

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIO TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN
EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA EN PRESENCIA DE LOS FENÓMENOS DE
EL NIÑO Y LA NIÑA, EN EL PERIODO 1983 - 2009**

ÁNDERSON GUZMÁN ARROYO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2015**

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIO TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN
EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA EN PRESENCIA DE LOS FENÓMENOS DE
EL NIÑO Y LA NIÑA, EN EL PERIODO 1983 - 2009**

ÁNDERSON GUZMÁN ARROYO

**ASESOR:
GERMÁN EDMUNDO NARVÁEZ BRAVO
Profesor Asistente Departamento de Geografía**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Geógrafo con énfasis en
Planificación Regional**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2015**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Para el proceso de desarrollo y terminación de esta investigación, se contó con la contribución de personas y entidades que fortalecieron las actividades que se desarrollaron para obtener el cumplimiento de los objetivos inicialmente propuestos.

Debido a lo anterior el autor hace un reconocimiento especial al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) por el apoyo brindado, representado en toda la base de series históricas necesarias para poder desarrollar esta investigación.

De la misma manera se agradece al Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales (TERRA) de la Universidad de Nariño, en especial al coordinador de dicho grupo, profesor Germán Edmundo Narváez Bravo por el acompañamiento brindado a lo largo de todo el proceso investigativo.

Igualmente se agradece a todos los compañeros y amigos que me acompañaron a lo largo de toda mi carrera y especialmente durante el desarrollo de este trabajo principalmente a, Oscar, por ser mi hermano en los momentos en que más lo necesité. Gabriela, por compartir todo este tiempo conmigo. Danny, por ser un amigo magnífico. Ricardo, por ser un gran ejemplo. Pedro, por ayudarme a entender tantas cosas, y por supuesto a Ella, por alegrar esta parte de mi vida.

Por último quiero agradecer a mis familiares, A mi Abuela, que me enseñó a vivir la vida que me tocó, a mis Tías Aida y Sandra sin las cuales hubiese sido imposible empezar o terminar esta parte de mi vida. A mi hermana que siempre estuvo conmigo y además me brindó la oportunidad de conocer a las dos personas más maravillosas en mi vida y por último a mis primos Daniel y Andrés con los que compartí una dichosa infancia.

DEDICATORIA

A mis sobrinas, Isabella y Sarai, inspiración y motivos para vivir.

RESUMEN

La región Pacífica colombiana es de un alto valor ecológico, puesto que en ella se encuentran ecosistemas muy importantes (ligados al denominado “Chocó Biogeográfico”), que intervienen en la regulación del ciclo hidrológico y representan una fuente de producción de bienes ambientales importantes para el país. De igual manera se debe resaltar la importancia de las características socioeconómicas de la región, en este caso encadenadas a la presencia de puertos importantes como el de la bahía de Buenaventura y de Tumaco, los cuales son de un alto valor en cuanto a importación y exportación de diversos productos, además de esto se identifica una alta importancia en el transporte fluvial principalmente en los ríos San Juan y Atrato. Por otra parte es necesario hablar de los diferentes asentamientos poblacionales que existen en la zona (Quibdó, Buenaventura, Tumaco, Lloro entre otros) los cuales representan un alto valor en las actividades productivas del país.

En este orden de ideas es necesario identificar las diferentes características de la región, partiendo en un primer paso desde las condiciones físico-naturales, en este caso interpretando el comportamiento de la precipitación y la influencia que sobre esta variable ejercen fenómenos de escala global como los asociados al ciclo El Niño-La Niña y la Oscilación del Sur (ENOS), con lo cual se pretende comprender de una manera precisa como varían las lluvias, tanto espacial como temporalmente y cómo influyen en esta las características naturales propias de la zona (latitud, relieve, etc.) además de identificar la influencia de fenómenos de mezo escala, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y el Chorro del Chocó principalmente, para finalmente definir la importancia que fenómenos del orden global, el ya mencionado ciclo ENOS, interfieren en el desarrollo del ciclo hidrológico de la región.

Para dicho propósito se traza una metodología determinada, en una primera parte por la recopilación de información fundamental para el desarrollo de la investigación, datos de precipitación y fuentes bibliográficas, con las que se obtiene una base teórica y estadística. Posteriormente se realiza el tratamiento necesario de la información recopilada, a través de diferentes herramientas como son el software estadístico y sistemas de información geográfica, permitiendo un mejor y más fácil manejo de la información para desarrollar el análisis pertinente, entrelazando los datos obtenidos, referentes al comportamiento espacio temporal de la precipitación del área de estudio, con datos existentes sobre las variaciones del ciclo ENOS. Además de realizar un análisis comparativo entre los datos encontrados en el presente estudio y los que se pueden identificar en diversas investigaciones que sobre la temática se han desarrollado con anterioridad.

Finalmente se logra detectar ciertos patrones de comportamiento en la precipitación que están entrelazados con el comportamiento de las oscilaciones observadas en las variables del océano Pacífico (presión atmosférica y temperatura del mar) obteniendo así una síntesis de lo que ocurre con la precipitación de la región Pacífica e identificando como se interrelaciona la precipitación con las características físicas de la zona y los fenómenos asociados a ésta.

ABSTRACT

Coastal Colombia is of a high ecological value, since in her are very important ecosystems (linked to the so-called "Chocó"), involved in the regulation of the hydrological cycle and represent a source of production of important environmental goods for country. Similarly it should be noted the importance of the socioeconomic characteristics of the region, in this case chained to the presence of major ports such as Bay Buenaventura and Tumaco, which are of high value in terms of import and export of various products, in addition to this high importance in river transport it is identified mainly in the San Juan and Atrato rivers. Moreover it is necessary to mention the different settlements that exist in the area (Quibdó, Buenaventura, Tumaco, cry among others) which represent a high value on the productive activities of the country.

In this vein it is necessary to identify the different characteristics of the region, starting in a first step from the physical and natural conditions, in this case interpreting the behavior of the precipitation and the influence exerted on this variable phenomena as global associated with the cycle El Niño-La Niña and Southern Oscillation (ENSO), which is to understand in a precise manner as vary the rains, both spatially and temporally and how they influence the own natural characteristics of the area (latitude , relief, etc.) and identify the influence of meso-scale phenomena, the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and Choco jet primarily to finally define the importance of phenomena of the global order, the aforementioned ENSO cycle, interfere in the development of the hydrological cycle of the region.

For this purpose a specific methodology, in the first part by gathering essential for the development of research, rainfall data and bibliographic information sources, with a theoretical and statistical basis is obtained is plotted. Then the necessary treatment of the information collected is done through different tools such as statistical software and geographic information systems, enabling better and easier handling of the information to develop the relevant analysis, linking the data, relating to spatio-temporal behavior of rainfall in the study area, with existing data on changes in the shekel ENSO. In addition to a comparative analysis of the data found in this study and that can be identified in various research on the subject they have been developed previously.

Finally it fails to detect certain patterns of behavior in precipitation that are intertwined with the behavior of the oscillations observed in the variables of the Pacific Ocean (atmospheric pressure and sea temperature) obtaining an overview of what happens with the precipitation of the Pacific region and identifying as precipitation interacts with the physical characteristics of the area and the phenomena associated with it.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. PROBLEMA	5
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACIÓN	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	10
4.2 ANTECEDENTES	11
4.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	13
5. METODOLOGÍA	22
5.1 FASE 1: ADQUISICIÓN DE SERIES HISTÓRICAS Y REVISIÓN DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	22
5.1.1 Revisión bibliográfica	22
5.1.2. Adquisición de series históricas	23
5.2 FASE 2: SISTEMATIZACIÓN, AJUSTE DE LA INFORMACIÓN, REVISIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
5.2.1. Sistematización de series históricas	24
5.2.2. Procedimiento estadístico de series históricas	24
5.2.3. Realización de cartografía base	24
5.3 FASE 3: GENERACIÓN DE GRÁFICOS MENSUALES E INTERANUALES DE PRECIPITACIÓN Y MAPAS DE ISOYETAS	25
5.3.1 Elaboración de gráficos del comportamiento medio anual	25
5.3.2 Elaboración de gráficos del comportamiento interanual	25
5.3.3 Elaboración de gráficos del comportamiento medio de anomalías a nivel mensual	26
5.3.4 Generación mapas de isoyetas	26
5.4 FASE 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	26
6. VARIACIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA	28
6.1 VARIACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN	28
6.1.1 Patrón bimodal.	28
6.1.2 Monomodal con tendencia bimodal	31
6.1.3 Monomodal 2	34
6.1.3.1 Sub-Patrón Monomodal 2-1	36
6.1.3.2 Sub-Patrón Monomodal 2-2	37
6.1.3.3 Sub-Patrón Monomodal 2-3	37

6.1.4	Monomodal 3	39
6.1.5	Sin Patrón Definido	41
6.2	VARIACIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN ANTE LA OCURRENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO	46
6.2.1	El Niño 1982-1983 (EN 82-83)	47
6.2.2	El Niño 1986-1988 (EN 86-88)	51
6.2.3	El Niño 1991-1992 (EN 91-92)	53
6.2.4	El Niño 1994-1995 (EN 94-95)	55
6.2.5	El Niño 1997-1998 (EN 97-98)	57
6.2.6	El Niño 2002-2003 (EN 02-03)	60
6.2.7	El Niño 2004-2005 (EN 04-05)	62
6.3	VARIACIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA ANTE LA OCURRENCIA DEL FENÓMENO DE LA NIÑA	65
6.3.1	La Niña 1983-1984 (LN 83-84)	66
6.3.2	La Niña 1984-1985 (LN 84-85)	69
6.3.3	La Niña 1988-1989 (LN 88-89)	70
6.3.4	La Niña 1995-1996 (LN 95-96)	73
6.3.5	La Niña 1998-2001 (LN 98-01)	75
6.3.6	La Niña 2007-2008 (LN 07-08)	78
7.	VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA	81
7.1	VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA DURANTE EL FENÓMENO DE EL NIÑO	90
7.1.1	El Niño 1982-1983 (EN 82-83)	90
7.1.2	El Niño 1986-1988 (EN 86-88)	91
7.1.3	El Niño 1991-1992 (EN 91-92)	93
7.1.4	El Niño 1994-1995 (EN 94-95)	95
7.1.5	El Niño 1997-1998 (EN 97-98)	96
7.1.6	El Niño 2002-2003 (EN 02-03)	98
7.1.7	El Niño 2004-2005 (EN 04-05)	100
7.2	VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA	104
7.2.1	La Niña 1983-1984 (LN 83-84)	104
7.2.2	La Niña 84-85 (LN 84-85)	106
7.2.3	La Niña 1988-1989 (LN 88-89)	107
7.2.4	La Niña 1995-1996 (LN 95-96)	109
7.2.5	La Niña 1998-2001 (LN 98-01)	111
7.2.6	La Niña 2007-2008 (LN 07-08)	112
	CONCLUSIONES	116
	BIBLIOGRAFÍA	118

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. El Niño y La Niña	6
Figura 2. Área de estudio	10
Figura 3. Patrones climáticos durante El Niño. Diciembre-Febrero	18
Figura 4. Patrones climáticos durante El Niño. Junio- Agosto	19
Figura 5. Estaciones con regimen Bimodal	30
Figura 6. Régimen Bimodal 1	31
Figura 7. Estaciones con regimen Monomodal 1	33
Figura 8. Régimen Monomodal 1	34
Figura 9. Estaciones con régimen monomodal 2	35
Figura 10. Sub-patrón monomodal 2-1	36
Figura 11. Sub-patrón monomodal 2-2	37
Figura 12. Sub-patrón monomodal 2-3	38
Figura 13. Estaciones con régimen monomodal 3	40
Figura 14. Régimen monomodal 3	41
Figura 15. Estaciones sin patrón definido	42
Figura 16. Régimen de estaciones sin patrón definido	43
Figura 17. Índices de EN 82-83	48
Figura 18. Anomalías negativas de precipitación durante EN 82-83	49
Figura 19. Relación entre las anomalías de precipitación y el IOS durante EN 82-83	50
Figura 20. Anomalías positivas de precipitación durante EN 82-83	51
Figura 21. Índices de EN 86-88	51
Figura 22. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante	

EN 86-88	53
Figura 23. Índices de EN 91-92	53
Figura 24. Relación de anomalías de precipitación y el IOS durante EN 91-92	54
Figura 25. Relación Anomalías de precipitación y el ONI durante EN 91-92	55
Figura 26. Índices de EN 94-95	55
Gráfico 27. Relación anomalías de precipitación con IOS y ONI durante EN 94-95	56
Figura 28. Índices de EN 97-98	57
Figura 29. Relación anomalías de precipitación y el IOS durante EN 97-98	58
Figura 30. Relación anomalías de precipitación con el IOS durante EN 97-98	59
Figura 31. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante EN 97-98	60
Figura 32. Índices de EN 02-03	60
Figura 33. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante EN 02-03	61
Figura 34. Relación anomalías de precipitación y el ONI durante EN 02-03	62
Figura 35. Índices de EN 04-05	63
Figura 36. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante EN 04-05	63
Figura 37. Índices de LN 83-84	66
Figura 38. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante LN 83-84	67
Figura 39. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 83-84	67
Figura 40. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 83-84	68
Figura 41. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 83-84	69

Figura 42. Índices de LN 84-85	70
Figura 43. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 84-85	70
Figura 44. Índices de LN 88-89	71
Figura 45. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 88-89	72
Figura 46. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 88-89	73
Figura 47. Índices de LN 95-96	73
Figura 48. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante LN 95-96	74
Figura 49. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 95-96	75
Figura 50. Índices de LN 98-01	76
Figura 51. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 88-89	77
Figura 52. Índices de LN 07-08	78
Figura 53. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 07-08	79
Figura 54. Comportamiento anual de la precipitación	83
Figura 55. Comportamiento medio de la precipitación enero-abril	85
Figura 56. Comportamiento medio de la precipitación mayo-agosto	87
Figura 57. Comportamiento medio de la precipitación septiembre-diciembre	89
Figura 58. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 82-83	91
Figura 59. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 86-88	92
Figura 60. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 91-92	94
Figura 61. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 94-95	96
Figura 62. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 97-98	98

Figura 63. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 02-03	100
Figura 64. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 04-05	102
Figura 65. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 83-84	105
Figura 66. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 84-85	107
Figura 67. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 88-89	119
Figura 68. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 95-96	110
Figura 69. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 98-01	112
Figura 70. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 07-08	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estaciones Solicitadas para el estudio	23
Tabla 2. Patrones de comportamiento anual	28
Tabla 3. Estaciones Patrón bimodal	29
Tabla 4. Estaciones patrón monomodal 1	32
Tabla 5. Sub-patrones Monomodal 2	35
Tabla 5. Continuación	36
Tabla 6. Estaciones patrón monomodal 3	39
Tabla 7. Estaciones sin patrón definido	41
Tabla 7. Continuación	42
Tabla 8. Fenómenos de El Niño	46
Tabla 9. Fenómenos de La Niña	65
Tabla 9. Continuación	66

INTRODUCCIÓN

El presente documento es desarrollado con el fin principal de cumplir uno de los requisitos esenciales para optar al título de geógrafo con énfasis en planificación regional, por lo cual, se enmarca este proyecto dentro de la línea de investigación denominada estudios físico-naturales contemplada en el plan de estudios del Programa de Geografía, se desarrolló en el contexto de una investigación cuantitativa, en la cual se toma información estadística como base para poder generar, a través de diferentes argumentos, la afirmación u oposición a diversas teorías que existen sobre los fenómenos a tratar. Por último, el tipo de investigación es básica – cuantitativa puesto que a partir del análisis de las características propias de un área delimitada se procede a la argumentación y conclusiones sobre los aspectos de la investigación, generando así nuevos conocimientos, con lo que se contribuye al desarrollo de la geografía en un nivel local y regional.

El autor del presente proyecto, hace parte del Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales (Terra), inscrito en Colciencias, por lo cual el desarrollo de la investigación se enmarca dentro de los principales objetivos del grupo, entre los que se destacan; el generar conocimientos de los aspectos físico-bióticos en diversas áreas del orden local, regional, nacional o global y, el generar posibilidades de integración disciplinar y de implementación de diversas técnicas y herramientas utilizadas para conocer las características geográficas de Nariño y Colombia.

El área de estudio comprende toda la Región Pacífica Colombiana, partiendo desde la línea de costa hasta llegar al piedemonte occidental de la cordillera occidental (500 m.s.n.m), abarcando un área aproximada de 130.000 km², la cual, debido a su ubicación, presenta características muy particulares en los regímenes de precipitación y temperatura que se ven influenciados por muchos de los fenómenos que ocurren en la gran cuenca del Océano Pacífico, siendo los fenómenos de El Niño y de La Niña los más conocidos, y generan cambios en las características climáticas propias de esta región y de gran parte del continente Americano, además de generar alteraciones en diferentes variables climáticas en muchas otras regiones del globo.

Se entiende principalmente que durante el fenómeno de El Niño se presenta un calentamiento anómalo de la superficie oceánica en el centro-oeste del océano Pacífico, dando lugar de esta manera a alteraciones en las condiciones atmosféricas que normalmente predominan en esta región y que a través de teleconexiones generan cambios en los patrones climáticos en distintos sectores del mundo, influenciando principalmente las zonas más cercanas al océano, destacándose las costas del pacífico suramericano y del pacífico asiático. Por su parte, es importante aclarar que existe un fenómeno contrario a El Niño y que es conocido como fenómeno de La Niña y que durante éste se genera un enfriamiento del Pacífico, lo que produce cambios contrarios a los observados durante El Niño. Estas características serán descritas a lo largo del presente documento, haciendo énfasis en lo que ocurre con la precipitación en la región Pacífica colombiana.

La primera parte del documento, compuesta por los dos primeros capítulos, se encuentra encaminada a la definición, descripción y justificación del problema en el que se basa el desarrollo de la investigación, la segunda parte hace referencia a los objetivos que se

espera alcanzar con el desarrollo de la investigación, las teorías y compilaciones de diferentes autores que servirán como punto de partida para el desarrollo de los objetivos y, además se plantea la metodología que será utilizada para dicho fin, esta parte está compuesta por el tercer, cuarto y quinto capítulo. Para el desarrollo de la investigación fue necesaria la utilización de una gran cantidad de datos hidrometeorológicos, la cual fue suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), con el fin de favorecer el desarrollo de estudios que fortalezcan la investigación e influencia global que repercuten directamente en las diferentes regiones del país. En total se suministraron los registros de precipitación mensual de 136 estaciones en total, repartidas en 108 pluviométricas, 25 climatológicas, 6 sinópticas, 1 meteorológica, 1 agrometeorológica.

1. PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el comportamiento espacial y temporal de la precipitación en la región Pacífica colombiana, en periodos denominados neutrales y en periodos con presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la región Pacífica colombiana las precipitaciones presentan un valor medio superior a los 5500 mm anuales, variando de los 3000 mm en los extremos norte y sur, hasta lugares con más de 10000 mm cerca de Quibdó, este régimen de precipitación se mantiene casi constante durante todo el año, la temperatura media del aire es mayor o igual a los 24°C en la mayor parte de la región, sumadas estas características a las de la cobertura vegetal se obtiene una alta biodiversidad, por lo que se considera muy importante a esta zona dentro de los ecosistemas que posee el país.

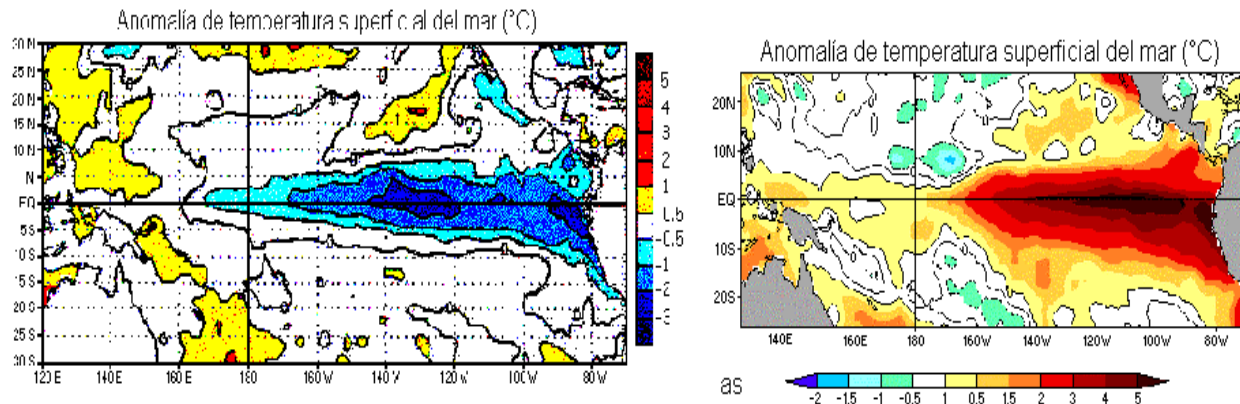
Los fenómenos de El Niño y La Niña presentan una alta incidencia sobre los patrones pluviométricos en la mayor parte de Colombia, pero para poder entender cómo estos fenómenos afectan a los patrones climatológicos que se presentan en el país, se debe comprender primero las características de dichos fenómenos, aspecto central que se aborda en esta investigación. Según el IDEAM, el fenómeno de El Niño consiste en el calentamiento de las aguas superficiales del centro y el este del Océano Pacífico Tropical que produce una profundización de la termoclina, además de generar un aumento de las precipitaciones en la región Pacífica, mientras que en la región Caribe, en la región Andina, los Llanos Orientales y en los valles interandinos (río Magdalena y río Cauca) se presenta un déficit de precipitación y un aumento en la temperatura, este afecta también el régimen de vientos entre el mar y el continente.

Este fenómeno está asociado también con el debilitamiento de los vientos Alisios del este y con el desplazamiento del centro de convección del oeste (Baja Anclada de Panamá), debido a que el calentamiento de las aguas permite el desplazamiento de esta zona hacia el centro del Pacífico tropical.

Por otro lado, el fenómeno de La Niña se refiere a las condiciones frías extremas que recurrentemente se presentan en el sector central y oriental del Pacífico tropical durante un período de varios meses, alterando sensiblemente el clima en diferentes regiones del planeta, en el caso de Colombia el fenómeno de La Niña genera condiciones contrarias a las observadas durante el fenómeno de El Niño, es decir, disminución de las precipitaciones en la región Pacífica, y aumento de esta variable en la región Caribe, la región Andina, los Llanos Orientales y en los valles interandinos (río Magdalena y río Cauca), este fenómeno al igual que El Niño afecta también el régimen de vientos entre el mar y el continente. En la figura 1 se observan las condiciones que se presentan en el océano Pacífico tropical durante la ocurrencia de los fenómenos de La Niña (izquierda) y El Niño (derecha), en su máximo de desarrollo, durante el fenómeno de La Niña se observa el enfriamiento de la superficie oceánica desde el centro del Pacífico tropical hasta la costa suramericana, representado en color azul, mientras que cerca de costa asiática se observa un incremento en la temperatura oceánica, por su parte durante el

fenómeno de El Niño se presenta un comportamiento contrario al descrito durante el fenómeno de La Niña, con un aumento de la temperatura superficial del océano desde el centro del Pacífico tropical hasta la costa suramericana mientras que en la costa asiática se presenta una disminución de la temperatura oceánica.

Figura 1. El Niño y La Niña.



Tomado de: NOAA/NCEP, USA 1997 - 1998.

Así entonces, “el fenómeno El Niño se manifiesta directamente en la región pacífica colombiana con incrementos de la temperatura superficial del mar y aumentos del nivel medio del mar. Igualmente, el fenómeno tiene un efecto climático sobre todo el territorio colombiano que afecta todo el medio natural, en general, y el ciclo hidrológico, en particular” (IDEAM, 2002). A partir de las características generales conocidas de los fenómenos de El Niño y La Niña y los efectos que estos causan sobre la precipitación en las principales regiones del territorio colombiano, se ha podido observar que estos efectos pueden variar dependiendo de la cercanía a la línea de costa y de la influencia que los vientos Alisios (debilitados) generan sobre determinadas regiones del país, además de la influencia que ejerce el relieve y otros factores climáticos.

En este orden de ideas es importante conocer la dinámica espacio temporal de la precipitación en esta región puesto que no necesariamente el comportamiento de este parámetro es uniforme a lo largo y ancho de la zona de estudio, debido esto a la interacción existente entre los distintos elementos y factores climáticos que se encuentran en dicha área, destacando que la distancia a la línea de costa y la existencia de los sistemas montañosos de la cordillera Occidental y la Serranía del Baudó condicionan el comportamiento de las masas de aire (vientos Alisios y vientos del Pacífico y brisas valle-montaña y montaña-valle) además de identificar cómo el desarrollo de los fenómenos de El Niño y La Niña interfieren en estas y otras dinámicas características de la climatología de la región Pacífica colombiana.

En consecuencia dos de las preguntas centrales estarían direccionadas a resolver el tema de ¿cuál es la distribución espacio temporal de la precipitación durante los fenómenos de El Niño y La Niña?; y por supuesto, ¿cómo influyen los factores climáticos u otros fenómenos en dichos comportamientos?

De esta manera se puede realizar un análisis integral que permita abordar el problema de estudio (la distribución espacio temporal de la precipitación durante El Niño y La Niña en la región pacífica colombiana) desde una perspectiva geográfica teniendo en cuenta tanto la complejidad de los fenómenos climáticos como diversos aspectos geográficos asociados a la latitud, la distancia al mar y el relieve principalmente, sumando a esto distintas interpretaciones y análisis que permitan explicar dicha distribución.

2. JUSTIFICACIÓN

Dentro del sistema climático mundial se encuentran diferentes elementos que interactúan entre sí para determinar el clima de diferentes regiones del globo, y tal vez los más importantes y más tenidos en cuenta por diferentes autores, se refieren a la distribución espacio-temporal de la precipitación y a los cambios en la temperatura media del aire, además estas dos variables, así como los factores que las condicionan, son de gran importancia dentro del contexto ambiental y socio-económico de cualquier región.

En el caso de nuestro país, y teniendo en cuenta la historia reciente, se puede observar que el cambio en la distribución espacio-temporal de las precipitaciones y de la temperatura ha afectado en gran magnitud las diferentes actividades económicas, un claro ejemplo de esto son los cambios ocasionados por el fenómeno de El Niño que se presentó entre los años de 1991 a 1992 el cual generó, entre otros impactos, la disminución del nivel medio de los embalses utilizados para la distribución de agua producción hidroeléctrica, fenómeno que influyó en la decisión del gobierno de turno en cambiar el huso horario del país, con el fin de atenuar los efectos negativos originados por la disminución de la precipitación y el aumento de las temperaturas. Otro de estos eventos, es el que sucedió recientemente (El Niño 2009-2010), el cual influyó en la ocurrencia de diferentes fenómenos, relacionados principalmente con heladas muy fuertes y numerosos incendios forestales en el inicio del 2010, además de esto se afectó la producción agrícola del país.

Partiendo de los factores mencionados anteriormente se observa la gran importancia que tiene el generar estudios relacionados con la distribución espacio-temporal de las precipitaciones y las anomalías que se observan en esta variable ante la ocurrencia de fenómenos como El Niño y La Niña, además de desarrollar análisis sobre los posibles efectos que se presentarían en diferentes sectores del país. En el caso concreto de la región Pacífica colombiana los efectos más probables serían causados sobre la cobertura vegetal, el caudal de los ríos asociado con la posibilidad de inundaciones, sobre los sistemas de distribución de agua potable, entre otros. Debido a que esta región es una de las más pobres del país, la ocurrencia de un fenómeno de El Niño o La Niña muy fuerte podría desestabilizar la economía de la región, asimismo, si se tiene en cuenta que pueden presentarse algunos efectos negativos sobre los puertos de Buenaventura y Tumaco es posible que estos afecten la producción de todo el país. Es por esto que se hace necesario el desarrollo de estudios de esta índole para así poder entender mejor los impactos que los cambios en la precipitación generan sobre el ambiente natural que repercute finalmente en las actividades humanas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento espacio-temporal de la precipitación en la región Pacífica Colombiana, en condiciones medias y en presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña para el periodo de 1980 a 2009.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

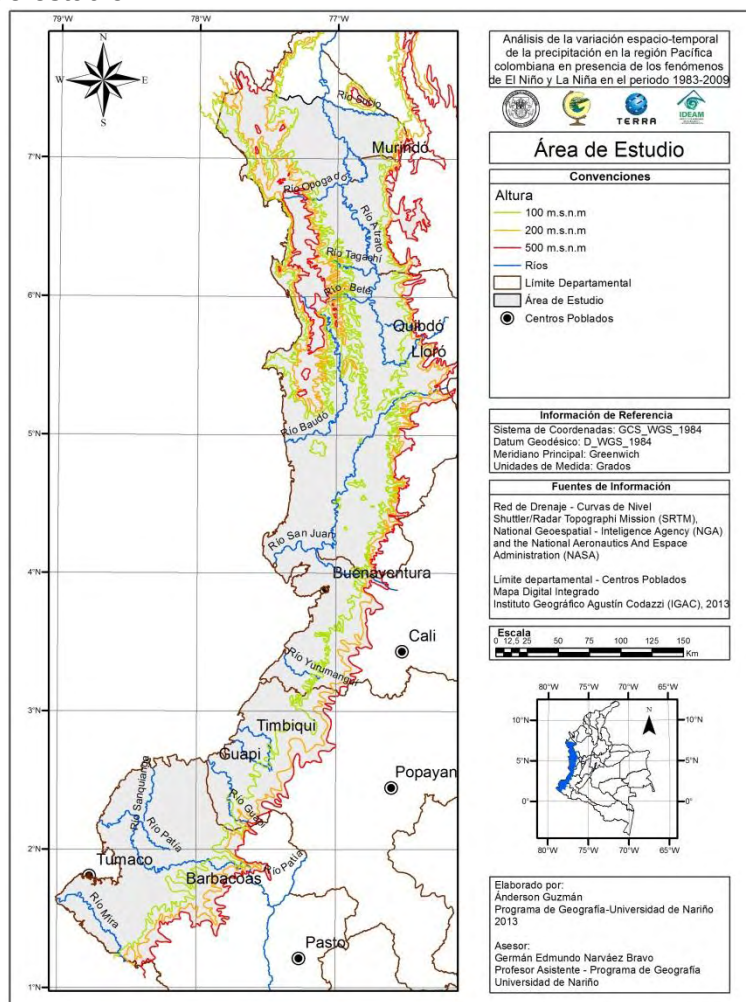
- Caracterizar la variación temporal de la precipitación en su comportamiento promedio así como en los períodos cuando se presentaron los fenómenos El Niño y La Niña para el área de estudio.
- Caracterizar el comportamiento espacial de la precipitación en su comportamiento promedio, y las variaciones de ésta ante la ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña para el área de estudio.
- Explicar la variación espacio-temporal de la precipitación y analizar los factores geográficos que inciden tanto en su comportamiento medio, como en aquellos períodos en que se presentaron los fenómenos El Niño y La Niña, en el área de estudio.

4. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

Según INVEMAR, 2002 y Steer et al (1997), La región Pacífica Colombiana se ubica en la zona occidental de Colombia; está limitada al norte por la frontera con Panamá (N 7°13' W 77°49') y al sur por la desembocadura del río Mataje, frontera con Ecuador (N 1°36' W 79°01'), al occidente limita con el océano Pacífico y al oriente se extiende hasta el piedemonte de la cordillera Occidental. Para el desarrollo de esta investigación se tomara como límite oriental los 500 m.s.n.m sobre la cordillera Occidental, el área de estudio tiene una longitud de línea de costa de 1.300 km y una superficie terrestre de 131.246 km² (Figura 2). Esta región hace parte del denominado Chocó biogeográfico la cual se caracteriza por registrar niveles de precipitación superior a los 4.000 mm/año y una temperatura media anual mayor a los 24 grados centígrados, es una región con una inmensa riqueza ecológica, hidrográfica, minera y forestal en la cual se encuentran varios parques nacionales naturales (Eslava, 1994).

Figura 2. Área de estudio.



4.2 ANTECEDENTES

Para el desarrollo de este proyecto se hace indispensable tener en claro varios temas que se utilizarán a lo largo del proceso investigativo, la descripción general del área de estudio (fundamental para comprender las condiciones que determinan o condicionan el comportamiento climático de cualquier área), se tendrá en cuenta variados documentos que contienen información sobre la región Pacífica Colombiana de una manera muy general, pero en un contexto climatológico se destaca el libro autoría de Jesús Eslava (1994), "Climatología del Pacífico Colombiano", en el cual se realiza una descripción sobre las generalidades de la región Pacífica colombiana, incluyendo el análisis de la precipitación y otros elementos climáticos en la región, con lo cual se obtiene un primer repaso de las condiciones climatológicas de esta.

