.30	94.20	81.20
<b>2005</b>	118.30	88.90	104.90	172.20	60.60	30.70	25.50	16.30	47.60	130.90	87.10	185.00
<b>2006</b>	110.70	90.50	211.90	124.50	43.60	107.50	42.40	36.70	50.70	72.30	146.10	133.80
<b>2007</b>	36.00	90.30	89.80	163.80	109.40	75.60	40.30	102.50	39.20	198.70	137.20	188.50
<b>2008</b>	209.10	151.00	162.10	101.10	129.90	62.70	42.50	37.90	45.10	2110	93.70	134.00
<b>2009</b>	159.10	112.00	58.00	93.00	34.60	42.20	36.70	22.30	16.50	47.10	74.10	135.00
<b>2010</b>	9.10	56.20	57.60	116.10	118.60	50.60	66.90	46.90	78.70	1340	257.10	152.70
<b>2011</b>	94.30	136.10	110.10	179.90	140.30	71.20	88.80	45.10	40.70	96.10	163.40	195.50
<b>2012</b>	98.30	157.80	56.80	104.90	32.20	34.30	27.80	40.30	25.90	77.0	87.30	75.00
<b>2013</b>	29.20	142.10	60.80	68.00	116.50	24.10	84.20	24.70	19.70	80.30	157.20	51.40
<b>2014</b>	90.60	33.20	99.40	59.50	174.00	82.00	34.80	46.20	36.60	90.90	116.30	93.00
<b>2015</b>	46.00	76.30	137.70	71.40	47.20	76.30	48.40	24.30	15.30	46.70	83.20	14.50

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Mira-FAO”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	110.40	89.50	124.00	140.80	226.20	59.80	14.50	5.30	24.40	25.50	21.70	40.90
<b>2001</b>			36.50	17.30	47.10	8.50	0.00					
<b>2002</b>								0.00	16.00	118.20	118.00	155.00
<b>2003</b>	0.00		0.00	16.00					20.00		21.00	0.00
<b>2004</b>			39.10		45.90	0.80	3.60	0.00	2.20			
<b>2005</b>	0.80	42.10	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	1.80	13.20	10.70	0.00	0.00
<b>2006</b>	40.10	27.30	61.30	69.90	10.90	51.60	0.00	0.00	2.00	24.50	79.70	49.10
<b>2007</b>	26.20		125.20	126.30	56.90	28.10	9.40	24.30	6.00	135.10	307.30	68.70
<b>2008</b>	80.50	59.50	102.30	103.00	98.30	17.80	3.50	0.50	26.20	121.60	25.30	116.60
<b>2009</b>	101.20	83.40	65.20	63.10	13.00	28.50	0.00	7.00	2.50	46.10	49.20	98.40
<b>2010</b>	7.20	46.90	24.50	75.20	51.70	76.50	87.30	37.80	45.70	35.50	158.70	158.00
<b>2011</b>	39.70	85.30	77.40	160.10	64.10	46.10	40.80	26.80	33.10	78.00	40.10	120.20
<b>2012</b>	144.10	74.20	35.80	106.30	3.60	3.20	0.00	5.90	0.60	50.60	79.50	51.80
<b>2013</b>	27.50	157.60	30.10	66.20	155.10	0.00	14.50	9.50	2.40	81.50	35.90	46.00
<b>2014</b>	50.60	32.50	100.60	46.50	96.50	27.10	3.30	5.40	26.40	76.70	38.70	62.80
<b>2015</b>	39.80	30.9	90.10	64.00	20.90	1.20	9.10	1.20	2.60	93.80	105.20	1.20

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Otavalo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	116.10	128.90	168.20	171.90	215.50	76.20	23.40	7.80	57.30	46.30	42.40	59.10
<b>2001</b>	72.70	66.90	149.30	16.20	91.70	6.40	16.60	0.00	91.10	0.00	88.60	38.90
<b>2002</b>	43.70	34.90	54.60	148.40	39.00	51.80	2.70	3.40	29.30	163.60	83.90	95.00
<b>2003</b>	10.10	68.80	47.30	174.60	31.70	38.20	34.80	0.20	51.20	98.70	150.00	65.40
<b>2004</b>	44.60	19.20	41.30	101.10	132.00	6.40	5.30	0.70	64.20	68.20	116.70	60.30
<b>2005</b>	32.60	78.70	95.50	71.50	53.90	13.30	31.70	9.90	31.50	72.30	68.40	94.60
<b>2006</b>	83.70	59.70	223.50	187.70	69.80	53.00	10.80	8.20	10.30	58.60	197.50	199.60
<b>2007</b>	51.50	40.30	169.20	195.50	91.60	53.20	23.60	39.40	6.10	122.80	71.40	72.80
<b>2008</b>	124.10	113.30	192.30	149.10	170.50	88.40	7.10	33.50	26.60	158.10	126.90	64.30
<b>2009</b>	119.60	119.10	173.70	91.00	34.40	42.80	7.10	7.90	17.10	46.30	69.60	112.40
<b>2010</b>	7.70	22.20	36.90	152.40	170.40	57.90	78.80	41.80	74.40	60.30	204.00	80.20
<b>2011</b>	68.50	197.70	73.90	302.10	72.20	40.40	620	46.00	69.80	77.60	62.80	120.20
<b>2012</b>	131.70	77.80	81.20	194.50	28.20	7.50	4.30	4.70	11.50	79.70	86.90	28.50
<b>2013</b>	45.50	132.30	49.50	47.90	145.30	3.60	10.30	31.20	28.70	122.10	88.90	84.70
<b>2014</b>	138.90	23.30	152.50	55.40	232.10	28.90	7.40	1.70	39.90	157.30	90.20	69.10
<b>2015</b>	54.70	73.70	171.10	82.20	19.10	11.40	30.10	0.50	2.80	81.70	99.90	7.40

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Cotopaxi-Clirsén”.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>	87.40	154.40	217.00	220.20	214.50	110.90	19.50	30.80	151.20	52.00	97.80	80.30
<b>2001</b>	154.40	75.40	187.50	118.30	126.50	49.20	57.00	6.20	72.30	10.20	73.10	158.80
<b>2002</b>	79.20	77.20	154.50	196.60	108.70	33.90	25.50	19.00	23.60	169.60	155.60	195.70
<b>2003</b>	67.40	115.40	86.60	166.50	99.60	94.90	0.00	0.00	39.50	55.30	128.90	128.20
<b>2004</b>		51.90	55.40	110.80	131.40	17.80			26.10	70.80	98.20	92.90
<b>2005</b>												
<b>2006</b>	133.60	108.80	200.40	64.40	38.70	103.40	24.80	16.20	70.10	51.90	164.40	158.90
<b>2007</b>	118.00	22.10	140.90	206.70	85.30	76.80	46.60	43.60	0.00	91.80	128.30	124.30
<b>2008</b>	98.10	117.00	131.70	197.50	214.80	118.50	54.00	77.30	45.70	115.90	97.60	114.90
<b>2009</b>	202.40	168.40	154.20	64.90	104.60	136.60	36.90	23.40	28.70	81.20	100.50	96.10
<b>2010</b>	41.80	129.40	117.90	164.70	160.00	62.40	126.40	34.70	50.60	59.60	184.30	172.70
<b>2011</b>	133.20	93.00	114.80	207.80	92.60	52.50	78.10	65.40	45.00	138.40	61.20	268.50
<b>2012</b>	201.30	157.40	108.30	150.50	95.30	23.20	0.00	16.20	54.50	113.90	176.20	45.60
<b>2013</b>	39.90	201.30	115.90	116.20		15.50	18.70	34.70		121.80	36.80	84.30
<b>2014</b>	81.20	159.90	116.20	161.00								
<b>2015</b>												

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Pilalo”.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>	219.40	219.70	238.50	217.40	176.10	57.60	0.60		69.10	10.30	30.90	101.30
<b>2001</b>	260.90	159.80	195.80	172.70	76.60					33.00	66.90	139.60
<b>2002</b>	169.70	245.80	221.80	196.20	57.30	12.40	6.70	1.30	8.20	91.30	96.80	156.70
<b>2003</b>	156.40	161.40	139.60	202.90	57.10	21.30	9.10	12.90	8.90	44.90	54.10	86.00
<b>2004</b>	127.30	147.50	174.30	144.60	95.30	17.00	12.90	4.60	41.40	39.30	63.60	105.40
<b>2005</b>	74.30	169.80	194.50	158.00	24.00	15.40	8.50	9.30	22.90	23.60	39.20	130.90
<b>2006</b>	148.70		279.20	225.40	35.80	61.10	4.90	17.40	22.90	50.30	135.80	130.50
<b>2007</b>	83.70	100.20	247.90	223.50	93.40	47.80	11.60	7.10	11.70	43.20	155.00	110.50
<b>2008</b>	279.00	327.00	235.50	295.80	144.60	34.40	23.00	24.90	19.40	83.60	33.10	79.20
<b>2009</b>	309.00	250.10	174.90	62.00	47.10	21.00	9.30	4.60	1.00	18.50	27.60	104.50
<b>2010</b>	116.80	203.90	112.10	197.70	65.90	17.50	66.60	8.60	38.90	26.80	72.60	277.80
<b>2011</b>	233.90	270.00	192.40	327.80	42.00	54.80	42.80	17.00	24.10	51.60	23.70	142.90
<b>2012</b>	368.40	214.40	173.90	289.50	40.10	20.50	2.10	13.70	20.50	51.70	108.50	
<b>2013</b>	144.30	154.40	167.50	96.70	144.30	3.40	1.60	24.30	11.70	57.40	8.30	93.40
<b>2014</b>	308.30	222.80	272.00	108.90	232.90	12.00	2.30	13.00	34.20	48.30	23.60	56.50
<b>2015</b>	158.30	185.60	257.60	79.90	86.20	20.40	19.80	6.70	2.20	58.80	60.40	49.80

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Papallacta”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>												
<b>2001</b>												
<b>2002</b>												
<b>2003</b>			706.00	436.90	557.90		195.60	51.50	79.00	62.90	66.50	76.30
<b>2004</b>	9.60	73.50	145.20	115.90	165.70	203.70	210.20	126.10	60.10	72.90	37.10	50.80
<b>2005</b>	30.10	87.40	123.30	236.00	133.00	190.10	96.80	66.60	60.10	34.40	61.70	102.30
<b>2006</b>	81.00	41.50	65.90	116.80	99.70	212.00	110.90	86.90	84.00	57.60	87.40	46.20
<b>2007</b>	65.60	51.60	133.60	181.50	76.80		28.30	188.70	92.60	95.70	99.20	83.30
<b>2008</b>	63.10	93.70	51.20	118.20	151.50	175.10	162.40	140.90	122.80	132.20	51.60	103.50
<b>2009</b>	149.30	57.30	113.50		136.20	187.20	155.20	147.80	87.40	188.30	1.70	27.30
<b>2010</b>	151.10	108.40	103.60	195.70	157.40	279.50	74.50	180.80	118.90	67.00	145.30	79.60
<b>2011</b>	73.30	1310	38.10	176.90	251.20	196.90	271.10	144.40	131.70	60.90	63.10	
<b>2012</b>	105.60	93.70	140.60	112.80	150.30	166.40	206.90	147.10	14.30	38.50	13.00	
<b>2013</b>	68.40	173.40	80.50	79.20	141.60	136.90	214.80	117.00	123.10	75.90		
<b>2014</b>		36.20	163.30	161.40	191.10	223.50	181.80	147.00	104.10	58.10	13.30	31.10
<b>2015</b>	42.60	200.00									90.30	61.90

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Las Pampas”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	240.70	355.20	466.20	502.80	444.70	117.40	20.60	64.10	112.40	33.20	46.90	111.30
<b>2001</b>	267.70	351.20	394.00	258.40	195.60	30.10	27.90	0.70	73.20	14.50	96.40	181.00
<b>2002</b>	150.50	358.70	361.60	379.30	194.80	47.50	21.10	21.60	41.10	131.30	68.40	278.60
<b>2003</b>	196.80	238.70	192.10	433.30	252.10	138.30	23.40	11.20	23.80	111.00	67.0	182.30
<b>2004</b>	193.30	186.40	339.30	286.60	254.60	51.00	16.50	27.40	121.50	64.50	63.40	162.70
<b>2005</b>		337.50	335.90	284.90	64.40	20.70	7.20	10.80	32.10	47.10	35.80	118.40
<b>2006</b>	246.80	551.10	301.50	305.90	155.90	96.70	10.10	59.00	63.70	42.60	211.70	154.30
<b>2007</b>	322.60	176.00	363.90	246.70	200.80	66.20	47.50	51.20	53.40	34.30	119.90	102.60
<b>2008</b>	475.10	373.50	446.50	306.00	246.50	75.50	84.20	138.20	91.20	148.50	35.70	203.90
<b>2009</b>	534.40	444.10	343.50	174.00	165.10	62.80	13.00	38.30	13.10	111.00	45.90	317.60
<b>2010</b>	295.60	468.30	466.50	374.10	136.60	49.10	45.10	19.70	29.20			
<b>2011</b>	326.60	284.10	223.10	495.10	133.90	68.40	111.80	12.00	77.00	87.10	23.40	127.00
<b>2012</b>	496.70	304.20	289.70	348.80	168.10	97.00	25.40	20.40	8.50	62.80	110.70	67.80
<b>2013</b>	257.80	275.60	327.00	398.30	202.10	54.80	12.00	45.10	38.30	66.50	4.20	201.20
<b>2014</b>	409.30	335.90	288.80	218.70	304.30	72.10	23.70	54.50	59.10	148.90	50.60	64.90
<b>2015</b>	293.30	264.50	352.70	249.40	205.80	83.20	154.80	28.60	25.50	197.10	75.80	

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Cotopilalo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	57.50	136.20	101.20	117.60	162.00	49.20	5.10	7.10	98.00	9.10	48.90	106.20
<b>2001</b>	73.80	38.70	112.80	44.20	84.80	35.00	12.80	2.80		39.00	35.50	70.20
<b>2002</b>	47.10	37.00	52.00	82.80	60.10	22.30	4.10	4.00	7.50		115.10	90.10
<b>2003</b>	37.30	33.20		163.20	33.90	61.60	8.60	6.20	18.20	37.20	102.60	117.30
<b>2004</b>	21.00	24.00	29.80	103.20	53.00	4.00	17.80	0.00	77.00	55.00	60.20	102.90
<b>2005</b>	27.90	127.50	124.20									
<b>2006</b>	110.00	65.90		72.20	21.60	41.20	0.00	0.00	19.20	22.40	113.30	
<b>2007</b>	21.50	4.50	98.20	133.20	70.00	43.30	9.00	31.50	3.10	74.30	83.70	84.70
<b>2008</b>	78.80	69.30	106.60	158.70	94.90	41.40	24.90	26.30	62.70	107.00	71.50	36.30
<b>2009</b>	164.00	72.10	83.00	63.40		43.40	0.00	2.10	15.40	49.50	54.20	13.30
<b>2010</b>	25.70	128.60	31.30	98.90	64.20	72.40	68.30	9.00	62.90	28.60	74.00	138.30
<b>2011</b>	71.40	106.20	51.40	177.50	26.60	32.60	60.50	33.70	24.70	59.90	27.70	121.80
<b>2012</b>	177.40	87.30	68.80	71.90	10.20	10.90	0.00	0.00	9.40	63.40	122.70	33.70
<b>2013</b>	33.10	151.30	61.80	115.90	100.60	5.00	0.00	14.70	15.30	104.10	25.70	24.90
<b>2014</b>	70.30	44.50	112.90	62.60	127.50	24.50	1.00	1.50	47.00	45.00	55.90	51.60
<b>2015</b>	74.30	11.90	90.10	53.10	47.50	13.30	43.60	1.20	1.40	71.30	129.40	6.10

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Tomalón-Tabacundo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	78.500	99.00	72.00	93.70	167.10	61.50	6.20	4.20	99.40	35.50	32.40	34.80
<b>2001</b>	50.10	37.80	59.00	43.40	33.60	13.00	25.10	0.00	36.00	28.80	45.30	37.40
<b>2002</b>	23.90	33.10	26.70	109.20	32.90	41.30	1.40	6.30	9.90	114.30	80.70	98.40
<b>2003</b>	38.80	54.30	32.50	75.70	14.40	35.30	24.60	0.00	20.50	83.70	63.40	38.70
<b>2004</b>	38.60	20.50	16.30	84.30	63.60	1.50	4.50	0.60	50.30	48.00	54.40	106.50
<b>2005</b>	38.30	63.20	68.20	54.80	30.20	21.80	7.60	6.60	40.30	45.10	33.60	169.10
<b>2006</b>	41.20	83.40	108.60	88.20	38.50	62.30	3.50	4.90	4.60	72.70	134.20	101.50
<b>2007</b>	18.80	18.50	84.80	140.10	41.60	31.80	5.00	12.30	8.60	102.70	81.50	72.00
<b>2008</b>	73.80	82.00	145.90	108.40	91.70	37.80	9.50	22.80	39.40	123.00	57.80	53.90
<b>2009</b>	75.20	43.50	105.00	37.70	26.50	48.50	1.70	1.30	14.60	42.60	31.40	67.40
<b>2010</b>	22.60	39.10	23.30	108.50	60.20	48.60	63.10	10.20	47.60	57.70	115.50	105.10
<b>2011</b>	56.00	109.00	88.40	170.80	39.70	26.20	58.80	31.40	14.90	77.10	59.00	86.00
<b>2012</b>	86.00	69.30	52.70	112.70	6.70	7.70	3.20	5.60	9.50	59.80	113.90	19.40
<b>2013</b>	31.70	99.60	69.20	75.00	124.50	2.50	3.80	22.90	4.70	82.30	23.80	42.60
<b>2014</b>	72.90	39.60	75.10	40.80	98.60	25.00	2.20	3.30	56.60	123.20	78.80	34.00
<b>2015</b>	66.90	43.50	73.80	63.70	23.70	3.10	21.80	0.70	14.10	56.50	61.50	1.00

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Sierrazul”.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>	145.00	222.10	183.10	352.00	687.30	280.30						
<b>2001</b>												
<b>2002</b>												
<b>2003</b>												
<b>2004</b>												
<b>2005</b>												
<b>2006</b>												
<b>2007</b>			293.90	478.40	257.60	356.80	200.70	455.50	329.90	265.50	286.20	356.80
<b>2008</b>	148.00	358.10	122.80	278.90	433.20	331.10	403.00	291.90				
<b>2009</b>					177.70	665.60	507.00	388.50	322.50	351.30	169.00	213.00
<b>2010</b>	157.00	197.50	374.40	456.80	443.60	539.20	386.50	258.00	285.80	322.20	196.30	230.50
<b>2011</b>	108.10	96.90	177.10	307.90	261.60	299.00	429.00	384.40	337.60	179.40	243.70	239.10
<b>2012</b>	322.40	192.90	351.70	278.30	225.20	279.80	302.20	472.30	211.30	174.00	114.00	219.30
<b>2013</b>	159.30	456.60	244.20	368.90	409.60	421.70	504.10	342.40	239.20	199.50	164.60	194.90
<b>2014</b>	217.10	115.00	385.60	451.00	313.60	425.10	448.30	424.70	351.80	295.90	122.40	254.10
<b>2015</b>	311.20	237.00	327.70	384.10	377.90	590.70	674.00	335.70	251.40	370.30	295.60	329.20