Por su parte, si se trata de describir el comportamiento de la precipitación en la región, es necesario aclarar todo lo concerniente con los sistemas de escala continental que afectan esta variable y entre los documentos más destacados en esta temática se encuentran, "Sistemas Sinópticos de la Amazonia y el Pacífico" (León et al, 2000) en el cual se describe la influencia que tienen los procesos de interacción entre el océano y la atmósfera en el Pacífico y el Atlántico en referencia a la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia, "Baja Anclada del Pacífico" (Zea, 2003), en el cual se describen las condiciones atmosféricas que dominan en el Pacífico colombiano y generan precipitaciones de gran magnitud, debido a factores como la confluencia de los vientos Alisios, el efecto Coriolis y el encausamiento de los vientos que genera la cordillera Occidental. Por su parte "Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia" (Pabón et al, 2001), brinda una descripción del comportamiento "normal" de esta variable en todo el territorio colombiano en el periodo 1960-1990, con lo cual se obtiene un patrón de comportamiento de la misma. Finalmente y entrando en un campo más específico para el proyecto se encuentra, "Análisis de la estabilidad en la relación entre la Oscilación del Sur y la precipitación en América del Sur" (Aceituno y Montecinos, 1993), En el cual se explica cómo la Oscilación de Sur (OS) tiene incidencia en el comportamiento de la precipitación en diferentes regiones de Suramérica, identificando además como la OS forma parte del ciclo ENOS, elementos fundamentales para el proceso investigativo.

Para determinar la interacción océano-atmósfera se encuentran documentos como, "Aproximación al estudio de las corrientes oceánicas y su influencia en el clima. El fenómeno de la corriente de El Niño" (Alonso, 1999) el cual brinda claridad al respecto de las interacciones en el océano Pacífico y la influencia de las corrientes marinas en el clima de diferentes regiones, identificando la corriente de El Niño como causante de grandes variaciones meteorológicas en diferentes partes del mundo.

Dedicándose más profundamente a la delimitación del ciclo ENOS, se encuentra una amplia bibliografía con estudios que abarcan diferentes áreas y tiempos para el estudio de este ciclo, "Corrientes de cambio: El impacto de "El Niño" sobre el clima y la sociedad" (Glantz, 1998), es tal vez uno de los documentos en el cual se describe con mayor claridad y amplitud el significado del ENOS como tal, indicando el significado de los términos "El Niño" y "La Oscilación Sur" y describiendo características y procesos asociados a estos dos fenómenos, además de indicar como estos han afectado diferentes lugares del mundo a nivel climático como a nivel social.

Siguiendo con esta tendencia se hace indispensable referenciar el capítulo denominado, “el fenómeno ENSO (El Niño y la oscilación sur en el Pacífico)” contenido en el libro “Climatología General” de Olcina y Olcina Campos (1997), en el cual se realiza una detallada descripción de este fenómeno, explicando desde el origen de su nombre, pasando por las características más relevantes, hasta los efectos más notorios que ocasiona este fenómeno en Suramérica y otros sectores influenciados por el océano Pacífico, además este capítulo contiene información muy significativa sobre el fenómeno de La Niña, la circulación de vientos y otros factores que influyen o se ven influenciados por el fenómeno. Por su parte, “El fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur) en 1997 - 1998: Alteraciones climáticas inducidas en el mundo” (Capel, 1999) Analiza las variaciones que se presentan en los patrones “Normales” de diferentes variables climáticas durante la ocurrencia de “El Niño”, haciendo especial énfasis en el fenómeno 1997-1998.

En una escala más regional se encuentran documentos como, “El Niño-La Niña 1997 - 2000. Sus efectos en Chile” (CONA, 2004), que abarca una descripción muy extensa de los efectos generados en Chile por el ciclo ENOS, pero además contiene una extensa explicación sobre este ciclo, integrando los conceptos de El Niño, La Niña y la Oscilación Sur, identificando también algunos de los aspectos más relevantes para el entendimiento de dichos fenómenos (Interacción océano-atmósfera, ondas oceánicas, ZCIT, entre otros), los documentos. A nivel de Colombia se encuentran numerosos trabajos que desarrollan la influencia que han tenido los extremos del ciclo ENOS en el país, “Caracterización de las fases pre-El Niño 1981-1982 y 1990-1991 en el suroccidente de Colombia” (García, 1998) describe el comportamiento de la ZCIT y de la OS en periodos “normales” antes de la ocurrencia de un fenómeno El Niño, integrando a estos conceptos el comportamiento de la precipitación en esta región del país. “Los fenómenos cálido del Pacífico (El Niño) y frío del Pacífico (La Niña) y su incidencia en la estabilidad de laderas en Colombia.” (Sánchez et al, 2001) Ofrece una descripción muy concreta sobre el ciclo ENOS y sobre los impactos que genera sobre algunas variables climáticas en Colombia. “La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña– Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia” (Montealegre y Pabón, 2000) indica la Interacción entre el ciclo ENOS y la precipitación en Colombia.

En este orden de ideas se han desarrollado diferentes estudios aunque de manera muy generalizada, en cuanto a escala, como los contenidos en diferentes libros, entre los cuales se encuentra; “Introducción al Clima de Colombia”, que cuenta con un capítulo completo dedicado al fenómeno de El Niño, en el cual se describe el fenómeno y sus impactos en una escala nacional, además de diferentes documentos disponibles en internet entre los que se destacan: “Efectos naturales y socioeconómicos del Fenómeno El Niño en Colombia” (IDEAM, 2002), que es tal vez uno de los documentos que mas detalle ofrece sobre los impactos causados por el fenómeno en todo el país, “La Atmosfera el tiempo y el clima” (IDEAM-UNAL, 2001), “El Niño en Colombia” (IDEAM, 2006) y “Información Sobre el Fenómeno ENOS (El Niño Oscilación del Sur) En Colombia” (CCO), reúnen una importante cantidad de información sobre el fenómeno y sus impactos en una escala nacional, Todos estos artículos mencionados se encuentran en las páginas de internet del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Comisión Colombiana del Océano (CCO) principalmente y otros sitios web referenciados en la bibliografía de este documento.

4.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Para poder definir con alguna certeza el comportamiento del clima de la región Pacífica colombiana es necesario entender primero los diferentes elementos, fenómenos y factores que influyen en las variables climáticas de la región y tal vez una de las mejores descripciones de dichos componentes es la dada por Mejía *et al* (1999) en la cual argumenta la importancia de la situación tropical de Colombia debido a la influencia de los vientos alisios y la oscilación meridional de la ZCIT, la interacción de los Océanos Pacífico y Atlántico que aportan gran cantidad de humedad, la existencia de la cordillera de los Andes y la circulación presente en la cuenca Amazónica. Para el desarrollo de este estudio, que se basa en la distribución de la espacio-temporal de la precipitación, se tienen en cuenta principalmente, de los componentes anteriormente mencionados, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la variación espacial que ejerce el relieve y el Pacífico tropical, puesto que según Poveda *et al* (2001) estos “son controladores del ciclo de la hidrología en el sector noroccidental de Suramérica” (p. 2169), analizando también “El Chorro del Choco” que según Poveda *et al* (2004) ejerce un control muy importante sobre la hidro-climatología de Colombia, debido a que transporta grandes cantidades de humedad, sumado a esto es importante identificar que esta zona es considerada, como argumenta Zea (2003), “una de las zonas con mayor cantidad de lluvia a nivel mundial. La cantidad de lluvia acumulada varía entre los 3000 mm en el norte del Chocó hasta cerca de 8000 mm hacia el centro de este y desde 2000 mm en el sur de Nariño hasta 9000 mm en el noroccidente del Cauca” (p. 109). Además se debe tener en cuenta que, “Las escalas de tiempo largas en la región exhiben una coherencia hidroclimática con las anomalías durante las dos fases del ciclo El Niño/Oscilación del Sur (ENOS)” (Poveda *et al*, 2001, p. 1269), Identificando generalmente anomalías negativas de precipitación durante El Niño y positivas durante La Niña.

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) es definida clásicamente como “una región cercana al ecuador de la convergencia de los vientos Alisios, ascenso de aire, baja presión atmosférica, convección profunda e intensa precipitación, definen las características de esta zona” (Poveda *et al* 2006, p. 5), este sistema climático es uno de los controladores principales del ciclo anual de la precipitación como lo afirman varios autores (Poveda & Mesa, 1997, Poveda *et al* (2004) Poveda (2006), León (2000), entre otros) en la región tropical de Sur América y junto con otras características (la presencia de los Andes, las oscilaciones del Pacífico y el Atlántico, entre otros) determinan finalmente el ciclo anual de la precipitación. “La migración de la ZCIT controla a su vez la dinámica de los vientos alisios sobre los océanos y masas de tierra” (Poveda *et al* 2006, p. 4), pero además de esto intervienen diversos patrones de la circulación atmosférica local (relacionado con el condicionamiento del relieve sobre las masas de aire) y regional (en referencia a la influencia de la fuerza de Coriolis sobre los Alisios) que modifican el ciclo anual del ciclo de precipitación.

El desplazamiento latitudinal de la ZCIT depende de la ocurrencia de las estaciones en los hemisferios norte y sur, pudiendo verse estos efectos “con un retraso aproximado de dos meses” (León *et al* 2000, p. 37), como lo argumenta Poveda *et al* (2006) durante el verano en el hemisferio sur la ZCIT está localizada sobre la cuenca del Amazonas, mientras que el desplazamiento hacia el norte ocurre en el verano boreal, este movimiento es descrito con mayor precisión por Pabón *et al* (2001) el cual indica que el segmento del Pacífico de la ZCIT alcanza su posición más sur entre enero y febrero, mientras que de marzo a mayo

se ubica entre los 2° y 7° de latitud norte, entre junio y agosto se encuentra ya entre 8° y 10° norte para posteriormente iniciar su desplazamiento hacia el sur en el mes de septiembre. Es debido a estas características que en el centro de Colombia se observa un ciclo anual bimodal con picos lluviosos (abril-mayo y octubre-noviembre) y dos secos (diciembre-febrero y junio-agosto), mientras que en lugares extremos de la oscilación de la ZCIT el ciclo anual es unimodal o monomodal.

En el caso de la región Pacífica, además de la influencia de la ZCIT sobre la estacionalidad de la precipitación, es importante tener en cuenta la fluctuación que ejercen el Chorro del Chocó y Los Oestes; en caso del primero se evidencia, al igual que en la ZCIT “un marcado ciclo anual, siendo más fuerte en septiembre-noviembre y más débil durante febrero-marzo” (Rueda & Poveda, 2006, Pág. 133). Este fenómeno se desarrolla gracias “al gradiente de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) que se desarrolla entre la lengua fría de Perú-Ecuador y el Pacífico Colombiano, además de favorecer el cambio de dirección y el cruce ecuatorial de los vientos del sur” (Poveda *et al* 2006). Por su parte los Oestes ocurren por el recurvamiento de los vientos Alisios del sureste debido a la fuerza de Coriolis, con lo cual se genera transporte de masas de aire cálido y húmedo hacia el interior del continente. De esta manera, los dos fenómenos descritos ayudan a comprender ciertas características de la variación anual de la precipitación en esta región.

Si bien con lo descrito anteriormente se descubre la alta relevancia que tiene la ZCIT en el ciclo anual y semi-anual de la precipitación en el área de estudio, es también importante aclarar cómo se determina la importancia de este sistema dentro de escalas de tiempo más largas, en el caso particular de esta investigación la escala interanual, siendo en este caso que al presentarse las fases del ciclo ENOS los patrones normales del comportamiento de la ZCIT cambian, en función principalmente del debilitamiento o reforzamiento de los vientos Alisios y del aumento de la TSM en determinados sectores del Océano Pacífico, como lo argumentan León *et al* (2000) la posición del sistema puede alcanzar posiciones tan al sur como los 5° de latitud sur durante El Niño, modificando así las volúmenes de precipitación percibidos en la región, Wyrski (1975) indica que el debilitamiento de los vientos ocasiona la aparición de lluvias torrenciales en las costas peruanas, por su parte Poveda *et al* (2001) propone que durante El Niño se establece una celda Hadley anómala que impide la convección profunda y por ende se presenta menos precipitación y como se dijo anteriormente las condiciones durante La Niña deberían ser de signo opuesto.

Para el desarrollo de los conceptos del ciclo ENOS es necesario tener en cuenta sus dos componentes individuales que son; El Niño como elemento oceánico y la Oscilación del Sur como la componente atmosférica, además de identificar diferentes variables que interactúan dentro de este ciclo como son, las Ondas Oceánicas (Kelvin y Rossby), la temperatura superficial del mar (TSM), relacionada con el índice ONI, y el índice de oscilación sur (IOS) términos que serán abordados de una manera parcial, ya que si bien son importantes para comprender la dinámica del ciclo ENOS, no son esenciales para el desarrollo de esta investigación.

Como se dijo anteriormente, uno de los fenómenos que mayor variabilidad interanual causa en la precipitación de la región Pacífica colombiana es el ciclo ENOS (El Niño Oscilación del Sur), compuesto por una variable oceánica, conocida como El Niño o

fenómeno de El Niño, y una componente atmosférica conocida como la Oscilación del Sur (OS). El Niño designaba originalmente “una contracorriente ecuatorial que afectaba a las costas de Ecuador y norte del Perú durante el verano austral, se trataba de un fenómeno oceanográfico regional que interesaba ante todo a las costas del Perú” (Capel, 1998, p. 1-2), este término fue usado también para “referirse a una corriente marina cálida que tendía a aparecer normalmente alrededor de la Navidad” (Ugaz, 2004, p. 64), o para describir “la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas que lo normal en el Pacífico Tropical central y oriental” (IDEAM, 2002, p. 7), además de estas definiciones se encuentra variadas afirmaciones que conllevan al mismo origen del término, entre las que se suman las de Zambrano (1996), Capel (1998 y 1999) Wirtky (1975) Bello y Maturana (2004) entre otros, quienes confirman que este término fue utilizado en un principio para definir a esta contracorriente ecuatorial.

Pero este fenómeno hace también referencia a “flujos de corriente cálida a lo largo de las costas del Perú y Ecuador en enero, febrero, marzo y al resultante impacto en las condiciones meteorológicas locales” (Palca, 1986, p. 325), acercándose esta definición a la componente real del ciclo ENOS y no a la contra corriente o flujo de agua más cálida de lo normal que fue identificada, según Glantz (1996), en un principio por los pescadores artesanales de las costas peruanas quienes identificaban la aparición de esta agua más cálida alrededor de la festividad de la Navidad y por este motivo los pescadores decidieron referirse a este fenómeno como “la corriente de El Niño”, haciendo referencia al recién nacido Niño Jesús (p. 11).

Esta contracorriente da origen al término de “El Niño” que está acuñado dentro del concepto del ENOS pero hay que aclarar qué; “la corriente de El Niño” no es la componente oceánica del ciclo ENOS, puesto que dentro de este, El Niño hace referencia a un calentamiento anómalo de la superficie oceánica o a “la masiva presencia de aguas cálidas frente a las costas de Perú y Ecuador (hasta los 12° S), con anomalías de por lo menos 1 desviación estándar en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) “normal” y que las mismas permanezcan por no menos de cuatro meses” (Zambrano, 1996, p. 110), de igual manera diversos autores (Maturana *et al* (2004), Capel (1999) Sánchez *et al* (2001), Poveda (2004) entre otros) han descrito este fenómeno como un aumento de la TSM en 2 o más grados centígrados (+2°C) en el sector central y oriental del océano Pacífico en un periodo de 4 meses o más, identificando además la mayoría de los autores, un debilitamiento de los vientos Alisios como un evento que ocurre al mismo tiempo en que se presentan las anomalías de la TSM, a excepción Sánchez *et al* (2001) quien argumenta que las anomalías de la TSM se generan debido a un debilitamiento de los vientos Alisios y no como dos eventos que ocurren juntos, si no que un evento desencadena otro, en este caso la variación en los Alisios ocasiona la variación en la TSM.

Ahora si bien, El Niño, es la componente oceánica que se observa claramente dentro del ciclo ENOS, es muy importante aclarar que este solo es la fase cálida del ciclo y que la fase fría de este es conocida como “La Niña” y esto se demuestra en lo dicho; por Castillo (2003) en el que además asocia al ciclo ENOS con ondas tropicales (p. 1), Poveda (2004) indica que La Niña es la fase fría del ciclo ENOS (p. 204), Montealegre *et al* (2000) hace referencia a El Niño-La Niña-Oscilación del Sur como el mismo ciclo ENOS (p. 9), estos, entre otros autores, permiten afirmar con total certeza la pertenencia de La Niña al ciclo ENOS como la fase fría, mientras que El Niño refiere la fase cálida del mismo. Según

Meerhoff (2008) La Niña corresponde a la aparición de agua más fría de lo normal en la zona oriental del Pacífico (p. 5), para Maturana *et al* (2004) señala que La Niña se caracteriza por presentar TSM más fría que lo normal y una intensificación de los vientos alisios en el este del océano Pacífico, por su parte Silva (2003) asegura que “La Niña es un fenómeno climatológico vinculado con El Niño, pero de un comportamiento opuesto en el Pacífico tropical y la atmósfera, esta fase se caracteriza por vientos alisios más intensos y temperaturas superficiales del mar más frías que lo normal en la parte oriental del Pacífico ecuatorial”.

Aunque hasta aquí, se han descrito estos dos fenómenos como eventos separados la definición de Maturana *et al* (2004), en la que afirma que “El ciclo ENOS consiste en una oscilación entre una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña), que se manifiesta principalmente a través de un calentamiento o enfriamiento anormal de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental” (p. 14-15) se observa cómo se integra los dos fenómenos dentro del ciclo ENOS, y para sumar claridad a estos conceptos se añade lo dicho por Castillo (2003), quien asegura que la fase cálida del ciclo ENOS (El Niño) se presenta en intervalos irregulares de tiempo y en promedio ocurre cada 3 a 4 años, mientras que La Niña es un fenómeno climatológico vinculado con El Niño, pero de un comportamiento opuesto en el Pacífico tropical y la atmósfera.

Partiendo de lo dicho anteriormente se puede decir que la componente oceánica del ciclo ENOS está dividida en dos, por un lado la fase fría conocida como La Niña y por otro la fase cálida descrita como El Niño.

Por su parte la Oscilación del Sur (OS) resulta, según Pourrut (1998), del balanceo periódico (2 a 7 años) entre las masas atmosféricas ubicadas en las fajas tropicales y subtropicales del Océano Índico y el Océano Pacífico, según Zambrano (1986) la OS es el intercambio de masa atmosférica a gran escala entre los hemisferios oriental y occidental en el Pacífico tropical, la cual está relacionada con los fenómenos atmosféricos que suceden a escala global, particularmente en los trópicos y los subtrópicos (p. 196), esta influencia sobre las regiones extratropicales se explica “a través de esquemas de teleconexiones climáticas” (Aceituno y Montecinos, 1993, p. 54). Añadiendo precisión a este término, Montealegre & Pabón (2000) indican que Cuando la presión es alta en el sector del Pacífico centro oriental, disminuye en la parte occidental y viceversa, coincidiendo con la descripción de Bello y Maturana (2004), en la cual se explica que, cuando la presión atmosférica aumenta en el lado este del Pacífico (y desciende en el lado oeste), se dice que La Oscilación del Sur está en su fase positiva y por el contrario, cuando la variación de la presión atmosférica cambia de sentido hacia la fase negativa, la presión se eleva en el oeste y disminuye en el este, observándose una especie de péndulo entre las masas atmosféricas.

Finalmente Zambrano (1986) y Maturana *et al* (2004), expresan que la componente atmosférica del ciclo ENOS está asociada con una fluctuación interanual cuasi-sincrónica de dos sistemas de presión a gran escala: el sistema de baja presión atmosférica (Darwin) dominada por la convección y lluvias ubicado sobre el lado oeste del océano Pacífico ecuatorial y el sistema de alta presión atmosférica (Tahití) caracterizado por la subsidencia y condiciones secas. Partiendo de todos estos argumentos se puede decir que cada vez que se observan variaciones en la presión atmosférica en el extremo oriental se observara una reacción contraria en el extremo occidental, mientras que si

ocurre algún cambio en el sector occidental, de igual manera se identificaran condiciones contrarias en el lado oriental del océano.

Como argumenta Mc.Phaden (2000) La Oscilación del Sur es el componente atmosférico del ciclo ENOS e interactúa con la componente oceánica, presentándose como un sube y baja de la presión atmosférica entre el sector occidental y oriental del Pacífico Tropical. La OS tiene un sistema de medida ampliamente reconocido como el Índice de Oscilación del Sur (IOS) y se calcula según Cappel (1999) “como la diferencia normalizada de presión a nivel de la superficie entre la isla de Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia)” (p. 39), y se usa para determinar la presencia de alguna de las dos fases del ciclo ENOS, Meerhoff (2008) asegura que, durante El Niño la presión atmosférica en el Pacífico oriental disminuye y tiende a ser más alta en la región occidental del mismo, por su parte, Montealegre & Pabón (2000) indican que “Las fases negativas del IOS corresponden a calentamientos de la superficie del Pacífico Tropical en el sector central y oriental” (p. 11) significando esto la ocurrencia del fenómeno de El Niño, Poveda et al (2006) expone “Los valores negativos del IOS están asociados con eventos cálidos (El Niño), mientras que valores positivos acompañan eventos fríos (La Niña)” (p. 13) de igual manera Aceituno y Montecinos (1993), Mc.Phaden (2002) y Zambrano (1996) afirman la validez de este índice a la hora de demostrar la presencia del fenómeno de El Niño o La Niña.

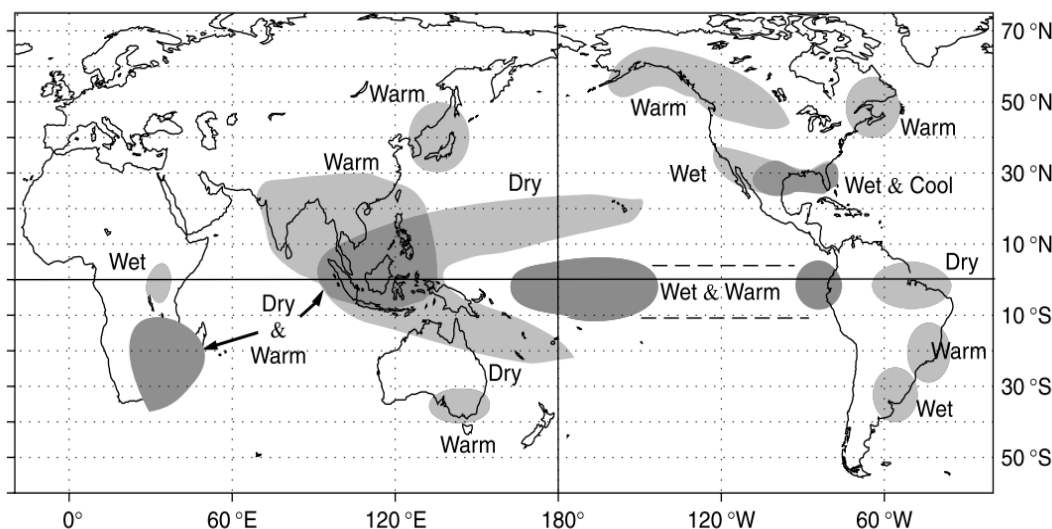
Una vez aclarados los conceptos claves de las componentes oceánica y atmosférica del ciclo ENOS (de aquí en adelante integrado en este término la fase fría y la fase cálida), podemos describir las particularidades de cada una de las fases de dicho ciclo, El Niño y La Niña, centrándonos en los factores que las caracterizan y la variación que causan sobre distintas variables climatológicas en general y la precipitación en particular.

El ENOS puede definirse como una interacción océano-atmosférica presente en el Pacífico tropical, la cual tiene características particulares y genera cambios en el sistema climático terrestre, con lo cual puede referirse como parte de este sistema climático y no como un evento aislado, estas afirmaciones se argumenta con lo dicho por diversos autores entre los que se destacan; Mc.Phaden (1993), quien define que “el ENOS es una perturbación interanual del sistema climático caracterizado por un debilitamiento aperiódico de los vientos alisios y el calentamiento de las capas superficiales en el océano Pacífico tropical ecuatorial” (p. 36). De esta forma el océano y la atmósfera actúan acopladamente en la cuenca del Pacífico tropical, Wirtky (1975), afirma que el fenómeno ENOS se constituye como una oscilación de varios meses de amplitud que afectan al conjunto del océano Pacífico Intertropical, afectando a su vez los sistemas de circulación atmosférica global, continuando con la línea de estas afirmaciones Zambrano (1986) asegura que el ENOS es una interacción global océano-atmósfera que se produce por las variaciones de los vientos ecuatoriales que provocan cambios térmicos en la superficie del océano y en su circulación, afectando el calentamiento de la atmósfera tropical y consecuentemente la circulación atmosférica global, con lo cual se observan cambios en diferentes variables climáticas alrededor del mundo, entre estas perturbaciones se destacan alteraciones en el régimen de precipitaciones a escala global, que permiten identificar anomalías positivas y negativas de pluviosidad en regiones características del planeta, “durante la fase cálida del ciclo cerca de la costa sur de África ocurren sequías, al igual que en el lado oeste del océano Pacífico (Indonesia, Malasia, Nueva Guinea, Australia oriental), por el contrario, regiones que se caracterizan por ser normalmente secas e incluso áridas, se ven afectadas por anomalías positivas severas de precipitación,

principalmente las costas de Ecuador, norte del Perú y el centro de Chile” (Rutllant & Fuenzalida (1991) Voituriez & Jacques (2000)).

Además de los efectos generados en el clima de las regiones relativamente lejanas del Pacífico se observan diferentes variaciones en regiones más cercanas a la influencia directa del Pacífico, principalmente en las Américas, tales son, según la OPS (2000); América del Norte y la región del Golfo de México la precipitación es superior a la normal, en América Central y el Caribe, la precipitación es inferior a la normal mientras que en la región del noreste de América del Sur (Brasil norecuatorial, la Guayana Francesa, Guyana, Suriname y Venezuela) hay menos precipitación y en el sudeste de América del Sur (sur de Brasil, Uruguay y partes del noreste de Argentina), la precipitación es mayor que la normal. Resumiendo los efectos más generales que causa la aparición de la fase cálida del ciclo ENOS se observa en las figuras¹ 3 y 4 (McPhaden, 2002, p. 18) los patrones de tiempo húmedo y tiempo seco sobre el globo en dos trimestres específicos.

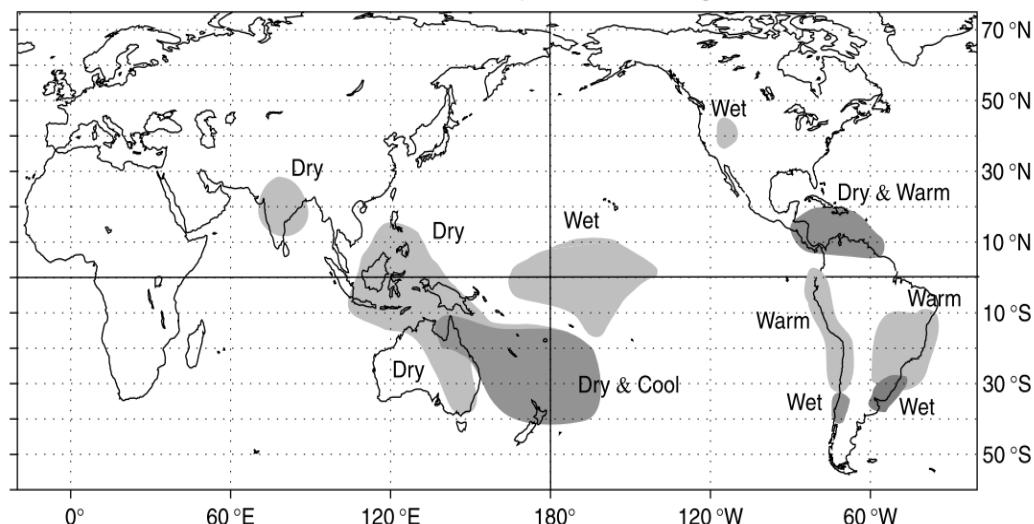
Figura 3. Patrones climáticos durante El Niño. Diciembre-Febrero



Tomado de: El Niño and La Niña. Causes and Global Consequences. Vol. 1.

¹Las dos figuras muestran de manera esquemática las condiciones durante El Niño, durante La Niña se espera impactos similares pero de signo opuesto (McPhaden, 2002).

Figura 4. Patrones climáticos durante El Niño. Junio- Agosto



Tomado de: El Niño and La Niña. Causes and Global Consequences. Vol. 1.

Después de tener en claro las condiciones del clima a nivel global ante la ocurrencia de alguna de las fases del ciclo ENOS, se puede empezar a describir los impactos generados por dichos fenómenos en Colombia, indicando que la mayoría de las variaciones inducidas en las diferentes variables climatológicas del país están descritas para el fenómeno de El Niño, entendiendo que durante La Niña los impactos generados se espera que sean de signo inverso, es decir si durante El Niño aumentan los registros de alguna variable se espera que durante La Niña dichos registros disminuyan.

En general se observa que el ciclo ENOS condiciona el comportamiento de muchas variables climatológicas, pero como lo establecen Montealegre & Pabón (2000) “este ciclo afecta de manera importante la temperatura del aire y la precipitación en Colombia” (p. 17), Poveda (2004) indica que “durante El Niño se presenta una disminución en la precipitación” (p. 205) pero aclara que todos los fenómenos de El Niño son diferentes y es por esto que los impactos sobre esta variable son, de igual manera, diferentes. En una forma muy general se puede identificar que cuando se presenta El Niño, la precipitación tiende a disminuir en las regiones Andina, Caribe y la parte norte de la región Pacífica, mientras que en el sur de la región Pacífica y en el suroccidente del Amazonas colombiano los registros de precipitación son superiores, esto es acompañado por aumentos de la temperatura en las regiones donde disminuye la precipitación y disminuciones de la temperatura en lugares donde las anomalías identificadas en la precipitación son positivas.

Además de lo dicho anteriormente, los impactos en el régimen climático de Colombia por el ciclo ENOS, en su fase fría como en su fase cálida, son descritos por muchos autores (IDEAM (2001 y 2002), Meza et al (1997), Montealegre & Pabón (2002), Poveda (2006), entre otros), pero tal vez la más completa es la proporcionada por Sánchez *et al* (2001), en la cual incluye los cambios que se generan en todo el país, indica que los efectos causados por los fenómenos de El Niño y La Niña se reflejan en la región Pacífica en disminución de los registros de precipitación, hacia la parte norte, mientras que en la parte

sur la acumulación es más alta de lo normal, la temperatura del aire presenta registros positivos, mientras en casi todo el resto del país (exceptuando algunas zonas de la región Amazónica) se genera una disminución de estas variables durante El Niño. Por su parte, durante La Niña ocurre todo lo contrario, es decir, se presenta una disminución la temperatura del aire la TSM aumento en los registros de precipitación, en el norte de la región Pacífica y disminuye en el sector sur de la misma, mientras que en el resto del país se observa un aumento en los valores de precipitación y disminución de la temperatura, estos cambios son diferentes en cuanto a magnitud en cada fenómeno de El Niño o La Niña.

Después de lo argumentado anteriormente y para finalizar la conceptualización del ciclo ENOS, se puede asegurar que éste causa una gran variabilidad climática en muchas regiones del mundo ocasionando a su vez “alteraciones profundas sobre la sociedad puesto que al causar sequías, inundaciones, olas de calor y otros meteoros pueden alterar gravemente la agricultura, la pesca, las condiciones ambientales en general y, por ende, la salud, el suministro de energía y la calidad del aire”, (OPS, 2000, p. 7). En definitiva, el fenómeno de El Niño y La Niña son parte de un ciclo de interacción entre el océano y la atmósfera que se presenta en el Océano Pacífico (ciclo o fenómeno ENOS) y consiste en el aumento o disminución de la TSM, lo cual repercute en la atmosfera que está sobre ésta, generando cambios en los patrones “normales” de circulación de vientos, en la distribución de las precipitaciones, en la temperatura del aire y en otras variables climatológicas en lugares remotos del mundo, interviniendo en toda el área de influencia directa del océano Pacífico (costa occidental de Suramérica y oriental de Asia principalmente) así como en lugares más lejanos (algunas regiones del continente Africano, lugares del centro de Asia y el oriente del continente americano).