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Nayón Granja Santa Ana”.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>												
<b>2001</b>												
<b>2002</b>												
<b>2003</b>												
<b>2004</b>												
<b>2005</b>												
<b>2006</b>												
<b>2007</b>	71.20	77.10	163.00	192.00	46.90	27.30	7.90	8.70	1.00	144.20	152.80	36.20
<b>2008</b>	112.30	141.90	166.60	153.60	114.60	28.90	6.40	28.40	66.40	219.50	67.80	133.00
<b>2009</b>	146.60	101.60	136.20	83.80	29.90	13.30	1.10	0.70	42.20	113.60	21.20	109.80
<b>2010</b>	23.80	45.50	25.30	97.20	108.90	31.00	87.50	41.40	47.80	32.30	157.70	144.70
<b>2011</b>	62.10	128.80	123.20	345.60	45.10	16.10	50.50	27.90	32.10	67.40	82.20	75.20
<b>2012</b>	120.70	109.20	79.60	181.90	17.60	22.20	0.00	3.20	19.10	88.90	174.40	33.20
<b>2013</b>	25.80	203.60	61.10	101.40	67.60	0.00	2.10	11.70	25.60	93.00	56.50	38.60
<b>2014</b>	99.20	50.70	133.60	56.70	135.30	6.30	1.00	1.40	94.10	178.00	76.10	59.80
<b>2015</b>	85.40	87.40	114.20	55.20	59.60	3.50	13.70	0.00				

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Lumbaqui”.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>	115.10	347.40	329.20	549.10	233.40	40.50	2.50					
<b>2001</b>												
<b>2002</b>												
<b>2003</b>												
<b>2004</b>	254.70	108.90	398.20	648.90	769.70	385.70	543.10	335.60	461.80	435.80	433.50	438.80
<b>2005</b>		558.40	419.00	435.30	463.40	364.10	314.70	343.40	287.60	440.80	576.40	553.80
<b>2006</b>	548.20	446.60	382.20	441.70	556.70	337.40	492.70	476.70	626.20	378.90	689.40	495.30
<b>2007</b>	292.30	104.00	461.60	577.90	574.40	401.00	641.70	279.30	401.80	536.00	534.20	599.10
<b>2008</b>	338.60	385.90	326.20	470.00	586.80	527.60	386.20	320.90	281.00	345.00	572.10	468.70
<b>2009</b>	540.70	361.80	545.20	540.30		410.10	253.40	287.50	272.70	592.90	307.70	579.50
<b>2010</b>	54.50	472.30	373.10	758.60	253.30	427.10	648.60	311.50	323.20	242.60	527.90	434.80
<b>2011</b>	749.60	475.60	555.10	617.00	644.70	401.60	311.20	189.30	395.20	281.20	374.00	418.30
<b>2012</b>	744.70	516.90	731.60	671.70	437.00	430.50	371.00	254.20	254.30	225.60	342.50	657.90
<b>2013</b>	147.00	452.30	264.70	410.00	535.10	419.20	313.30	404.70	478.70	494.00	383.40	335.40
<b>2014</b>	537.60		337.70	407.40	285.80	514.10	441.50	435.20	559.40	528.30	576.70	339.80
<b>2015</b>	400.30	408.70	609.10	654.10	433.00	410.10	373.50	287.20	157.50			

Precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica “Tena”.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>												
<b>2001</b>												
<b>2002</b>												
<b>2003</b>												
<b>2004</b>												
<b>2005</b>												
<b>2006</b>												
<b>2007</b>												
<b>2008</b>	292.40	353.80	205.40	255.90	472.60	347.30	445.40	303.60	315.10	355.10	302.60	242.30
<b>2009</b>	375.20	312.90	319.60	504.30	437.90	519.50	271.00	397.50	228.20	398.90	271.00	324.50
<b>2010</b>	113.40	214.60	325.00	619.00	513.00	307.70	334.80	118.30	278.30	261.60	318.10	452.30
<b>2011</b>	246.50	310.40	251.00	404.40	597.60	405.40	404.80	248.70	285.90	320.60	357.50	363.00
<b>2012</b>	460.20	194.70	577.20	494.80	320.40	401.50	426.20	430.90	208.10	549.60	331.40	225.20
<b>2013</b>	122.8	431.90	356.20	483.10	353.50	514.40	433.90	378.20	235.90	246.40	311.20	325.20
<b>2014</b>	411.00	354.90	399.60	442.70	497.30	282.30	318.00	250.80	278.60	361.90	219.70	281.50
<b>2015</b>	340.50	336.00	480.10	348.90	281.40	453.90	466.50	312.00	153.00	306.10	251.80	

### Anexo 3. Tablas de datos mensuales de precipitación TRMM

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “LaTola”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	206.27	211.08	193.43	192.06	231.02	108.56	42.57	41.87	99.43	66.26	76.01	107.89
<b>2001</b>	156.45	119.24	170.27	102.93	106.33	43.41	42.95	40.10	88.68	57.00	115.66	113.10
<b>2002</b>	116.09	106.95	137.64	206.62	119.15	102.52	32.96	46.47	61.16	143.58	137.26	156.79
<b>2003</b>	95.23	133.82	125.10	211.78	86.20	77.45	50.85	40.32	84.59	123.40	186.38	125.55
<b>2004</b>	107.62	87.06	116.39	158.92	147.84	49.42	34.77	37.56	94.82	94.25	137.14	142.27
<b>2005</b>	98.04	174.33	174.77	161.70	78.53	66.54	46.44	44.45	66.56	106.08	93.66	161.64
<b>2006</b>	92.16	151.05	197.01	183.55	86.83	103.81	27.45	49.23	62.18	73.76	199.77	149.88
<b>2007</b>	117.75	122.43	191.07	233.77	169.63	92.16	44.01	64.81	33.47	175.66	212.02	136.58
<b>2008</b>	236.41	208.21	197.59	181.01	131.98	99.01	34.54	63.27	75.41	183.69	100.26	118.04
<b>2009</b>	190.08	117.68	154.99	109.93	81.02	66.75	29.08	30.07	47.55	76.69	74.99	126.71
<b>2010</b>	76.80	120.94	107.93	158.32	138.57	69.64	109.14	33.55	81.00	96.85	178.28	227.59
<b>2011</b>	142.39	149.35	109.54	260.76	75.47	49.59	81.04	60.20	77.20	105.43	95.71	130.18
<b>2012</b>	192.94	137.89	146.27	178.72	71.48	42.69	22.21	26.23	36.75	120.72	153.21	71.57
<b>2013</b>	84.77	186.59	97.52	119.89	169.08	34.50	37.24	34.94	39.48	117.09	85.87	91.92
<b>2014</b>	139.68	91.03	119.61	121.84	175.41	60.66	22.11	28.55	82.79	136.98	104.90	85.32
<b>2015</b>	134.37	105.37	156.00	108.12	84.64	50.14	54.71	29.56	43.61	105.13	132.68	104.01

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “Izobamba”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	176.85	194.69	192.23	194.14	202.03	111.43	42.62	40.41	116.48	49.26	53.92	94.95
<b>2001</b>	116.02	107.39	155.93	93.23	87.59	46.28	42.77	22.57	76.31	28.86	103.90	124.61
<b>2002</b>	91.76	89.35	153.26	225.39	113.31	91.91	30.01	30.36	45.41	114.73	124.29	167.56
<b>2003</b>	95.84	117.70	106.39	188.56	72.12	79.02	35.52	32.35	82.15	115.34	159.12	105.65
<b>2004</b>	88.69	80.32	99.72	141.43	131.34	38.34	34.92	24.45	95.06	98.32	115.57	125.51
<b>2005</b>	72.43	156.78	170.68	135.20	76.53	69.05	39.88	43.24	56.48	83.16	74.65	139.20
<b>2006</b>	64.08	134.99	165.93	188.49	68.42	102.00	25.16	36.79	56.20	62.37	179.54	137.04
<b>2007</b>	121.65	99.63	179.67	206.22	156.40	83.00	40.78	57.27	11.30	154.03	216.76	92.09
<b>2008</b>	215.02	182.27	183.78	171.96	136.47	105.49	35.48	69.09	66.03	153.86	71.36	87.23
<b>2009</b>	204.12	123.24	166.08	116.97	65.05	58.46	38.35	25.97	25.10	75.11	63.13	134.43
<b>2010</b>	52.43	111.71	96.26	155.61	138.35	62.18	131.04	27.04	79.71	72.23	155.21	226.77
<b>2011</b>	108.64	146.92	101.36	245.32	58.31	41.38	76.40	57.27	60.98	98.78	65.36	109.23
<b>2012</b>	187.24	143.22	152.56	181.11	65.55	45.59	24.55	25.72	33.01	115.70	150.47	47.66
<b>2013</b>	72.86	173.33	116.79	118.77	149.61	28.64	28.67	40.97	31.59	109.17	54.04	75.37
<b>2014</b>	142.25	81.26	95.43	113.35	149.39	47.87	18.41	32.13	82.54	124.23	85.94	68.40
<b>2015</b>	107.79	91.37	153.26	67.21	72.88	40.15	53.19	21.41	30.98	98.91	120.31	85.28

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “Rumipamba-Salcedo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	154.87	198.06	214.63	208.27	182.22	101.10	36.66	34.95	110.25	38.33	45.22	82.31
<b>2001</b>	133.78	121.34	163.75	114.82	72.66	42.68	39.39	17.23	67.11	21.86	78.88	105.66
<b>2002</b>	86.12	110.97	193.28	250.19	112.09	73.89	34.66	32.46	39.57	86.25	100.45	169.30
<b>2003</b>	131.98	142.90	110.85	190.04	66.58	71.18	31.76	28.62	70.19	93.59	117.33	98.30
<b>2004</b>	96.91	101.80	97.84	147.12	124.93	36.37	28.76	25.79	75.92	85.75	100.47	125.81
<b>2005</b>	76.31	159.81	191.92	140.04	56.78	65.00	36.04	42.61	50.86	64.82	66.52	128.25
<b>2006</b>	77.10	161.63	178.95	176.46	51.57	88.85	20.25	39.54	63.99	65.61	166.08	117.18
<b>2007</b>	147.77	82.86	205.65	195.36	151.55	71.85	56.39	43.72	6.58	133.43	251.14	90.17
<b>2008</b>	232.28	217.37	209.29	177.97	119.56	87.53	33.95	65.25	60.26	117.04	55.87	87.68
<b>2009</b>	243.22	135.25	178.15	111.63	71.30	48.10	35.01	21.33	17.91	57.80	44.47	135.85
<b>2010</b>	65.15	152.07	119.77	177.28	151.22	64.13	122.24	16.92	64.19	52.59	116.32	214.96
<b>2011</b>	125.62	156.47	102.04	250.83	34.51	33.87	66.09	47.76	44.52	86.64	48.28	108.48
<b>2012</b>	219.98	174.73	186.96	188.00	74.74	41.23	15.26	22.56	27.40	96.50	123.60	30.19
<b>2013</b>	73.66	175.83	155.43	127.64	115.16	19.66	20.49	42.29	32.44	99.61	31.84	67.67
<b>2014</b>	159.22	98.53	92.95	128.80	144.70	36.29	15.07	28.87	65.79	101.32	62.27	52.63
<b>2015</b>	117.36	87.48	151.43	66.43	80.31	41.16	50.94	14.80	23.08	92.87	98.90	94.53

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “INAMHI-Iñaquito”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	206.27	211.08	193.43	192.06	231.02	108.56	42.57	41.87	99.43	66.26	76.01	107.89
<b>2001</b>	156.45	119.24	170.27	102.93	106.33	43.41	42.95	40.10	88.68	57.00	115.66	113.10
<b>2002</b>	116.09	106.95	137.64	206.62	119.15	102.52	32.96	46.47	61.16	143.58	137.26	156.79
<b>2003</b>	95.23	133.82	125.10	211.78	86.20	77.45	50.85	40.32	84.59	123.40	186.38	125.55
<b>2004</b>	107.62	87.06	116.39	158.92	147.84	49.42	34.77	37.56	94.82	94.25	137.14	142.27
<b>2005</b>	98.04	174.33	174.77	161.70	78.53	66.54	46.44	44.45	66.56	106.08	93.66	161.64
<b>2006</b>	92.16	151.05	197.01	183.55	86.83	103.81	27.45	49.23	62.18	73.76	199.77	149.88
<b>2007</b>	117.75	122.43	191.07	233.77	169.63	92.16	44.01	64.81	33.47	175.66	212.02	136.58
<b>2008</b>	236.41	208.21	197.59	181.01	131.98	99.01	34.54	63.27	75.41	183.69	100.26	118.04
<b>2009</b>	190.08	117.68	154.99	109.93	81.02	66.75	29.08	30.07	47.55	76.69	74.99	126.71
<b>2010</b>	76.80	120.94	107.93	158.32	138.57	69.64	109.14	33.55	81.00	96.85	178.28	227.59
<b>2011</b>	142.39	149.35	109.54	260.76	75.47	49.59	81.04	60.20	77.20	105.43	95.71	130.18
<b>2012</b>	192.94	137.89	146.27	178.72	71.48	42.69	22.21	26.23	36.75	120.72	153.21	71.57
<b>2013</b>	84.77	186.59	97.52	119.89	169.08	34.50	37.24	34.94	39.48	117.09	85.87	91.92
<b>2014</b>	139.68	91.03	119.61	121.84	175.41	60.66	22.11	28.55	82.79	136.98	104.90	85.32
<b>2015</b>	134.37	105.37	156.00	108.12	84.64	50.14	54.71	29.56	43.61	105.13	132.68	104.01

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “San Gabriel”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	189.92	190.85	133.56	152.08	250.16	147.37	73.703	77.531	128.43	55.087	48.987	63.059
<b>2001</b>	93.402	84.044	98.971	98.068	108.43	85.254	72.657	40.849	64.651	28.447	102.24	102.49
<b>2002</b>	87.509	69.305	119.18	137.09	85.859	108.84	62.681	58.156	37.313	143.2	132.96	108.21
<b>2003</b>	58.027	80.877	107.32	125.43	119.75	89.928	75.741	53.548	85.309	141.94	153.5	102.69
<b>2004</b>	72.025	62.998	82.642	182.62	138.6	66.337	87.783	56.926	114.96	98.756	112.12	103.79
<b>2005</b>	91.621	123.5	160.42	205.46	120.12	64.814	51.163	56.33	59.836	138.01	103.2	194.83
<b>2006</b>	102.78	130.6	183.61	164.76	62.851	116.25	71.478	67.416	70.172	79.8	184.97	143.76
<b>2007</b>	77.803	105.03	145.03	191.89	139.12	105.18	77.08	97.117	50.035	179.59	167.23	147.41
<b>2008</b>	188.74	167.86	186.65	154.42	119.63	147.03	68.685	90.784	79.529	179.27	99.964	118.85
<b>2009</b>	143.37	126.94	113.6	104.86	65.218	63.565	49.969	49.341	44.752	80.302	77.991	109.89
<b>2010</b>	31.067	85.898	75.809	147.45	140.27	70.67	131	38.572	76.526	112.87	214.73	194.54
<b>2011</b>	116.3	154.17	128.4	255.36	115.73	83.088	118.44	73.684	71.725	102.06	149.96	134.41
<b>2012</b>	159.87	148.1	140.18	155.68	63.642	63.596	59.244	50.021	41.862	90.503	101.92	79.536
<b>2013</b>	58.89	166.7	101.89	108.41	179.9	79.668	102.2	60.639	63.358	88.283	128.46	75.498
<b>2014</b>	111.21	58.853	103.1	89.571	183.64	98.584	51.546	54.485	65.971	117.03	134.67	123.11
<b>2015</b>	103.82	94.278	142.06	103.57	73.016	93.579	79.063	44.717	38.498	86.439	144.96	41.678

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “Otavalo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	206.27	211.08	193.43	192.06	231.02	108.56	42.57	41.87	99.43	66.26	76.01	107.89
<b>2001</b>	156.45	119.24	170.27	102.93	106.33	43.41	42.95	40.10	88.68	57.00	115.66	113.10
<b>2002</b>	116.09	106.95	137.64	206.62	119.15	102.52	32.96	46.47	61.16	143.58	137.26	156.79
<b>2003</b>	95.23	133.82	125.10	211.78	86.20	77.45	50.85	40.32	84.59	123.40	186.38	125.55
<b>2004</b>	107.62	87.06	116.39	158.92	147.84	49.42	34.77	37.56	94.82	94.25	137.14	142.27
<b>2005</b>	98.04	174.33	174.77	161.70	78.53	66.54	46.44	44.45	66.56	106.08	93.66	161.64
<b>2006</b>	92.16	151.05	197.01	183.55	86.83	103.81	27.45	49.23	62.18	73.76	199.77	149.88
<b>2007</b>	117.75	122.43	191.07	233.77	169.63	92.16	44.01	64.81	33.47	175.66	212.02	136.58
<b>2008</b>	236.41	208.21	197.59	181.01	131.98	99.01	34.54	63.27	75.41	183.69	100.26	118.04
<b>2009</b>	190.08	117.68	154.99	109.93	81.02	66.75	29.08	30.07	47.55	76.69	74.99	126.71
<b>2010</b>	76.80	120.94	107.93	158.32	138.57	69.64	109.14	33.55	81.00	96.85	178.28	227.59
<b>2011</b>	142.39	149.35	109.54	260.76	75.47	49.59	81.04	60.20	77.20	105.43	95.71	130.18
<b>2012</b>	192.94	137.89	146.27	178.72	71.48	42.69	22.21	26.23	36.75	120.72	153.21	71.57
<b>2013</b>	84.77	186.59	97.52	119.89	169.08	34.50	37.24	34.94	39.48	117.09	85.87	91.92
<b>2014</b>	139.68	91.03	119.61	121.84	175.41	60.66	22.11	28.55	82.79	136.98	104.90	85.32
<b>2015</b>	134.37	105.37	156.00	108.12	84.64	50.14	54.71	29.56	43.61	105.13	132.68	104.01

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “Pilalo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	154.69	235.70	263.50	248.71	184.38	82.74	25.40	24.71	89.98	28.43	32.61	78.09
<b>2001</b>	186.09	145.17	208.24	173.37	77.82	32.01	30.82	11.72	49.61	11.97	58.85	92.46
<b>2002</b>	103.80	164.92	266.89	307.13	127.08	79.10	21.33	19.47	37.08	72.29	89.76	177.24
<b>2003</b>	161.92	191.40	127.11	226.11	75.28	60.79	21.19	17.96	50.36	77.90	93.09	101.85
<b>2004</b>	104.14	143.84	118.14	168.46	137.55	27.68	20.45	15.96	67.27	69.05	77.22	94.19
<b>2005</b>	90.41	169.66	239.31	206.12	42.10	41.40	21.53	30.07	37.82	48.53	47.13	112.98
<b>2006</b>	81.07	218.66	245.49	200.27	42.57	70.66	12.06	37.66	43.34	39.65	161.51	105.31
<b>2007</b>	176.53	93.72	255.87	261.41	154.82	70.60	44.89	34.56	3.53	101.47	185.02	75.57
<b>2008</b>	251.09	259.80	247.73	211.63	111.90	76.13	31.43	64.18	57.79	113.07	41.97	70.46
<b>2009</b>	272.11	158.74	207.56	116.46	74.42	50.29	27.43	18.20	15.58	43.49	32.18	125.88
<b>2010</b>	106.59	211.73	170.14	219.65	156.45	54.15	115.13	13.67	55.00	41.01	96.60	210.97
<b>2011</b>	142.58	169.98	124.52	303.91	28.01	35.21	64.15	36.68	37.61	67.83	31.27	95.40
<b>2012</b>	273.18	248.37	254.69	233.37	107.10	49.39	12.36	18.74	20.03	76.28	98.97	26.32
<b>2013</b>	114.23	220.74	216.73	167.29	111.62	19.21	15.59	28.94	28.46	78.59	22.71	68.99
<b>2014</b>	201.53	139.18	126.12	147.66	169.93	37.00	14.64	27.68	54.51	91.62	39.93	44.43
<b>2015</b>	153.81	116.98	170.82	99.53	116.90	58.52	56.46	11.60	21.30	98.76	88.39	129.34

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica M0362 “Las Pampas”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	151.09	242.95	248.03	258.98	185.08	82.60	21.22	21.50	86.19	35.57	29.52	87.05
<b>2001</b>	177.48	140.69	220.68	181.20	85.87	24.44	26.65	11.19	53.36	12.20	61.99	94.40
<b>2002</b>	111.92	169.48	264.40	315.71	137.89	85.04	16.33	16.95	41.62	87.10	88.06	195.13
<b>2003</b>	171.26	185.07	141.43	243.55	86.28	60.32	21.49	21.41	53.65	87.00	106.06	107.38
<b>2004</b>	105.97	150.23	122.35	161.86	137.10	25.25	16.79	13.05	75.19	72.25	74.61	85.57
<b>2005</b>	90.37	161.61	249.91	211.86	44.42	41.47	21.98	21.98	38.48	48.22	44.63	109.08
<b>2006</b>	95.74	226.38	278.97	243.11	62.28	76.44	12.55	44.02	40.07	33.64	193.29	83.33
<b>2007</b>	179.88	186.54	283.43	289.92	194.82	90.42	44.22	39.18	10.00	106.84	146.32	66.91
<b>2008</b>	283.07	273.61	278.47	252.07	141.84	81.18	36.34	57.55	64.36	100.75	43.92	56.76
<b>2009</b>	279.75	154.19	226.66	125.08	106.44	42.19	30.97	19.44	15.72	39.37	36.04	148.96
<b>2010</b>	112.04	190.40	179.10	249.73	162.78	44.76	111.39	21.98	62.30	49.46	111.49	229.13
<b>2011</b>	164.09	156.81	145.94	307.73	35.88	36.22	64.52	30.11	53.53	70.78	30.68	90.60
<b>2012</b>	270.86	240.23	270.48	264.44	127.18	53.21	12.66	15.86	19.43	79.31	106.01	28.56
<b>2013</b>	120.48	224.83	199.16	185.28	137.23	17.93	14.89	19.59	20.00	79.75	27.71	72.98
<b>2014</b>	216.40	138.68	160.12	184.37	245.24	44.29	12.17	24.81	50.25	101.52	43.15	49.96
<b>2015</b>	155.68	133.87	197.37	125.04	113.68	57.87	54.52	11.61	24.54	108.61	88.45	167.01

Precipitación mensual (mm) TRMM para la estación meteorológica “Tomalón-Tabacundo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	224.77	214.94	192.33	192.95	268.61	141.61	65.79	64.26	120.72	81.67	100.95	111.67
<b>2001</b>	151.37	120.70	169.64	111.87	131.31	72.88	67.37	59.73	104.96	91.88	135.76	138.92
<b>2002</b>	127.28	107.23	146.47	201.17	135.93	128.52	58.13	67.61	66.55	164.93	163.51	159.75
<b>2003</b>	99.06	134.75	137.88	199.48	109.24	105.46	78.76	56.64	101.05	144.31	207.00	146.81
<b>2004</b>	107.63	81.74	138.09	180.02	183.51	74.83	62.20	64.22	108.80	104.78	164.98	156.37
<b>2005</b>	107.63	81.74	138.09	180.02	183.51	74.83	62.20	64.22	108.80	104.78	164.98	156.37
<b>2006</b>	109.38	195.07	177.96	184.79	105.12	94.97	75.71	70.01	84.28	143.76	122.47	196.17
<b>2007</b>	118.28	134.11	184.41	234.87	177.64	120.92	72.36	103.17	53.39	210.67	243.74	173.45
<b>2008</b>	244.43	203.42	204.52	182.39	147.38	126.00	47.84	81.13	87.22	211.35	126.43	130.10
<b>2009</b>	185.06	121.60	164.83	122.30	77.24	101.52	47.80	45.71	58.39	101.19	96.70	134.67
<b>2010</b>	70.65	117.45	115.66	163.48	173.12	83.02	120.42	37.45	93.95	116.18	195.78	233.18
<b>2011</b>	152.74	166.68	120.00	274.78	102.22	65.07	91.46	76.57	80.88	119.77	137.02	153.36
<b>2012</b>	183.37	153.62	157.44	171.58	76.03	62.24	44.88	39.95	45.35	128.10	167.17	96.76
<b>2013</b>	93.49	209.95	105.02	133.01	186.78	58.30	61.39	51.53	53.94	116.98	114.69	99.78
<b>2014</b>	128.32	88.84	129.42	107.83	195.90	83.28	38.95	42.91	93.79	142.97	151.82	108.31
<b>2015</b>	138.67	114.31	170.30	115.06	93.08	65.18	74.50	46.00	52.17	108.36	161.75	95.16

#### Anexo 4. Tablas de correlación lineal INAMHI vs TRMM

Correlación lineal de la estación meteorológica “La Tola” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.91	0.6281x + 6.05
<b>2001</b>	0.43	0.5433x - 3.05
<b>2002</b>	0.71	1.1733x - 56.85
<b>2003</b>	0.80	0.8264x - 29.14
<b>2004</b>	0.53	0.9347x - 27.47
<b>2005</b>	0.64	0.4893x + 2.80
<b>2006</b>	0.79	1.0994x - 41.72
<b>2007</b>	0.75	0.8523x - 40.24
<b>2008</b>	0.63	0.7923x - 9.26
<b>2009</b>	0.59	0.742x - 6.10
<b>2010</b>	0.54	0.7178x - 5.48
<b>2011</b>	0.74	0.9469x - 27.02
<b>2012</b>	0.48	0.7252x - 6.44
<b>2013</b>	0.83	0.8324x - 18.40
<b>2014</b>	0.67	0.8345x - 23.03
<b>2015</b>	0.50	0.7639x - 24.29

Correlación lineal de la estación meteorológica “Izobamba” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.90	1.2248x - 12.03
<b>2001</b>	0.97	1.6986x - 36.27
<b>2002</b>	0.92	1.3883x - 26.22
<b>2003</b>	0.78	1.0772x + 8.63
<b>2004</b>	0.84	1.4262x - 33.52
<b>2005</b>	0.84	1.1698x - 3.50
<b>2006</b>	0.94	1.4084x - 21.18
<b>2007</b>	0.91	1.5128x - 30.22
<b>2008</b>	0.92	1.3611x + 1.71
<b>2009</b>	0.97	1.7071x - 29.57
<b>2010</b>	0.85	1.5035x - 16.08
<b>2011</b>	0.78	1.1263x + 14.17
<b>2012</b>	0.95	1.4905x - 28.90
<b>2013</b>	0.87	1.5607x - 33.30
<b>2014</b>	0.65	1.3064x + 2.73
<b>2015</b>	0.75	1.6346x - 37.44

Correlación lineal de la estación meteorológica “Rumipamba Salcedo” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.71	0.5431x - 2.09
<b>2001</b>	0.46	0.2997x + 7.47
<b>2002</b>	0.66	0.4163x - 0.58
<b>2003</b>	0.44	0.3755x + 0.74
<b>2004</b>	0.49	0.4429x - 2.35
<b>2005</b>	0.55	0.5316x - 4.81
<b>2006</b>	0.70	0.6897x - 14.43
<b>2007</b>	0.81	0.3x + 6.28
<b>2008</b>	0.29	0.3234x + 32.57
<b>2009</b>	0.73	0.3653x + 6.72
<b>2010</b>	0.38	0.3361x + 12.61
<b>2011</b>	0.57	0.5423x + 9.99
<b>2012</b>	0.64	0.3398x + 7.41
<b>2013</b>	0.65	0.4159x - 0.61
<b>2014</b>	0.62	0.5488x + 5.38
<b>2015</b>	0.52	0.4324x + 0.18

Correlación lineal de la estación meteorológica “INAMHI-Iñaquito” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.82	1.2759x - 20.83
<b>2001</b>	0.61	1.1718x + 14.36
<b>2002</b>	0.78	0.9701x + 15.10
<b>2003</b>	0.82	1.2671x + 6.46
<b>2004</b>	0.53	0.6746x + 27.61
<b>2005</b>	0.65	1.1843x + 8.71
<b>2006</b>	0.89	0.9792x + 21.55
<b>2007</b>	0.93	1.083x + 9.91
<b>2008</b>	0.86	1.124x + 17.17
<b>2009</b>	0.59	1.0678x + 17.84
<b>2010</b>	0.81	1.1865x - 1.82
<b>2011</b>	0.86	1.3974x + 1.53
<b>2012</b>	0.61	0.8912x + 31.2
<b>2013</b>	0.90	1.2381x - 1.95
<b>2014</b>	0.84	1.5293x - 3.90
<b>2015</b>	0.73	1.0771x + 14.61

Correlación lineal de la estación meteorológica “San Gabriel” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.87	1.1928x - 45.85
<b>2001</b>	0.51	0.8222x - 14.48
<b>2002</b>	0.67	1.0231x - 33.06
<b>2003</b>	0.56	0.7147x - 7.93
<b>2004</b>	0.88	0.8733x - 23.83
<b>2005</b>	0.83	0.9546x - 19.93
<b>2006</b>	0.84	1.0444x - 22.40
<b>2007</b>	0.77	1.1027x - 30.28
<b>2008</b>	0.70	1.2018x - 45.37
<b>2009</b>	0.81	1.2549x - 38.47
<b>2010</b>	0.81	1.0265x - 17.48
<b>2011</b>	0.59	0.7902x + 14.45
<b>2012</b>	0.65	0.7358x - 2.63
<b>2013</b>	0.74	1.0066x - 30.30
<b>2014</b>	0.95	1.0359x - 23.16
<b>2015</b>	0.79	0.8761x - 19.06

Correlación lineal de la estación meteorológica “Otavalo” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.85	0.8935x - 27.23
<b>2001</b>	0.67	1.0935x - 52.36
<b>2002</b>	0.79	1.084x - 59.99
<b>2003</b>	0.88	1.1003x - 60.71
<b>2004</b>	0.82	0.9873x - 48.35
<b>2005</b>	0.82	0.5714x - 10.47
<b>2006</b>	0.85	1.4452x - 73.19
<b>2007</b>	0.73	0.8887x - 37.55
<b>2008</b>	0.68	0.8928x - 16.22
<b>2009</b>	0.88	1.2298x - 40.76
<b>2010</b>	0.53	0.8473x - 14.36
<b>2011</b>	0.82	1.2526x - 51.65
<b>2012</b>	0.84	1.0031x - 36.89
<b>2013</b>	0.78	0.8281x - 15.70
<b>2014</b>	0.82	1.449x - 61.07
<b>2015</b>	0.80	1.2183x - 61.51

Correlación lineal de la estación meteorológica “Pilalo” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.91	0.9735x - 4.14
<b>2001</b>	0.85	1.0084x + 17.91
<b>2002</b>	0.67	0.7997x + 7.64
<b>2003</b>	0.94	1.0176x - 22.62
<b>2004</b>	0.80	1.0536x - 10.55
<b>2005</b>	0.94	0.9141x - 10.27
<b>2006</b>	0.91	1.1416x - 6.80
<b>2007</b>	0.83	0.8618x - 10.07
<b>2008</b>	0.93	1.3046x - 35.49
<b>2009</b>	0.89	1.1826x - 26.77
<b>2010</b>	0.80	1.0519x - 26.76
<b>2011</b>	0.89	1.2787x - 2.59
<b>2012</b>	0.85	1.106x - 21.53
<b>2013</b>	0.80	0.7701x + 5.45
<b>2014</b>	0.82	1.6328x - 37.65
<b>2015</b>	0.70	1.3501x - 44.13

Correlación lineal de la estación meteorológica “Las Pampas” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.93	1.9102x - 21.14
<b>2001</b>	0.90	1.7886x - 4.92
<b>2002</b>	0.88	1.3932x - 6.38
<b>2003</b>	0.75	1.5589x - 11.08
<b>2004</b>	0.76	1.8449x - 12.65
<b>2005</b>	0.92	1.5747x - 24.53
<b>2006</b>	0.69	1.3622x + 25.50
<b>2007</b>	0.74	1.0502x + 5.36
<b>2008</b>	0.88	1.3886x + 25.49
<b>2009</b>	0.88	1.9284x - 8.25
<b>2010</b>	0.65	2.0533x - 49.47
<b>2011</b>	0.94	1.6792x - 1.96
<b>2012</b>	0.90	1.3791x - 4.36
<b>2013</b>	0.83	1.5913x + 8.41
<b>2014</b>	0.84	1.5407x + 6.05
<b>2015</b>	0.90	1.8599x - 5.60

Correlación lineal de la estación meteorológica “Tomalón-Tabacundo” vs TRMM.

<b>Año</b>	<b>R2</b>	<b>Ecuación</b>
<b>2000</b>	0.78	0.5997x - 23.61
<b>2001</b>	0.82	0.4166x - 12.96
<b>2002</b>	0.75	0.7963x - 53.15
<b>2003</b>	0.64	0.4481x - 16.61
<b>2004</b>	0.65	0.6121x - 32.03
<b>2005</b>	0.18	0.4089x - 0.40
<b>2006</b>	0.58	0.6985x - 28.81
<b>2007</b>	0.80	0.6349x - 45.18
<b>2008</b>	0.65	0.555x - 12.38
<b>2009</b>	0.86	0.6403x - 25.78
<b>2010</b>	0.75	0.5424x - 10.26
<b>2011</b>	0.85	0.6961x - 21.25
<b>2012</b>	0.85	0.709x - 32.82
<b>2013</b>	0.80	0.7192x - 28.45
<b>2014</b>	0.78	0.7345x - 26.15
<b>2015</b>	0.76	0.6095x - 26.84

## Anexo 5. Tablas de estaciones meteorológicas con datos rellenos

Relleno de datos faltantes para la estación meteorológica “INAMHI-Iñaquito”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	177.30	165.80	149.50	187.60	123.80	66.40	22.10	9.70	67.30	43.80	16.70	76.10
<b>2001</b>	84.10	63.90	186.40	63.10	88.80	8.50	35.00	0.00	94.60	9.30	113.60	118.10
<b>2002</b>	36.60	59.10	123.10	256.60	133.10	37.30	8.20	9.80	19.20	144.60	95.00	152.90
<b>2003</b>	25.40	79.10	100.90	244.60	28.70	54.10	15.70	57.56	67.80	117.70	159.40	103.20
<b>2004</b>	56.00	34.40	75.20	156.30	113.80	11.00	6.70	0.60	97.60	98.80	125.50	94.80
<b>2005</b>	37.90	150.60	134.30	84.20	37.70	31.80	53.40	26.80	35.60	116.00	58.40	115.10
<b>2006</b>	52.30	105.20	202.50	209.50	113.60	50.20	3.10	3.50	35.60	109.50	182.40	183.00
<b>2007</b>	66.20	67.50	177.20	188.10	101.00	22.20	12.50	33.40	30.00	160.10	194.70	157.84
<b>2008</b>	156.50	218.40	188.80	203.80	171.30	56.50	12.30	37.00	58.70	235.30	72.40	121.20
<b>2009</b>	165.80	141.50	173.80	161.30	62.70	35.00	2.60	1.00	7.40	69.40	71.30	120.00
<b>2010</b>	4.60	46.00	26.50	220.40	163.00	34.50	93.60	59.40	87.80	51.80	167.60	181.70
<b>2011</b>	82.40	182.50	145.80	372.90	55.20	28.50	117.20	48.90	73.30	54.80	65.70	107.00
<b>2012</b>	158.90	125.30	143.80	203.40	40.20	21.40	1.80	2.60	12.50	133.80	177.00	60.80
<b>2013</b>	430.00	196.40	83.10	111.00	115.40	0.30	0.10	18.20	31.80	141.70	48.00	46.60
<b>2014</b>	138.00	60.60	213.60	46.20	219.20	10.90	0.10	1.70	85.30	144.60	79.20	22.70
<b>2015</b>	63.30	112.80	177.40	102.80	30.80	2.50	46.00	2.10	6.50	91.50	109.30	28.30