Para finalizar la caracterización de los fenómenos y factores que intervienen con mayor importancia en los procesos controladores de la precipitación, en escala tanto espacial como temporal, es importante determinar cómo los factores climáticos influyen en esta variable. La posición latitudinal es un factor determinante para la comprensión de las condiciones climáticas de cualquier región del mundo, puesto que el ángulo de inclinación terrestre influye en la cantidad y en el ángulo en que la radiación solar llega a los dos hemisferios terrestres, en principio es de suponer que, debido a la posición ecuatorial de la región Pacífica colombiana ésta no se verá muy afectada, pero si se analiza detenidamente los efectos causados por el cambio estacional (indicado anteriormente en la descripción de la ZCIT) se observa que la influencia ejercida por este cambio en las masas de aire y en las corrientes oceánicas a nivel global terminan afectando considerablemente las características de la región, puesto que durante el verano austral, la corriente de Humboldt se debilita debido al mayor calentamiento del océano, la ZCIT se desplaza un poco más hacia el sur dejando a la parte norte de la región Pacífica colombiana con una, relativamente, menor cantidad de precipitación. Durante el verano septentrional las condiciones son inversas a las que se presentan en el verano austral, con un reforzamiento de la corriente fría de Humboldt y un desplazamiento de la ZCIT más hacia el norte, dejando en esta ocasión menor cantidad de precipitación en el sector sur de la región Pacífica colombiana.

La influencia del relieve en el clima de una región determinada se observa principalmente sobre la temperatura del aire y en la circulación de los vientos, debido a dos

características de este factor, las cuales son su altura y distribución, la primera determina los gradientes de temperatura, que se generan debido a la distribución de las moléculas de aire en la atmosfera encargadas de retener el calor latente de un lugar. De esta manera al ganar en altura, se pierde en temperatura puesto que existen menos moléculas capaces de retener el calor latente, con lo cual entre más cerca del nivel del mar se encuentre determinada región mayor será su temperatura. En cuanto a la distribución del relieve se entiende que afecta la circulación de los vientos, debido a que representa una barrera natural para el desplazamiento de las masas de aire, con lo que si se tiene un relieve con fuertes cambios en su distribución, se generan diferentes cambios sobre la dirección del viento y por ende condiciona los lugares donde se producirían lluvias de origen orográfico, afectando de esta manera las características climáticas en general.

En el caso de la región Pacífica colombiana, el relieve representa un elemento muy importante para poder comprender la distribución de la precipitación en la región, puesto que debido a la existencia de la cordillera de los Andes, los vientos Alisios, predominantes en la zona ecuatorial (noreste y sureste) no ejercen una influencia muy marcada en esta región debido a que se obstruyen en el ramal oriental y central, con lo que la influencia que estos (los vientos Alisios) ejercen sobre la región Pacífica es mínima o inexistente en una forma directa, pero ejerce un papel importante debido a la convección de determina la presencia de la ZCIT. En esta región los vientos predominantes son los provenientes del océano Pacífico, los cuales se caracterizan por ser cálidos y húmedos con lo cual generan altas cantidades de precipitación, no solo cerca de costa sino también en el piedemonte occidental de la cordillera Occidental.

Por último se identifica la cercanía a la línea de costa factor que determina la dirección de los vientos entre el océano y el continente en una escala diurna. Esto sucede debido a las diferencias existentes entre el agua y la tierra para absorber y retener la energía térmica proveniente de la radiación solar, a lo largo del día y debido a que la tierra absorbe con más rapidez la energía térmica la temperatura aumenta a una mayor velocidad que en el agua, afectando de esta manera la presión atmosférica que a su vez determina la dirección predominante de los vientos que es continente-océano, en las horas con mayor cantidad de radiación solar, mientras que en las horas de la noche, con menor radiación solar, la dirección se torna a la inversa, es decir océano-continente, debido a que las masas de agua tienen una mayor capacidad de retener la energía térmica absorbida durante el día, mientras que la tierra baja su temperatura rápidamente la temperatura del agua se mantiene casi constante, generando que los vientos cambien de dirección. Aunque esta variación afecta a la precipitación y la temperatura en una escala diurna principalmente, también puede afectar estas variables durante periodos de tiempo más largos como sucede ante la ocurrencia de los fenómenos de El Niño o La Niña en los que la distribución de las zonas de altas y bajas presiones predominantes pueden variar.

5. METODOLOGÍA

Para desarrollar la presente investigación se hace necesario abordar las diferentes temáticas en una forma ordenada y consecuente con el desarrollo de la misma. Es por eso que en una primera parte se hace referencia al proceso de recopilación de información primaria y secundaria, relacionada con las series históricas de precipitación y el desarrollo del marco teórico respectivamente. En la siguiente fase se lleva a cabo un procedimiento para organizar y tratar la información estadística, el cual está relacionado con la sistematización inicial de las series, obteniendo información más homogénea para el desarrollo de las fases siguientes. Esta fase contiene además la delimitación del área de estudio basada en la disponibilidad de información y las características de propias de la región.

La tercera fase es tal vez en la que se genera la mayor cantidad de información georeferenciada puesto que incluye la elaboración de los diferentes gráficos, que permiten identificar posteriormente los patrones de comportamiento normal de la precipitación y los periodos en los que se encuentran las mayores variaciones, esto en un contexto temporal. Por otra parte, y en esta misma fase, se identifican también las variaciones espaciales, relacionadas estas con la elaboración de los diferentes mapas de isoyetas.

Finalmente se desarrolla una fase de análisis de la precipitación y las interacciones de la misma con los diferentes fenómenos y factores mencionados anteriormente (marco teórico conceptual) determinando inicialmente el comportamiento histórico de esta variable, para establecer un comportamiento o comportamientos normales dentro del área de estudio, posteriormente se tomó la información generada en las fases anteriores para determinar las variaciones de la precipitación en diferentes zonas del área y en diferentes periodos de tiempo, relacionados estos con la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña. Finalmente se generó un análisis que intenta explicar el porqué de dichas variaciones tomando cada uno de los fenómenos para posteriormente identificar la existencia de tendencias o patrones repetitivos durante El Niño y La Niña respectivamente.

5.1 FASE 1: SELECCION DE SERIES HISTÓRICAS Y REVISIÓN DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Esta fase está encaminada a desarrollar un marco teórico referencial lo suficientemente concreto para entender lo mejor posible los fenómenos que se abordan a lo largo de la investigación, principalmente el ciclo ENOS, la ZCIT y otros elementos y factores que interactúan en el área de estudio. Además de esto se obtienen, en esta fase, las series históricas existentes que son necesarias para comprender cómo se comportan las variables climáticas históricamente y en periodos de tiempo determinados.

5.1.1 Revisión bibliográfica. La primera actividad desarrollada fue la revisión de fuentes bibliográficas la cual se realizó con el fin de estructurar un marco teórico referencial amplio y específico sobre los fenómenos de El Niño, La Niña y el área de estudio, además esto permitió un conocimiento más profundo sobre los procesos climáticos de orden local que intervienen en los efectos que los fenómenos mencionados pueden desencadenar sobre la región.

Se tuvo en cuenta estudios realizados por diferentes entidades de orden internacional y nacional entre las que se destacan; el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), que suministra la información necesaria para desarrollar cualquier estudio de climatología a nivel nacional, La Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano de los Estados Unidos (NOAA) y el Centro Internacional para Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), que cuentan con toda la información relacionada al desarrollo de los fenómenos de El Niño y La Niña y los impactos que estos causan sobre el comportamiento espacio-temporal de la precipitación en un contexto internacional y nacional. Adicionalmente a esto se revisaron documentos de diferentes autores (además de los mencionados en el marco teórico referencial) que tratan el tema desde diferentes puntos de vista, en cuanto al espacio-tiempo, la economía, impactos sociales, etc., obteniendo así una visión más amplia de las diferentes conceptualizaciones que toman los fenómenos dependiendo de los efectos que causan sobre los diferentes componentes del espacio.

5.1.2. Identificación, selección y adquisición de series históricas. Esta actividad inició con el establecimiento de un contacto directo con el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Partiendo de una selección previa de las estaciones en la cual se priorizó la ubicación de las estaciones climatológicas y el periodo de tiempo de las series históricas derivadas de estas.

Del total de las estaciones solicitadas al IDEAM identificadas en la tabla 1, el instituto envió la totalidad de las series históricas solicitadas a excepción de las series pertenecientes a las estaciones de tipo meteorológica marina debido a la inexistencia de datos en estas, con las demás estaciones se inició el proceso de filtrado para determinar con cuantas se desarrollarían los procesos siguientes de la investigación.

Además de las series históricas descritas en la tabla 1, se obtuvieron también las series correspondientes a los índices que permiten verificar la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, Índice de Oscilación sur (IOS) e Índice Oceánico de El Niño (ONI), datos disponibles en la página web de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>), tomando los registros correspondientes al periodo 1983-2009, pertinente para el desarrollo de esta investigación.

Tabla 1. Estaciones Solicitadas para el estudio

Tipo de Estación	Nº Estaciones	Tipo de Parámetro
Pluviométricas y Pluviográficas	108	Precipitación
Climatológica Ordinaria y Principal	25	Precipitación y Temperatura
Sinóptica Suplementaria y Principal	6	Precipitación y Temperatura
Meteorológica Marina	2	Precipitación y Marea
Agrometeorológica	1	Precipitación y Temperatura
Meteorológica Especial	1	Precipitación y Temperatura
Total	143	

Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

5.2 FASE 2: SISTEMATIZACIÓN Y AJUSTE DE LA INFORMACIÓN.

Durante esta fase se realizaron varios procesos estadísticos con las series históricas, esto con el fin de obtener la mayor información posible de las mismas, logrando establecer las estaciones y datos más pertinentes para el desarrollo de la investigación. Se generó también, durante esta fase, la delimitación definitiva del área de estudio que permitió identificar el número de estaciones para el análisis posterior y las que serían utilizadas para complementar el mismo.

5.2.1. Sistematización de series históricas. Esta actividad se refiere a la transferencia de las series históricas del formato manejado por el IDEAM (generalmente de tipo .dat o .txt) a un formato más manejable desde el punto de vista estadístico, para este caso los archivos compatibles con el programa Microsoft Office Excel, este proceso se realizó con la herramienta “Importación de Datos” que hace compatibles los datos de los archivos .txt (block de notas) y .xlsx (Microsoft Office Excel). En esta actividad se realizó un primer filtro basado en la cantidad de datos existentes en cada una de las series históricas, eliminando 10 estaciones en las cuales no se logró generar datos debido a vacíos de información muy grandes.

5.2.2. Tratamiento estadístico de las series históricas. La revisión de los datos contenidos en las series tuvo como fin verificar su confiabilidad y coherencia. Este procedimiento se realizó por medio del programa estadístico TSW, el cual estima y pronostica datos a partir de modelos de regresión en series de tiempo identificando tendencias, outliers (valores que se alejan demasiado del comportamiento normal de una serie estadística) e información faltante, esta actividad se desarrolló con el fin de homogeneizar las series históricas.

Posteriormente se generaron correlaciones entre las estaciones y los índices que prueban la presencia de alguna de las dos fases del ciclo ENOS, además de realizar las interrelaciones entre series de precipitación, esto con el fin de establecer, primero, la influencia estadísticamente comprobada de los fenómenos en la precipitación de la región pacífica colombiana y, segundo, para revisar la homogeneidad en el comportamiento de esta variable para toda la región.

5.2.3. Diseño y elaboración de la cartografía base. La revisión y realización de una delimitación exacta del área de estudio se realizó con base en un modelo de elevación digital, del cual se extrajeron las curvas de nivel en rangos de 100 metros de altura, desde el nivel del mar (límite occidental del área de estudio) hasta los 500 m.s.n.m (límite occidental de la región), se extrajeron también los principales ríos de los cuales se tomaron algunos como límite norte (el río Sucio, Tamboral y Peverendé). La información sobre la ubicación de centros poblados y de las formaciones más representativas fueron tomadas de cartografía generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y disponibles en internet (<http://www.zonu.com/fullsize2/2009-09-17-2031/Mapa-Fisico-de-Colombia.html>), tomando también de estos el límite sur, correspondiente a la frontera Colombia-Ecuador, y parte del límite norte perteneciente a la frontera Colombia-Panamá.

5.3 FASE 3: GEOREFERENCIACION DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA

En esta etapa del proceso investigativo, se generan y analizan los gráficos y mapas necesarios para comprender el comportamiento espaciotemporal que se observa en la precipitación del área de estudio, obteniendo así una línea base que permite establecer las variaciones que son generadas por la presencia de una de las fases del ciclo ENOS. Sumadas estas observaciones a los factores geográficos propios del área se logra obtener respuesta del porqué de la variación en ciertos periodos de tiempo y en algunos sectores determinados.

5.3.1 Identificación de los patrones de precipitación a nivel mensual. Se generaron gráficos del comportamiento medio mensual para cada una de las estaciones, agrupando todas aquellas que presentan un patrón de comportamiento similar a lo largo del año, con la existencia de uno o dos periodos secos y lluviosos, teniendo en cuenta la ubicación dentro del año y la duración de los mismos, obteniendo de esta manera el comportamiento histórico de la precipitación en la región Pacífica colombiana.

Simultáneamente se desarrolló el cálculo de la acumulación de precipitación en porcentaje sobre el total anual, es decir, expresando la cantidad de milímetros de un mes o de un determinado número de meses en valor porcentual, con el fin de poder comprar estaciones que difieren mucho en cuanto a acumulación de precipitación se refiere. Por ejemplo, en el patrón bimodal se encuentran estaciones que suman más de 12000 mm por año (Puerto López y La Concha), al mismo tiempo que se encuentran estaciones con registros cercanos a los 2000 mm (Cisneros). De esta manera, el trabajar con valores porcentuales a nivel mensual, facilita la comparación en términos de la proporción de precipitación para cada mes o para periodos de tiempo determinados, entre estaciones; especialmente, cuando existen diferencias tan significativas como las mencionadas en este ejemplo.

Por lo tanto, con el fin de homogenizar la descripción de las estaciones pertenecientes a un mismo patrón, y de toda el área de estudio en general, se opta por calcular el valor porcentual de cada mes, o de cada periodo lluvioso o seco, con respecto al valor total anual a través de la fórmula:

$$Pm \cdot 100 / Pa$$

Dónde:

Pm= Precipitación mensual

Pa= Precipitación total anual

5.3.2 Identificación de los patrones de precipitación a nivel interanual. En una primera etapa se realizaron gráficos del comportamiento interanual de la precipitación, utilizando los valores anuales totales registrados en las series históricas identificando las oscilaciones interanuales que se presentan en el área de estudio, esto con el fin de establecer una línea de base del comportamiento de la precipitación en el periodo 1983-2009, además se referenciaron los registros representativamente más altos y bajos para posteriormente relacionarlos con los años de ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña.

A continuación se diseñaron gráficos de anomalías absolutas para poder establecer la intensidad de los cambios en cada una de las estaciones, y posteriormente se compara los cambios observados en todas las estaciones del área, esto se logra a través del cálculo de las anomalías porcentuales que permiten comparar cambios entre diferentes magnitudes de precipitación en un mismo rango porcentual.

5.3.3 Descripción de las anomalías mensuales. Estos gráficos se desarrollaron con el valor absoluto y de anomalías absolutas de precipitación de cada uno de los meses de todas las series históricas, identificando las oscilaciones de esta variable en cada uno de los meses afectados por los fenómenos de El Niño y La Niña, además de establecer rangos de afectación en porcentajes, agrupando las que presentan una afectación intrascendente (de -10% a 10%) hasta las que tienen variaciones muy significativas (mayor a -50% o a 50%).

5.3.4 Generación de los mapas de isoyetas. El diseño y construcción se llevó a cabo con la georeferenciación de las estaciones y los valores de precipitación a tener en cuenta en cada una de ellas, en el caso del comportamiento normal anual de la precipitación se tomó en cuenta el promedio anual histórico de cada una, en el caso del comportamiento mensual, se identifica en cada una de las estaciones los registros promedio históricos de cada mes, y finalmente en cada uno de los mapas desarrollados para los respectivos fenómenos de El Niño y La Niña se tomaron las anomalías de cada mes afectado con referencia al promedio histórico, comparando de esta manera el periodo afectado por un fenómeno con el periodo normal.

Es importante aclarar que además de las estaciones ubicadas dentro del área de estudio (56 en total) se tomaron en cuenta también estaciones situadas en los límites de la región (87) todas pertenecientes al piedemonte occidental de la cordillera Occidental, utilizadas éstas con el fin de eliminar el efecto borde que genera vacíos de información. De hecho se identificaron zonas con poca o nula información en el sector sur-occidental de la región debido a la falta de estaciones.

5.4 FASE 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta fase se desarrollaron los procesos centrales de la investigación, partiendo de la recopilación y homogenización de los productos obtenidos en las fases anteriores. Inicialmente se identifican los patrones de comportamiento históricos dentro del área de estudio, dividiendo la totalidad de estaciones en cinco grupos que representan las variaciones mensuales de la precipitación promedio. Posteriormente se hizo una comparación de los promedios históricos para los meses en que se presentó un fenómeno de El Niño o de La Niña y se analizaron las anomalías en cada caso particular, desarrollando una descripción muy exhaustiva de las oscilaciones espacio temporales más importantes que se generan en la región Pacífica colombiana entre 1983 y 2009, la interacción de esta variable con diferentes factores geográficos y fenómenos de mesoescala, junto con otros aspectos que permiten concluir de manera parcial el porqué de dichas oscilaciones y permite identificar diferentes debates que pueden desarrollarse en un futuro con la realización de trabajos complementarios a este.

Finalmente se optó por definir las tendencias o patrones de precipitación coincidentes durante los fenómenos mencionados con el fin de definir qué sucede con la precipitación,

los factores y elementos relacionados con esta variable comparando en algunos casos las teorías existentes sobre el comportamiento de la precipitación en el área de estudio y de los impactos que el ciclo ENOS genera sobre esta con los resultados obtenidos en los análisis pertinentes.

6. VARIACIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA

6.1 VARIACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN

Para desarrollar la descripción del comportamiento anual de la precipitación dentro del área de estudio se consideraron 58 estaciones, las cuales se dividieron en cinco patrones de comportamiento (tabla 2) definidos por el comportamiento de la dicha variable en el transcurso de un año “normal”, tomando como referencia el valor promedio que se obtiene de los 27 años comprendidos entre 1983 y 2009, los patrones que se encontraron se identifican como: Bimodal, Monomodal con tendencia, Monomodal 2, Monomodal 3 y un patrón no definido, en el que se encuentran seis estaciones que no se asemejan con claridad a ninguno de los otros 4 regímenes de precipitación.

Los periodos secos y lluviosos dentro de la región Pacífica colombiana presentan particularidades propias del área y como ejemplo se observa que en las zonas más lluviosas, piedemonte caucano y cuenca alta de los ríos San Juan y Atrato, se presenta durante todos los meses del año una acumulación mayor a los 800 mm, con lo cual no se podría hablar de un periodo seco. De la misma forma, se identifica que existen meses que sobrepasan los 1000 mm llegando a ser superiores en algunos casos a los 1200 mm, mostrando que existe una diferencia entre los meses de mayor y menor acumulación, generando de esta manera la posibilidad de distinguir unos meses más lluviosos y otros menos lluviosos, pero para una descripción más adecuada de los diferentes patrones y los periodos que se identifican en cada uno, se recurre a determinar meses lluviosos (los de máxima acumulación) y meses secos (en los que los datos presentan una disminución de precipitación), recordando siempre que existe a lo largo del año niveles muy altos de precipitación.

Cada uno de estos patrones cuenta con características específicas, observándose cambios en la duración de los periodos secos y lluviosos y en la ubicación a lo largo del año. A continuación se desarrollará una descripción muy detallada de cada uno de los patrones mencionados haciendo referencia a la ubicación de las estaciones con determinado patrón dentro del área de estudio, las características más relevantes en cuanto a duración e intensidad de los periodos secos y lluviosos, los valores más representativos y el porqué de su comportamiento.

Tabla 2. Patrones de comportamiento anual.

Patrón de comportamiento	N° de Estaciones
Bimodal	8
Monomodal con tendencia	9
Monomodal 2	26
Monomodal 3	8
Sin Patrón Definido	6
Total	57

6.1.1 Patrón bimodal. Dentro de este patrón se agrupan ocho estaciones (tabla 3) ubicadas las seis primeras en el departamento del Cauca, una en el Valle del Cauca y

otra en el Chocó (figura 5), el registro máximo es de 13719 mm en Puerto López y el mínimo de 2035 mm en Cisneros, la altura varía entre los 30 m.s.n.m y los 320 m.s.n.m, la distancia a la línea de costa pasa de los 10 Km en Timbiquí hasta los 87 km en Novita.

Tabla 3. Estaciones patrón bimodal.

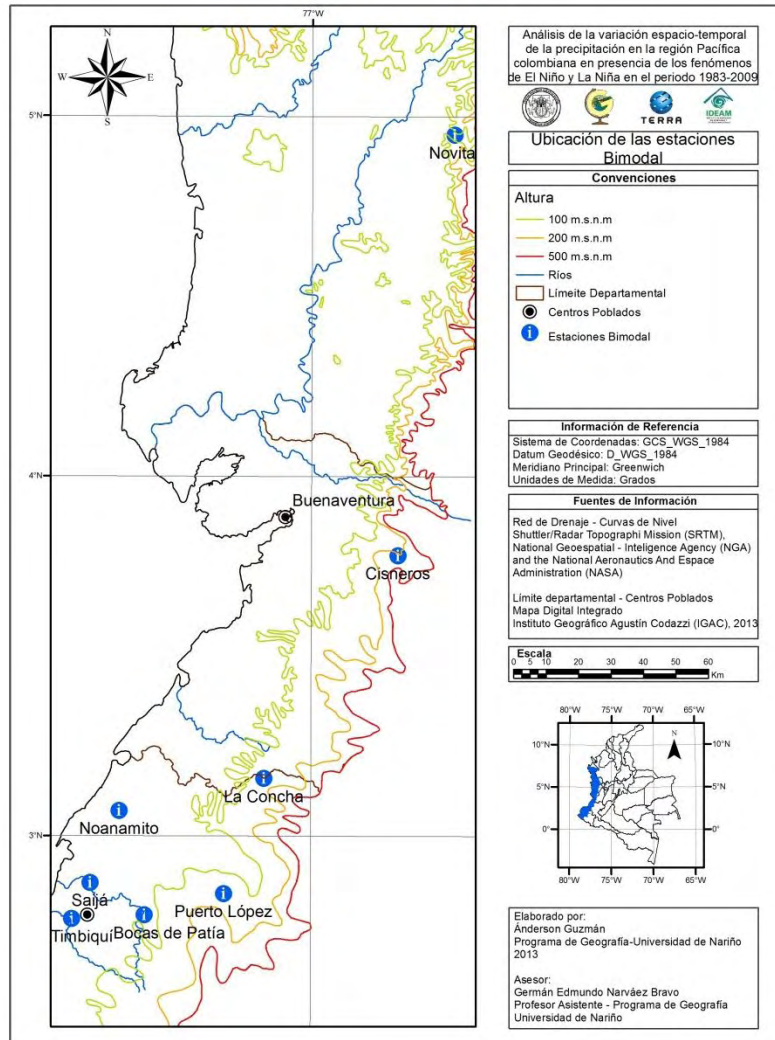
Código	Nombre	Dpto.	Municipio	Cuenca	Latitud	Longitud	Altitud
5306002	Saijá	Cauca	Timbiquí	Saijá	02°52'	77°37'	30
5307003	Pto. López	Cauca	López	Micay	02°50'	77°14'	80
5307005	Noanamito	Cauca	López	Micay	03°04'	77°32'	30
5305002	Timbiquí	Cauca	Timbiquí	Timbiquí	02°46'	77°39'	30
5306001	B. Patía	Cauca	Timbiquí	Patía	02°47'	77°27'	40
5308002	La Concha	Cauca	López	Naya	03°10'	77°08'	130
5402002	Novita	Chocó	Novita	Tamana	04°57'	76°36'	66
5311002	Cisneros	V. Cauca	B/ventura	Dagua	03°47'	76°45'	320

Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Dentro de este patrón se observan dos épocas lluviosas, la primera en el mes de mayo, si bien en algunas estaciones se identifican pequeños aumentos en abril y junio estos no son suficientes para catalogarlos como lluviosos, puesto que ambos meses son identificados como transicionales entre las épocas seca-lluviosa-seca de la primera parte del año. Los registros para este mes son de alrededor de 10% sobre el total anual. Por su parte el segundo periodo lluvioso se identifica entre septiembre y diciembre, acumulando aproximadamente un 38% del total anual.

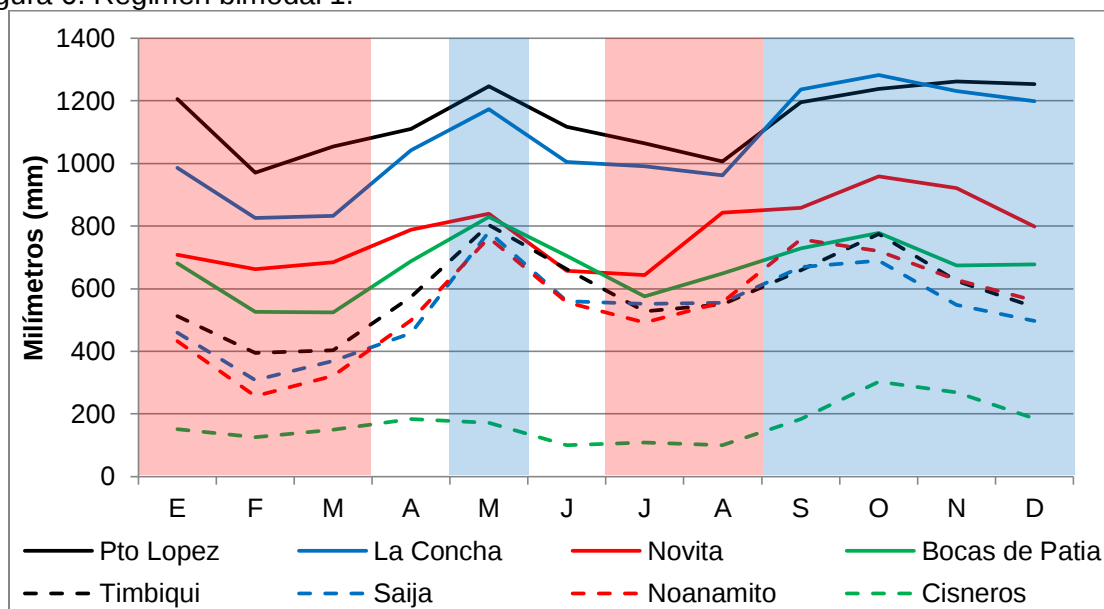
En cuanto a las épocas secas, se identifica la primera en los meses de enero a marzo con valores que oscilan entre los 3226 mm en la estación Puerto López y los 426 mm en la estación Cisneros, que equivalen para la mayoría de las estaciones de este patrón al 20% del total anual, mientras que el segundo periodo seco, julio-agosto, sumando en el caso de las estaciones La Concha y Cisneros el mes de junio, la acumulación de precipitación varía entre 3186 mm y 310 mm representando el 15% del total anual (figura 6).

Figura 5. Estaciones con régimen Bimodal



Observando con detenimiento los registros de cada una de las épocas, secas y lluviosas, identificadas dentro de este patrón, se encuentra que la acumulación de los meses secos superan al primer pico de alta precipitación (mes de mayo), esto se debe a la diferencia en la duración de las respectivas épocas (los meses secos suman 2 o tres para cada periodo respectivamente, mientras que el lluvioso está representado por un solo mes), con lo cual la determinación de seco y lluvioso se da por la intensidad de la precipitación registrada. En el caso de las épocas secas la acumulación mensual correspondería a 7% y 8% para cada mes, mientras que para el mes de mayo (primer pico lluvioso) acumulación de precipitación equivale al 10%, éstos porcentajes referidos siempre sobre el total anual, observando así que la intensidad es mayor durante el primer periodo lluvioso que durante las dos épocas secas del año.

Figura 6. Régimen bimodal 1.



Fuente: Series históricas (IDEAM 2010).

En síntesis, el primer periodo lluvioso de este patrón, mes de mayo, se debe al paso de la ZCIT que se está trasladando desde su posición más sur, alcanzada a principios del año, y se ubica en los meses de “marzo y mayo entre los 2° y 5° de latitud norte” (León, Zea & Eslava, 2000). Por su parte el segundo periodo lluvioso, septiembre-diciembre, obedece en parte al desplazamiento de la ZCIT, en esta ocasión de norte a sur, puesto que alcanza según Pabón *et al* (2001) posiciones de entre 11° y los 7° de latitud norte, y además de esto, se identifica en la atmósfera el reforzamiento del chorro del Chocó entre los meses de septiembre-noviembre (Poveda, 2004) explicando así la mayor duración de este periodo lluvioso. Por su parte las épocas relativamente más secas obedecen en este caso al debilitamiento del chorro del Chocó entre febrero y marzo, coincidiendo con la baja de registros a principio de año (primer periodo seco), y a la ubicación de la ZCIT “entre los 8° y 10° de latitud norte entre junio y agosto” (León, Zea & Eslava, 2000), coincidiendo en este caso con los meses secos de mitad de año.

6.1.2 Monomodal con tendencia. Dentro de este patrón se agrupan nueve estaciones (tabla 4), dos ubicadas en el departamento del Chocó y otras siete en el Valle del cauca (figura 7), el máximo registro se encuentra en Yurumanguí con 9817 mm y el menor en El Tigre con 6376 mm, la altura varía de entre los 4 m.s.n.m en Malaguita hasta los 70 m.s.n.m en El Tigre, la distancia hasta la línea de costa pasa de los 42 Km en Bajo Calima hasta prácticamente el nivel del mar en la estación Colpuertos.

Este patrón presenta un comportamiento bastante particular, debido a que tienen dos periodos lluviosos y un solo periodo seco, motivo por el cual se opta por determinarlo como monomodal con tendencia bimodal, siendo el único dentro del área de estudio que presenta esta característica.

Tabla 4. Estaciones patrón monomodal con tendencia.

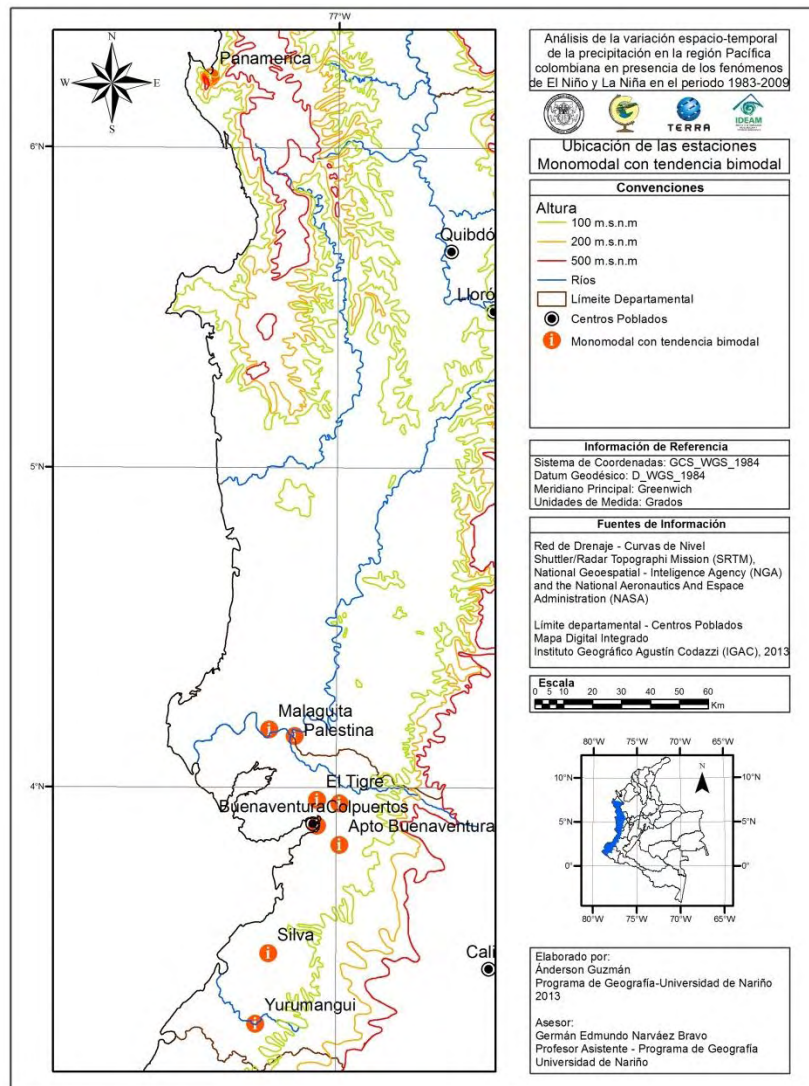
Código	Nombre	Dpto.	Municipio	Cuenca	Latitud	Longitud	Altitud
5601501	Panamérica	Chocó	Bahía Solano	Pacífico	06°13'	77°24'	4
5409001	Palestina	Chocó	L. S. Juan	San Juan	04°09'	77°08'	30
5309003	Silva	V. Cauca	B/ventura	Cajambre	03°28'	77°12'	15
5311502	Colpuertos	V. Cauca	B/ventura	Pacífico	03°53'	77°04'	10
5407003	Malaguita	V. Cauca	B/ventura	San Juan	04°11'	77°12'	4
5407502	Bajo Calima	V. Cauca	B/ventura	Calima	03°57'	76°59'	50
5309004	El Tigre	V. Cauca	B/ventura	Raposo	03°41'	77°04'	20
5308001	Yurumangui	V. Cauca	B/ventura	Yurumangui	03°15'	77°15'	70
5311501	Apto. B/ventura	V. Cauca	B/ventura	Pacífico	03°49'	76°59'	14

Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

El primer periodo lluvioso se identifica en el mes de mayo con registros que oscilan entre 460 mm y 900 mm (9.1% y 11.1% del total anual) existiendo una relación con los fenómenos que determinan el aumento de precipitación durante el mismo mes para el patrón bimodal, característico de la región Pacífica caucana. El segundo periodo lluvioso por su parte, se observa entre los meses de julio y noviembre, la cantidad de precipitación caída en esta época está entre los 2900 mm y 4500 mm, aproximadamente la mitad de la precipitación del año. Mientras que la época seca del año se inicia en el mes de enero y se prolonga hasta abril, con registros de 880 mm a 2700 mm (figura 8), representando entre 15% y 27% de la precipitación anual.