Relleno de datos faltantes para la estación meteorológica “Pilalo”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	219.40	219.70	238.50	217.40	176.10	57.60	0.60	19.91	69.10	10.30	30.90	101.30
<b>2001</b>	260.90	159.80	195.80	172.70	76.60	30.41	49;00	29.73	67.94	33.00	66.90	139.60
<b>2002</b>	169.70	245.80	221.80	196.20	57.30	12.40	6.70	1.30	8.20	91.30	96.80	156.70
<b>2003</b>	156.40	161.40	139.60	202.90	57.10	21.30	9.10	12.90	8.90	44.90	54.10	86.00
<b>2004</b>	127.30	147.50	174.30	144.60	95.30	17.00	12.90	4.60	41.40	39.30	63.60	105.40
<b>2005</b>	74.30	169.80	194.50	158.00	24.00	15.40	8.50	9.30	22.90	23.60	39.20	130.90
<b>2006</b>	148.70	193.08	279.20	225.40	35.80	61.10	4.90	17.40	22.90	50.30	135.80	130.50
<b>2007</b>	83.70	100.20	247.90	223.50	93.40	47.80	11.60	7.10	11.70	43.20	155.00	110.50
<b>2008</b>	279.00	327.00	235.50	295.80	144.60	34.40	23.00	24.90	19.40	83.60	33.10	79.20
<b>2009</b>	309.00	250.10	174.90	62.00	47.10	21.00	9.30	4.60	1.00	18.50	27.60	104.50
<b>2010</b>	116.80	203.90	112.10	197.70	65.90	17.50	66.60	8.60	38.90	26.80	72.60	277.80
<b>2011</b>	233.90	270.00	192.40	327.80	42.00	54.80	42.80	17.00	24.10	51.60	23.70	142.90
<b>2012</b>	368.40	214.40	173.90	289.50	40.10	20.50	2.10	13.70	20.50	51.70	108.50	7.58
<b>2013</b>	144.30	154.40	167.50	96.70	144.30	3.40	1.60	24.30	11.70	57.40	8.30	93.40
<b>2014</b>	308.30	222.80	272.00	108.90	232.90	12.00	2.30	13.00	34.20	48.30	23.60	56.50
<b>2015</b>	158.30	185.60	257.60	79.90	86.20	20.40	19.80	6.70	2.20	58.80	60.40	49.80

Relleno de datos faltantes para la estación meteorológica “Las Pampas”.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2000</b>	240.70	355.20	466.20	502.80	444.70	117.40	20.60	64.10	112.40	33.20	46.90	111.30
<b>2001</b>	267.70	351.20	394.00	258.40	195.60	30.10	27.90	0.70	73.20	14.50	96.40	181.00
<b>2002</b>	150.50	358.70	361.60	379.30	194.80	47.50	21.10	21.60	41.10	131.30	68.40	278.60
<b>2003</b>	196.80	238.70	192.10	433.30	252.10	138.30	23.40	11.20	23.80	111.00	67.0	182.30
<b>2004</b>	193.30	186.40	339.30	286.60	254.60	51.00	16.50	27.40	121.50	64.50	63.40	162.70
<b>2005</b>	117.77	337.50	335.90	284.90	64.40	20.70	7.20	10.80	32.10	47.10	35.80	118.40
<b>2006</b>	246.80	551.10	301.50	305.90	155.90	96.70	10.10	59.00	63.70	42.60	211.70	154.30
<b>2007</b>	322.60	176.00	363.90	246.70	200.80	66.20	47.50	51.20	53.40	34.30	119.90	102.60
<b>2008</b>	475.10	373.50	446.50	306.00	246.50	75.50	84.20	138.20	91.20	148.50	35.70	203.90
<b>2009</b>	534.40	444.10	343.50	174.00	165.10	62.80	13.00	38.30	13.10	111.00	45.90	317.60
<b>2010</b>	295.60	468.30	466.50	374.10	136.60	49.10	45.10	19.70	29.20	52.08	179.45	421.00
<b>2011</b>	326.60	284.10	223.10	495.10	133.90	68.40	111.80	12.00	77.00	87.10	23.40	127.00
<b>2012</b>	496.70	304.20	289.70	348.80	168.10	97.00	25.40	20.40	8.50	62.80	110.70	67.80
<b>2013</b>	257.80	275.60	327.00	398.30	202.10	54.80	12.00	45.10	38.30	66.50	4.20	201.20
<b>2014</b>	409.30	335.90	288.80	218.70	304.30	72.10	23.70	54.50	59.10	148.90	50.60	64.90
<b>2015</b>	293.30	264.50	352.70	249.40	205.80	83.20	154.80	28.60	25.50	197.10	75.80	305.01

Anexo 6. Mapas temporales del índice de vegetación EVI durante el período 2000-2016

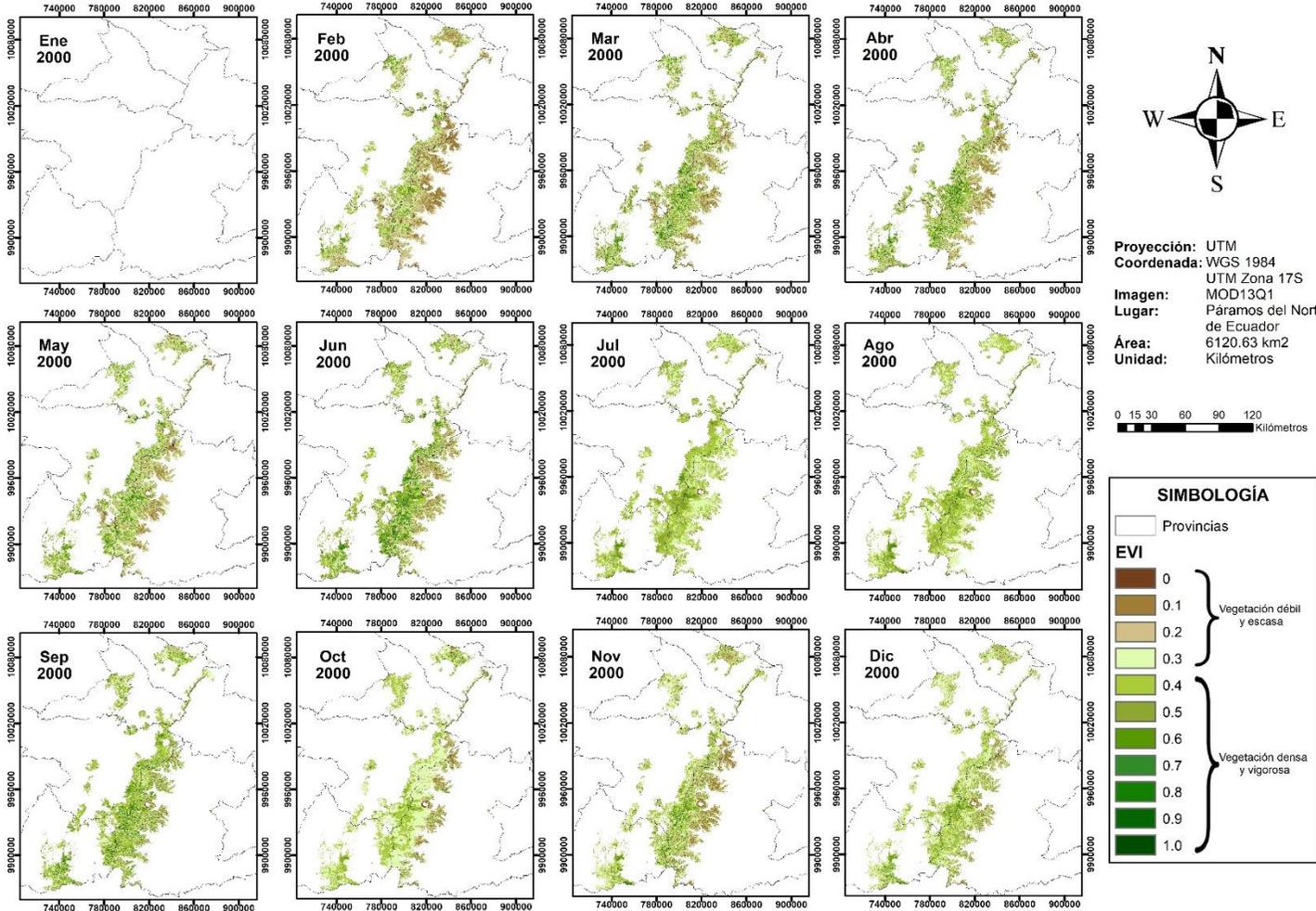


Figura 7.1 Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2000.

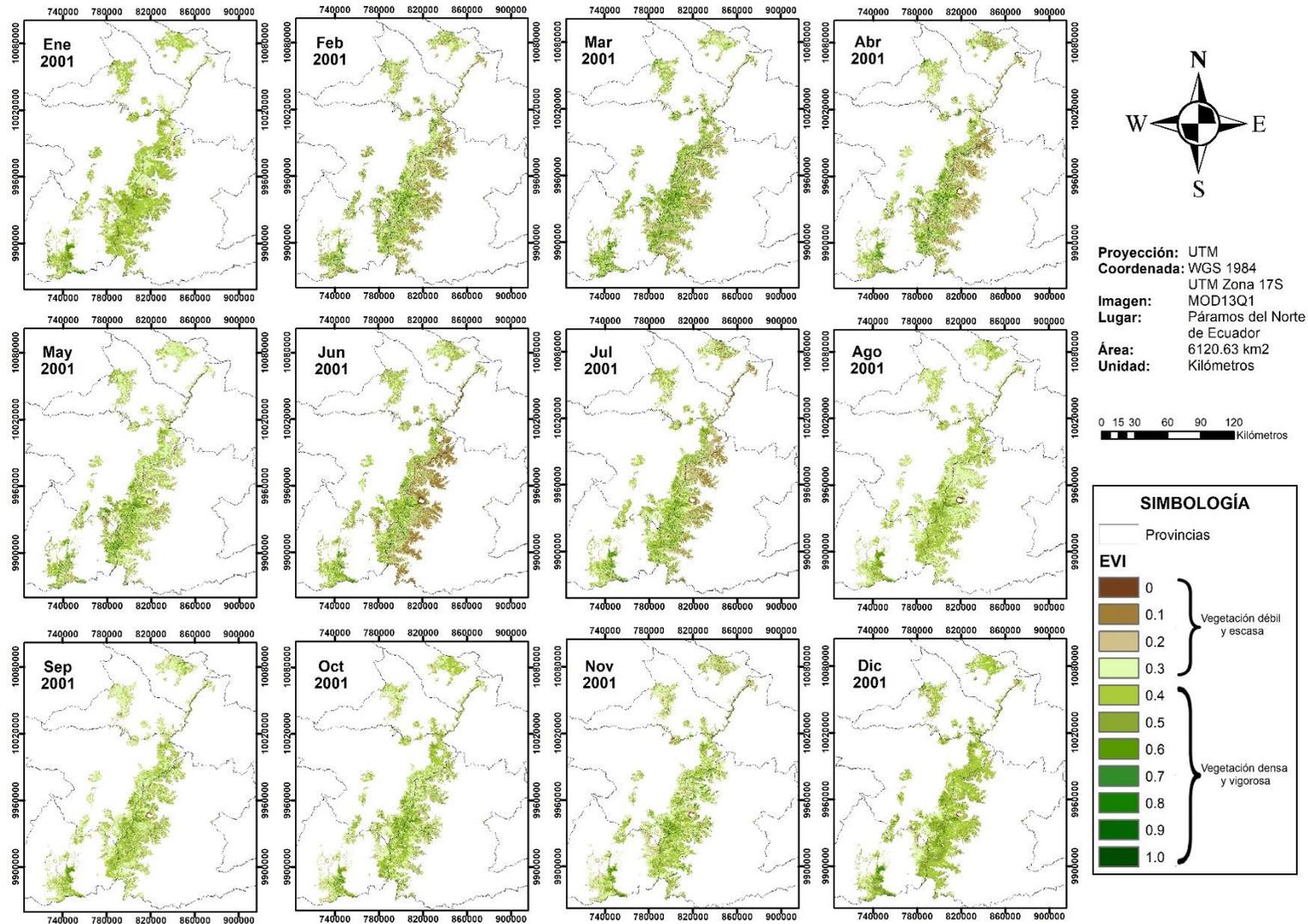
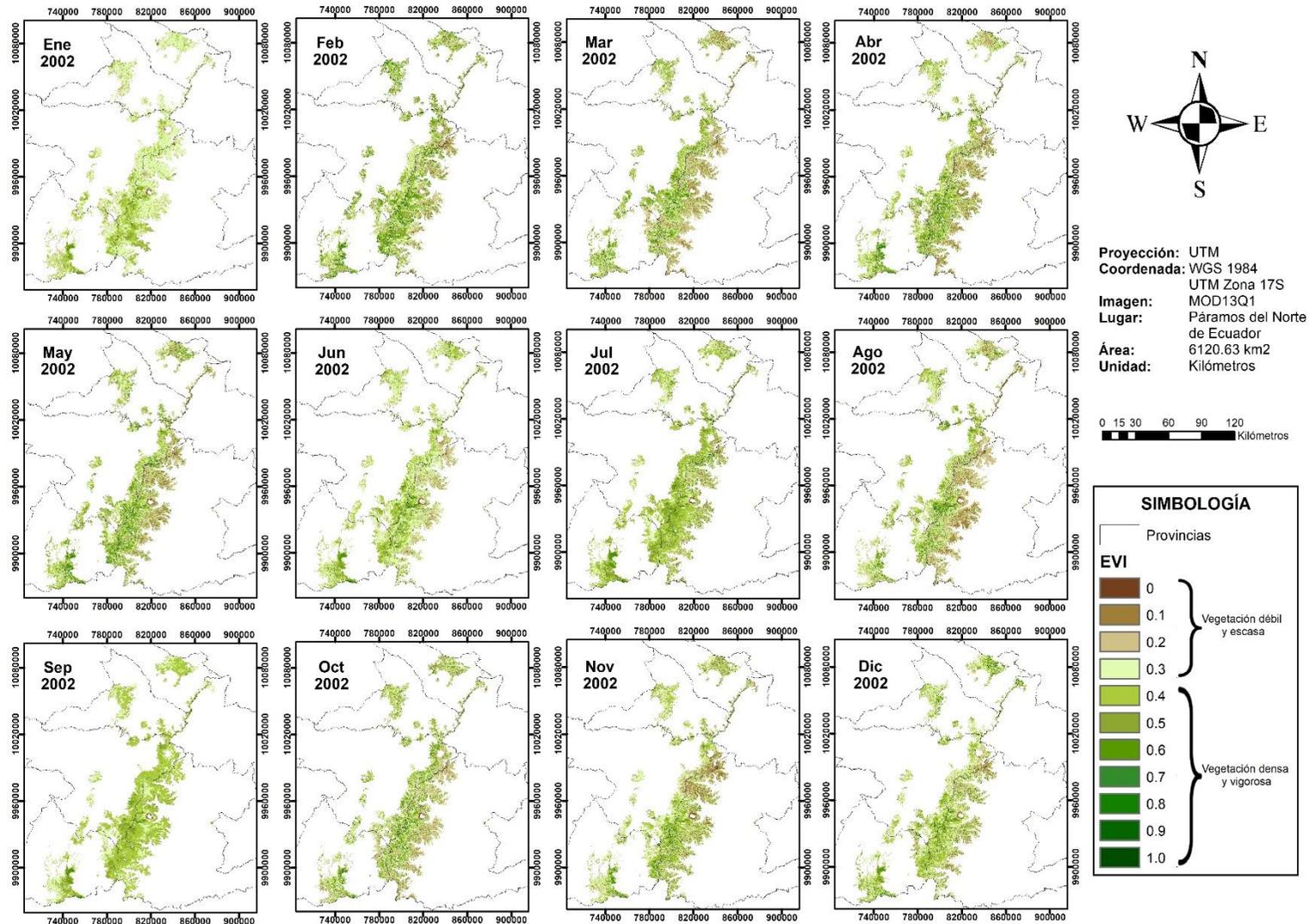
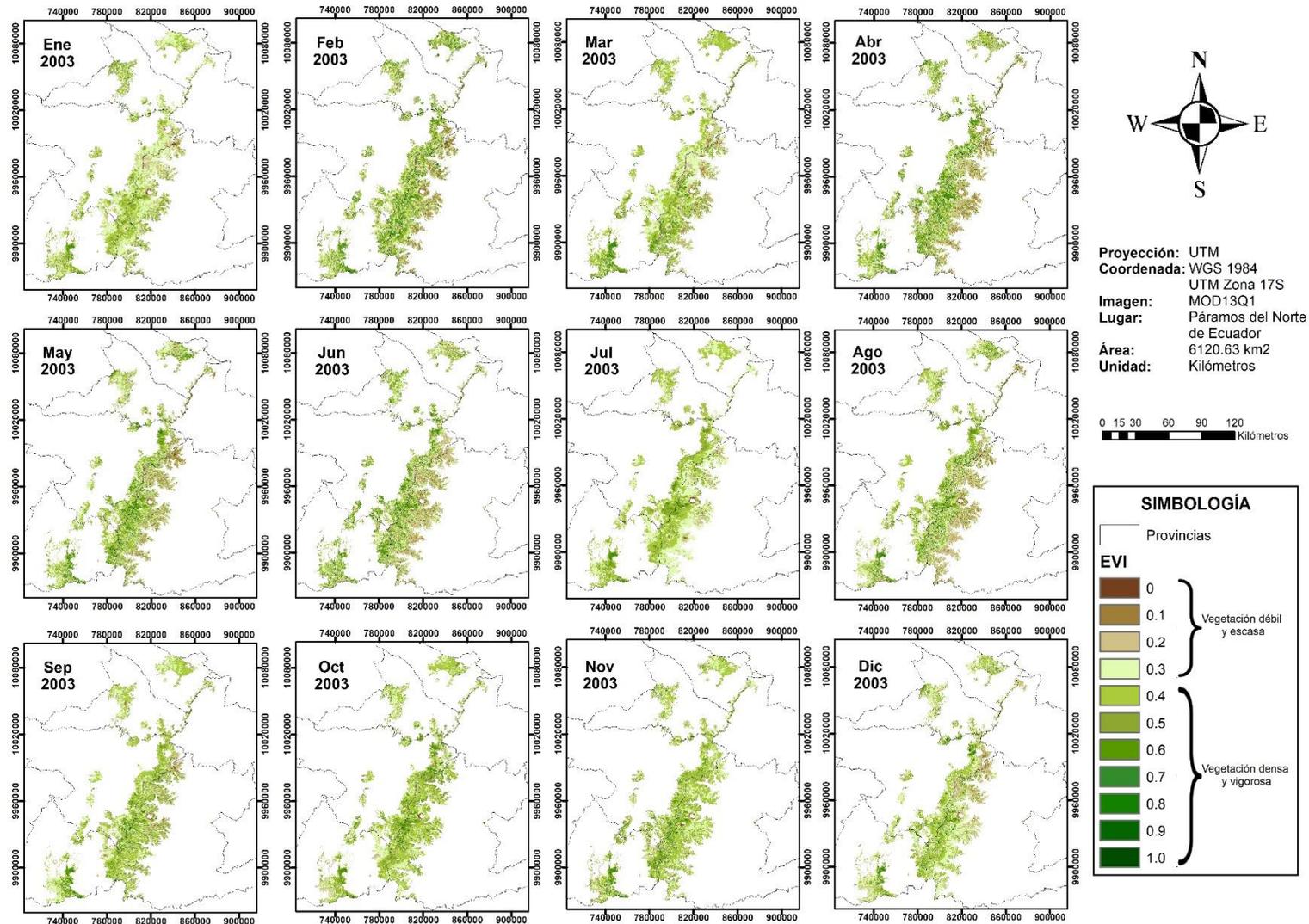


Figura 7.2 Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2001.



**Figura 7.3** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2002.



**Figura 7.4** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2003.

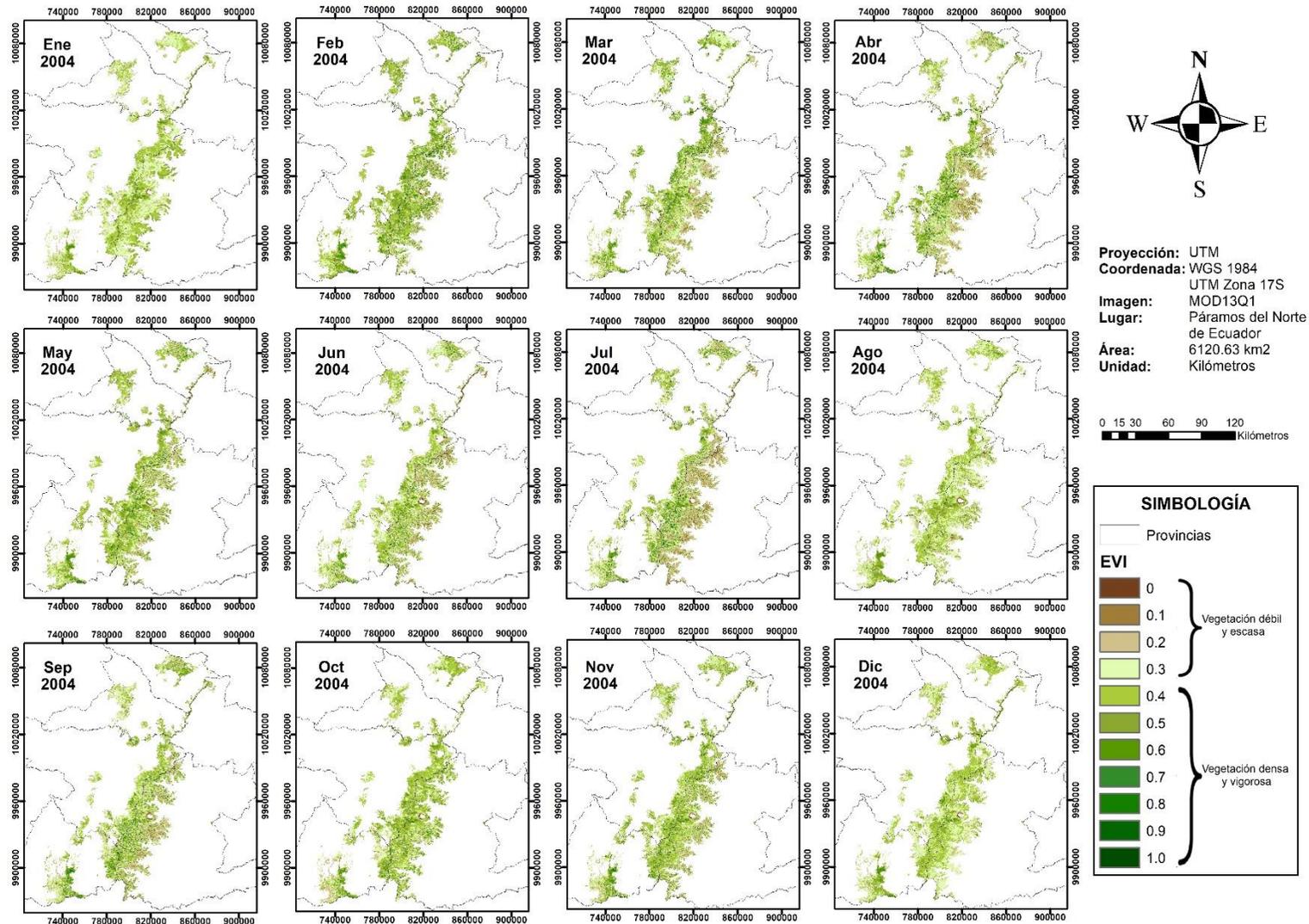


Figura 7.5 Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2004.

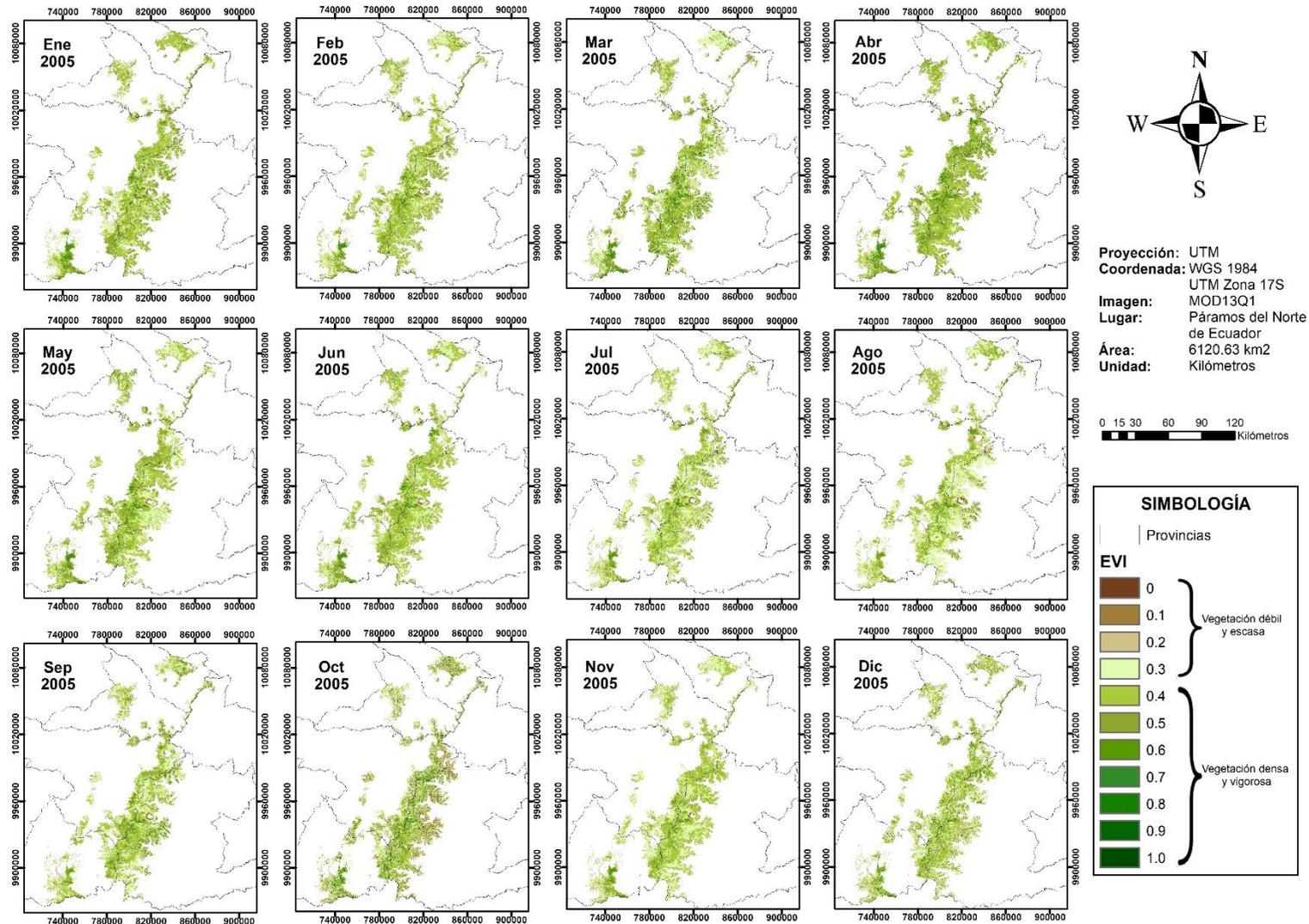
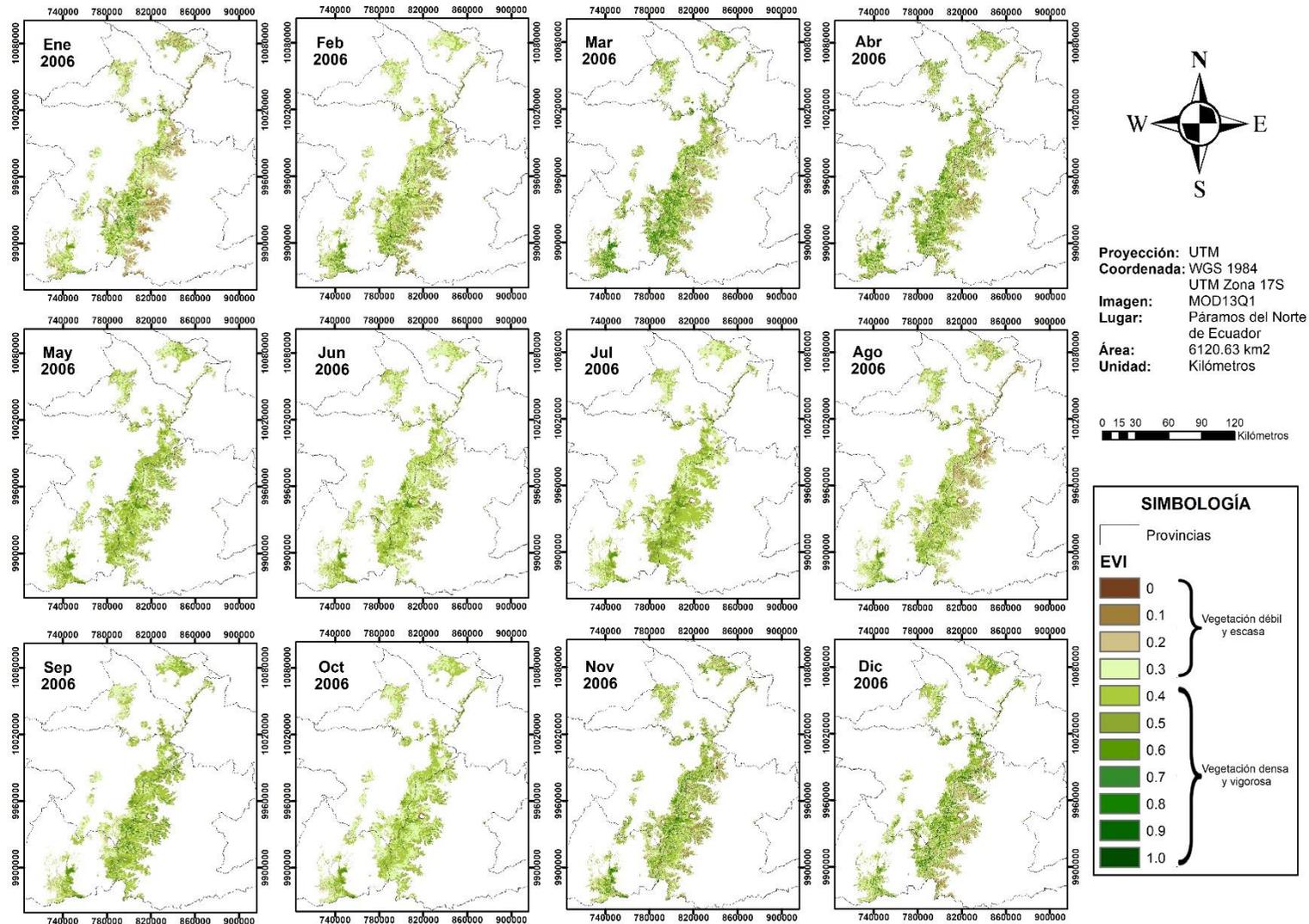
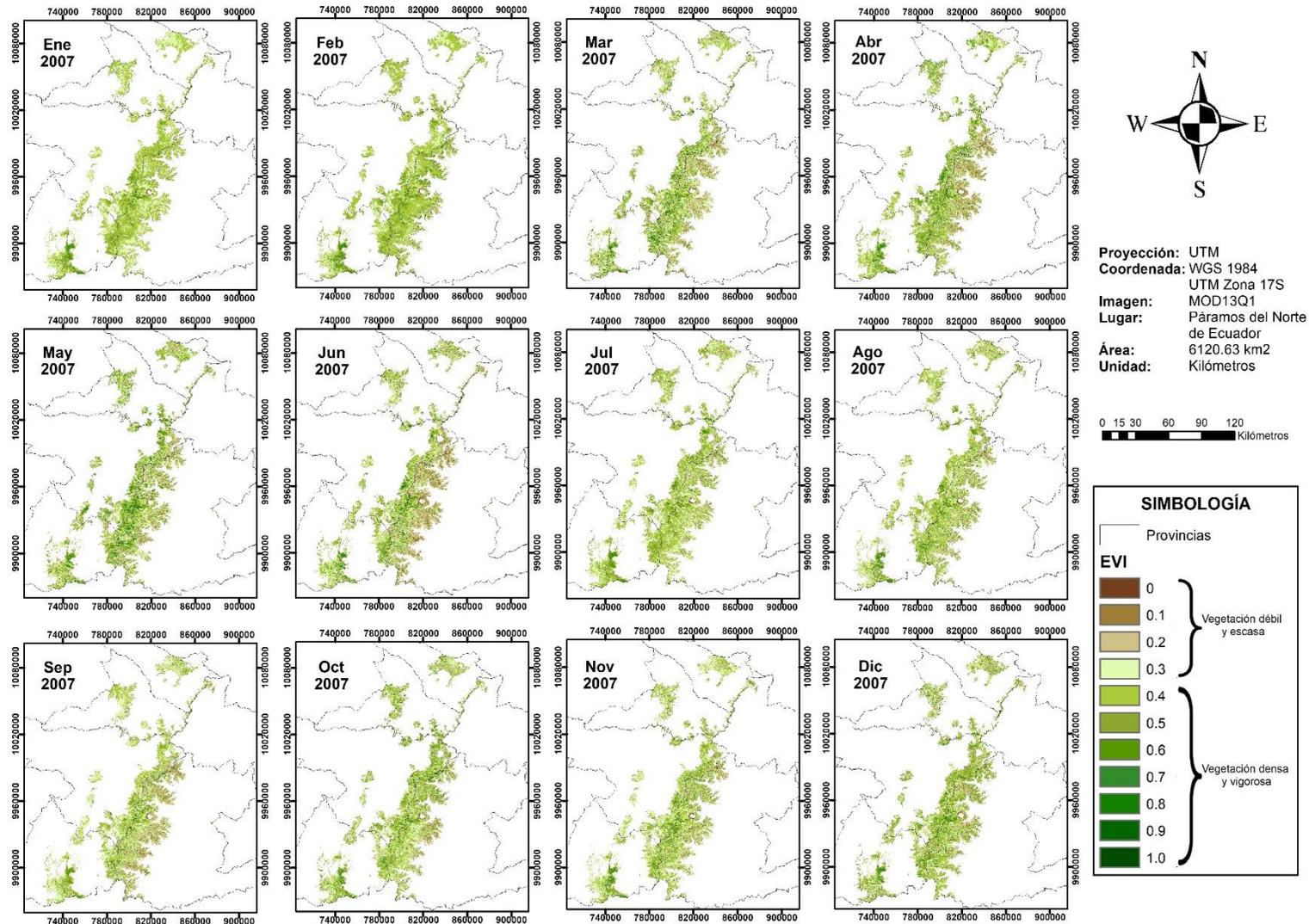


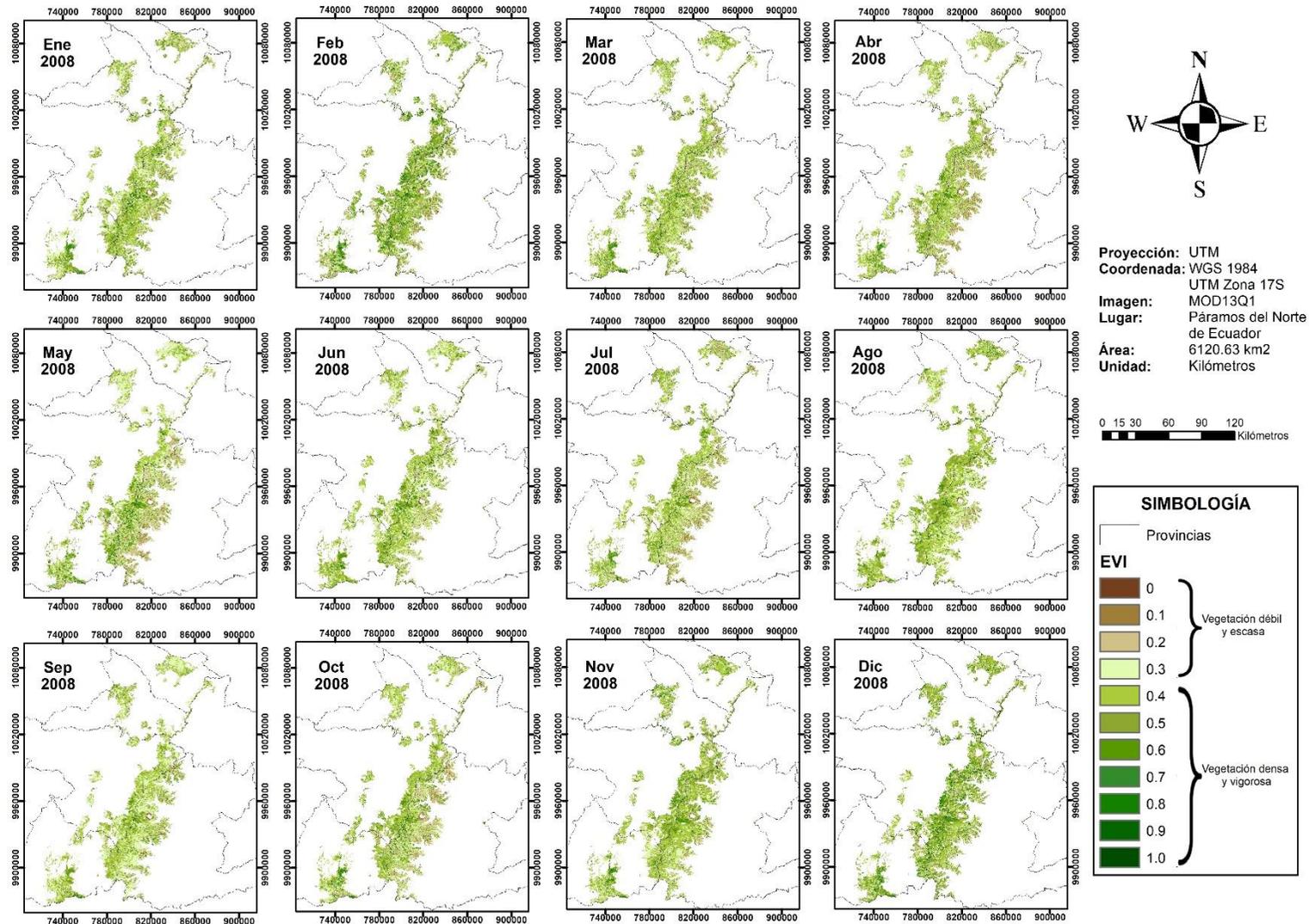
Figura 4.6 Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2005.