La cantidad de precipitación registrada durante cada mes perteneciente a las dos épocas lluviosas, equivale en promedio al 10% del total anual, aunque se observan valores que superan el 12%, en incluso pueden llegar a ser tan altos como el 14.4% registrado en la estación Panamérica en el mes de octubre. Por su parte los meses con menores registros en esta parte del año, agosto para la mayoría de las estaciones, son siempre superiores al 9%. Para la época seca por su parte, se acumula en cada mes 6%, con registros máximos de 8% en las estaciones Bajo Calima y Yurumangui (mes de abril) y registros mínimos de 2.6% y 3.6% en el mes de febrero para las estaciones Panamericana y Malaguita, todos estos porcentajes representan la acumulación de cada mes con respecto al total anual.

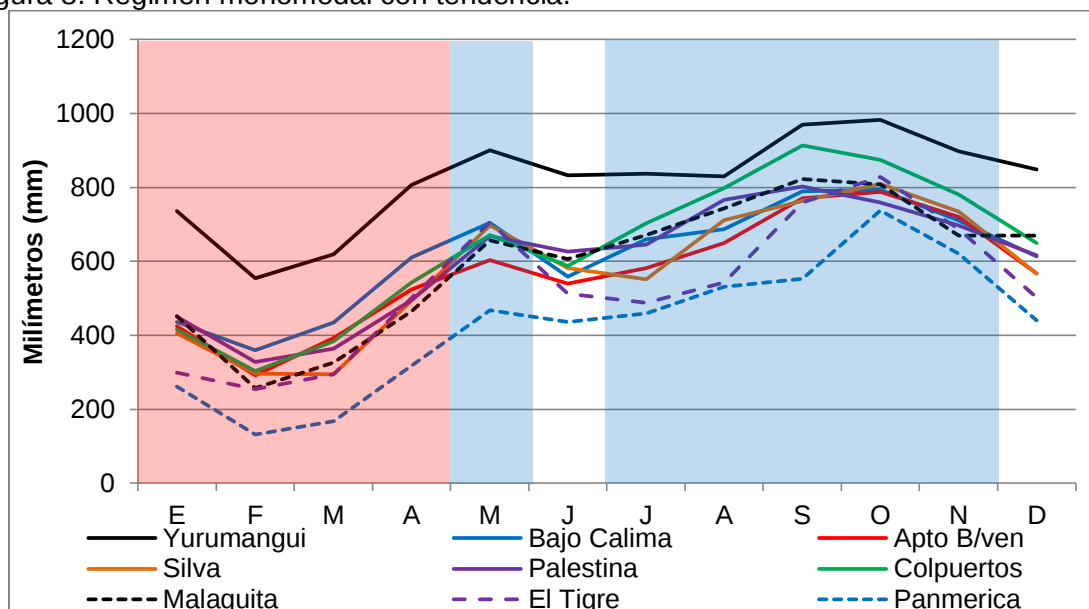
Figura 7. Estaciones con régimen Monomodal con tendencia.



Debido al hecho de que existen dos periodos lluviosos, sería de esperar que existan de igual manera dos periodos secos, pero al observar las oscilaciones a lo largo del año (figura 8) se identifica que el mes de julio no cuenta como un periodo seco, puesto que si bien es cierto, los registros presentan una disminución con respecto al mes de mayo, está no es suficiente para catalogarlo como un mes seco, pero si permite identificarlo como un mes de transición o un periodo en el que los procesos que generan altas precipitaciones presentan una leve disminución en su intensidad, tal como se observa en el patrón bimodal (figura 6).

Ahora, hablando del segundo mes identificado como transicional, diciembre, en este caso entre periodo lluvioso y periodo seco, se encuentra que en las estaciones Panaméica, Malaguita y Yurumangui los registros se mantienen relativamente altos, cercanos al 9%, pero se identifica de igual manera la tendencia a disminuir que termina por acentuarse en los primeros meses del año.

Figura 8. Régimen monomodal con tendencia.

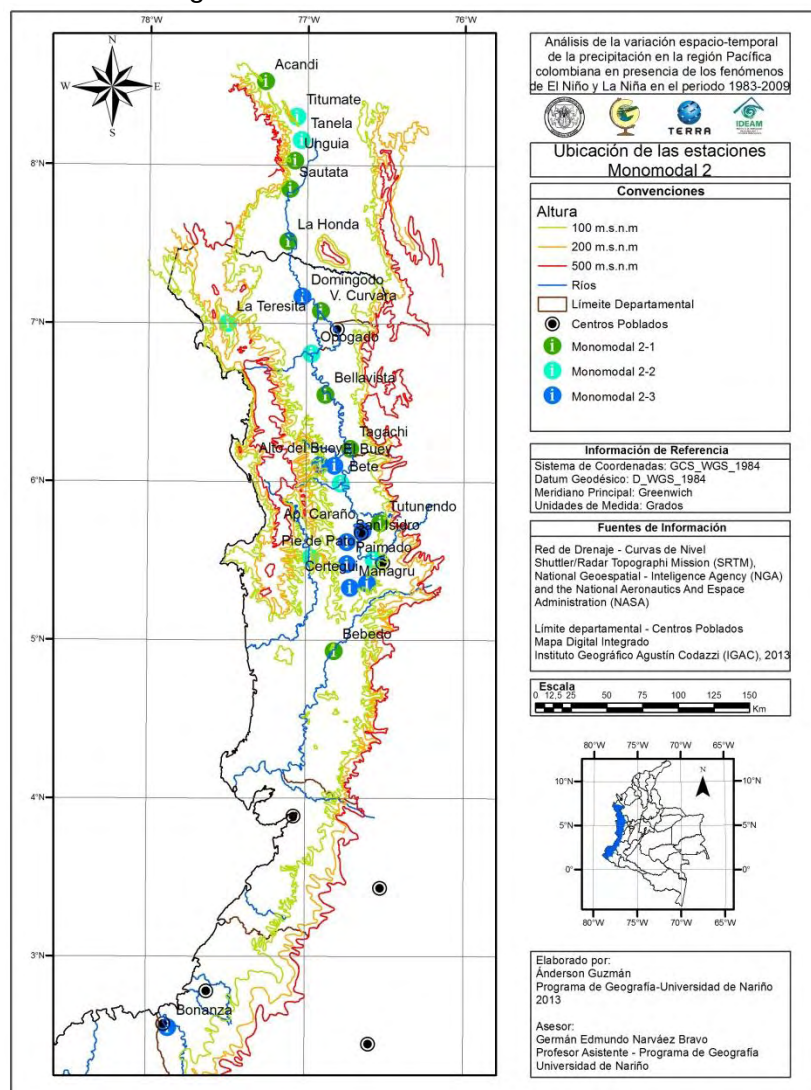


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Retomando lo descrito para el patrón bimodal y el patrón monomodal con tendencia, se encuentra que estos dos están estrechamente relacionados, coincidiendo la primera parte del año como época seca y el trimestre septiembre-noviembre como lluvioso, debido esto a que (como se dijo anteriormente) en el mes de mayo la ZCIT influye directamente sobre esta zona, “entre los 2° y los 5° de latitud norte” (León, Zea & Eslava, 2000). Igualmente la segunda época lluviosa está relacionada con el desplazamiento de la ZCIT, de norte a sur en esta parte del año, además de la notoria influencia del chorro del Chocó, reforzado entre los meses de septiembre-noviembre (Poveda, 2004). Por su parte, la aparición de la época seca tiene que ver con la disminución de la intensidad del chorro del Chocó hacia principio de año y la ubicación más hacia el norte de la ZCIT entre los 11° y los 7° de latitud norte (Poveda, 2004).

6.1.3 Monomodal 2. En este patrón se encuentra agrupado el mayor número de estaciones, con un total de veintisiete de las cuales veintiséis se encuentran en el departamento del Chocó y la restante, Bonanza, ubicada en el departamento del Cauca (figura 9), el mayor registro se encuentra en la estación Tutunendo con 11388 mm por año, mientras que la menor cantidad de precipitación se registra en la estación Sautata con 2048 mm, la máxima altura es de 100 m.s.n.m en la estaciones La vuelta y Alto del Buey y la más cercana al nivel del mar es La Teresita con apenas 2 m.s.n.m, la distancia a la línea de costa varía de 17 Km en la estación La Teresita hasta los 82 Km en la estación Tutunendo.

Figura 9. Estaciones con régimen monomodal 2.



Para la descripción de los periodos lluviosos y secos de este patrón se subdividieron las estaciones en tres grupos definidos en la tabla 5, esto debido a las diferencias existentes entre la duración de los periodos secos y lluviosos de las estaciones.

Tabla 5. Sub-patrones Monomodal 2

Sub-patrón	Estaciones	Periodo lluvioso	Periodo seco
Monomodal 2-1	Bellavista, Acandí, Bebedó, Tagachi, Vigía de Curvaradó, Tutunendo, La Honda, Unguia, Sautata.	Mayo - Noviembre	Enero - Abril
Monomodal 2-2	Beté, Titumate, Tanela, Opogado, Pie de Pato, La Teresita y Lloro	Abril - Noviembre	Diciembre - Marzo

Tabla 5. Continuación.

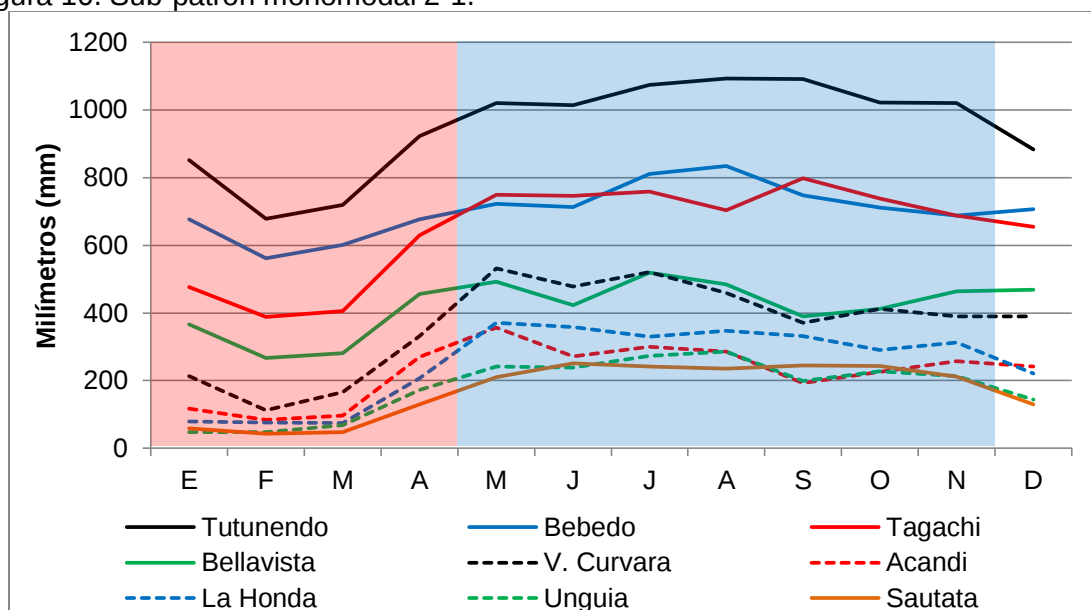
Sub-patrón	Estaciones	Periodo lluvioso	Periodo seco
Monomodal 2-3	El Buey, Certegui, Bonanza, Domingodo, Managrú, Paimado, Aeropuerto el Caraño, Alto del Buey y San Isidro	Abril - Septiembre	Octubre - Marzo

Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.1.3.1 Sub-Patrón Monomodal 2-1. Durante el periodo lluvioso los registros de precipitación son superiores a 1600 mm (en la estación Sautata) y llegando hasta los 7300 mm (en Tutunendo), representando en general el 70% del total anual, aclarando que en las estaciones Acandí y Bellavista la acumulación de estos meses es equivalente al 81% y 89% del total anual, debido a que la temporada lluviosa inicia con un mes de anticipación y se prolonga hasta el mes de diciembre, siendo estas las de mayor numero de meses lluviosos dentro de toda el área de estudio, con nueve en total. En cuanto a la época más seca del año se identifican registros de entre 279 mm y 3170 mm siendo generalmente la cuarta parte de la precipitación anual. En las estaciones Acandí y Bellavista esta época del año se reduce a los tres primeros meses del año con lo que presenta registros inferiores a 15% en los dos casos (figura 10).

En general los meses de la época lluviosa representan el 9% del total anual, observándose registros mensuales tan altos como el 13.2% en Acandí (mayo) y Bellavista (agosto), Mientras que durante la parte más seca del año los valores mensuales reflejan porcentajes que en general llegan a ser de 6%, pero se logra identificar valores muy bajos cercanos al 2% del mes de febrero en las estaciones Sautata y Unguia, siendo este mes el más seco de la mayoría de las estaciones.

Figura 10. Sub-patrón monomodal 2-1.



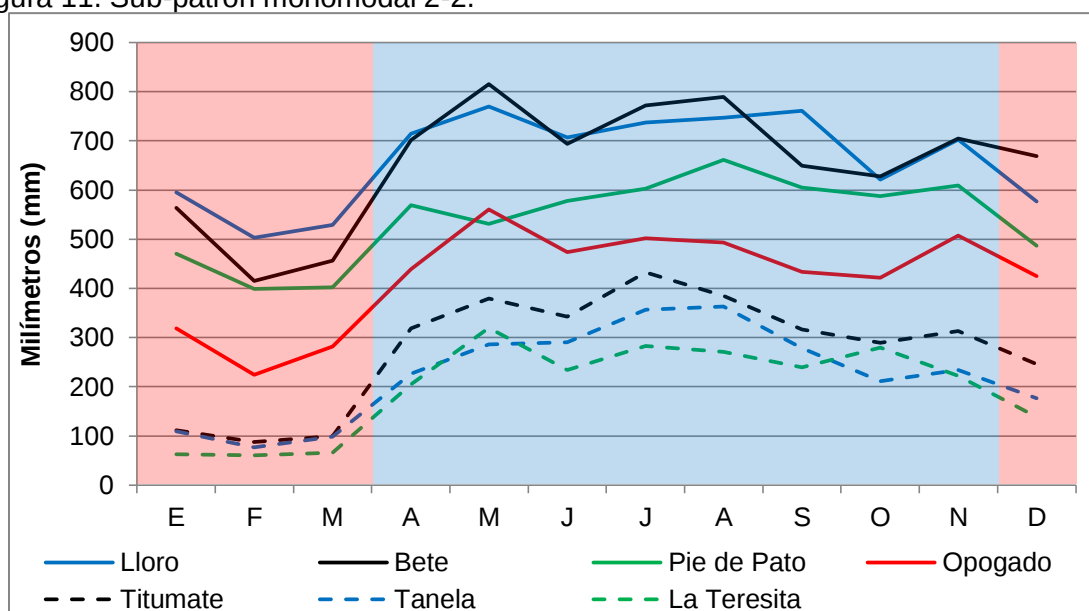
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

En este caso se identifica un mes de transición entre la época más lluviosa y la más seca del año, mes de diciembre, en el que se acumulan entre 130 mm y 880 mm (8.3% del total anual), exceptuando Bellavista, Acandí, Sautata y Unguia, en las dos primeras sumándose como un mes lluvioso, mientras que en las dos restantes se identifica como un mes más del periodo seco.

6.1.3.2 Sub-Patrón Monomodal 2-2. Durante el período lluvioso, abril-noviembre, se observan valores entre 2050 mm y 5750 mm, correspondiendo a un 76% de la precipitación total registrada en las estaciones de este patrón, identificando en Tanela y La Teresita registros superiores a 80%. Por otra parte en la época seca del año, diciembre-marzo, se acumula en promedio un 25% del total anual (figura 11) con registros entre 320 mm y 2200 mm.

En general los registros de los meses del periodo lluvioso equivalen en promedio al 9.5% del total anual para cada mes (valores entre 250 mm y 750 mm), observándose porcentajes tan altos como 13.5% en el mes de mayo para La Terecita y de 13.4% en el mes de agosto para Tanela. Mientras que para la época seca se identifican registros de hasta 6% para cada mes, llegando a encontrar porcentajes mínimos de hasta 2.5% (con variaciones entre estaciones de 60 mm a 500 mm) en el mes de febrero generalmente.

Figura 11. Sub-patrón monomodal 2-2.

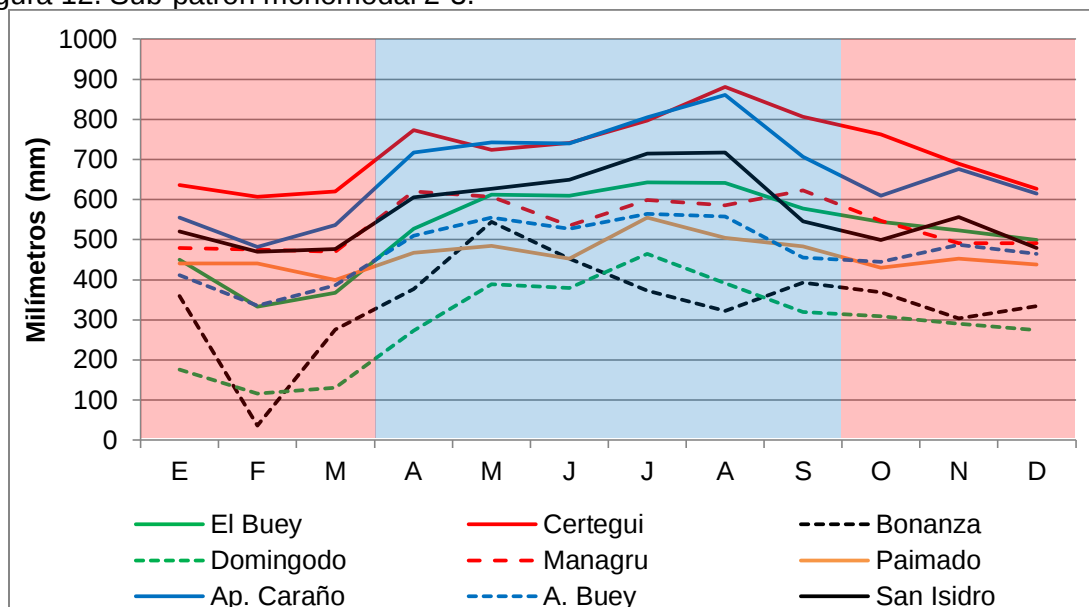


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.1.3.3 Sub-Patrón Monomodal 2-3. Durante el periodo lluvioso que se extiende, en la mayoría de los casos de abril hasta septiembre, se observan valores de alrededor de 56% sobre el total anual (entre 2200 mm y 4700 mm precipitados), en las estaciones Alto del Buey y San Isidro el período lluvioso se ubica entre abril y agosto siendo el más corto para el área de estudio con lo cual los registros son casi de la mitad de la precipitación anual para esta parte del año. Por su parte la época seca del año, octubre-marzo, presenta valores que oscilan entre 1300 mm y 3900 mm, que representan el 44% del total anual, variando en algunos casos como los ya mencionados (figura 12).

Para los meses del período lluvioso se presenta en general un equivalente al 9.5% (entre 300 mm y 800 mm) del total anual, con valores mensuales máximos de 13.2% en Bonanza, mientras que durante la época seca, la cantidad acumulada en cada mes no sobrepasa el 7% del total anual, observándose registros mínimos de hasta 3.3%, además de esto se observa un registro excepcionalmente bajo en la estación Bonanza 0.9% en el mes de febrero, Todos estos porcentajes están siempre referidos sobre la equivalencia de los registros de precipitación de cada mes sobre la precipitación acumulada durante el año.

Figura 12. Sub-patrón monomodal 2-3.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

El patrón monomodal 2 comprende en general, sin tener en cuenta en este caso las pequeñas variaciones de los sub-patrones, el periodo lluvioso entre los meses de abril a octubre y la temporada más seca entre noviembre y marzo, esta fluctuación de la precipitación obedece a la influencia conjunta que ejercen tanto la ZCIT como el chorro del Chocó entre los 5° y 8,5° de latitud norte (ubicación de las estaciones de este patrón), entre abril y mayo se observa una influencia baja de estos elementos incrementando levemente los registros y marcando así el inicio de la época lluviosa, relacionado con la vuelta a la normalidad del chorro del Chocó, después de la época de menor influencia de principio de año, y con el desplazamiento hacia el norte de la ZCIT que le da una mayor importancia en los procesos de generación de lluvia hacia estas latitudes. Desde el mes de junio se observa un incremento de los registros, más claro en esta ocasión, debido a la ubicación de la ZCIT hacia los “8° de latitud norte en junio” (León, Zea & Eslava, 2000), además de esto se identifica que los registros se mantienen altos en época en que la ZCIT ya empezó su desplazamiento hacia el sur y esto se debe al reforzamiento del chorro del Chocó hacia el mes de septiembre (Poveda, 2004), posteriormente la ZCIT se ubica más al sur al igual que el chorro del Chocó, marcando así el fin del periodo lluvioso e iniciando la época relativamente más seca.

Ahora si bien la estacionalidad general de la precipitación para este patrón tiene que ver casi en totalidad con la ZCIT y el chorro del Chocó, hay que aclarar que en este caso intervienen claramente otros factores de tipo local, los cuales permiten observar las pequeñas variaciones dentro del patrón, descritas estas en los sub-patrones, delimitados principalmente por los flujos de viento en la cuenca del río Atrato, además de esto se observa como los mayores registros se centran hacia el piedemonte de la cordillera Occidental debido a los procesos convectivos forzados por la misma.

6.1.4 Monomodal 3. En este patrón se agrupan ocho estaciones (tabla 6) todas ubicadas en el departamento de Nariño, el máximo registro se identifica en la estación Barbacoas con 6775 mm, mientras que el menor es para la estación Aeropuerto La Florida con 2164 mm al año. La altura varía entre los 3 m.s.n.m en Aeropuerto La Florida hasta los 226 de La Guayacana, la distancia a la línea de costa pasa de prácticamente 0 Km en Aeropuerto La Florida llegando a los 70 Km de La Guayacana (figura 13).

Tabla 6. Estaciones patrón monomodal 3.

Código	Nombre	Dpto.	Municipio	Cuenca	Latitud	Longitud	Altitud
5103002	El Coco	Nariño	Tumaco	El Rosario	01°38'	78°37'	20
5302002	S. José Tapaje	Nariño	Magui	Tapaje	02°04'	78°06'	80
5302001	El Charco	Nariño	El Charco	Tapaje	02°26'	78°05'	30
5102005	La Guayacana	Nariño	Tumaco	Guiza	01°24'	78°26'	226
5207001	Magui	Nariño	Magui	Magui	01°45'	78°11'	165
5103501	Apto. La Florida	Nariño	Tumaco	Cuanapí	01°48'	78°46'	3
5206502	Barbacoas	Nariño	Barbacoas	Telembí	01°40'	78°08'	60
5209002	Remolino Grande	Nariño	Roberto Payan	Patía	02°11'	78°24'	40

Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

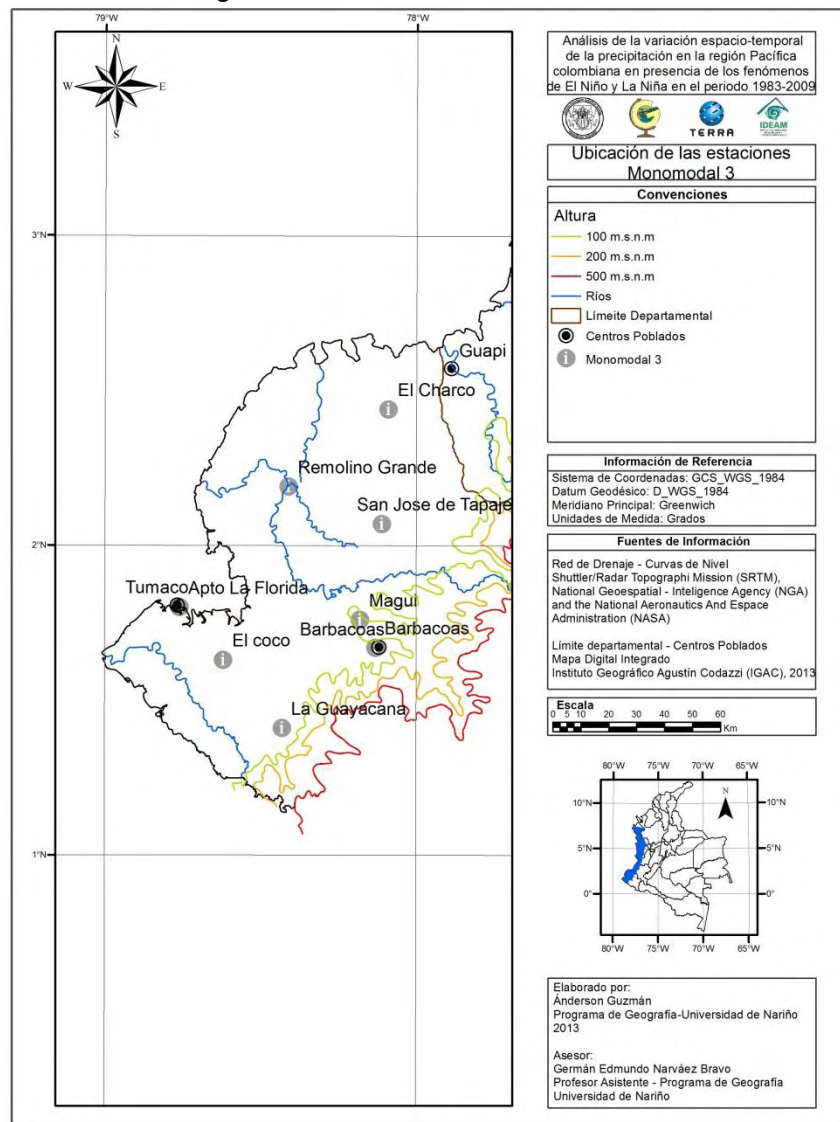
El periodo lluviosos de este patrón se encuentra entre los meses de marzo-junio, acumulándose en promedio el 42% sobre el total anual (1550 mm en Remolino Grande hasta 4000 mm en Barbacoas), siendo abril el mes más lluvioso con registros que siempre superiores al 10% y que llegan incluso a ser superiores al 14% sobre el total anual. En las estaciones El Coco y Aeropuerto La Florida, este periodo tiene una duración de seis meses, iniciando en enero y terminando en junio, sumando en estos meses hasta el 70% de la precipitación del año, siendo así las que presentan las lluvias más intensas en la zona sur de la región Pacífica colombiana (figura 14).

Por su parte, la época seca del año se presenta desde julio hasta diciembre y registra en promedio el 40% de la precipitación acumulada a lo largo del año (610 mm a 2770 mm), dejando así, para cada mes de esta parte del año, un equivalente al 7% del total anual, siendo agosto-septiembre los que menos precipitación reciben a lo largo del año, alrededor de 4% en la mayoría de estaciones (figura 14).

Sumando los meses secos y lluviosos, se encuentra que estos periodos solo cubren 10 de los 12 meses del año, excepto en El Coco y en Aeropuerto La Florida, esto se debe a que los al inicio del año, meses de enero y febrero, no se encuentra una clara tendencia para

vincular a alguno de estos en el periodo seco o el periodo lluviosos y siendo así, se opta por tomarlos como meses transicionales el fin de año seco y los meses lluviosos que se presentan a partir de marzo. En las estaciones Remolino grande, San José de Tapajé y El Charco, enero presenta una alta precipitación que disminuye abruptamente hacia febrero, variando muy rápido los registros en apenas dos meses, mientras que en el resto de las estaciones los registros para estos meses se mantienen cerca del 8.3% que indica una calara transición entre periodos.

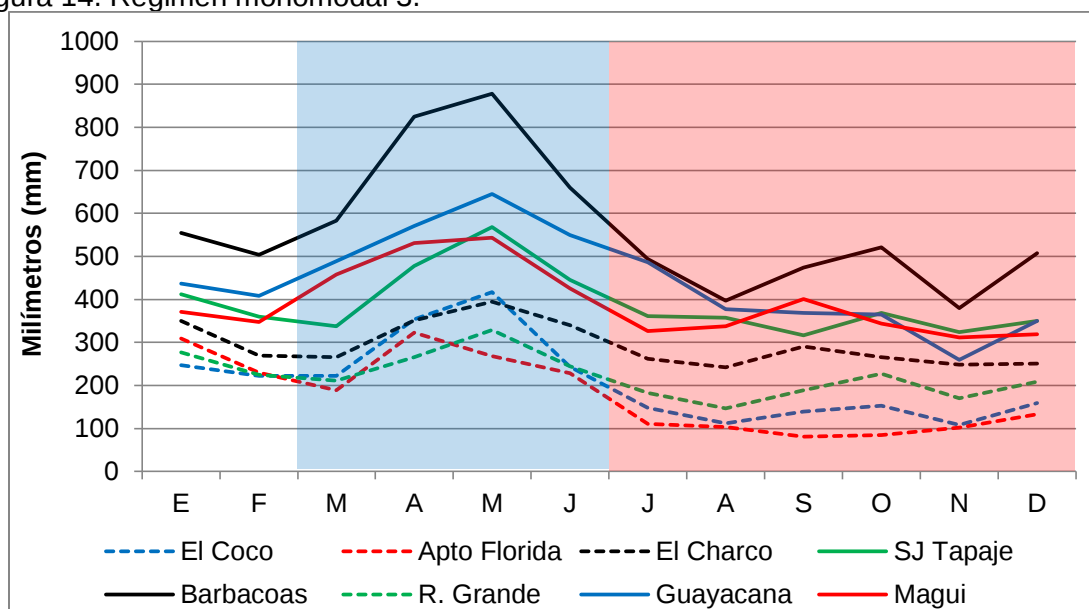
Figura 13. Estaciones con régimen monomodal 3.



El patrón monomodal 3 presenta una dinámica diferente a la del resto de la región Pacífica, puesto que en este caso la época lluviosa está a principios de año y la segunda parte del año es relativamente seca, mientras que en el resto de los patrones la condición es contraria con un primer semestre más bien lluvioso y una segunda mitad más lluviosa. Esto obedece a que en el sector sur del área de estudio, ubicación de las estaciones

representativas del patrón monomodal 3, “la ZCIT se ubica en los meses de enero y febrero hacia los 2 grados de latitud norte” (León, Zea & Eslava, 2000), explicando esta condición de la ZCIT el porqué del inicio de la época lluviosa pero no su duración hasta junio, esto se explica por los “vientos alisios trans-ecuatoriales del Pacífico que se recurvan e ingresan por el oeste de Colombia” (Poveda, 2004) y son los que mantienen los altos registros de precipitación, por su parte la época seca se da por la migración hacia el norte de la ZCIT y se puede asumir también que la poca o casi inexistente influencia del chorro del Chocó sobre este sector de la región Pacífica colombiana permite que los registros sean de los más bajos de toda la región.

Figura 14. Régimen monomodal 3.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.1.5 Sin Patrón Definido. En esta categoría se han agrupado las estaciones en las que no se observa un comportamiento congruente con alguno de los patrones descritos anteriormente, en total se cuentan seis estaciones en esta categoría (tabla 7) Cuatro ubicadas en el departamento del chocó y otras dos en el departamento de Nariño (figura 15), en este caso no se puede hablar de promedios para un periodo lluvioso o una época seca puesto que no guardan ninguna uniformidad. Ahora bien si no se puede hablar de épocas bien definidas para todas las estaciones en conjunto, se pretende describirlas de una forma aislada, pero tratando de encontrar alguna relación entre estas o con alguno de los anteriores patrones.

Tabla 7. Estaciones sin patrón definido.

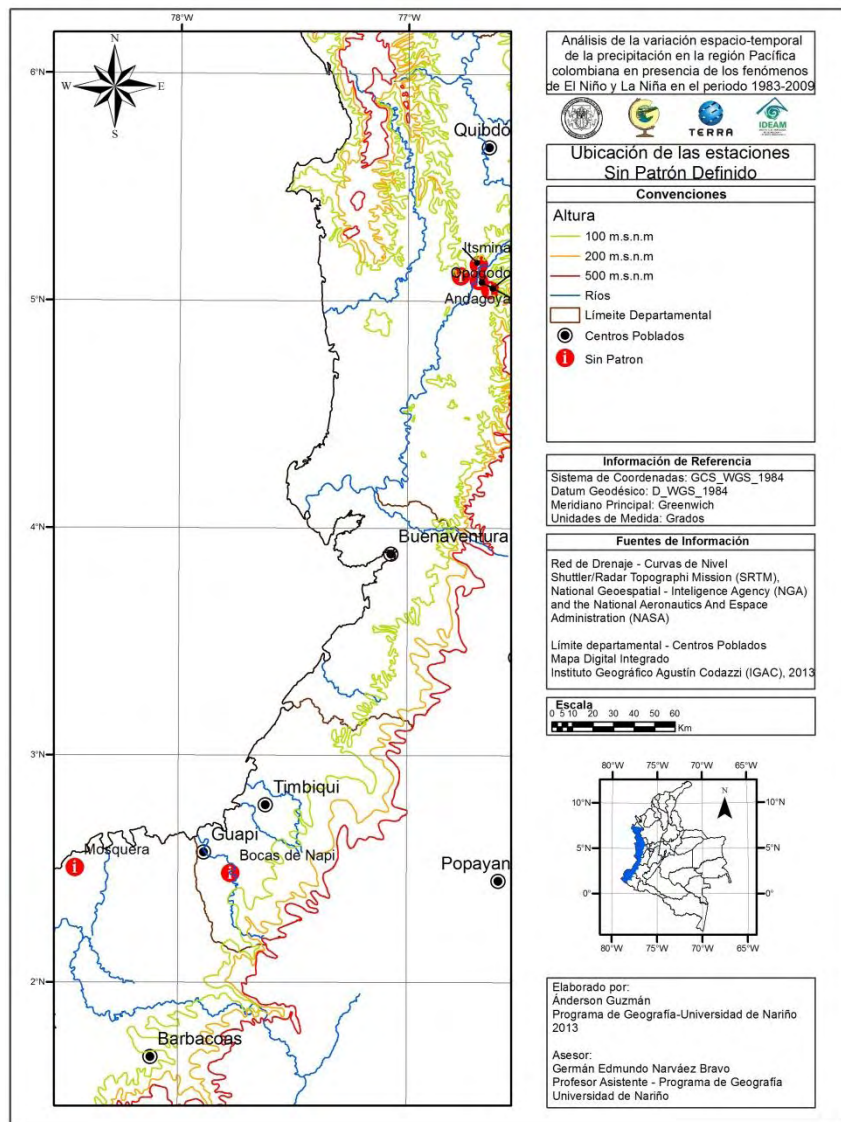
Código	Nombre	Dpto.	Cuenca	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud
5501002	Pie de Pepe	Chocó	Pepe	Itsmina	05°07'	76°46'	57
5401001	Itsmina	Chocó	San Juan	Itsmina	05°09'	76°41'	90
5402001	Andagoya	Chocó	San Juan	Medio S. Juan	05°05'	76°41'	35

Tabla 7. Continuación.

Código	Nombre	Dpto.	Cuenca	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud
5402006	Opogodo	Chocó	Condoto	Condoto	05°03'	76°38'	70
5304001	Bocas de Napí	Nariño	Napí	Guapí	02°29'	77°46'	20
5301002	Mosquera	Nariño	Guascama	Mosquera	02°30'	78°27'	10

Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Figura 15. Estaciones sin patrón definido.



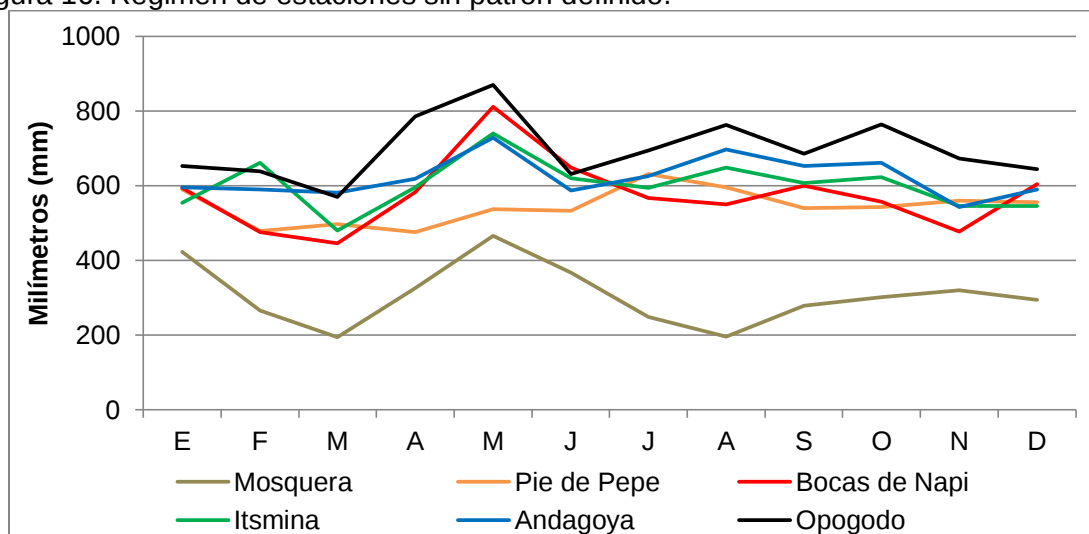
Dentro de estas estaciones, aunque no se puede hablar de un comportamiento homogéneo (figura 16), se encuentran ciertas similitudes entre ellas, Opogodo con 8370 mm anuales y Bocas de Napí con 6914 mm anuales presentan un inicio de año muy similar con un primer trimestre de tendencia seca, el cual es seguido por dos meses más

lluviosos, entre los que se destaca mayo como el mayor registro del año, posterior a estos cinco meses la concordancia entre las dos estaciones tiende a desaparecer y se hacen notorias las oscilaciones aleatorias, en Opogodo se observan dos meses secos después de los cinco primeros meses, dentro de los cuales sobresale el mes de junio como el más seco del año con 7.5% del total anual, posterior a esto hay un intercambio entre meses secos y lluviosos, mientras que en Bocas de Napí se identifica, después de los cinco primeros meses, apenas el mes de junio como lluvioso y después de este una constancia en los porcentajes de precipitación que pasan entre los 7.9% y 8.7%, exceptuando noviembre en el que se registra un 6.9% siendo el mes más seco del año para esta estación.

Por su parte las estaciones Itsmina y Andagoya presentan los cuatro primeros meses como secos (marzo es el más seco del año en Itsmina con un 6.6% del total anual), seguidos por cuatro meses de tendencia lluviosa, entre estos el mes de mayo es el más lluvioso del año para las dos estaciones con registros de 10.3% en Itsmina y de 9.8% en Andagoya, los últimos cuatro meses son más o menos constantes con promedios que oscilan entre los 7.3% y 8.9%.

Por último se observa en las estaciones Mosquera y Pie de Pepe que enero es un mes lluvioso seguido por dos meses secos, destacándose marzo en Mosquera como uno de los más secos del año, después de estos tres meses de similar comportamiento, en Pie de Pepe se observan dos meses de un comportamiento neutro seguidos por dos meses lluviosos, siendo julio el más alto registro del año con 9.7%, mientras que en Mosquera el segundo trimestre del año es lluvioso con el más alto registro del año en mayo (12.6%), en la segunda mitad del año se observa una oscilación casi constante, con valores entre 7.6% y 8.6%, pero el mes de agosto presenta un 5.3% sobre el total anual, siendo uno de los dos meses más secos del año junto a marzo. Por su parte en pie de pepe la última parte del año es mucho más constante, entre septiembre y diciembre se identifican valores entre 8.3% y 8.6% sin ninguna variación significativa.

Figura 16. Régimen de estaciones sin patrón definido.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

A manera de síntesis y considerando lo afirmado por Cuadrat y Pita (2006) la distribución mensual o estacional de la precipitación depende básicamente de las variaciones latitudinales de los vientos zonales a lo largo del año, en el caso de la región Pacífica colombiana, estas características se reducen prácticamente a dos condiciones; 1) el movimiento latitudinal de la ZCIT y 2) el cambio de los vientos provenientes del Océano Pacífico, para este segundo punto el sistema más significativo es la corriente de chorro de bajo nivel denominada por Poveda (2004) como “chorro del Chocó”. Estos dos elementos y la interacción que tienen con los factores geográficos más destacados de la zona; el relieve (cordillera occidental y presencia de valles y cañones) y la distancia al mar, son los que determinan la existencia de los diferentes patrones de precipitación descritos.

En este sentido se puede resumir la influencia de la ZCIT cuando se identifican los meses en que aumentan o disminuyen las precipitaciones en los diferentes patrones, en este caso tomados de norte a sur; el primer lugar corresponde a las estaciones con patrón monomodal 2, el cual describe el comportamiento de la precipitación en gran parte del departamento del Chocó (zona norte del área de estudio), en un segundo sector estarían las estaciones monomodal 1 y bimodal, distribuidas en la región Pacífica del Cauca y Valle del Cauca, por último se haría referencia a las características del patrón monomodal 3, la zona más sur del área de estudio.

En el primer caso los meses con mayores registros se encuentran entre abril y octubre, destacándose el bimestre agosto-septiembre, el cual está relacionado con la posición de la ZCIT y la alta actividad del chorro del Chocó, además se presenta una alta convección orográfica producto del direccionamiento que ejerce el valle del río Atrato sobre los Alisios del noreste, al llevar las masas húmedas desde el mar Caribe hasta la parte alta de la cordillera occidental cerca de los 6° de latitud norte. Por su parte los meses relativamente secos obedecen a la “desaparición del chorro del Chocó” y a la posición más austral de la ZCIT, con lo cual se supone un desplazamiento en la misma dirección de los Alisios, dejando así la generación de precipitación a cargo del procesos más locales lo cual permite identificar la disminución en los registros.

En la zona central podemos identificar los más altos registros en el mes de mayo y hacia los últimos cuatro meses del año, esto debido al desplazamiento de la ZCIT, transición más rápida, al parecer, en sentido sur-norte (entre abril y mayo), puesto que solo alcanza para aumentar los registros en el mes de mayo, mientras que en sentido opuesto, norte-sur (entre octubre-noviembre), los registros se mantienen altos durante poco más de un trimestre. Sumando a estas características, la actividad que tienen los vientos provenientes del Pacífico en la costa caucana muy estrecha con respecto al resto del área de estudio, se interpreta que existe una convección orogénica muy rápida y sin pérdida prácticamente de humedad lo cual contribuye a la presencia de los registros más altos de la región Pacífica colombiana. Por su parte en el sector de Buenaventura se identifica la influencia del relieve asociado a las formaciones de los ríos Calima y Yurumanguí que transportan las masas húmedas hacia la parte más alta de la cordillera.

Finalmente, en el sector más sur, se identifica un cambio en los meses más lluviosos asociados en este caso al hecho de que la ZCIT se encuentra en estas latitudes (1° a 2° latitud norte) en la primera mitad del año, contrario a lo observado en los otros sectores del área, además de esto se sabe que el chorro del Chocó no tiene influencia en esta zona, con lo cual los registros altos de precipitación dependen en gran medida de la

ZCIT, mientras que la precipitación generada en meses sin ZCIT queda relegada a lo que puedan sumar los fenómenos de convección local y la convección orográfica de los vientos provenientes del Pacífico, en este caso debido a la distancia que existe entre la línea de costa y la cordillera, dicha convección no contribuye significativamente en el aumento de registros de toda la región pacífica nariñense, relegándose al área de influencia del núcleo Güiza.

6.2 VARIACIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN ANTE LA OCURRENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO

Retomando lo dicho anteriormente, de una forma muy general, este fenómeno se caracteriza por un calentamiento anómalo de la superficie oceánica que puede extenderse hasta los 12° de latitud sur, con anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) siempre positivas en el sector central y oriental del océano Pacífico en un periodo de 4 meses o más, y que está asociado a un cambio en el patrón de presión del Pacífico, caracterizado por un aumento en el sector occidental y una disminución en el sector oriental. Para el desarrollo de este concepto dentro de la presente investigación se tomará como “fenómeno de El Niño” los periodos con anomalías superiores a -0.5 en el Índice de Oscilación del Sur (IOS), el cual marca los cambios en la presión del Pacífico, y que se prolonguen durante cinco o más meses consecutivos. Además se consideraran durante estos meses anomalías de la TSM, observada en el Índice Oceánico de El Niño (ONI), que sean mayores a +0.5. Los datos con los cuales se determina la existencia de dichas anomalías son tomados de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)².

Los periodos que se determinan con presencia de El Niño se muestran en la tabla 8, dentro de la cual se describen los años y meses de incidencia de cada uno de los fenómenos identificados para el periodo de estudio; también se muestra el promedio de las anomalías que se observan en el IOS y el ONI durante los meses en que dicho fenómeno se manifiesta:

Tabla 8. Fenómenos de El Niño.

Año	Período de desarrollo	Duración (meses)	Anomalía IOS	Anomalía ONI
1982-1983 ³	Mayo 1982 – Junio 1983	6 ⁴	-1.6 ⁵	1.4 ⁶
1986-1988	Agosto 1986 – Febrero de 1988	19	-0.8	1.1
1991-1992	Febrero 1991 – Junio 1992	17	-0.9	0.9
1994-1995	Septiembre 1994 – Marzo 1995	7	-0.6	0.8
1997-1998	Mayo 1997 – Abril 1998	12	-1.5	1.7
2002-2003	Mayo 2002 – Febrero 2003	10	-0.6	0.9
2004-2005	Julio 2004 – Enero 2005	7	-1.0	1.1

Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

Además de los datos mencionados, hace falta remitirse a los datos de precipitación para identificar como las variaciones que se originan en el océano Pacífico (a nivel atmosférico como oceánico) afectan el comportamiento de esta variable climática. En este caso se opta por definir dichos cambios a través de anomalías porcentuales, las cuales se calculan obteniendo en primer lugar la diferencia entre el mes afectado por el fenómeno y

² Los datos pueden ser consultados en la página <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>

³ De este fenómeno solo se contabiliza, para esta investigación, los primeros seis meses del año 1983, debido al periodo de tiempo que abarca la investigación.

⁴ La duración total de EN 82-83 es de 14 meses, 8 en el 82 y los 6 restantes en el 83

⁵ El promedio del IOS durante todo el fenómeno EN 82-83 es de 2.1

⁶ El promedio del ONI durante todo el fenómeno EN 82-83 es de 1.3

el promedio histórico de dicho mes, lo cual da lugar a la anomalía absoluta (en milímetros) para cada mes (ecuación 1). Posteriormente se toma este valor, en milímetros, se multiplica por 100, que actúa como factor de conversión y este producto se divide sobre el valor promedio del mes en cuestión, que representa en este caso el 100%, o valor normal que representa la normal acumulación (ecuación 2).

Ecuación 1.

$$A=M-M_p$$

Dónde:

A: anomalía

M: precipitación del mes afectado por el fenómeno

M_p: precipitación promedio del mes

Ecuación 2.

$$A\%=(A*100)/M_p$$

Dónde:

A%: anomalía porcentual

A: anomalía

M_p: precipitación promedio del mes

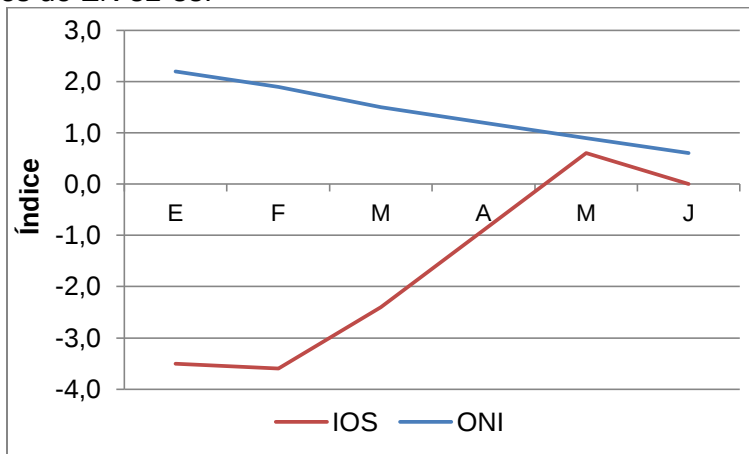
Una vez obtenidos los datos de anomalías, se identifica un rango en el que las oscilaciones puedan denominarse como normales, debido esto a que se identifican en meses aislados que no están relacionados con ninguna de las fases del ciclo ENOS. Para la mayoría de estaciones se observa que se pueden presentar anomalías entre los 10% y -10% con cierta regularidad, sin afectar esto el comportamiento normal de la precipitación a lo largo del año, con lo que este es el denominado “rango normal”. Por su parte, las variaciones mayores a -10% o 10% están relacionadas generalmente con los fenómenos de El Niño o La Niña, existiendo por supuesto algunas excepciones que tienen que ver con fenómenos de menor escala los cuales no competen a esta investigación.

6.2.1 El Niño 1982-1983 (EN 82-83). Este es el primer fenómeno del cual se obtienen registros en esta investigación, teniendo en cuenta para su descripción únicamente los seis primeros meses del año 1983, puesto que para los meses afectados en 1982 no se adquirieron registros de precipitación. Durante EN 82-83 se observa que de las 56 estaciones, 43 presentan registros de precipitación menores al promedio histórico entre -10% y -67%; en cinco estaciones se identifican aumentos en la precipitación que oscilan entre 19% y el 43%; y en las ocho restantes se encuentra un comportamiento muy similar al promedio con registros que apenas varían entre 10% y -10%.

La mayoría de estas anomalías están relacionadas de una u otra manera con las variaciones que durante este evento se observan en las condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico tropical, mostradas estas en la figura 17 en la cual se observan las variaciones del Índice de Oscilación del Sur (IOS) y en el Índice Oceánico de El Niño (ONI). En términos generales se puede decir que este comportamiento obedece a que a

comienzos de 1983, EN 82-83 se encuentra en pleno desarrollo, mientras que hacia junio las condiciones tienden a normalizarse, anomalías cercanas a 0, debido al debilitamiento del fenómeno.

Figura 17. Índices de EN 82-83.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

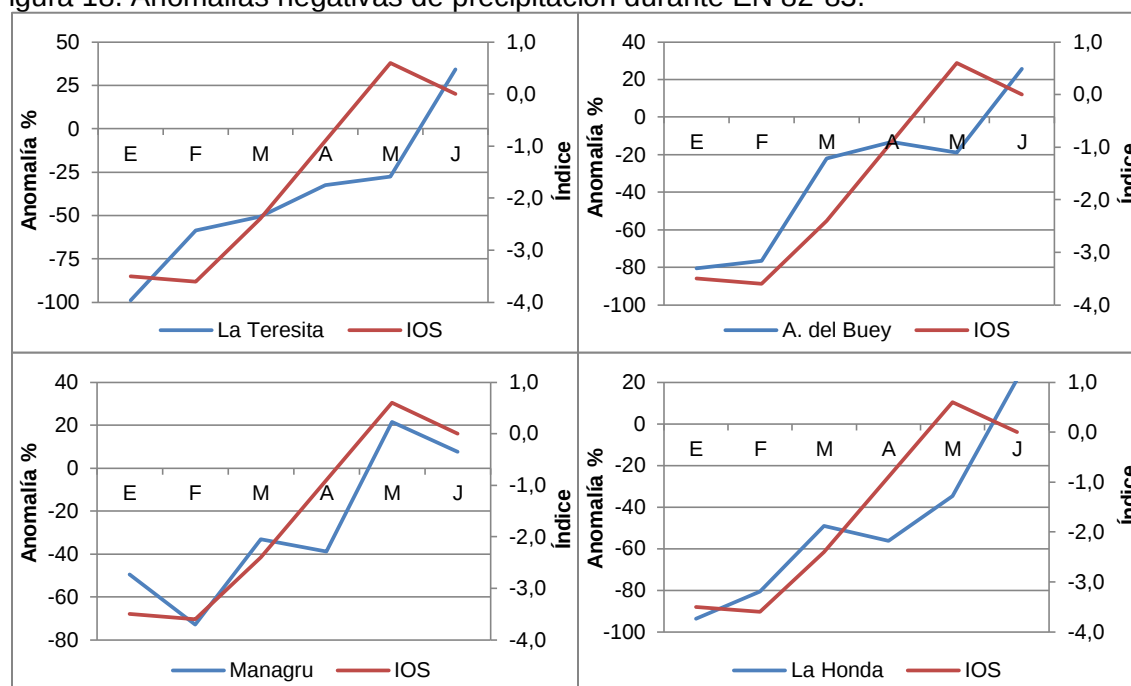
Dentro de las 43 estaciones que presentan anomalías negativas se identifican dos patrones principales: en el primero se encuentran 18 estaciones (las cuatro más significativas en la figura 18) en las que se observa que hacia el inicio del año el déficit de precipitación es fuerte, llegando en algunos casos a -100% aunque generalmente los menores registros oscilan entre -50% y -80%, pero va retornando a su normalidad a medida que se acerca el final del evento, mostrando algunas anomalías positivas en la mayoría de casos no superiores al 20%.

Este comportamiento está estrechamente relacionado con lo sucedido en las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico tropical, reflejadas por el IOS y el ONI (figura 17), guardando una relación directa con el primero, es decir, presentando anomalías negativas la precipitación al igual que la presión atmosférica, indicando que mientras las presiones sean más bajas que lo normal, los procesos de generación y transporte de precipitación se ven disminuidos. Por su parte la relación que se observa con el ONI es inversa, en este caso mostrando anomalías positivas el índice y negativas la precipitación dando a entender así que si la TSM en el Pacífico tropical es más alta que lo normal, la precipitación de la región Pacífica colombiana estará por debajo de los registros históricos. Estas características no concuerdan con lo que se esperaría, puesto que al encontrar zonas con una TSM superior a la media y de menor presión atmosférica se deberían registrar aumentos de la precipitación, debido a la mayor cantidad de aire húmedo y cálido interactuando en la atmósfera.

En el caso de la región Pacífica colombiana, cabe recordar que; uno de los generadores de gran cantidad de precipitación es el chorro del Choco, el cual se genera debido al gradiente de temperatura observado entre la TSM del pacífico colombiano y la TSM de la lengua fría de Humboldt o del Perú (Poveda, 2004). Entonces, al presentarse el calentamiento de las aguas en el centro-oriental del Pacífico tropical (característica del

fenómeno de El Niño), es posible que este gradiente se vea afectado, disminuyendo la intensidad del chorro y generándose así los déficits identificados en la precipitación.

Figura 18. Anomalías negativas de precipitación durante EN 82-83.



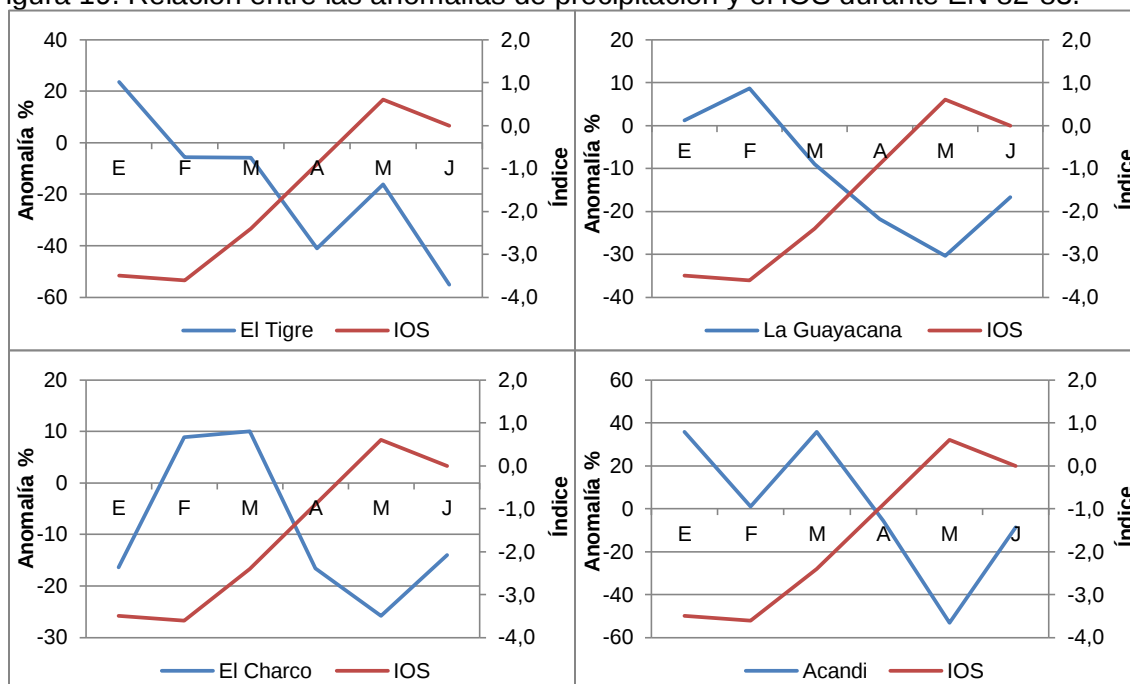
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

De las 18 estaciones que se caracterizan por el comportamiento descrito, 17 se encuentran en el departamento del Chocó, en las cuencas de los ríos Atrato y San Juan, mostrando que este comportamiento puede estar ligado además, de las variaciones en el chorro del Chocó y la ZCIT, con la ubicación latitudinal de las mismas.

El segundo patrón identificado en este fenómeno también se observan anomalías negativas pero con un comportamiento contrario al descrito anteriormente (figura 18), siendo un grupo más reducido, con siete estaciones, las cuatro más representativas en la figura 19. En este grupo se observa que a principio de 1983 uno o dos meses tienen anomalías negativas, generalmente no superiores a 35%, pero posteriormente se observa que los déficits en la precipitación se hacen más notorios, llegando hasta -50%.

Este patrón se relaciona de manera inversa al comportamiento del IOS, puesto que mientras el índice muestra las anomalías negativas más fuertes (baja presión en el centro-oriente del Pacífico) la precipitación ostenta anomalías positivas. Mostrando que en este caso el aumento de procesos convectivos el Pacífico tropical generan mayor precipitación. Por otra parte, la relación identificada con el ONI es de característica directa, cuando la TSM del Pacífico tropical presenta valores negativos, la precipitación tiende a estar de la misma manera por debajo de los registros históricos.

Figura 19. Relación entre las anomalías de precipitación y el IOS durante EN 82-83.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

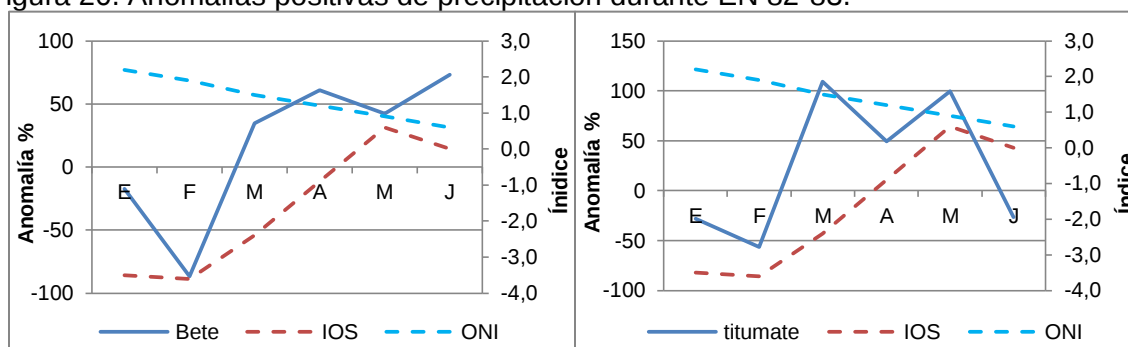
En este caso, las siete estaciones, muestran un comportamiento que no concuerda con lo que posiblemente ocurre con el chorro del Choco, debilitado por cambio del gradiente entre la Lengua fría de Humboldt y la TSM frente a la costa colombiana, ni con los cambios que se esperaría identificar en la ZCIT, que debería ser menos intensa debido al debilitamiento de los Alisios. Esto puede estar ligado con procesos de intensificación de la convección local o con un cambio en las condiciones de la TSM frente a la costa que podría generar un aumento en la precipitación, todo esto hacia principio de año puesto que a la larga las anomalías arrojadas para todo EN 82-83 son negativas.

Además de los dos comportamientos descritos, se observa que en las 18 estaciones restantes, con anomalías negativas, las oscilaciones de la precipitación no tiene un patrón característico y más bien se identifican variaciones aleatorias durante los seis meses afectados por el fenómeno sin guardar una relación estrecha con alguno de los dos índices, pero siempre mostrando una mayoría de registros mensuales, y por ende en promedio para todo EN 82-83, por debajo de los valores históricos.

Por su parte, en el grupo de las estaciones que presentan anomalías positivas, cinco en total, se identifica que generalmente las más altas están asociadas a los meses de marzo-abril-mayo (figura 20), encontrando datos entre +20% y +50%, en los cuales los índices IOS y ONI no muestran grandes fluctuaciones y más bien demuestran un comportamiento cercano a lo normal, con lo cual se puede decir que estas variaciones no están estrechamente ligadas con las variaciones de los índices. No obstante se podría decir también, aunque con poca certeza, que este comportamiento está ligado a las condiciones que se presentan en el Pacífico tropical en meses anteriores y que llegan a afectar los patrones de precipitación del área de estudio con dos o más meses de retraso.

En relación a estas estaciones es igualmente válido argumentar que; éstas presentan un comportamiento más cercano a lo que ocurre en gran parte de la costa pacífica suramericana, en la que se observa un aumento en la precipitación debido a la menor presión atmosférica y mayor TSM, pero en el caso de la región Pacífica colombiana, este comportamiento es muy particular y no representa lo que sucede habitualmente durante un fenómeno de El Niño.

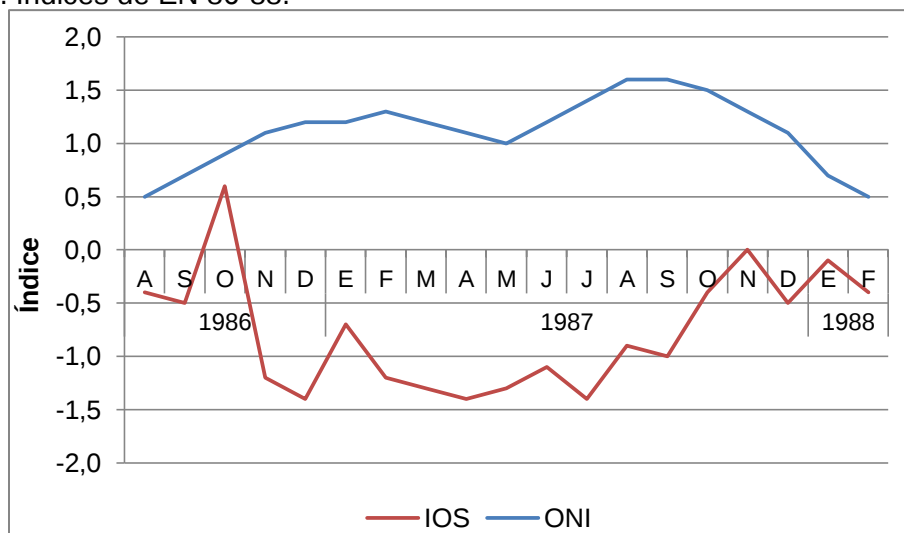
Figura 20. Anomalías positivas de precipitación durante EN 82-83.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.2.2 El Niño 1986-1988 (EN 86-88). Este fenómeno inicia en agosto de 1986 y se prolonga hasta febrero de 1988, con un total de 19 meses durante los cuales se observa que en 27 de las 56 estaciones los registros de precipitación tienden a disminuir en un rango entre los -10% y -53%; en seis estaciones se presentan anomalías positivas del orden de 13% a 45%; mientras que las restantes 23 estaciones muestran oscilaciones entre 10% y -10%. Si bien estos rangos porcentuales se observan con claridad en la totalidad del fenómeno, es cierto también que existen oscilaciones de la precipitación relacionadas con los diferentes periodos secos y lluviosos que se identifican durante este período de tiempo.

Figura 21. Índices de EN 86-88.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

Los índices IOS y ONI muestran la presencia clara del fenómeno durante 1987, identificándose un comportamiento más cercano al histórico hacia el inicio y el final del evento, en 1986 y 1988 respectivamente, con lo cual se espera encontrar las más fuertes anomalías hacia la mitad del evento, cuando los dos índices se alejan más de los registros históricos (figura 21).