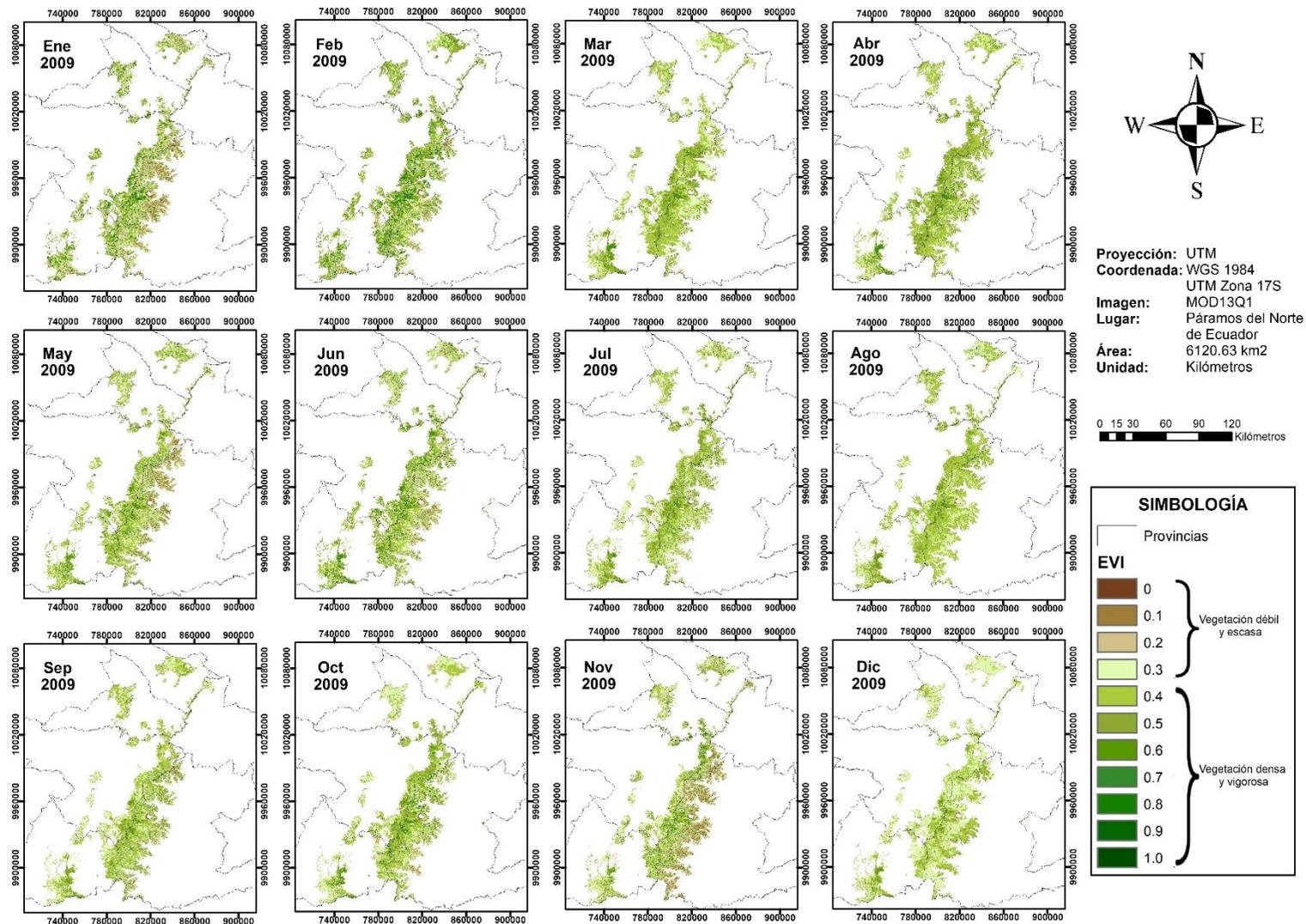
**Figura 7.7** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2006.



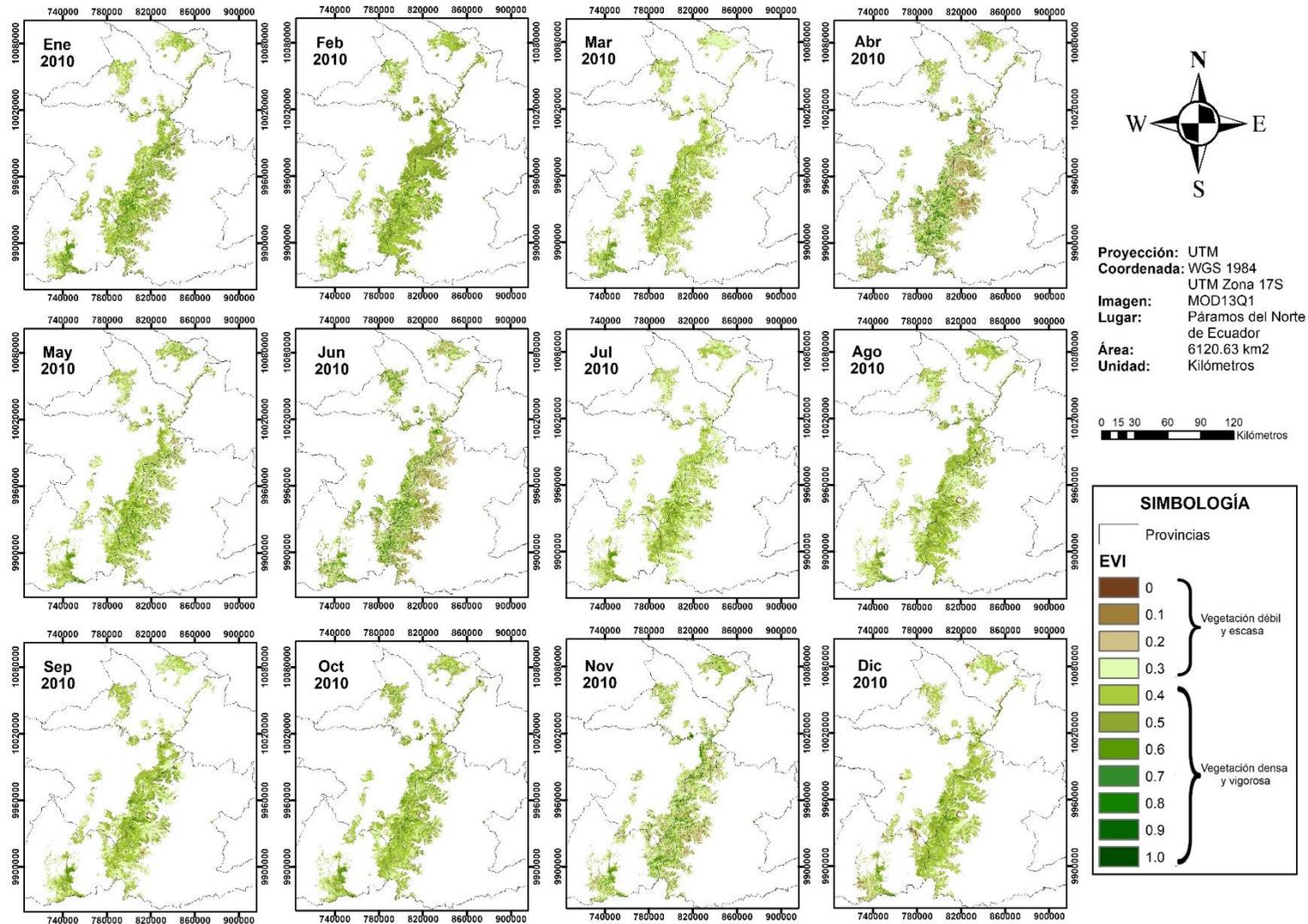
**Figura 7.8** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2007.



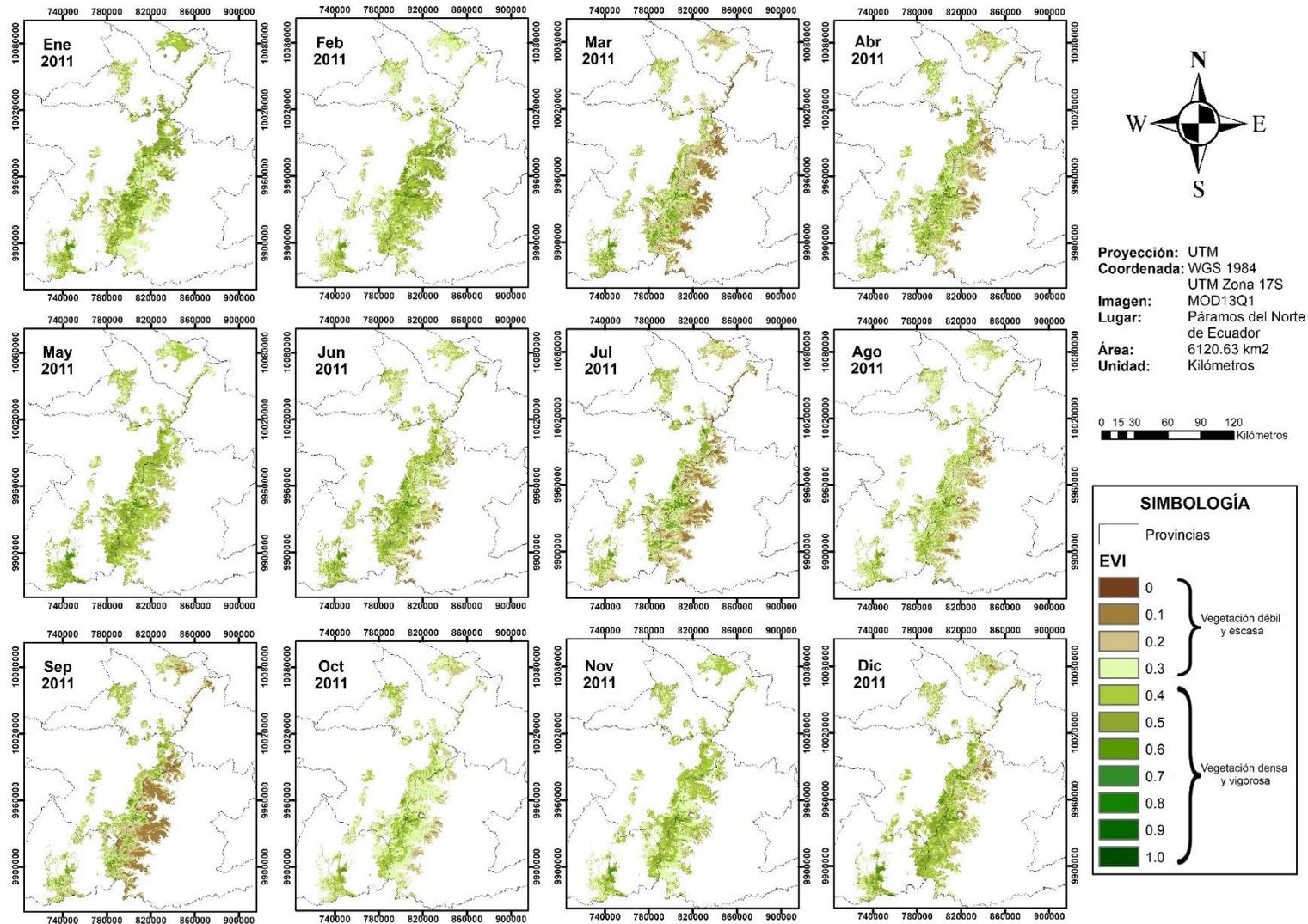
**Figura 7.9** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2008.



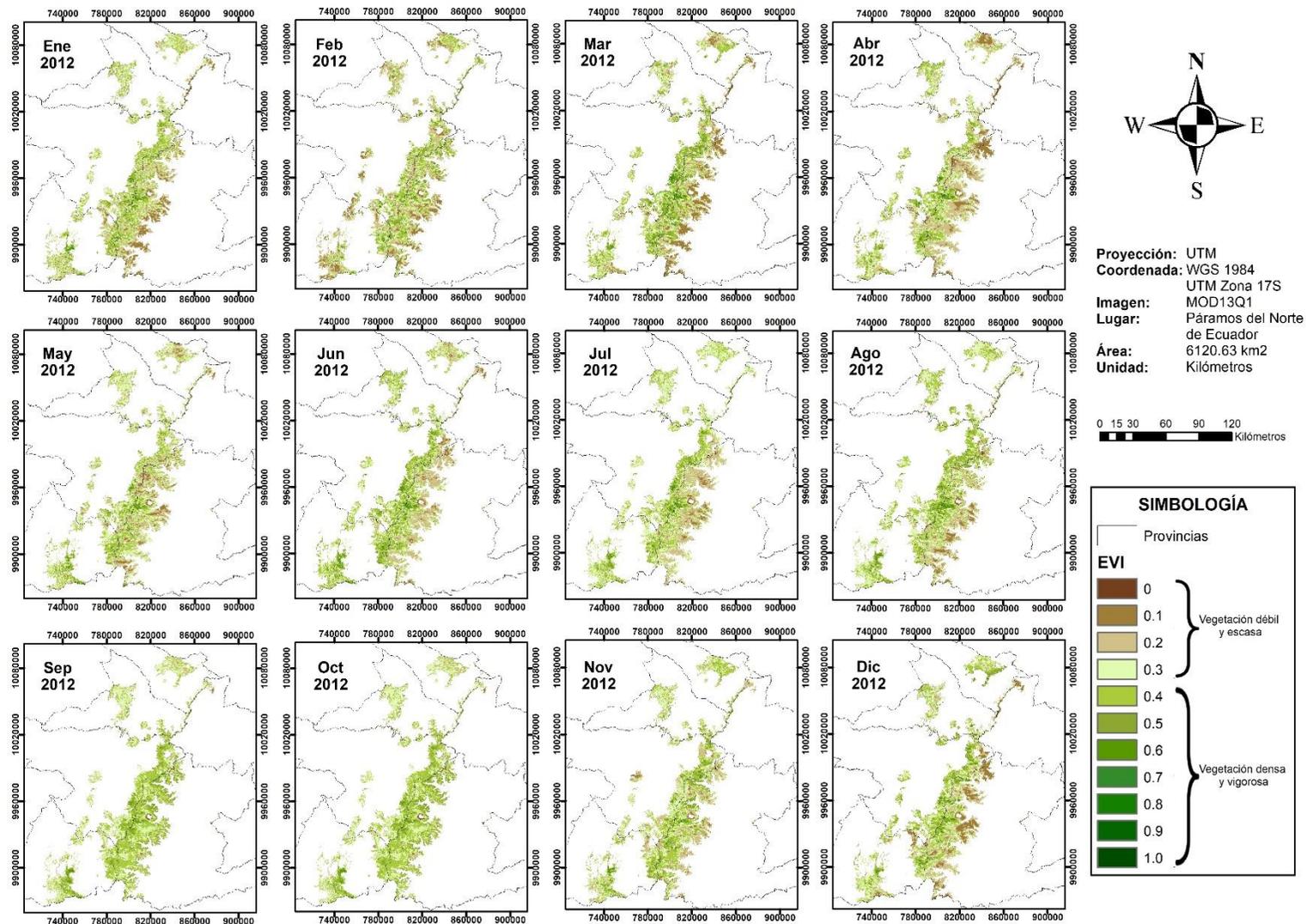
**Figura 7.10** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2009.



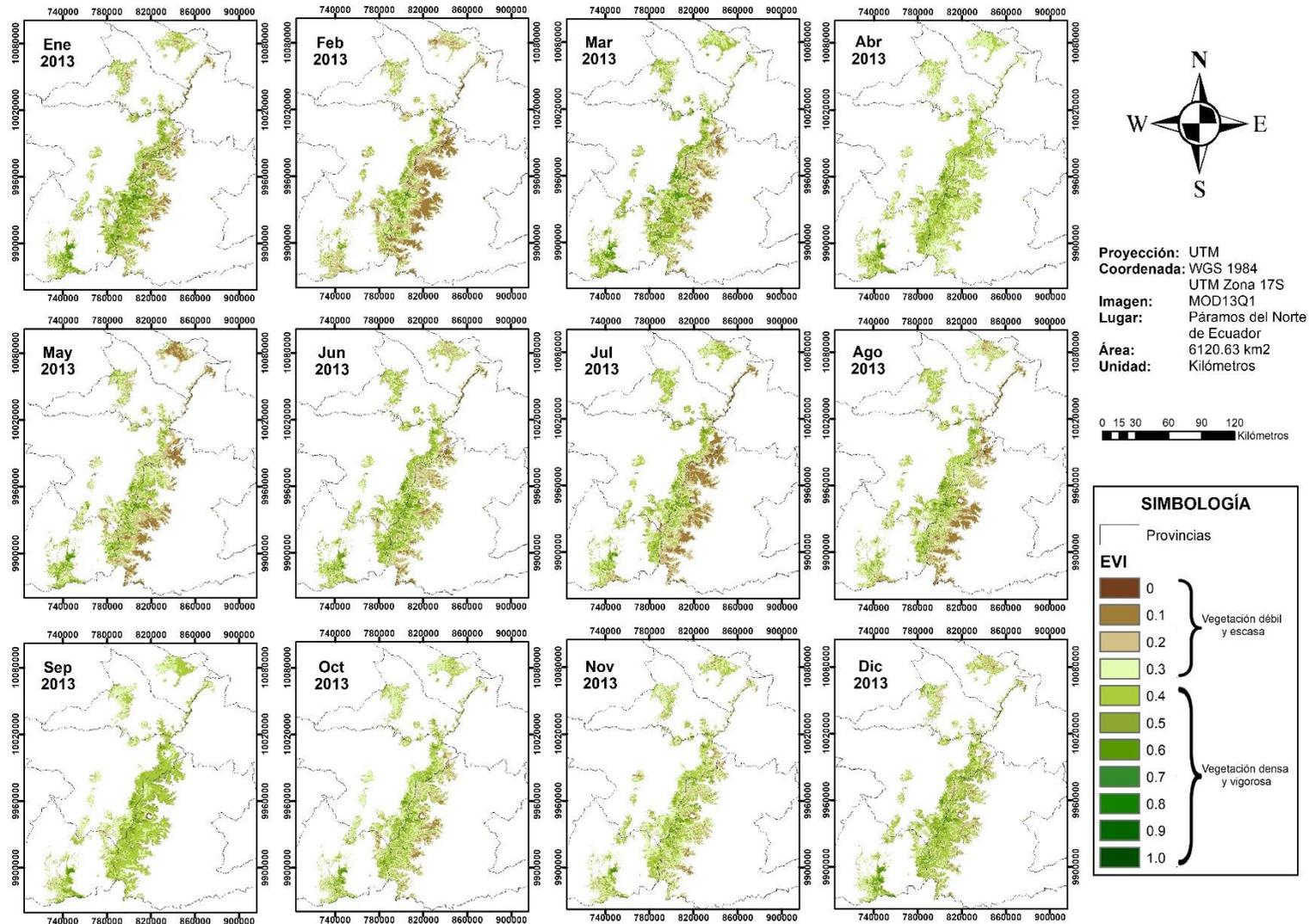
**Figura 7.11** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2010.