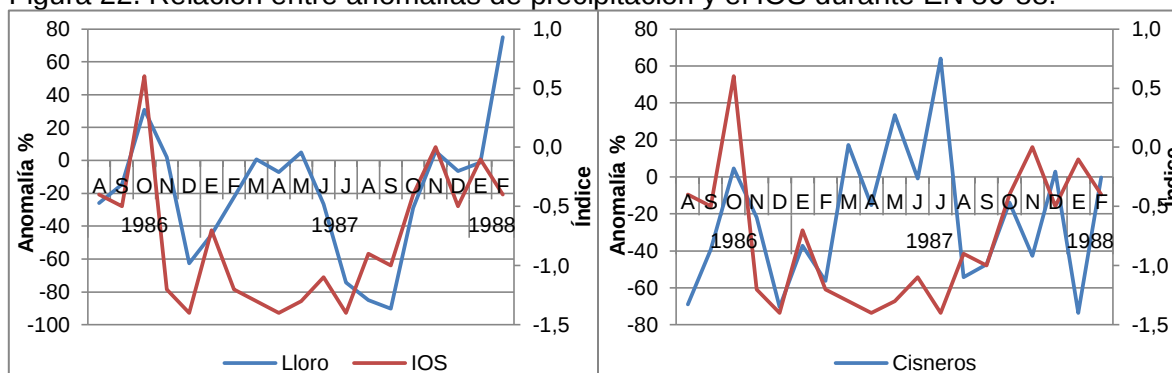
De las 27 estaciones en las que se observan déficits de precipitación, en 18 se identifica un comportamiento ligado a las oscilaciones del IOS (gráfico 22) y en las 9 restantes los cambios en la precipitación no guardan una relación estrecha con alguno de los índices. Hablando de las 18 estaciones en las que se identifica la relación con el IOS se observa que: hacia principio (de agosto a octubre de 1986) y final del evento (enero y febrero de 1988) se presentan registros cercanos a lo normal, tanto en la precipitación como en el IOS. Por su parte, hacia la mitad de EN 86-88 (noviembre de 1986 a septiembre de 1987) se identifican tres variaciones importantes; la primera de ellas entre noviembre de 1986 y febrero de 1987, meses que en la mayor parte del área de estudio son relativamente secos, en los cuales se observa que la precipitación disminuye a medida que el IOS se hace negativo, llegando a anomalías de entre -40% y -60%, acentuando en este caso las condiciones históricamente “secas” de estos meses.

Posteriormente se desarrolla la segunda variación de mitad de EN 86-88, entre marzo y julio de 1987, haciéndose mucho más notorias las anomalías negativas del IOS, mientras que en la precipitación se identifica una tendencia de regreso a las condiciones normales, es decir, anomalías cercanas a 0% y -10%, que si bien en algunos casos pueden ser superiores, generalmente se mantienen en este rango. Este comportamiento está ligado a los meses históricamente más lluviosos, al parecer los fenómenos que generan la precipitación durante este periodo de tiempo no desaparecen, aunque pueden verse disminuidos, y son los que logran que la precipitación llegue nuevamente a los rangos normales.

Finalmente, entre agosto y noviembre de 1987, se identifica una nueva disminución de los registros de precipitación mientras que en el IOS se mantienen las mismas condiciones, en este caso las anomalías oscilan en el rango de -40% a -60%, aunque esta variación es más relevante debido a que los meses afectados son considerados históricamente como los más lluviosos en la mayor parte de la región Pacífica colombiana. Es probable que estas características estén relacionadas con la disminución del gradiente entre la Lengua fría de Humboldt y la TSM frente a la costa Pacífica colombiana, lo cual generaría una disminución de la intensidad del chorro del Choco que genera la mayor cantidad de precipitación en esta época del año, y es posible también que la intensidad de los vientos Alisios disminuya aún más, generando así un menor arrastre de la humedad proveniente de la Amazonía (Alisios del sureste) y del sector norte de Colombia (Alisios del noreste).

Por otra parte, las seis estaciones con anomalías positivas no presentan características muy importantes, apenas se notan ciertas concordancias de disminución de los registros entre enero y marzo de 1987, relacionados estos con las características históricas de este trimestre. Para el resto de EN 86-88 se observan anomalías positivas en la mayor parte del tiempo y estas pueden estar asociadas a procesos locales, o con la ubicación más sur (en dos estaciones), que permiten asemejar las condiciones de las estaciones con lo ocurrido en la mayor parte de la costa Pacífica suramericana.

Figura 22. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante EN 86-88.

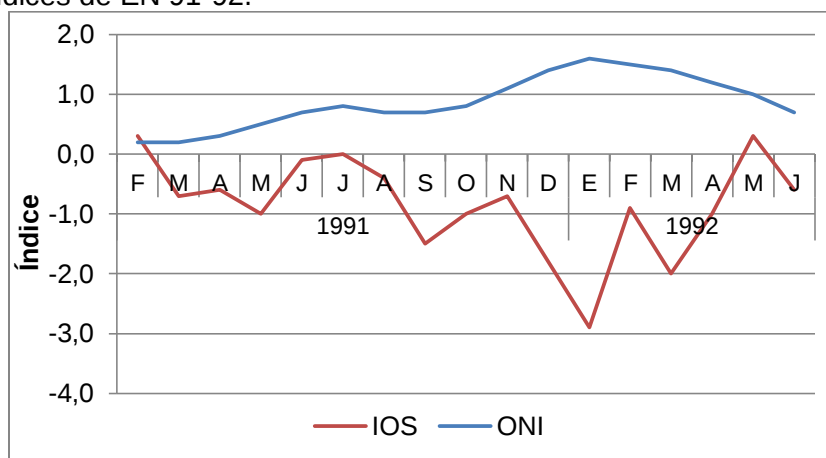


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.2.3 El Niño 1991-1992 (EN 91-92). Este fenómeno inicia en el febrero de 1991 y termina en junio de 1992, con una duración de 17 meses siendo el más largo dentro del periodo de tiempo de la investigación (1983-2009). De las 56 estaciones se identifican anomalías negativas en 27, las cuales oscilan entre -10% y -55%, mientras que solamente cinco muestran anomalías positivas, con variaciones entre 10% y 30%, las restantes 14 no presentan cambios superiores a 10% o -10%. Las oscilaciones observadas en la precipitación durante EN 91-92 están ligadas en la mayoría de los casos con las oscilaciones de los índices, ONI o IOS, pero en algunos casos es claro que el comportamiento sigue muy ligado al comportamiento anual que se observa históricamente.

Los cambios del comportamiento océano-atmosférico en el Pacífico tropical, evidenciados por los índices IOS y ONI (figura 23), muestran las mayores variaciones entre el final de 1991 y el inicio de 1992, mientras que hacia el principio y el final de EN 91-92 las fluctuaciones tienden a ser muy similares al comportamiento normalmente observado en la TSM como en la presión atmosférica. Debido a esto las mayores anomalías de precipitación, negativas o positivas, deberían encontrarse entre septiembre de 1991 y abril de 1992.

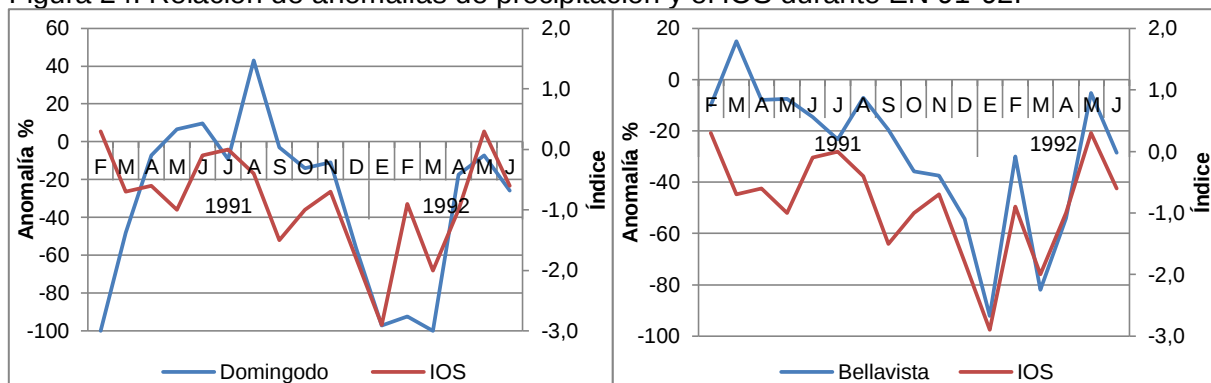
Figura 23. Índices de EN 91-92.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

De las 27 estaciones con déficits de precipitación se identifican dos comportamientos; el primero ligado a las oscilaciones del IOS (11 estaciones), el segundo con variaciones cercanas al comportamiento del ONI (4 estaciones). En el primer caso se destacan las estaciones de la figura 24, las cuales demuestran la similitud entre las anomalías de las dos variables (línea azul precipitación, línea roja IOS) durante EN 91-92, disminuyendo abruptamente la precipitación hacia finales de 1991 e inicios de 1992, periodo que coincide con la época más seca del año, mientras que los valores más cercanos al comportamiento medio se encuentran ubicados en los seis primeros meses del fenómeno coincidiendo estos con el inicio del periodo más lluvioso para casi toda el área de estudio. Además de esto es importante indicar que de las 11 estaciones, 7 se encuentran ubicadas en la cuenca del río Atrato, entre la cuenca alta y el río Sucio, con lo cual es probable que exista una relación entre la posición latitudinal y las oscilaciones que se presentan durante este fenómeno, aunque si se observa con detenimiento podría decirse también que 7 estaciones no son muy representativas, teniendo en cuenta que son 56 las que cubren el área de estudio.

Figura 24. Relación de anomalías de precipitación y el IOS durante EN 91-92.

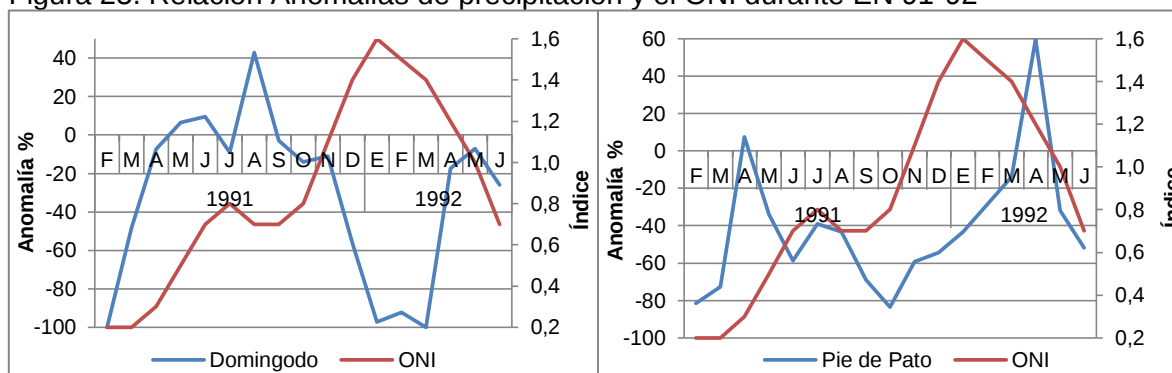


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Por su parte, las estaciones con variaciones similares al ONI (figura 25) son las que exhiben las anomalías más representativas durante EN 91-92, siendo esto muy notorio en febrero y marzo de 1991, meses de tendencia seca, mientras que durante el resto del fenómeno las anomalías siguen muy de cerca el patrón mostrado por el ONI. Los menores registros se presentan entre agosto y noviembre de 1992, meses históricamente lluviosos, invirtiendo en este caso las condiciones de los patrones anuales normales de una manera drástica, al menos durante estos meses, puesto que siendo normalmente lluviosos pasan a ser de tendencia seca. Por su parte el final de EN 91-92 presenta una tendencia hacia los valores normales, ligado esto al final del evento y el retorno a la normalidad en el comportamiento de la precipitación.

En este caso se identifica como los fenómenos que generan las precipitaciones de final e inicio de año en el área de estudio, generalmente de baja intensidad, se ven debilitados fuertemente durante EN 91-92 y permiten así observar las mayores anomalías de precipitación, coincidiendo esto con las más fuertes anomalías océano-atmosféricas del Pacífico tropical, demostrando de este modo que las variables climatológicas de la región Pacífica colombiana están estrechamente ligadas a las condiciones del océano Pacífico.

Figura 25. Relación Anomalías de precipitación y el ONI durante EN 91-92

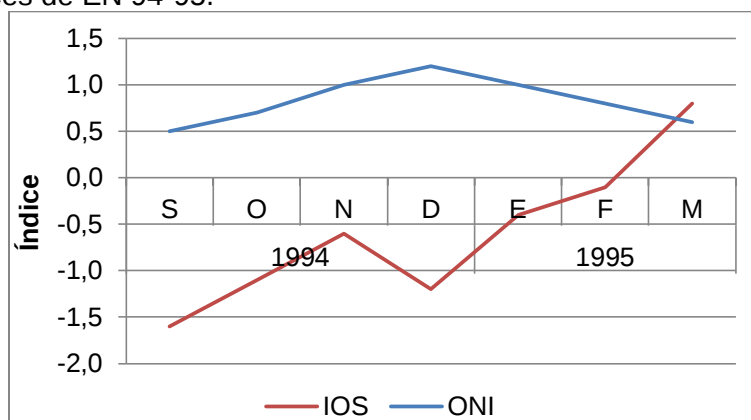


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.2.4 El Niño 1994-1995 (EN 94-95). Este fenómeno se desarrolla entre septiembre de 1994 y marzo de 1995 y durante este periodo de tiempo en las 56 estaciones se identifica una mayoría de anomalías negativas, representadas en 36 estaciones que varían entre -10% y -90% sobre el valor normal para estos 7 meses. Las anomalías positivas se observan apenas en seis estaciones que oscilan entre 10% y 27% y en las restantes 14 se identifican cambios poco significativos de entre 10% y -10%. Durante EN 94-95 se encuentra que en la mayor parte de las estaciones los cambios en la precipitación tienen que ver con los dos índices (IOS y ONI) de manera directa o inversa.

El comportamiento atmosférico observado durante la primera parte de EN 94-95 muestra, en el sector centro-oriental del Pacífico tropical, una fuerte actividad de sistemas de baja presión (IOS negativo), los cuales se van debilitando a medida que el fenómeno sigue su desarrollo. Por su parte la TSM presenta registros mucho más continuos en este periodo de tiempo, siempre por arriba de +0.5, pero se identifica una intensificación de dichos registros hacia la parte media del fenómeno (diciembre de 1994) los cuales se presentan con cierto rezago respecto de lo observado en las condiciones atmosféricas, indicando de esta manera que durante EN 94-95, y contrario a lo observado durante los otros fenómenos de El Niño, las anomalías de la atmósfera serían el disparador de los cambios en las condiciones oceánicas (figura 26).

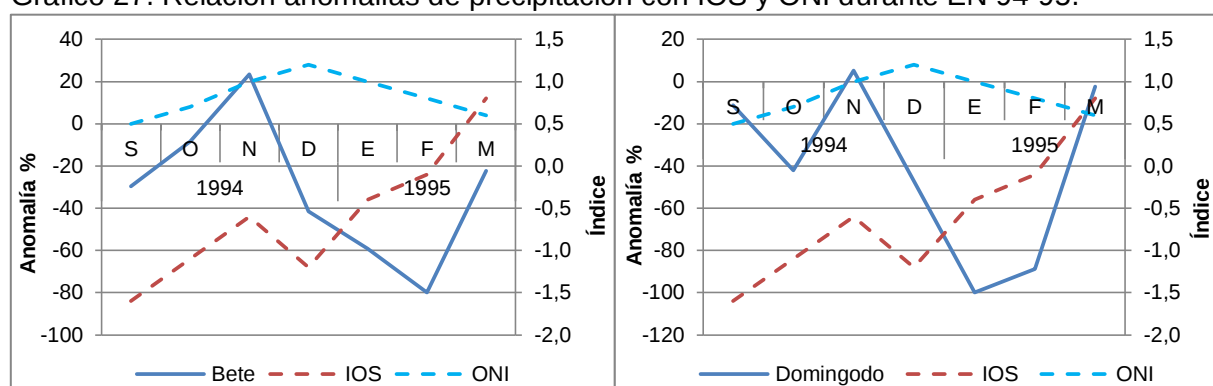
Figura 26. Índices de EN 94-95.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

En las 36 estaciones que presentan anomalías negativas se identifica un comportamiento muy relacionado con los dos índices; con respecto del IOS la relación es de carácter inverso, durante los meses en que se presentan las mayores anomalías negativas en el índice, se observa que en la precipitación los registros están más cerca del comportamiento normal, aunque se observan algunos de hasta -60% estos son la excepción y generalmente las variaciones no superan el -30%. A medida que EN 94-95 se desarrolla, las anomalías del índice pasan a ser positivas y a su vez las de precipitación cambian de signo, siendo superiores en la mayoría de los casos a -40% y manteniendo estas características hasta el final del evento. Por otra parte la relación con el ONI se observa con claridad hacia diciembre de 1994, mes en el cual las anomalías del índice y de precipitación se notan con mayor claridad, manteniéndose esta característica hasta el final de EN 94-95 (figura 27).

Gráfico 27. Relación anomalías de precipitación con IOS y ONI durante EN 94-95.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Otras características de las anomalías de la precipitación están ligadas con los meses que normalmente son más secos o más lluviosos en toda el área de estudio. Generalmente hacia final e inicio de año (diciembre-febrero) se observan meses relativamente secos, los cuales durante EN 94-95 muestran estas características acentuadas, mientras que entre septiembre-octubre, meses que habitualmente son los más lluviosos, se observan condiciones normales durante el fenómeno, demostrando así que los procesos generadores de las altas precipitaciones de este trimestre aún se presentan, si bien un poco debilitados.

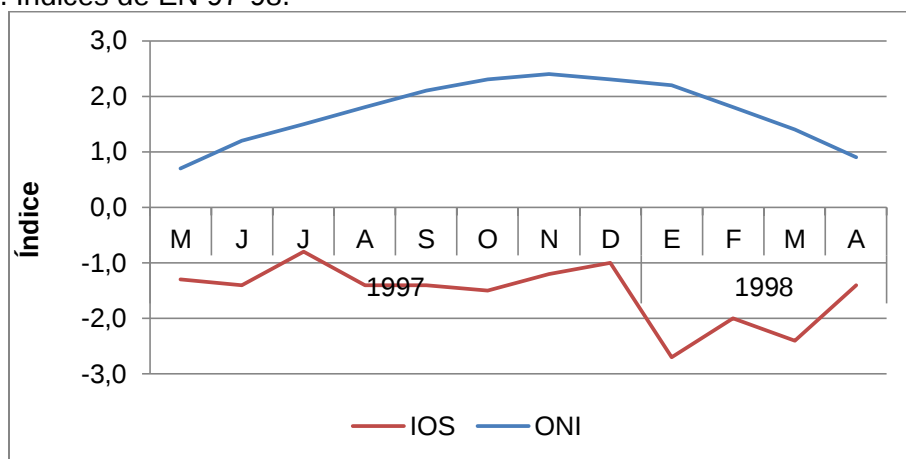
En general se identifican los dos primeros meses con anomalías negativas de entre -20% y -40%, noviembre presenta registros muy cercanos al comportamiento histórico o incluso un poco por encima de este, por su parte la segunda mitad de EN 94-95 muestra una mayor cantidad de anomalías negativas, llegando en algunos casos a -100%, que oscilan generalmente entre -40% y -80%.

En las estaciones con anomalías positivas no se identifica un comportamiento ligado a alguno de los dos índices, las oscilaciones de la precipitación se asemejan más bien al comportamiento histórico, presentándose los más altos registros entre octubre y noviembre, mientras que los más bajos están hacia inicio de año, enero-febrero de 1995. En general se puede decir que para este reducido grupo de estaciones, las variaciones que ocasiona EN 94-95 en la precipitación están relacionadas con el reforzamiento de las

condiciones normales, haciendo que los meses históricamente lluviosos, sean aún más lluviosos, mientras que los meses secos mantienen sus características, y finalmente la acumulación observada durante los siete meses es un poco más alta de lo normal con aumentos entre 10% y 30%.

6.2.5 El Niño 1997-1998 (EN 97-98). Este fenómeno se desarrolla entre mayo de 1997 y abril de 1998 siendo, junto con EN 82-83, el más fuerte del que se tiene registro durante el periodo de estudio (1983-2009). Durante los 12 meses de EN 97-98 se identifican 34 estaciones con anomalías negativas entre -10% y -47%, 7 con anomalías positivas entre 10% y 55%, mientras que las 15 restantes se mantienen en el rango de 10% y -10%. Los cambios de la precipitación durante EN 97-98 están relacionados fuertemente, como en casi todos los fenómenos de El Niño, con el IOS y no tan ligado a las oscilaciones del ONI, mostrando así la mayor influencia que los cambios en las condiciones atmosféricas del pacífico tienen sobre la precipitación del área de estudio.

Figura 28. Índices de EN 97-98.

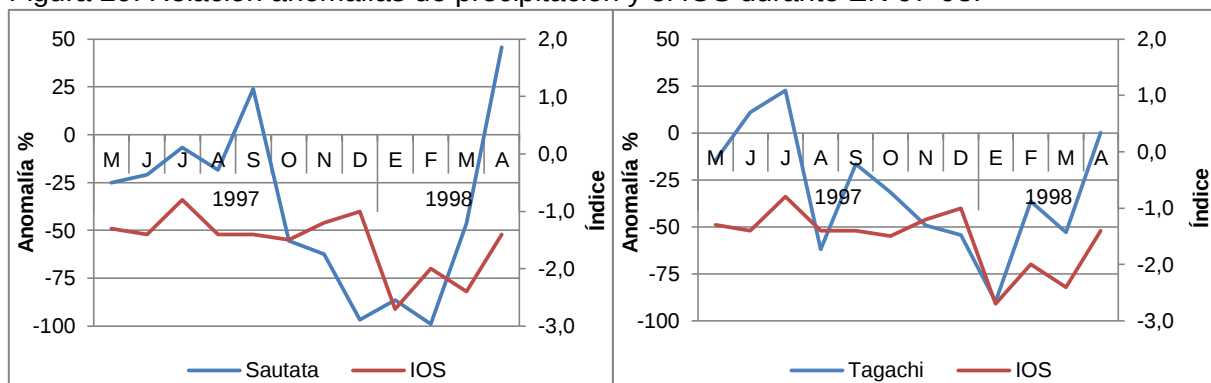


Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

Los cambios identificados en el IOS y el ONI durante EN 97-98 (figura 28), aumentan de manera progresiva a medida que se desarrolla el fenómeno, durante todo 1997 las condiciones atmosféricas, con bajas presiones en el centro-orienté del océano Pacífico, se mantienen alrededor de -1.5, mientras que los cambios de la TSM aumentan progresivamente llegando al punto máximo hacia final del mismo año (índice superior a 2.0). A inicios de 1998 se identifican los cambios más fuertes en las condiciones atmosféricas, con presiones mucho más bajas de lo normal hacia la costa suramericana, para posteriormente acercarse al comportamiento normal, mientras que las variaciones de la TSM que ya mostraron su mayor actividad hacia finales de 1997 empiezan a normalizarse a medida que el fenómeno llega a su última fase. Teniendo en cuenta este comportamiento las anomalías de precipitación, independientemente de que sean de signo negativo o positivo, deberían observarse entre finales de 1997 e inicios de 1998 debido a que en este periodo de tiempo se identifican los mayores cambios en las condiciones normales sobre el Pacífico tropical, con lo cual los sistemas que normalmente generan las altas cantidades de precipitación, chorro del Chocó y la ZCIT, serían afectados, generando a su vez una alteración en los registros de precipitación del área de estudio.

En las 34 estaciones que presentan anomalías negativas, se observan dos tendencias muy claras durante EN 97-98, las dos relacionadas con las fluctuaciones registradas en el IOS. En el primer grupo se identifica casi la mitad de las estaciones, destacándose las de la figura 29, en las cuales los valores de precipitación de inicio del fenómeno (mayo-septiembre de 1997) están cerca de los registros históricos (anomalías cercanas a 0%), coincidiendo estos con las fluctuaciones relativamente bajas del IOS. Posteriormente se observa, entre octubre de 1997 y febrero de 1998, que las anomalías de precipitación se hacen mucho más fuertes, siendo generalmente superiores a -30% y llegando en algunos casos a -100% durante determinados meses. En este caso la tendencia de los meses normalmente lluviosos (octubre-noviembre) es alterada, haciendo mucho más característica la condición seca del primer trimestre del año. Finalmente hacia marzo y abril de 1998 los déficits de precipitación se hacen cada vez menos notorios, relacionado este comportamiento con las condiciones normalmente más lluviosas que se acercan (mes de mayo) y con la finalización del evento que permite la aparición de los registros característicos de la región en esta época.

Figura 29. Relación anomalías de precipitación y el IOS durante EN 97-98.

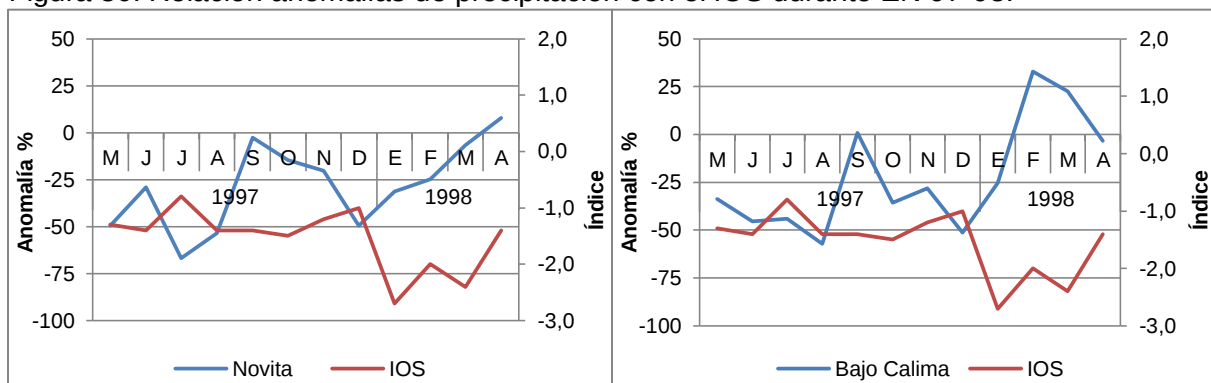


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

En el segundo grupo de estaciones que presenta anomalías relacionadas con el IOS, se identifica una relación inversa entre las dos variables (IOS y precipitación), mientras que las presiones atmosféricas en la zona cercana a Suramérica descienden, IOS con valores negativos más representativos, la precipitación tiende a mostrar registros más altos de lo habitual, y cuando las presiones del centro-orienté del Pacífico se acercan a la normalidad, las condiciones en la precipitación fluctúan notoriamente (figura 30).

En el inicio de EN 97-98 se identifican anomalías negativas de entre -30% y -60%, acentuando en este caso las condiciones cecatas que se observan históricamente en estos meses, por su parte los cambios en el IOS son relativamente bajos y se mantienen cerca del comportamiento histórico. En los meses intermedios de EN 97-98 (septiembre-diciembre de 1997) se identifican algunos registros cercanos a lo normal, siendo estos minoría, y posteriormente (de enero a abril de 1998) los registros se tornan normales o positivos, con registros máximos de 40%, mientras que el IOS presenta las anomalías más fuertes hacia esta parte del fenómeno.

Figura 30. Relación anomalías de precipitación con el IOS durante EN 97-98.



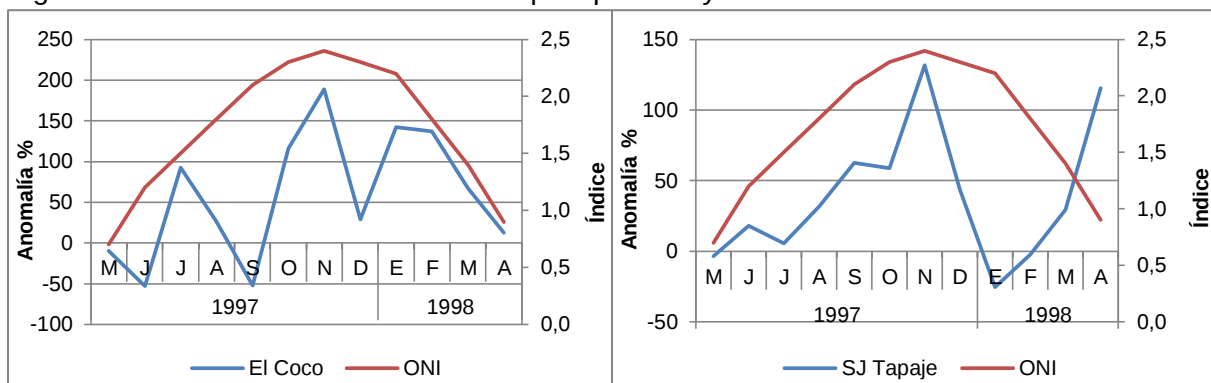
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

En este caso se observa como el EN 97-98 intensifican las características históricas de la precipitación entre junio y agosto, haciendo que estos meses predominantemente secos sean aún más secos. Hacia la mitad del evento se identifica una inversión del comportamiento normal, generando en este caso que los meses que son históricamente lluviosos presenten déficits de precipitación (octubre-noviembre) y hacia final del fenómeno se observa como las condiciones están un poco más relacionadas con las variaciones históricas, presentando anomalías negativas entre enero-marzo y registros relativamente altos hacia el mes de abril.

Todas estas oscilaciones muestran como EN 97-98 genera cambios en los sistemas de circulación que generan precipitación en la región del Pacífico colombiano (chorro del Chocó y la ZCIT principalmente) haciendo que la influencia de dichos sistemas virtualmente desaparezca durante ciertos meses del fenómeno y que se torne más importante en momentos que son poco habituales.

Por otra parte, las estaciones que presentan anomalías positivas (solamente seis), guardan cierta relación con las fluctuaciones del ONI, esto se demuestra en los registros más altos observados en octubre-noviembre, cuando el índice presenta las anomalías más representativas, mientras que durante el resto del fenómeno las oscilaciones se mantienen ligadas al comportamiento normal. En este caso, la influencia de EN 97-98, estaría acentuando las características normales de la precipitación, especialmente en los meses más lluviosos, mientras que en resto del tiempo en que se presenta el fenómeno los registros se acercan a la normalidad (figura 31).

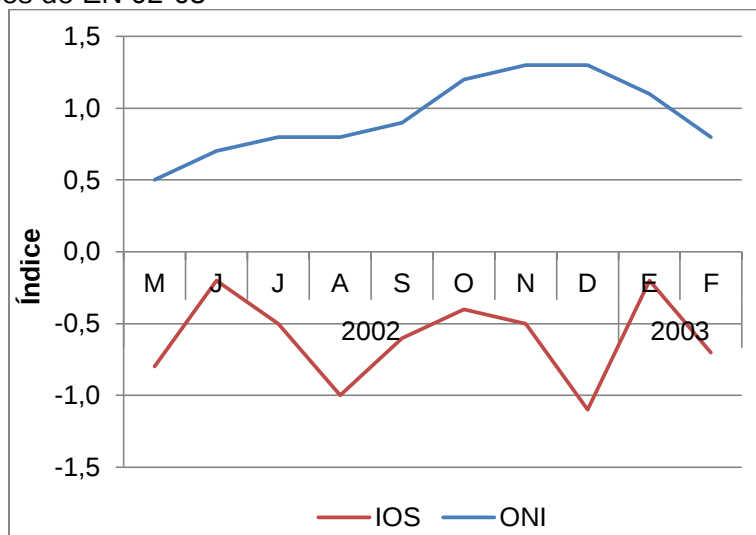
Figura 31. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante EN 97-98.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.2.6 El Niño 2002-2003 (EN 02-03). Este fenómeno se desarrolla entre mayo de 2002 y febrero de 2003, 10 meses, en los cuales se identifican cambios en el comportamiento de la precipitación en 28 estaciones de las 56 totales, 12 presentan anomalías negativas de -10% a -40%, mientras que en las otras 16 las anomalías son de positivas de 10% a 50%, en el resto de estaciones las oscilaciones están entre -10% y 10%. Este fenómeno se caracteriza por ser el único dentro del periodo de estudio (1983-2009) en el cual existe una mayoría de anomalías positivas sobre las negativas, además de ser, junto con EN 04-05, uno de los fenómenos de El Niño en el cual se registra un aumento de precipitación en gran parte del área y son estos más importantes que los déficits registrados.

Figura 32. Índices de EN 02-03



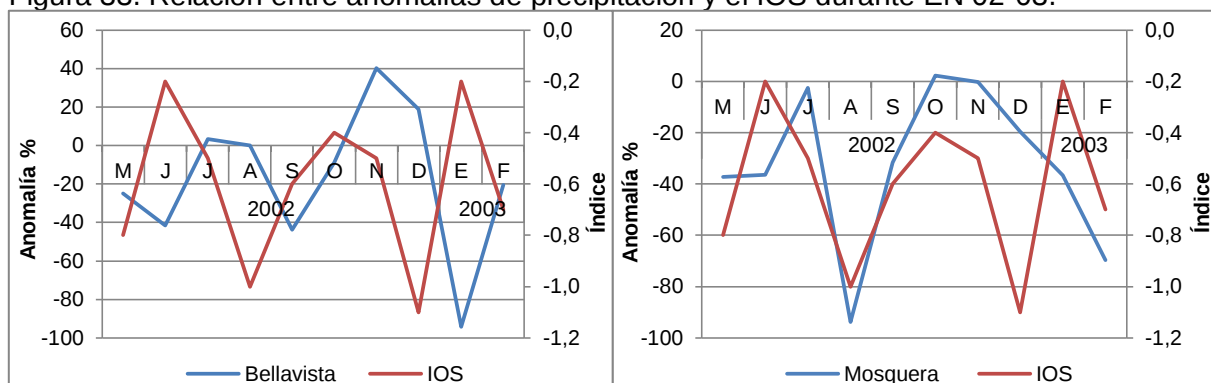
Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

De los cambios observados en los índices, son los más relevantes los que se encuentran después de octubre de 2002, puesto que en adelante el ONI presenta los mayores registros, influenciando así un par de meses que son históricamente muy lluviosos (octubre-noviembre) y el periodo más seco para el área (final y principio de año), en general el ONI presenta un comportamiento homogéneo, mientras que el IOS muestra

muchas más variaciones, destacándose los bajos registros de agosto y diciembre de 2002 que concuerdan con meses secos para el área de estudio (figura 32).

De las 12 estaciones con anomalías negativas solo se identifica relación, como sucede en la mayoría de los fenómenos de El Niño, con el IOS, aunque en este caso no siempre se encuentra una concordancia entre los meses con mayores variaciones entre las anomalías de precipitación y las del índice, puesto que se observa en algunos casos con uno o dos meses de retraso (figura 33). En este caso los meses afectados por EN 02-03 no presentan cambios en su comportamiento normal, es decir, los meses de tendencia seca (agosto y de diciembre a febrero) acentúan esta característica siendo aún más secos, por su parte en los meses históricamente más lluviosos los registros de precipitación se mantienen en un rango de relativa normalidad, aunque en algunos casos se identifican algunas anomalías negativas, estas no son muy representativas.

Figura 33. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante EN 02-03.



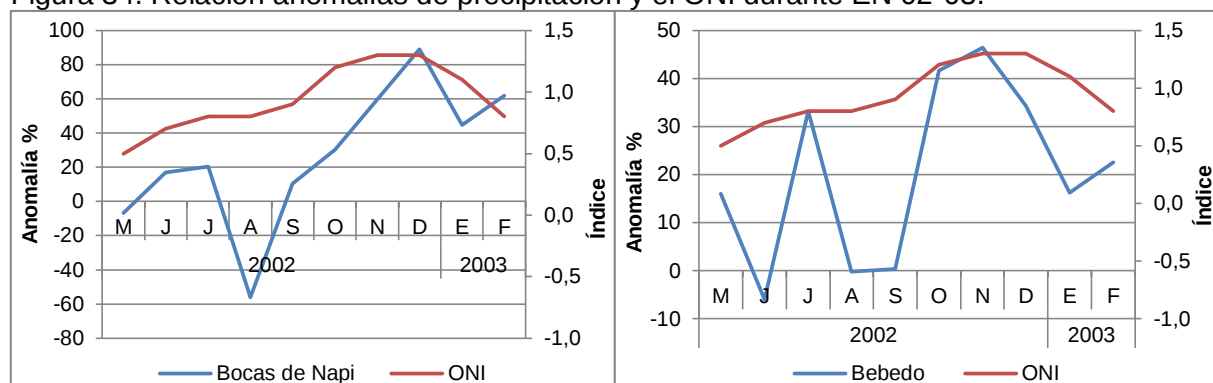
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Por su parte las 16 estaciones con anomalías positivas presentan dos disposiciones con respecto a los índices. 10 estaciones se relacionan directamente con el ONI, mientras las seis restantes muestran una relación inversa respecto del dicho índice. En el primer caso las anomalías más fuertes de precipitación son identificadas entre octubre de 2002 y febrero de 2003, meses en los que el ONI muestra los mayores cambios, ocasionando en este caso que entre estos meses se presente un cambio con respecto del comportamiento normal, puesto que entre diciembre y febrero se observa generalmente registros de precipitación bajos y en este caso son los más lluviosos del periodo EN 02-03. Mientras que los meses de tendencia lluviosa presentan, generalmente, registros relativamente normales (anomalías no mayores a 20%) aunque en algunos casos se identifican anomalías positivas más altas que 50% (figura 34).

De las estaciones que presentan las anomalías positivas más notorias, son las más relevantes las que se ubican en el sector sur del área de estudio, las pertenecientes al patrón monomodal 3, las cuales presentan anomalías superiores a 100% en el trimestre octubre-diciembre, llegando en algunos casos a más de 300%, siendo en este caso registros extremos que solo se identifican durante este fenómeno y en este sector en particular.

Los cambios que genera EN 02-03 sobre los controladores de la precipitación en la región pacífica colombiana, no siguen el patrón establecido en los anteriores fenómenos, es decir, una disminución en la intensidad de los vientos Alisios y del chorro del Choco, puesto que en este caso no se identifican déficits muy fuertes en la acumulación precipitación y por el contrario se encuentran registros mayores a los identificados históricamente, mostrando así que los generadores de precipitación presentan una mayor actividad a lo observado normalmente. Este cambio en el comportamiento que hasta ahora se ha establecido como normal durante los fenómenos de El Niño en el periodo 1983-2009, puede estar relacionado con una tendencia hacia el cambio en las condiciones observadas durante El Niño (baja precipitación en la mayor parte de la región pacífica colombiana) o con las condiciones particulares de este fenómeno. Demostrando así como las características de los fenómenos de El Niño son muy particulares para cada uno, y si bien se pueden generalizar ciertos aspectos para todos los eventos y los efectos que causan sobre los elementos climáticos en determinadas áreas, en algunos casos las condiciones son muy singulares y salen de los esquemas que se intenta sustentar, sin indicar esto un error o cambio de los conceptos, sino la complejidad del fenómeno.

Figura 34. Relación anomalías de precipitación y el ONI durante EN 02-03.

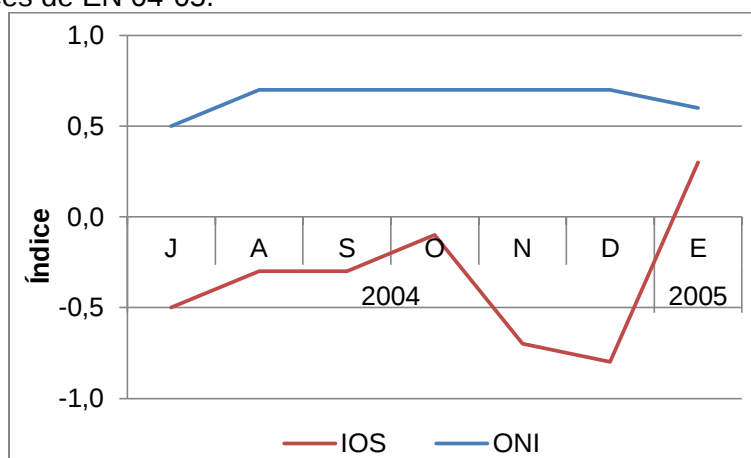


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.2.7 El Niño 2004-2005 (EN 04-05). Este evento se desarrolla entre los meses de julio y enero, 2004-2005, siendo junto con EN 94-95 los de menor duración. En las oscilaciones de los índices IOS y ONI se identifican variaciones fuertes en el primero y un comportamiento más homogéneo en el segundo, característica repetida en todos los fenómenos de El Niño. Las variaciones más fuertes del IOS se identifican hacia finales de 2004, mientras que el ONI presenta los mayores cambios entre agosto y diciembre del mismo año (figura 35). En la precipitación se esperaría que se acentúe o cambiar el comportamiento histórico de los meses involucrados, es decir, los meses históricamente lluviosos, octubre-noviembre ser más lluviosos en algunos casos y en otros transformarse en meses de tendencia seca, así mismo con los meses secos, diciembre-enero, se podría esperar un comportamiento similar.

De las 56 estaciones, se identifican cambios representativos, mayores a -10% o 10%, en 23, 13 con anomalías negativas de entre 10% y 25% y otras 10 con anomalías positivas que van desde 10% a 45%, el resto de las estaciones no presentan anomalías que estén fuera de los rangos determinados como normales.

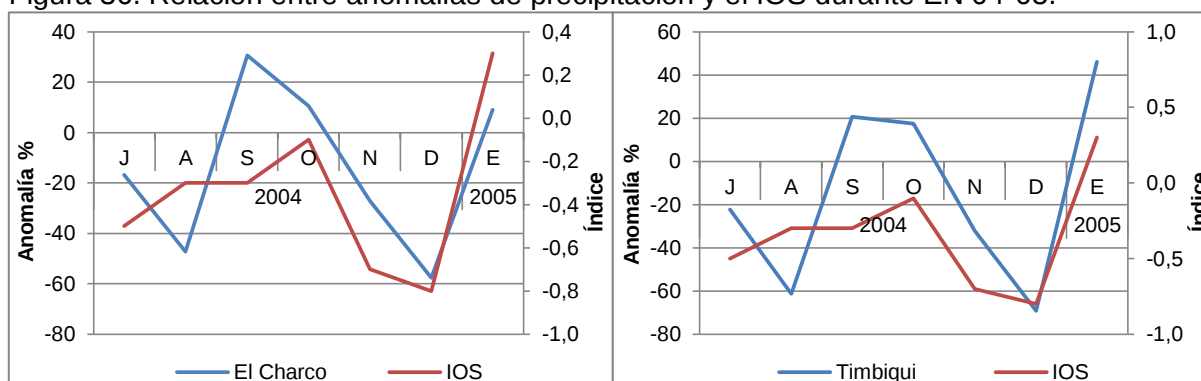
Figura 35. Índices de EN 04-05.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

Dentro de las 13 estaciones con anomalías negativas, se identifica una relación directa con el IOS en 6 de estas (figura 36), las anomalías más fuertes se identifican generalmente en los meses de julio y agosto, de hasta -50%, haciendo que en estos meses relativamente más secos, se haga mucho más notoria esta característica con lo cual son aún más secos. Entre tanto, septiembre y enero presentan registros cercanos al comportamiento normal (anomalías de 10% a -10%) manteniendo así las condiciones históricas de estos meses. Entre octubre y diciembre se observan condiciones secas, generalmente más notorias que -20%, implicando en este caso un cambio en las condiciones normales de estos meses, puesto que históricamente se identifican como meses lluviosos y durante EN 04-05 se identificarían como meses secos.

Figura 36. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante EN 04-05.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Por su parte, dentro de las 10 estaciones con anomalías positivas, no se observa relación alguna con los índices IOS y ONI, pero si se identifica ciertas particularidades del comportamiento de las anomalías de precipitación; en primer lugar se identifican las mayores acumulaciones de ocurren entre octubre y noviembre, acentuando las características históricamente húmedas de estos meses, mientras que para el mes de enero se observa un cambio con respecto de los registros históricos, en este caso las anomalías muestran un fuerte aumento de las precipitaciones para este mes,

normalmente seco, el resto del tiempo en que se presenta EN 04-05, presenta anomalías siempre por arriba de 10% pero que oscilan, como se dijo anteriormente, sin guardar una relación claramente identificable con alguno de los dos índices.

En resumen se puede decir que; si bien los fenómenos de El Niño que se presentan en el periodo 1983-2009, en principio no presentan características comunes, estas en realidad son más abundantes de lo que parecen y se desarrollaran a continuación:

- Hablando de la duración de los fenómenos de EN, se encuentra que siempre se extienden entre dos años consecutivos, con lo cual se identificara como “año 1” el año en que inicia el fenómeno y el “año 2” designara la continuación y posterior desaparición del mismo. El único fenómeno que afecta tres años es EN 86-88, pero solamente afecta los dos primeros meses del tercer año, y al ser el único con esta característica se opta por hacer referencia únicamente al año 1 y al año 2 para cada fenómeno de El Niño.
- Un fenómeno de El Niño inicia generalmente en el segundo tercio del año 1, es decir entre mayo y agosto, siendo la única excepción EN 94-95 que inicia en septiembre.
- En todos los fenómenos de El Niño se ven afectados los meses entre agosto del año 1 y marzo del año 2.
- En los tres primeros fenómenos de El Niño identificados entre 1983 y 2009 (EN 82-83, 86-88 y 91-92) la afectación en el año 2 se extiende hasta el mes de junio.
- Para las estaciones de comportamiento Bimodal y Monomodal 3, los fenómenos de El Niño registrados, siempre inician en la transición entre el periodo lluvioso y el período seco en el primer caso, y en la transición de seco a lluvioso en el segundo
- En las estaciones de los patrones Monomodal con tendencia bimodal y Monomodal 2 (todos sus sub-patrones) el inicio de un fenómeno de El Niño está ligado a un mes lluvioso.

En primer lugar, y después de analizar los aspectos más importantes en los que concuerdan todos los fenómenos de El Niño, cabe resaltar los meses en los que inicia el fenómeno, entre mayo y agosto, cuando la ZCIT se encuentra entre los 2° (en mayo) y los 10° (en agosto) de latitud norte (Pabón *et al*, 2001), esto demuestra que el inicio del fenómeno coincide con el momento en el que la ZCIT está afectando la mayor parte de la región Pacífica, marcando en las estaciones de patrón bimodal y monomodal con tendencia bimodal el primer periodo lluvioso del año, y al mismo tiempo el inicio de la segunda época de lluvias. Por su parte en el patrón monomodal 2 ésta época coincide con el período más lluvioso, mientras que para el patrón monomodal 3 coincide con el final de los meses lluviosos y el inicio de la época seca. Estas condiciones de inicio del fenómeno, cuando los impactos sobre la precipitación no son muy notorios, indicaría el por qué en esta época del año 1 no se registran generalmente altas variaciones con respecto del comportamiento histórico (esto se ve claramente en las figuras 24-29-33, donde las anomalías de precipitación en los meses del segundo tercio del año están cerca del comportamiento normal).

En cuanto al desarrollo de los fenómenos, cuando se identifican las mayores anomalías en la precipitación, final del año 1 y principio del año 2, se puede decir que; en los patrones bimodal (figura 6), monomodal con tendencia bimodal (figura 8) y monomodal 2 (figuras 10,11 y 12) estos meses son de características históricamente lluviosa, los de fin

de año y de condiciones secas los de principio del año, con lo que el mayor impacto que genera El Niño, cambia las condiciones de fin de año (año 1), disminuyendo la precipitación de los meses lluviosos, haciéndolos en algunos casos meses de tendencia seca, mientras que en los primeros meses del año, lo que se identifica realmente es que se acentúa las características de esta época, año 2 en este caso, mostrando anomalías negativas, alrededor de -50%. Por su parte en las estaciones del patrón monomodal 3 (figura 14) se ven afectados primero los meses de la época seca de fin de año (año 1) los acentuando las características históricas de estos, mientras que en los primeros meses del año (año 2), dos primeros transicionales y dos más de la época lluviosa, las condiciones son marcadas como secas en general, pero se identifica que durante EN 97-98 y EN 02-03 dentro de este patrón se encuentran anomalías positivas en su mayoría, las cuales cambian, durante estos fenómenos, el fin de año seco, haciéndolo más lluvioso de lo que es históricamente, y el principio de año se hace evidentemente lluvioso, perdiéndose durante estos periodos la transición entre periodos.

6.3 VARIACIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA ANTE LA OCURRENCIA DEL FENÓMENO DE LA NIÑA

Este fenómeno se caracteriza por un enfriamiento anómalo de la superficie oceánica en el sector central y oriental del Océano Pacífico y un calentamiento en la parte occidental del mismo en un periodo de 4 meses o más, identificando además un cambio en el patrón de presión del Pacífico, disminuyendo en el sector occidental y aumentando en el sector oriental. Para el desarrollo de este concepto dentro de la presente investigación se tomará como “fenómeno de La Niña” periodos con anomalías superiores a 0.3 en el Índice de Oscilación del Sur (IOS), el cual marca los cambios en la presión del Pacífico, que se prolonguen durante cinco o más meses consecutivos, pero además durante estos meses las anomalías de la TSM, observada en el Índice Oceánico de El Niño (ONI), deben ser inferiores a -0.5, los datos con los cuales se establece la existencia de dichas anomalías son tomados de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Los periodos que se determinan con presencia de fenómenos de La Niña se muestran en la tabla 9, dentro de la cual se describe los años y meses de incidencia de cada uno de los fenómenos identificados para el periodo de estudio, también se muestra el promedio de las anomalías que se observan en el ONI y el IOS durante los meses en que dicho fenómeno se manifiesta:

Tabla 9. Fenómenos de La Niña.

Año	Periodo de desarrollo	Duración (meses)	Anomalía ONI	Anomalía IOS
1983-1984	Septiembre 1983 – Enero 1984	5	-0.7	0.3
1984-1985	Octubre 1984 – Septiembre 1985	12	-0.7	0.3
1988-1989	Mayo 1988 – Mayo 1989	13	-1.3	1.2
1995-1996	Septiembre 1995 – Marzo 1996	7	-0.8	0.3
1998-2001	Julio 1998 – Marzo 2001	33	-1.0	0.9

Tabla 9. Continuación.

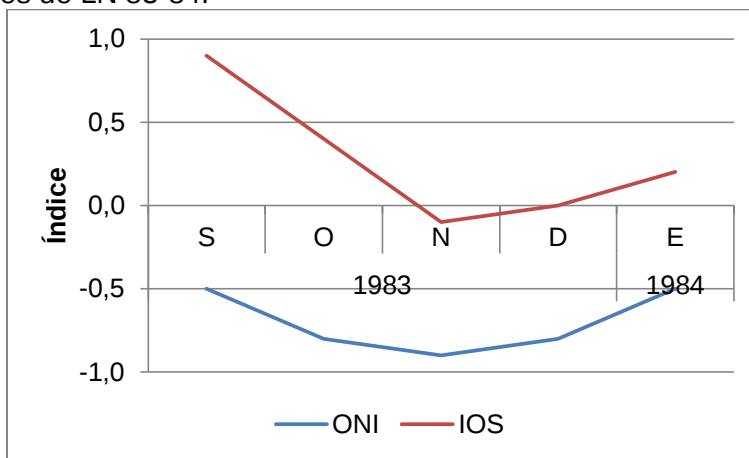
Año	Periodo de desarrollo	Duración (meses)	Anomalía ONI	Anomalía IOS
2007-2008	Agosto 2007 – Junio 2008	11	-1.0	1.0

Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

6.3.1 La Niña 1983-1984 (LN 83-84). Este es el primer fenómeno de La Niña del cual se tienen registros para el periodo de estudio de esta investigación (1983-2009), además es el evento que menor duración tiene con apenas cinco meses, entre septiembre de 1983 y enero de 1984. Durante este periodo se encuentran variaciones en los registros de precipitación de 41 estaciones, 20 con anomalías positivas, entre 15% y 80%, 21 con anomalías negativas, de -11% a -45%, mientras que las 14 restantes presentan anomalías regulares de entre 10% y -10%.

Las anomalías registradas durante LN 83-84 están relacionadas en algunos casos con las oscilaciones observadas en el IOS y el ONI (figura 37), presentándose los mayores cambios hacia mitad del fenómeno (octubre-diciembre de 1983) en las estaciones que guardan relación directa con el ONI, mientras que en las estaciones que presentan una mayor influencia de los cambios atmosféricos, ligados al IOS, muestran las anomalías más fuertes hacia principio del fenómeno, cuando los registros del índice presentan la mayor fluctuación. Estas anomalías pueden ser de sentido negativo o positivo y se describirán a continuación.

Figura 37. Índices de LN 83-84.

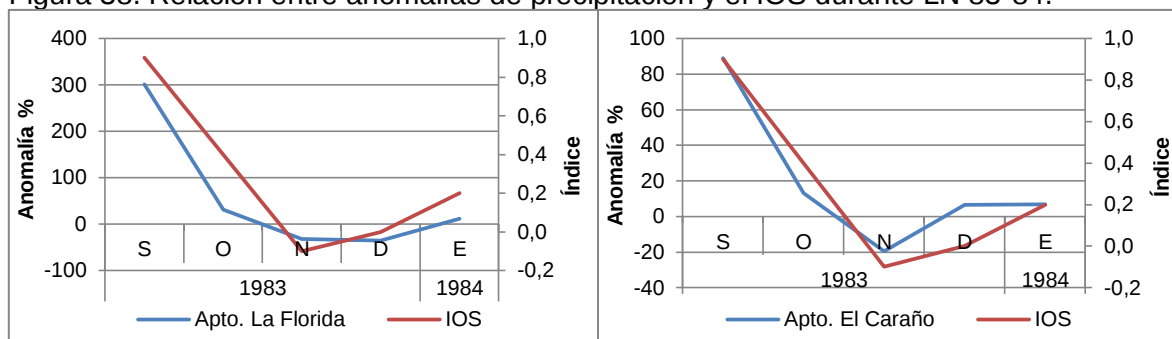


Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

De las 20 estaciones en las que se identifican anomalías positivas se encuentran dos patrones muy claros, el primero muestra una relación estrecha con el IOS, mientras que en el segundo se presenta un aumento en los registros hacia mitad del fenómeno, relacionado esto con los cambios que experimenta el ONI. El primer caso se observa en 10 estaciones (figura 38 las más significativas), presentando los registros de precipitación más altos hacia el inicio y el final de LN 83-84, cuando el IOS muestra los cambios más relevantes, mientras que hacia mitad del evento los registros se mantienen cerca del comportamiento normal.

En este caso los meses afectados con estas anomalías son históricamente más lluviosos, logrando en este caso que esta característica se acentúe en septiembre-octubre, mientras que para diciembre-enero, de condiciones históricamente más secas, las precipitaciones se acercan al comportamiento medio, sin afectar en alguna forma las condiciones normales de dichos meses.

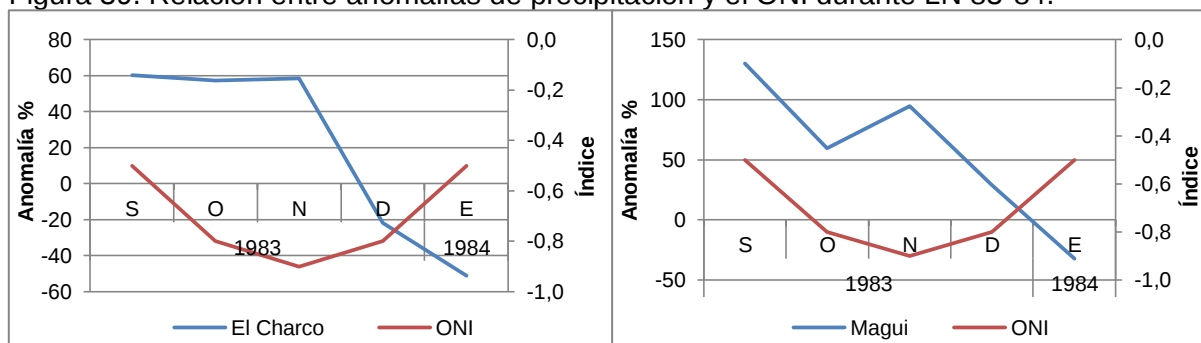
Figura 38. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante LN 83-84.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Para el segundo caso se identifican 5 estaciones (figura 39), en las cuales los cambios del comportamiento de la precipitación se ven más ligados a los cambios del ONI, puesto que en los meses que se observan las mayores anomalías de este índice (figura 37) se presentan también las anomalías más representativas en la precipitación, octubre-diciembre. En este caso se encuentra, al igual que con las estaciones descritas anteriormente, un aumento de las condiciones lluviosas en los meses históricamente más lluviosos, pero manteniendo esta característica hasta el mes de noviembre, mientras que para enero-diciembre las condiciones se encuentran cerca del comportamiento medio.

Figura 39. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 83-84.



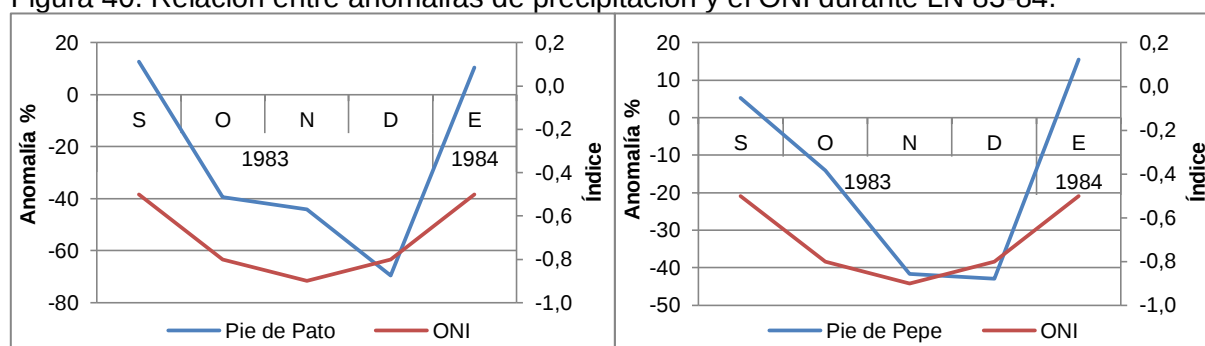
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Estas variaciones están relacionadas directamente con los cambios que se experimentan en la atmósfera durante el fenómeno de La Niña, intensificación de los vientos Alisios principalmente, lo cual lleva a un mayor transporte de humedad hacia la región pacífica colombiana a través de los vientos oestes (Alisios que cambian de dirección debido a la fuerza de Coriolis), además del reforzamiento del chorro del Chocó, en este caso debido al aumento del gradiente entre las aguas de la costa colombiana y la costa peruana, que

se incrementa debido a la afluencia de agua más fría de lo normal desde el oriente del océano Pacífico.

Por otra parte, de las 21 estaciones con anomalías negativas, seis presentan una relación directa con las oscilaciones observadas en el ONI (figura 40), es decir, cuando el índice presenta los menores valores, indicando la presencia de aguas más frías, las anomalías en la precipitación son de signo igualmente negativo, entre octubre-diciembre, los registros pueden llegar hasta los -50%, pero en general se mantienen alrededor de -30%. En los meses de inicio y final del LN 83-84 no se presentan cambios muy abruptos, manteniéndose la precipitación cerca del comportamiento histórico. En este caso, en los meses de octubre-noviembre se ve afectado el comportamiento normal que los identifica estos meses como lluviosos y los transforma en meses secos, mientras que el mes de diciembre intensifica las condiciones más secas y enero, por su parte, se mantiene dentro de los registros históricos (anomalías de entre -10% y 10%).

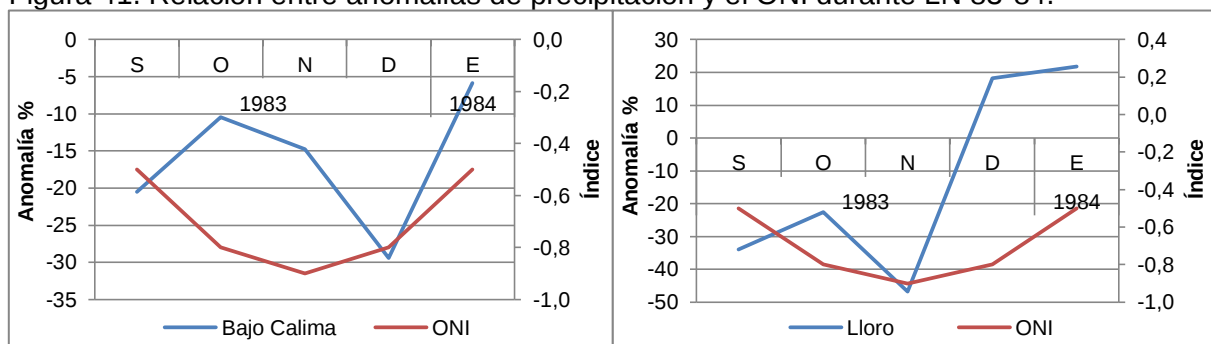
Figura 40. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 83-84.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Dentro de las 21 estaciones con anomalías negativas, También se encuentran otras seis estaciones con un comportamiento similar, si bien en éstas no se identifica una relación clara con alguno de los dos índices. Hacia inicio de LN 83-84 se presentan las mayores anomalías (figura 41) y éstas se mantienen durante dos o tres meses, en algunos casos hasta final del fenómeno, igualando lo ocurrido en el ONI que presenta las mayores variaciones en este periodo de tiempo. En este caso los meses que son históricamente lluviosos se ven afectados drásticamente y pasan a ser de tendencia seca, mientras que diciembre-enero se mantienen en condiciones relativamente normales, si bien pueden presentar algunas anomalías positivas, estas no son muy significativas.

Figura 41. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 83-84.



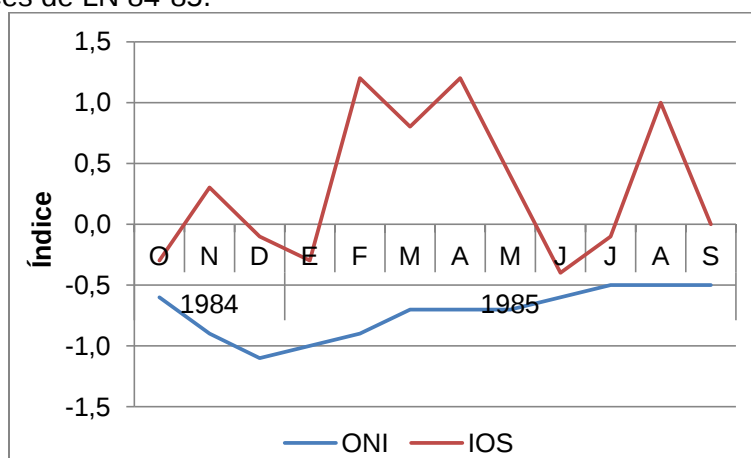
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Durante este fenómeno se identifican dos tendencias muy claras, aproximadamente en la mitad de las estaciones se identifican anomalías negativas, mientras que la otra mitad muestra registros positivos, dando a entender así que la afectación de LN 83-84 sobre la región Pacífica colombiana estaría ligada, además de a los cambios océano-atmosféricos, a factores de orden local que, al interactuar con los de escala global, generarían estos cambios tan particulares. De igual manera que durante EN 02-03, se identifican condiciones muy particulares, que permiten visualizar la complejidad de estos fenómenos y de las variaciones que generan sobre los elementos climáticos en diferentes regiones del mundo.

6.3.2 La Niña 1984-1985 (LN 84-85). Este fenómeno se desarrolla entre octubre de 1984 y septiembre de 1985, 12 meses de duración, periodo en el cual se identifica una mayoría de anomalías negativas en los registros de precipitación del área de estudio. 27 estaciones muestran variaciones de negativas de -10% a -50%, mientras que en solo 3 se observa un aumento de la precipitación sobre los registros históricos, no superiores al 30%, por su parte en las 26 restantes no se identifica un cambio muy significativo, anomalías entre -10% y 10%.

Los índices muestran cambios significativos, en el inicio del fenómeno el ONI y hacia la mitad de LN 84-85 el IOS. Esto demuestra en este caso como los cambios se identifican en primer lugar en el comportamiento normal de la TSM y estos se reflejan posteriormente en las condiciones atmosféricas. Por otra parte se identifica hacia final del evento un repunte de las anomalías positivas del IOS, siendo un hecho aislado y no una tendencia de las condiciones posteriores de la atmósfera. Debido a este comportamiento se esperaría encontrar las mayores variaciones de la precipitación hacia la primera parte del evento puesto que es cuando las condiciones océano-atmosféricas están más lejos del comportamiento histórico, según muestran el IOS y el ONI (figura 42).