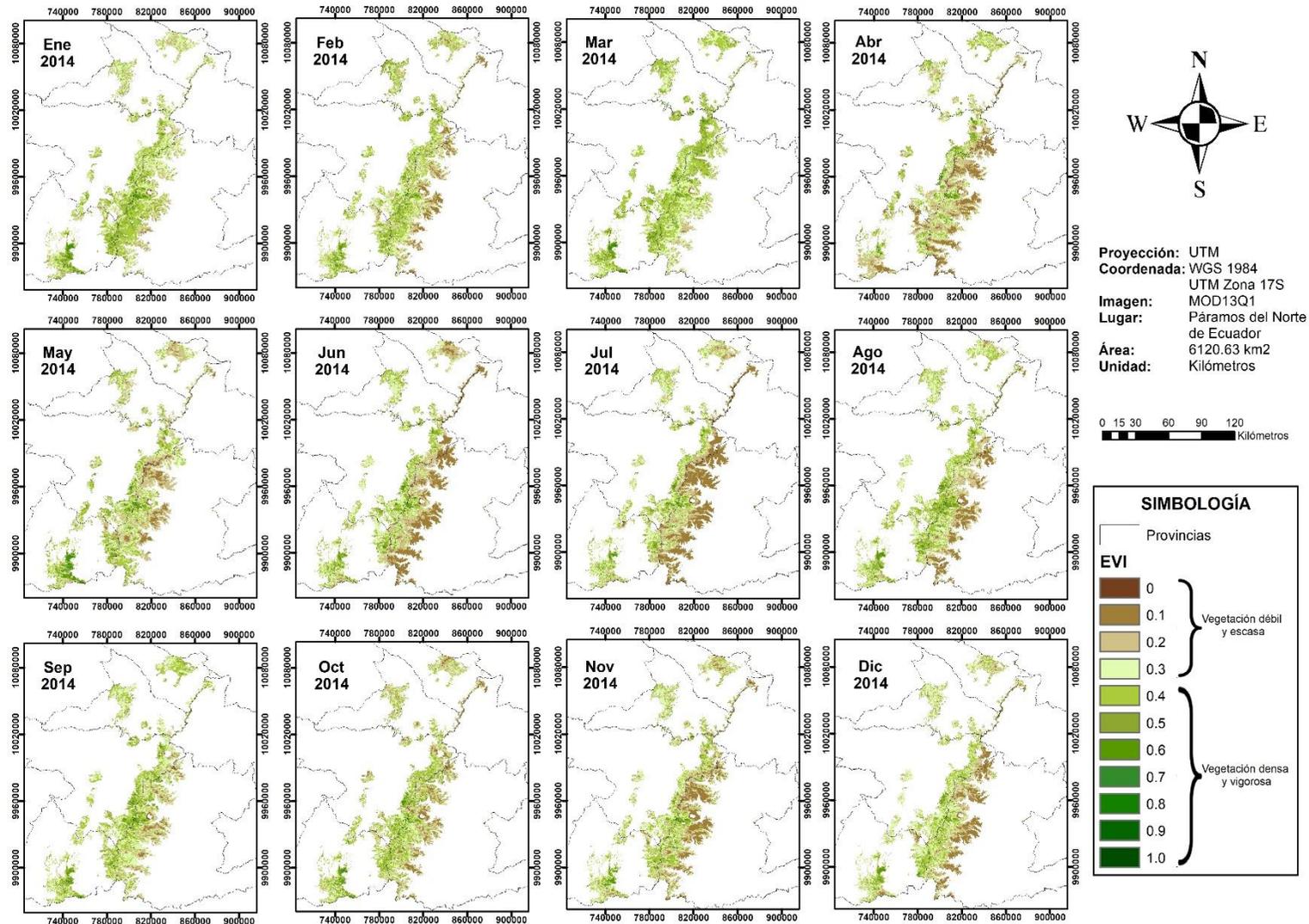
**Figura 7.12** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2011.



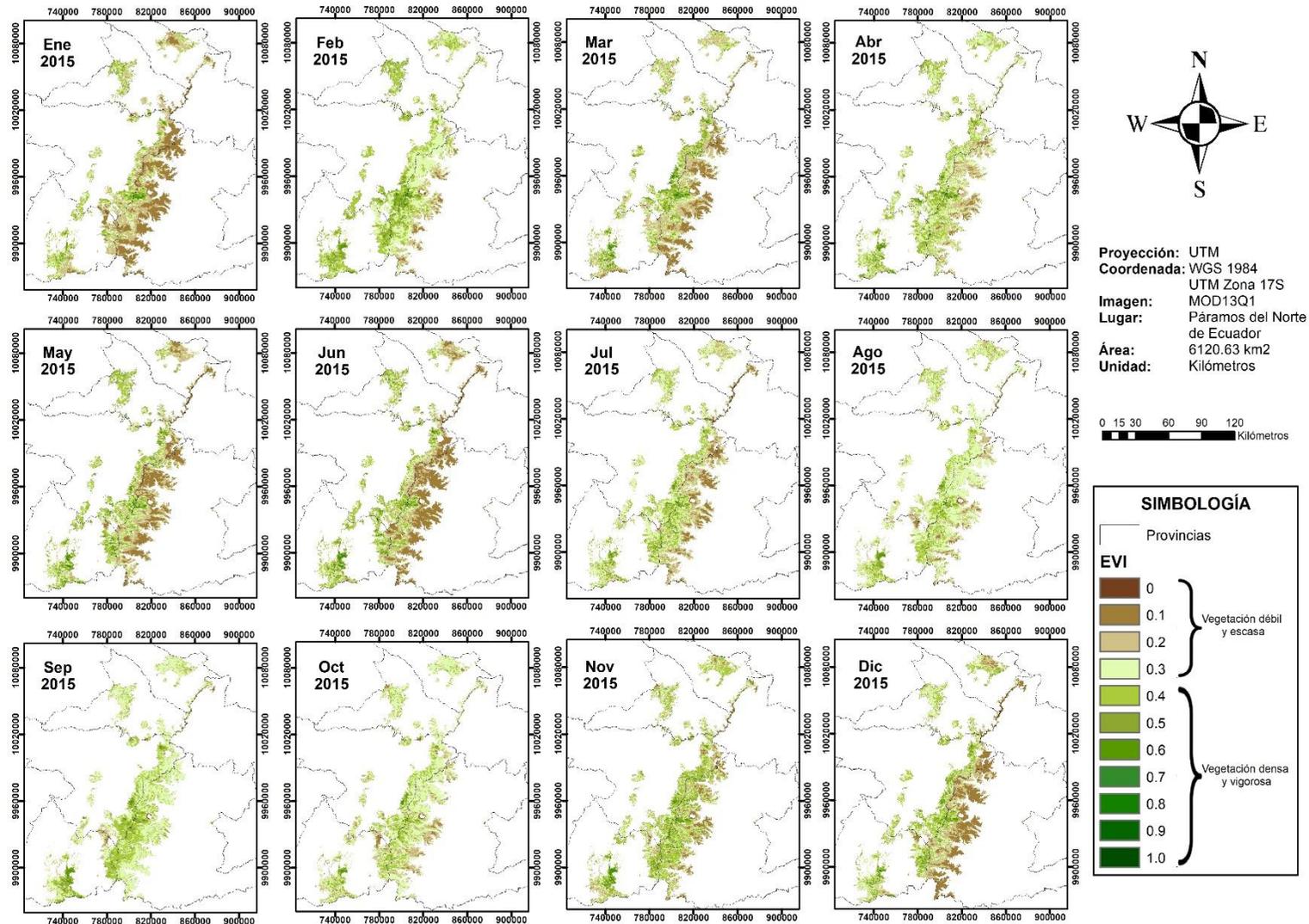
**Figura 7.13** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2012.



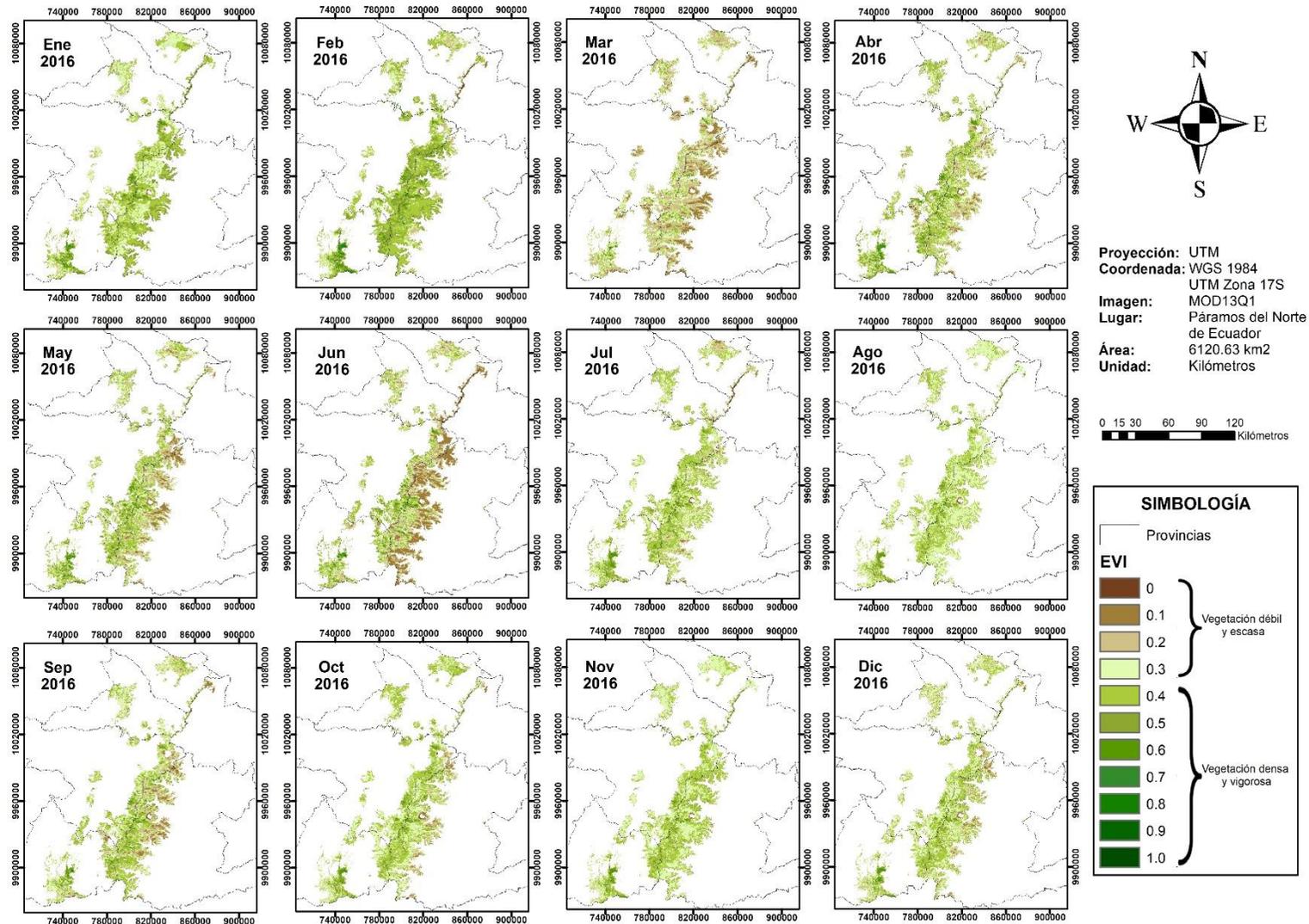
**Figura 7.14** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2013.



**Figura 7.15** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2014.

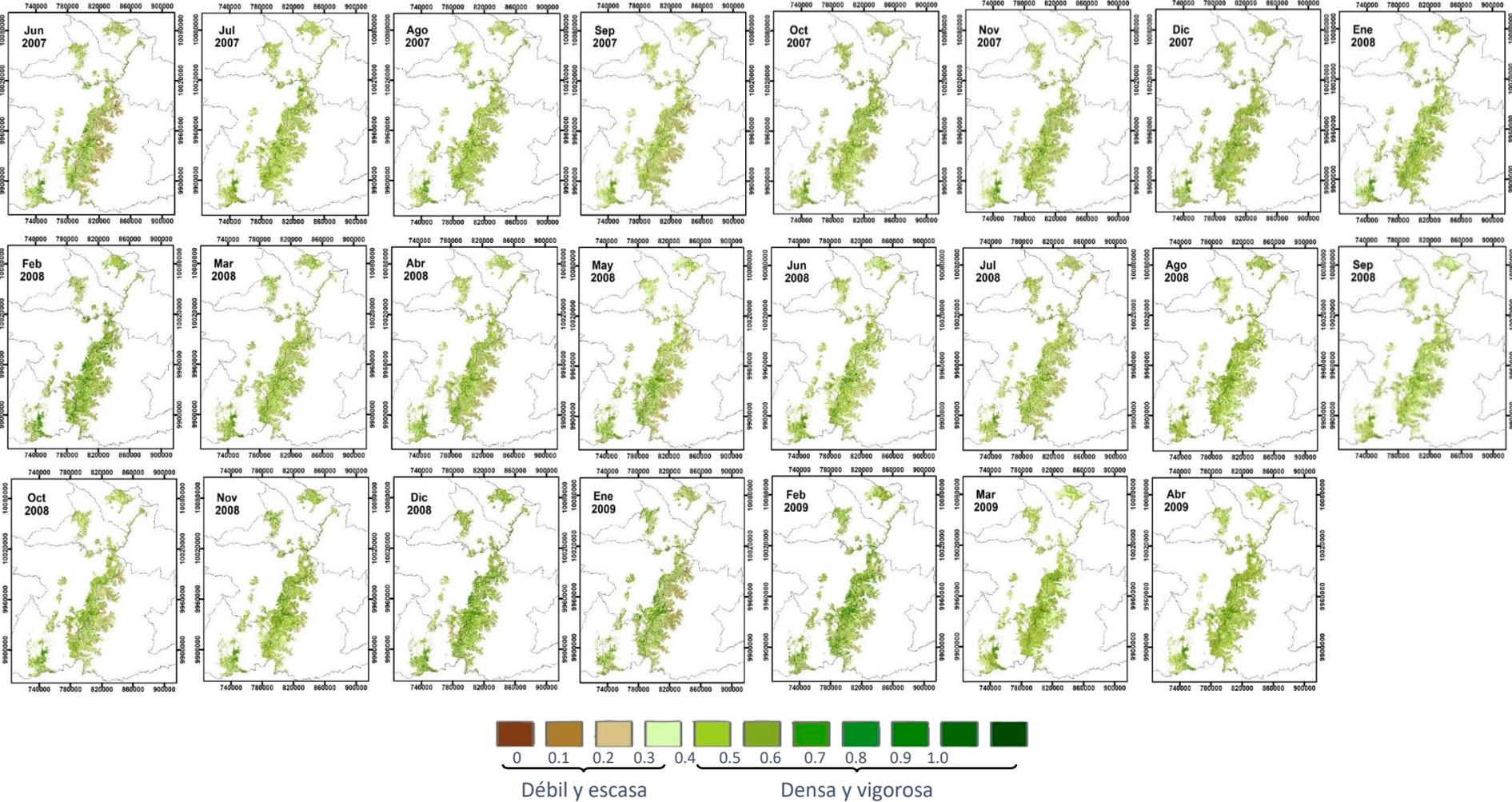


**Figura 7.16** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2015.

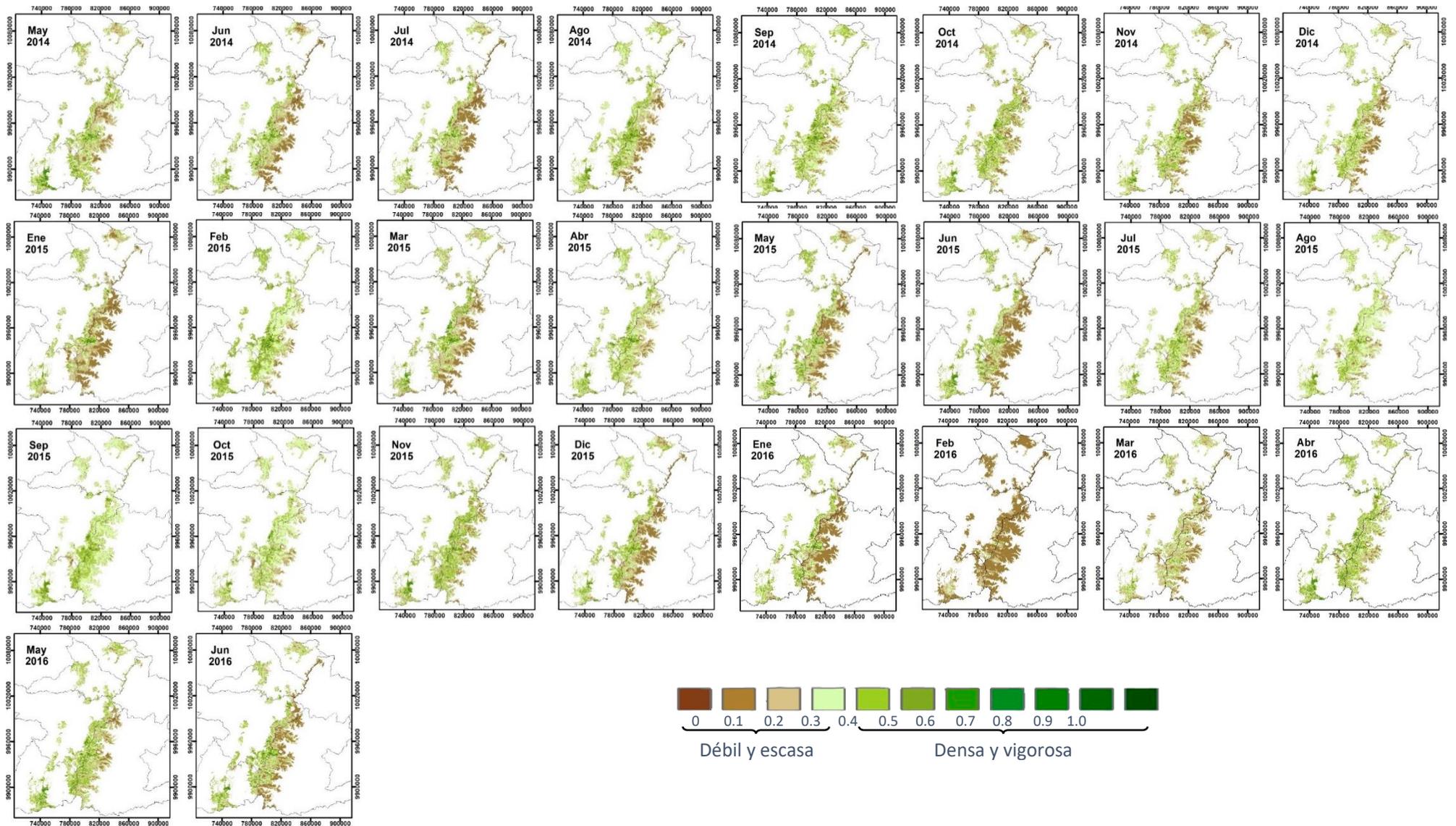


**Figura 7.17** Mapas del índice de vegetación EVI correspondientes al año 2016.

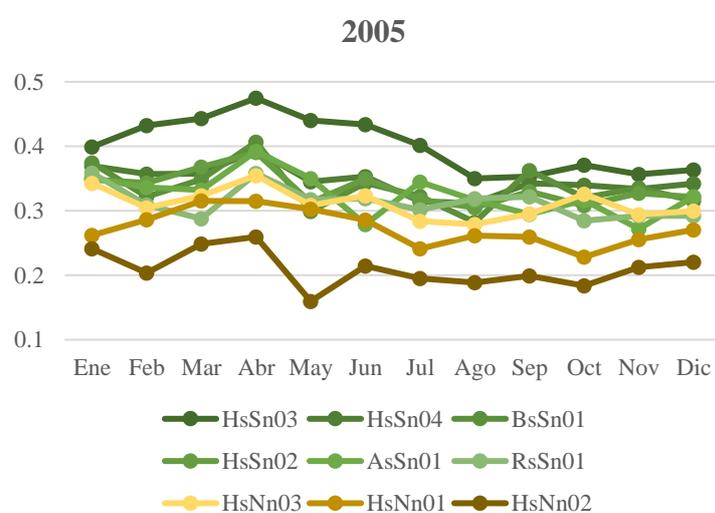
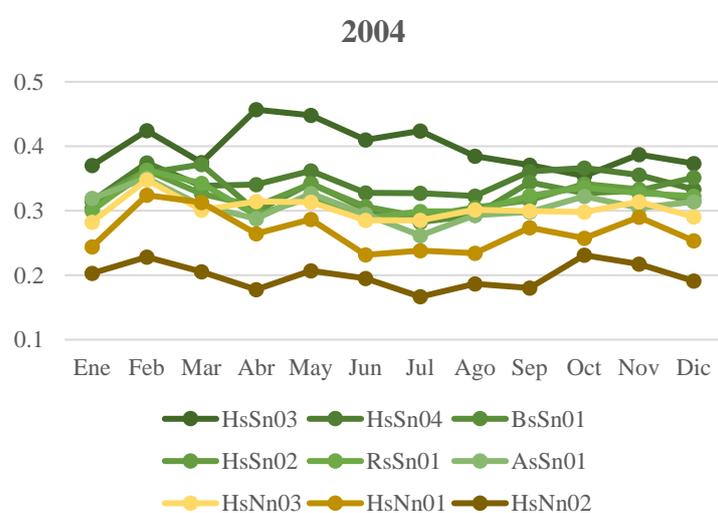
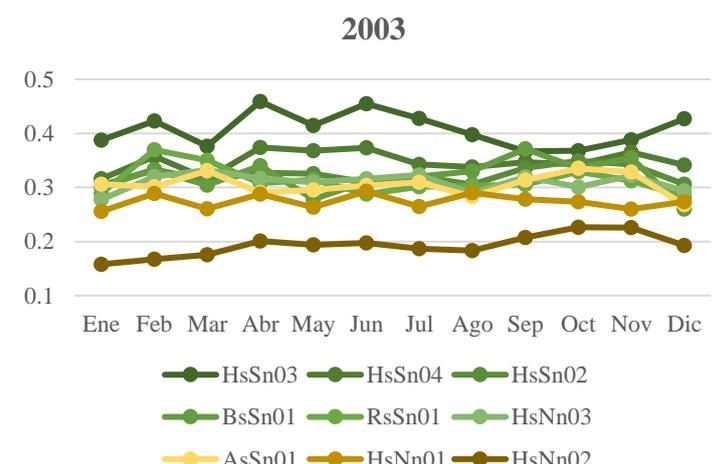
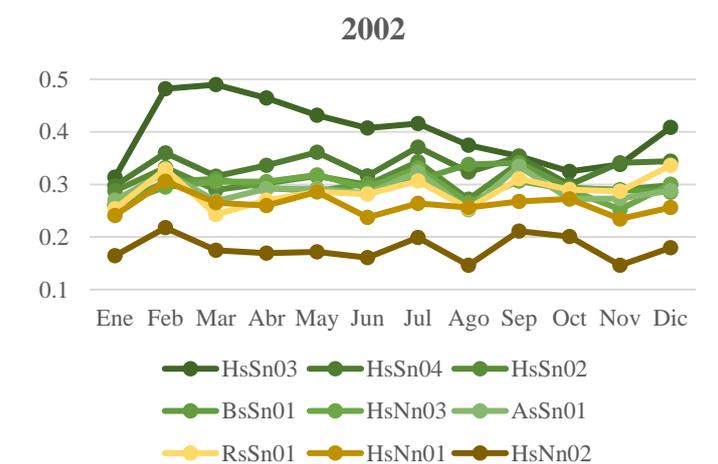
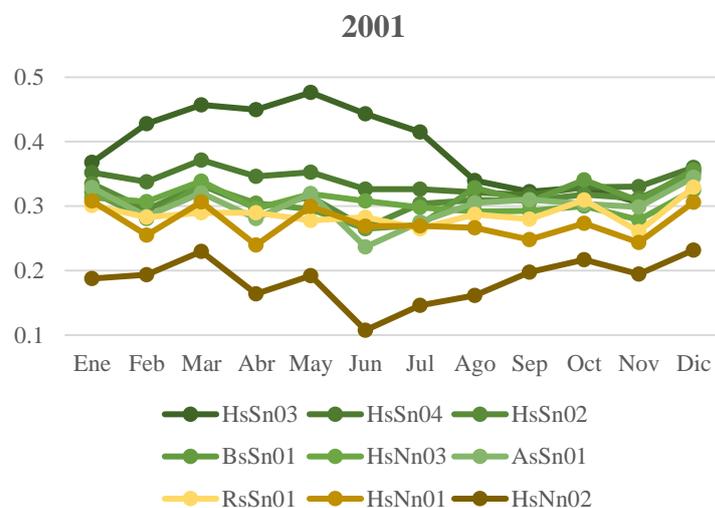
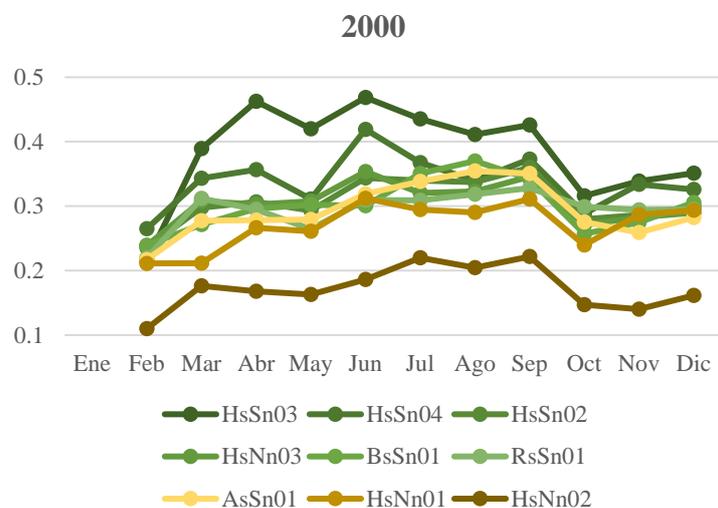
### Anexo 7. Mapa temporal del índice de vegetación EVI durante el fenómeno de La Niña de intensidad fuerte



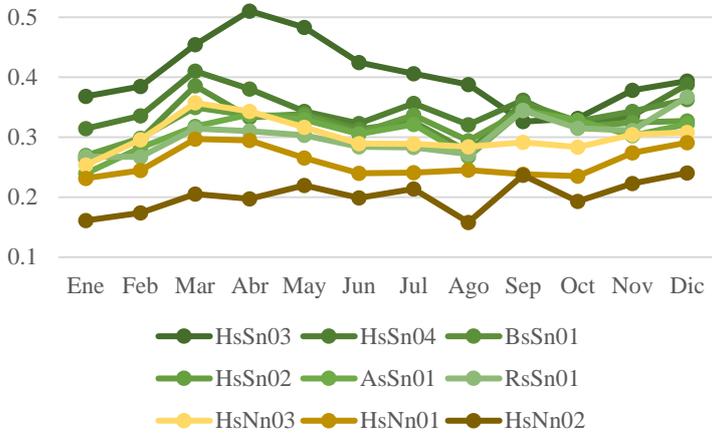
## Anexo 8. Mapa temporal del índice de vegetación EVI durante el fenómeno de El Niño de intensidad fuerte



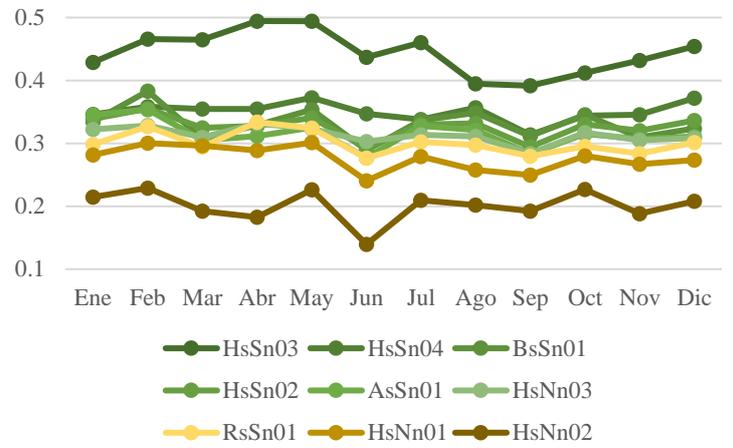
### Anexo 9. Gráficas del promedio mensual-anual EVI por ecosistema de páramo



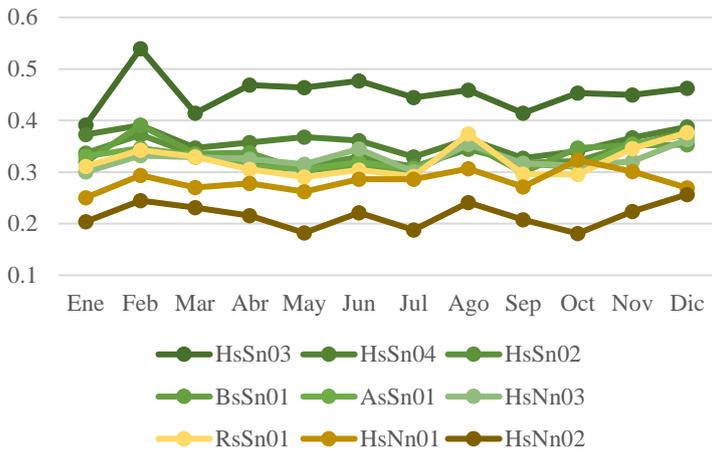
2006



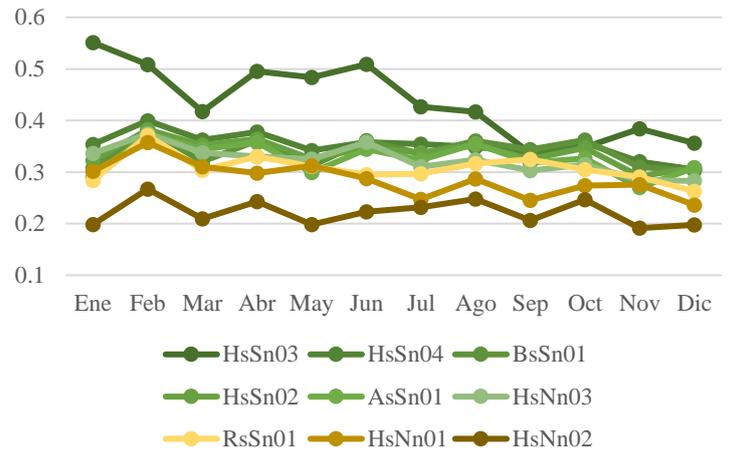
2007



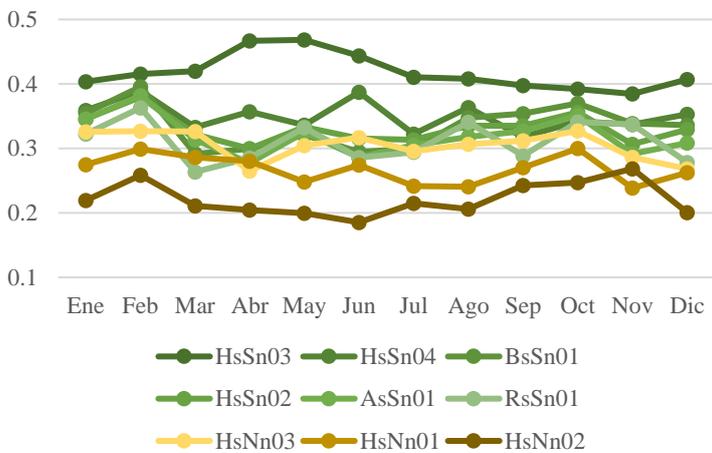
2008



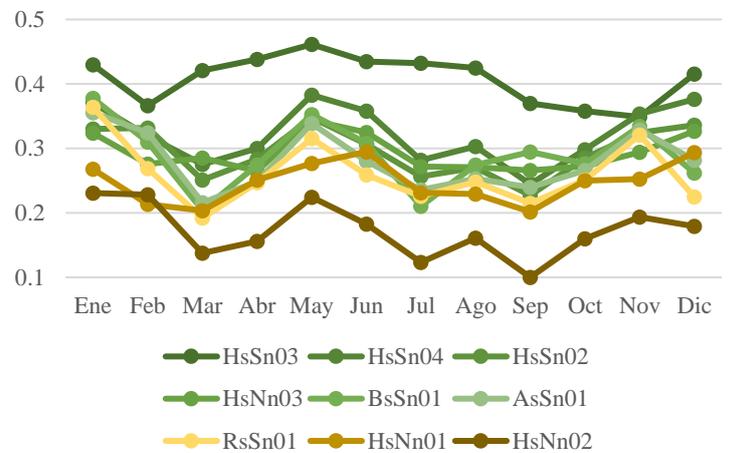
2009

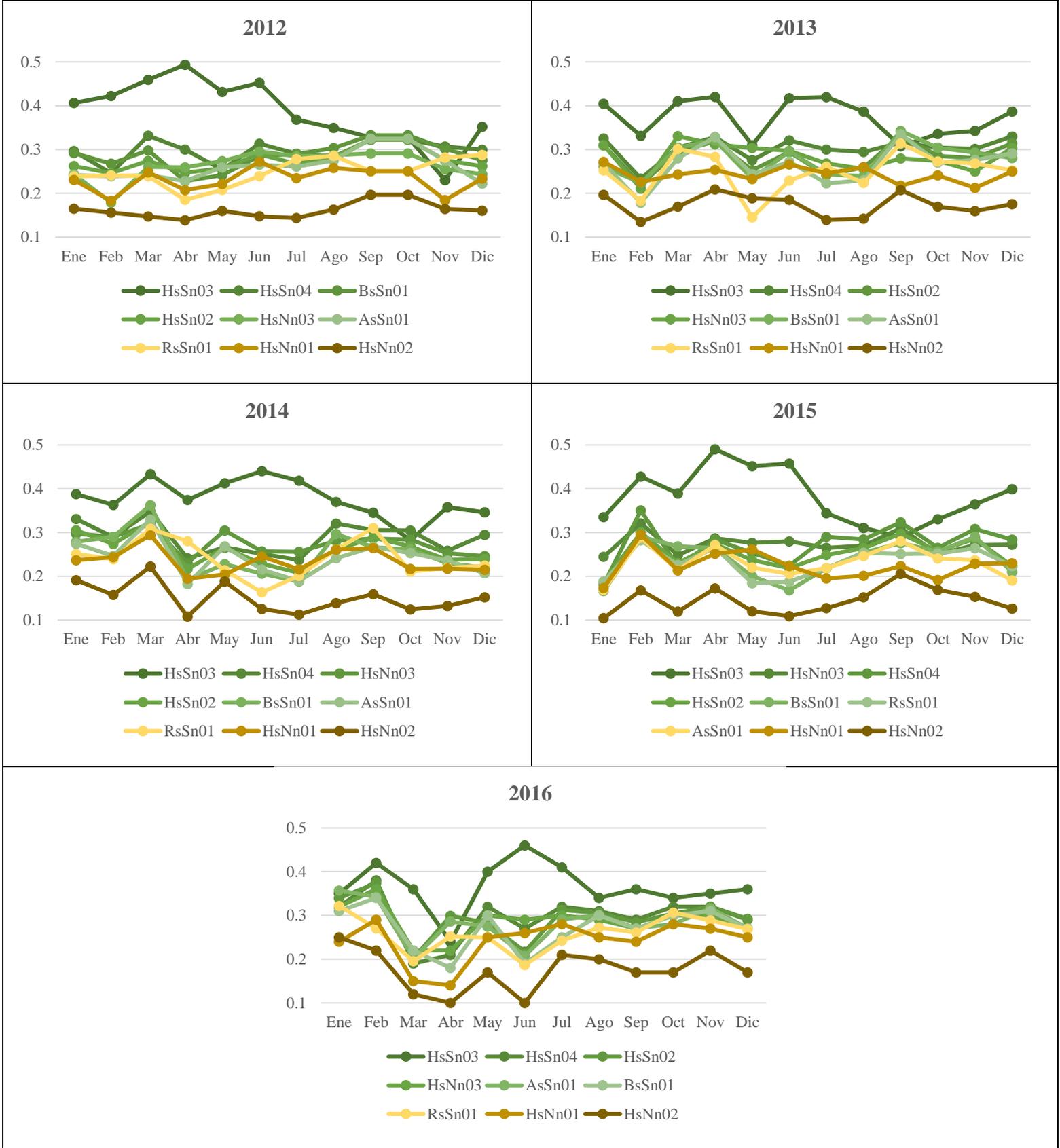


2010



2011





**Figura 7.18** Gráficas del promedio mensual-anual EVI por ecosistema.