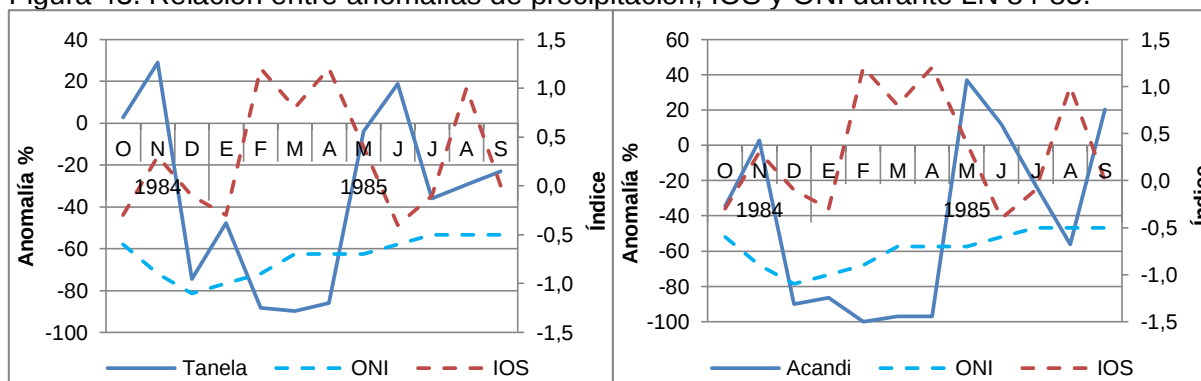
Figura 42. Índices de LN 84-85.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

De las estaciones con anomalías negativas se destaca un comportamiento que está relacionado con los índices (figura 43), en 20 de las 27 estaciones, presentándose las mayores anomalías de precipitación justo después de las más altas fluctuaciones del ONI y coincidiendo con los registros positivos más fuertes identificados en el IOS, entre diciembre-abril. Las mayores anomalías registradas alcanzan en algunos casos hasta el -100% durante estos meses, pero en promedio para todo LN 84-85 las anomalías se mantienen alrededor de -30%. Los meses en los cuales se observa este comportamiento, disminución sobre los registros históricos, son en su mayoría de características secas, con lo cual se puede decir que LN 84-85 acentúa las características de la región, haciendo que los meses secos (diciembre-abril) sean aún más secos, mientras que para los meses considerados históricamente como lluviosos, octubre-noviembre y mayo, se mantienen en un rango normal con anomalías cercanas al 0%.

Figura 43. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 84-85.



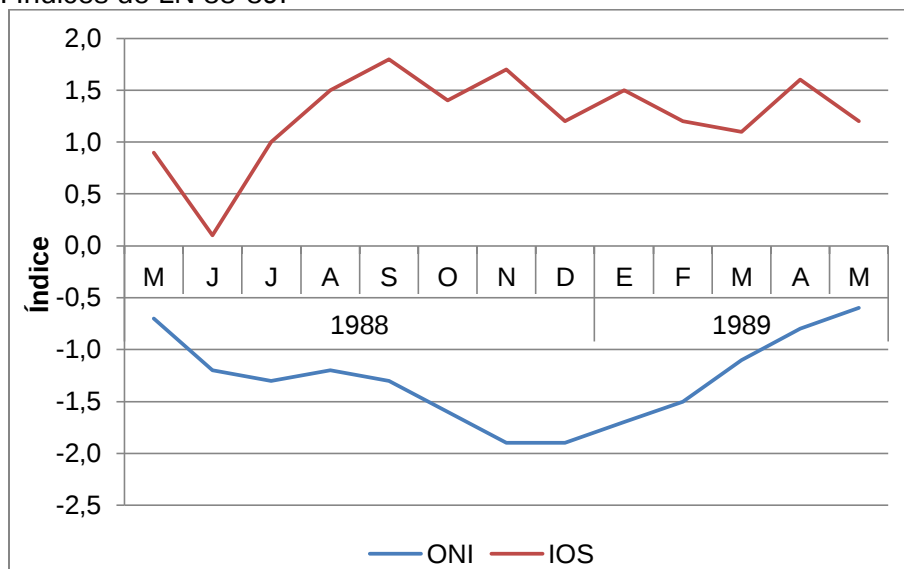
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.3.3 La Niña 1988-1989 (LN 88-89). Este fenómeno tiene una duración de 13 meses, mayo de 1988 a mayo de 1989, periodo de tiempo en el cual se identifican anomalías negativas en 19 estaciones, entre -10% y -90%, en siete estaciones se observa el comportamiento contrario, con aumento de las precipitaciones sobre los registros

históricos, en el orden de 15% a 70%, mientras que en las restantes 30 estaciones las oscilaciones se mantienen en un rango normal de -10% a 10%.

Las variaciones océano-atmosféricas durante LN 88-89 (figura 44), son totalmente inversas entre los dos índices, mientras que el IOS muestra valores positivos, el ONI presenta registros negativos, sucediendo esto durante todo el evento. Los cambios más representativos, con respecto del comportamiento normal (valores cercanos a 0), se observan entre agosto de 1988 y febrero de 1989, con lo cual se espera encontrar las mayores anomalías de precipitación entre estos meses, sin importar su signo, pudiendo cambiar o acentuar las tendencias históricas de los mismos.

Figura 44. Índices de LN 88-89.



Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

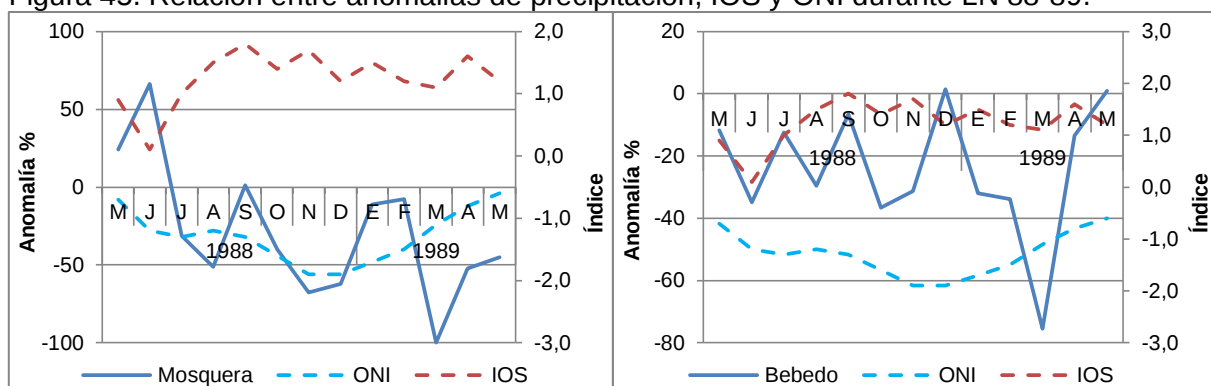
Dentro de las 19 estaciones con anomalías negativas se identifica en 10 un comportamiento similar (figura 45), ligando los cambios en la precipitación a las variaciones del IOS y el ONI. Entre los meses de agosto de 1988 y marzo de 1989 se presentan los déficits de precipitación más importantes, de -50% a -90%, coincidiendo esto con el periodo de mayor fluctuación en las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico tropical (figura 43). Por su parte hacia inicio del fenómeno se identifican, generalmente, anomalías cercanas a 0 (comportamiento normal), pero en las estaciones que presentan las mayores anomalías en promedio durante LN 88-89 (más intensas que -50%), muestran desde estos meses registros negativos de alguna importancia, mientras que para el final del fenómeno, se observa un tránsito de las anomalías negativas a un comportamiento normal, aunque siguen predominando los bajos registros.

Durante LN 88-89 se identifica un cambio significativo en el comportamiento de la precipitación, además de la abrupta disminución descrita anteriormente, se observa que las oscilaciones anuales normales también sufren un cambio importante. Esto se observa especialmente en los meses de octubre y noviembre, normalmente lluviosos, que se comportan como meses secos. Por su parte, diciembre y enero, siempre dentro de los periodos más secos, se identifican durante este fenómeno como lluviosos, si bien es

cierto que estos se mantienen entre los registros normales, al compararlos con los demás meses pasarían a ser tomados como lluviosos.

De esta manera se observa cómo la intensidad de La Niña es suficiente para cambiar los patrones de comportamiento normal, demostrando una posible afectación en el ciclo de los vientos Alisios y del chorro del Choco, Siento esta teoría apoyada en mayor medida por lo observado en los meses de octubre y noviembre, en los cuales la mayor cantidad de precipitación se presenta gracias al chorro del Chocó, probablemente reforzado, y en el mes de mayo (tanto de 1988 como de 1989) se observa como disminuye la intensidad de la precipitación, ligada tal vez a la disminución en la intensidad de los vientos Alisios, con lo cual se disminuye la cantidad de humedad que ingresa gracias a los oestes (Alisios redireccionados al oeste por la fuerza de Coriolis).

Figura 45. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 88-89.

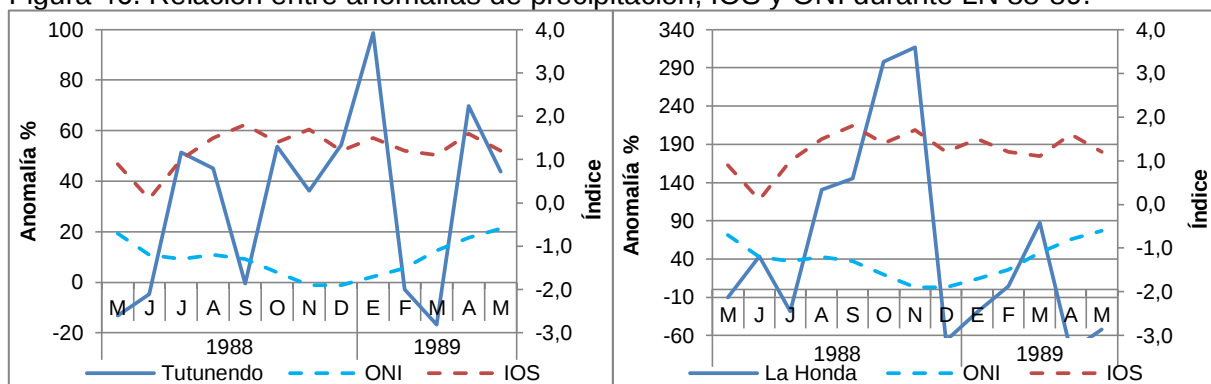


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Para las 7 estaciones con anomalías positivas se observa un comportamiento inverso al descrito anteriormente (casi en totalidad), es decir, mientras las estaciones con anomalías negativas presentan los mayores déficits (agosto de 1988 a marzo de 1989), en estas estaciones se identifican los registros más altos, entre julio de 1989 a enero de 1989 cercanos al 50%. El inicio del fenómeno presenta condiciones normales, anomalías cerca del 0%, mientras que hacia el final del mismo, existe una tendencia de regreso a la normalidad, pero las anomalías siguen siendo en su mayoría positivas, si bien en este caso menos significativas (figura 46).

En las estaciones que presentan anomalías positivas, el comportamiento anual normal de la precipitación no presenta variaciones muy importantes, los meses lluviosos siguen siendo lluviosos, si bien con registros mucho mayores a los históricos, y los secos se mantienen como secos, en algunos casos con registros superiores a los normales pero no muy significativos. Además de esto no se identifica en este caso una posible disminución en la intensidad de los Alisios ni sobre el chorro del Choco y más bien se podría interpretar un aumento en la actividad de estos.

Figura 46. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 88-89.

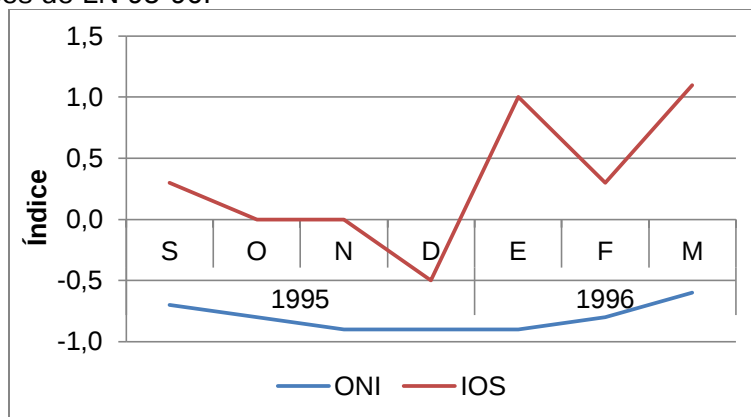


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.3.4 La Niña 1995-1996 (LN 95-96). Este evento se desarrolla entre septiembre de 1995 y marzo de 1996, duración de 7 meses, periodo de tiempo durante el cual se observa una mayoría de anomalías positivas (por primeras durante los fenómenos de La Niña entre 1983 y 2009) con un total de 34 estaciones que presentan oscilaciones de 10% a 90% y un caso excepcional que llega hasta 140% de más precipitación. Por otra parte, las estaciones con anomalías negativas se reducen durante este fenómeno a 6 solamente, mientras que las restantes 16 se mantienen en rangos de -10% a 10%, considerados normales.

Las oscilaciones observadas en el IOS no son muy claras para determinar la presencia de un fenómeno de La Niña, sobre todo hacia finales de 1995, pero al observar el comportamiento medio durante todo LN 95-96 se puede dar mayor certeza a la existencia del fenómeno, además si se suma a eso los registros observados en el ONI, siempre por debajo de -0.5, se termina por asegurar la presencia de dicho fenómeno (figura 47). Los cambios más fuertes en la precipitación, se deberían observar durante la mitad y final del evento, puesto que en estos meses se identifican las mayores diferencias entre los índices, lo que muestra una mayor anormalidad de las condiciones océano-atmosféricas en el Pacífico tropical y por ende se esperaría que los cambios en la precipitación se observen con mayor claridad.

Figura 47. Índices de LN 95-96.

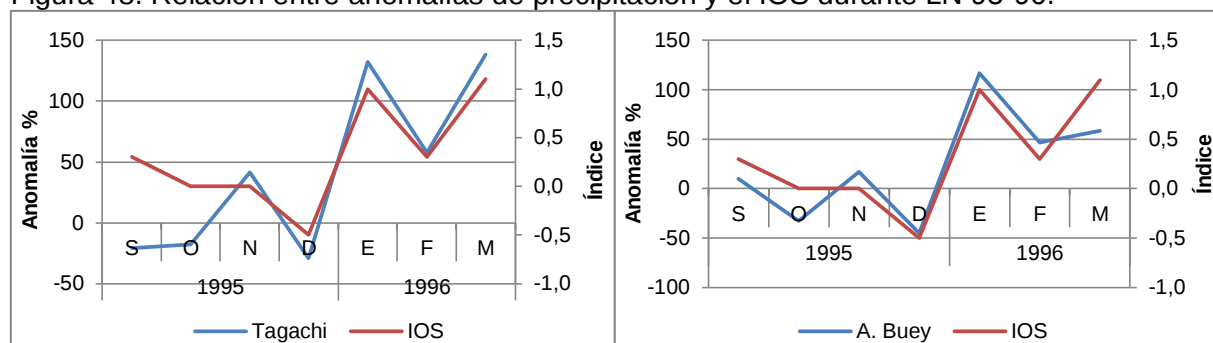


Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

Dentro de las 34 estaciones con anomalías positivas, se observa en 12 un comportamiento relacionado con el IOS (figura 48), mientras que en otras 12 se identifica una relación más estrecha con el ONI, si bien en este caso de manera inversa (figura 49). Por su parte las restantes 10 presentan en la totalidad de LN 95-96 un aumento en los registros, pero no se identifica una relación con respecto de los índices, ni tampoco una tendencia marcada en el comportamiento de la precipitación durante este periodo de tiempo.

En el caso de las relacionadas con el IOS se puede observar que esta relación es directa, puesto que cuando el índice muestra los registros positivos más altos, en las anomalías de precipitación se refleja un comportamiento igual (figura 48), llegando en muchos casos a registros mensuales superiores a 100% (el doble de la acumulación normal). Estos aumentos se presentan especialmente en el primer trimestre de 1996, considerado históricamente como seco, con lo cual la intensidad de LN 95-96, altera las condiciones normales del ciclo anual de gran parte de la región pacífica colombiana, exceptuando en la parte más sur (patrón monomodal 3, en el que intensifican las condiciones lluviosas de este trimestre). Apartando estas fuertes anomalías, se observa que en la primera parte del fenómeno los registros se mantienen normales y que apenas en el mes de noviembre se acentúan las características más lluviosas del mes, manteniendo en consecuencia, la normalidad en el final de 1995.

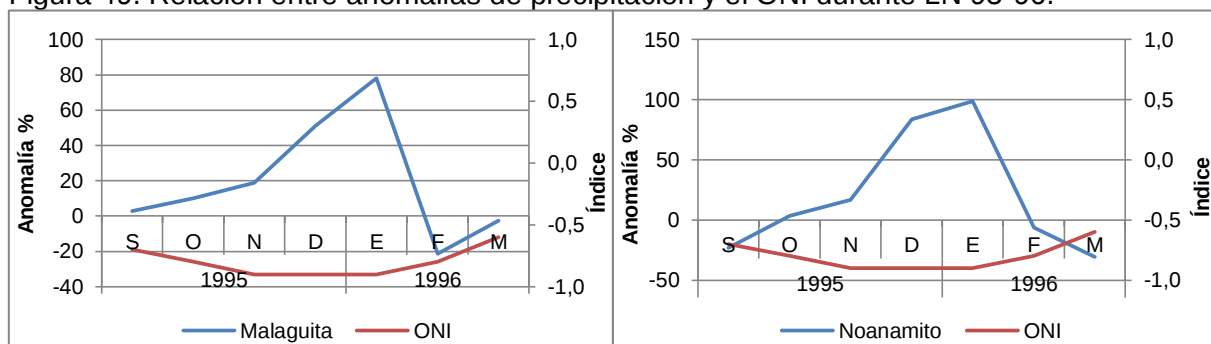
Figura 48. Relación entre anomalías de precipitación y el IOS durante LN 95-96.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Por su parte, las estaciones que presentan mayor relación con el ONI, son en este caso de carácter inverso, es decir, cuando el índice presenta los menores registros, la precipitación se incrementa (figura 49). Esta característica se observa claramente entre noviembre de 1995 y enero de 1996, periodo de tiempo en el cual los registros del ONI son los más bajos para LN 95-96 mientras que en la precipitación se observan las anomalías positivas más fuertes, superiores siempre a 50%, cambiando en este caso las condiciones normales de diciembre y enero, dentro de la variación anual normal, haciendo que se muestren mucho más lluviosos que octubre y noviembre en los que históricamente se registran fuertes precipitaciones.

Figura 49. Relación entre anomalías de precipitación y el ONI durante LN 95-96.



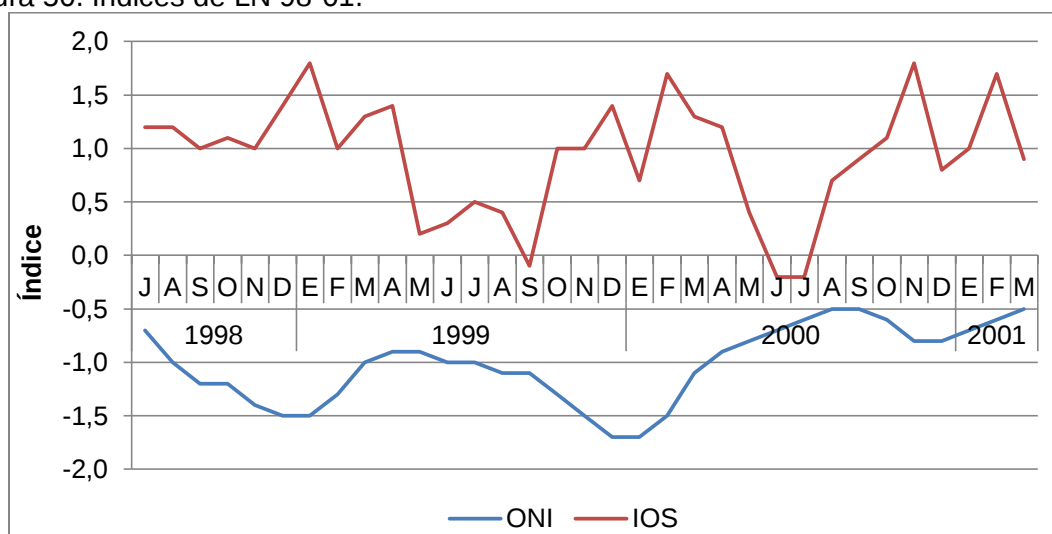
Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

Durante LN 95-96 se observa como las oscilaciones anuales normales se ven afectadas, permitiendo que algunos meses, que dentro de los patrones anuales que son históricamente secos (diciembre-enero), presenten una mayor cantidad de precipitación que en meses normalmente lluviosos (octubre y noviembre), mostrando así como la intensidad de un fenómeno puede cambiar drásticamente las condiciones de la precipitación dentro de la región Pacífica colombiana a través de, en este caso, una posible disminución en la intensidad del chorro del Choco, o el retraso del periodo de mayor actividad de este, afectando igualmente en este caso a los vientos Alisios, que condicionan la presencia de la ZCIT sobre la zona y la existencia e intensidad de los oestes.

6.3.5 La Niña 1998-2001 (LN 98-01). Este es tal vez el fenómeno más particular dentro del período de estudio (1983-2009) puesto que se prolonga durante 33 meses, iniciando en julio de 1998 y terminando en marzo de 2001, es el de mayor duración y uno de los más intensos. Durante este LN 98-01 se encuentra una mayoría de anomalías positivas, en total 30 estaciones, mientras que las anomalías negativas son casi imperceptibles, afectando notoriamente a una sola estación; por su parte las restantes 25 estaciones se mantienen en un rango normal de entre -10% y 10%. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, se desarrollará solamente la descripción de las estaciones con anomalías positivas, más significativas y mayoría durante LN 98-01.

Si bien es cierto que LN 98-01 se identifica como un solo fenómeno, puede interpretarse también como una sucesión de tres fenómenos de La Niña (figura 50); el primero entre julio de 1998 y abril de 1999, el segundo entre octubre de 1999 hasta abril del 2000; y el último entre agosto del 2000 y marzo del 2001. Esta sucesión de eventos no se observa en ningún otro momento entre 1983 y 2009, y se opta por tomar como un solo fenómeno debido a la persistencia de los bajos registros observados en el IOS (con solo 6 de los 33 meses menos representativos que 0.5) y el ONI principalmente (siempre inferiores a -0.5), con lo cual la descripción de las anomalías de precipitación observadas durante este fenómeno se contabilizan para la totalidad de los 33 meses, tomando en cuenta las variaciones que se presentan debido al ciclo anual, como se desarrolla para los anteriores fenómenos de El Niño y La Niña, pero en este caso, observándose muy claramente, los vaivenes de los registros debido al paso de la ZCIT y al fortalecimiento del Chorro del choco en determinadas épocas.

Figura 50. Índices de LN 98-01.



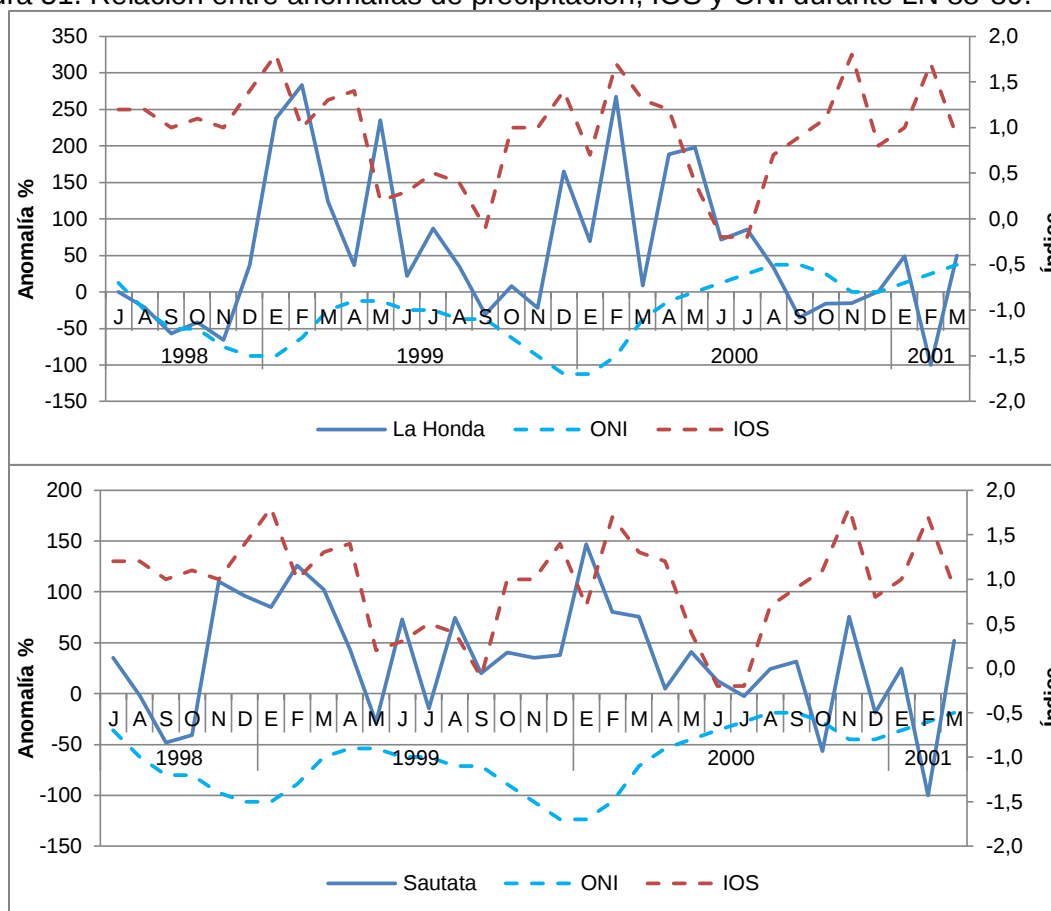
Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

De las estaciones con anomalías positivas, se encuentran oscilaciones que son reiterativas en la mayoría de estas y coinciden con las variaciones que se identifican en los índices (figura 50); en primer lugar se observa que durante los primeros meses del fenómeno, básicamente en el año 1998, existen algunas anomalías negativas entre -10% y -45% llegando en los casos más representativos hasta -60%, este comportamiento hace que las condiciones, normalmente lluviosas de estos meses, se alteren un poco sobre todo en octubre y noviembre en los cuales se identifican los déficits más fuertes. Seguido a esto, se presenta un aumento bastante fuerte en la precipitación, entre enero y marzo de 1999 (periodo de características secas), justo cuando el IOS y el ONI están en puntos extremos, en este trimestre las anomalías de precipitación están en el orden de los 50% hasta 100% (en algunos casos superando este rango), haciendo que las condiciones que se observan normalmente en los patrones de comportamiento anual cambien totalmente, pasando a ser este un periodo lluvioso. Después de esto, en los meses restantes de 1999, no se identifica un comportamiento característico para todas las estaciones si no que más bien se presentan oscilaciones aleatorias, siendo siempre más importantes las anomalías positivas.

Ya para el año 2000 se identifica entre febrero y septiembre un aumento constante en todas las estaciones, presentando anomalías muy fuertes, superiores incluso a 100%, destacándose los registros de mayo, mes en el que se acentúan las condiciones normalmente lluviosas, y las acumulaciones de septiembre-noviembre, históricamente lluviosos. Por su parte el trimestre junio-agosto, no muestra un comportamiento homogéneo y cambia solo en algunos casos con respecto de lo que históricamente ocurre. Finalmente y durante los últimos meses de LN 98-01, último trimestre del 2000 y primero del año 2001, se presente un importante número de anomalías negativas, que llegan a ser más significativas que -50%, pero que sin embargo no logran cambiar el transcurso normal de las variaciones mencionadas anteriormente, en estos meses los cambios que se generan con respecto de lo observado históricamente, último trimestre lluvioso y primer trimestre seco, no son muy fuertes y no se logra observar un claro cambio de las oscilaciones anuales que normalmente ocurren.

Después de identificar los cambios que genera LN 98-01 sobre la precipitación de la región pacífica colombiana, se puede decir que; las condiciones atmosféricas que controlan las oscilaciones de esta variable, se ven modificadas tanto en intensidad como en periodo de ocurrencia, puesto que se observa cómo meses históricamente secos (trimestre de enero-marzo) pasa a ser muy lluvioso, mientras que los identificados como lluviosos en los patrones anuales (octubre y noviembre principalmente) dejan de ser tan significativos en la acumulación general durante este periodo de tiempo. En este sentido, la intensidad de los vientos Alisios, relevantes en este caso porque además de originar la ZCIT, y generan también los Oestes influyendo así de manera directa en el comportamiento de la precipitación en el área, se ve disminuida en algunos casos y en otros parece ser desplazada temporalmente, siendo más notorios, durante LN 98-01 hacia principio de año y no hacia el mes de mayo que es cuando se supone la ZCIT logra incrementar la cantidad de precipitación. De igual manera se puede identificar que el chorro del Chocó, de mayor intensidad entre septiembre-noviembre, se presenta más intenso y que es posible que su influencia se extienda, durante este fenómeno, hasta principio de año, generando así un aumento en los registros de precipitación.

Figura 51. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 88-89.

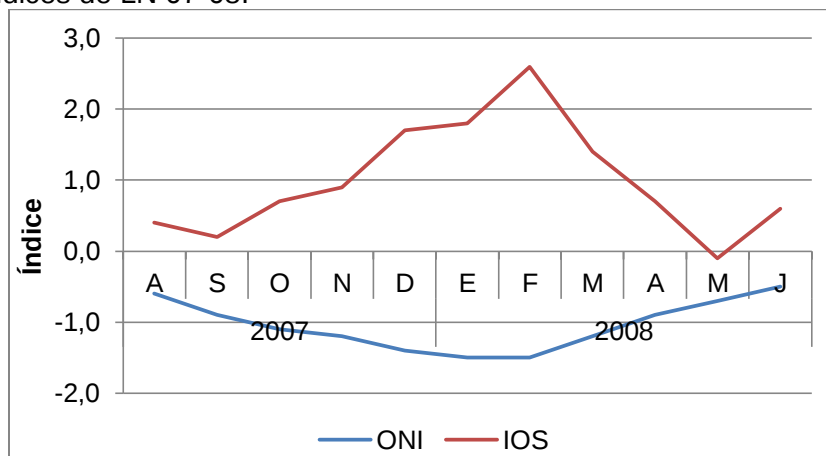


Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

6.3.6 La Niña 2007-2008 (LN 07-08). Este es el último fenómeno del que se tiene registro para el período de estudio de esta investigación (1983-2009) y se desarrolla entre agosto de 2007 y junio de 2008, afectando un total de 11 meses en los cuales se identifica una mayoría de anomalías positivas, 24 estaciones con registros de 10% a 80% sobre el comportamiento histórico, mientras que las anomalías negativas quedan relegadas a solo dos estaciones y las restantes 30 oscilan entre 10% y -10%.

Las variaciones observadas en el IOS y el ONI (figura 52) son muy fuertes hacia la mitad del evento, característica repetida en todos los fenómenos, en este caso siendo inversas entre los dos índices, es decir, mientras el uno (IOS) presenta los mayores registros positivos el otro (ONI) presenta las anomalías negativas más fuertes, y estas coinciden con el final del año 2007 y el inicio del 2008, periodo identificado en el comportamiento histórico como seco, con lo cual se supone las anomalías de precipitación, en este caso mayoría positivas, alterarán finalmente las oscilaciones normales del ciclo anual de la precipitación en el área de estudio.

Figura 52. Índices de LN 07-08.



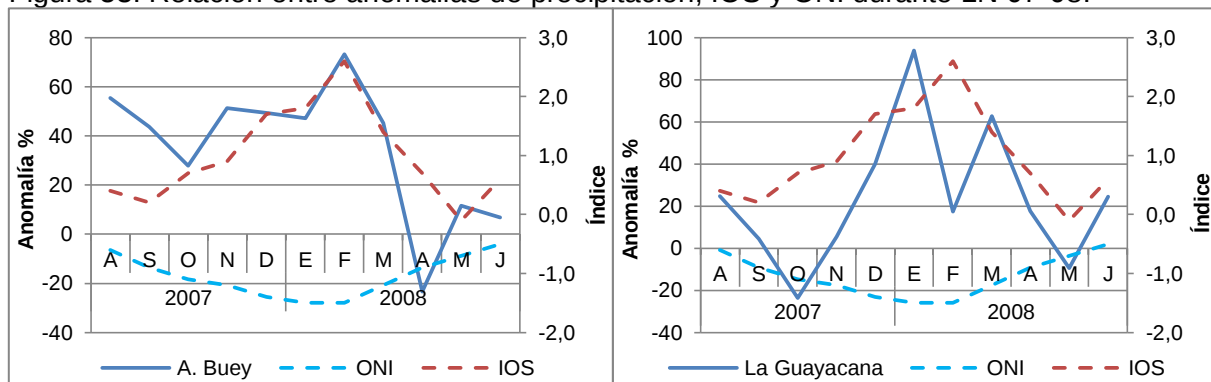
Datos: Series históricas (NOAA s.f.).

Dentro de las 24 estaciones con anomalías positivas se identifican cambios relacionados de manera directa con el IOS y de manera inversa con el ONI, mientras el primero marca valores positivos, las anomalías de precipitación muestran un comportamiento similar, en cambio, cuando el ONI muestra los registros negativos más fuertes se presentan anomalías positivas en la precipitación. En la figura 53 se identifican dos estaciones que muestran claramente este comportamiento, en el cual se muestra como la relación entre las anomalías de precipitación están ligadas estrechamente con las variaciones del IOS, y como este comportamiento cambia las condiciones habitualmente secas del primer trimestre del año, situación que se repite a lo largo de la región Pacífica colombiana, también se puede observar como las anomalías registradas hacia principio de LN 07-08 acentúan las condiciones lluviosas del trimestre septiembre-noviembre, y hacia final del evento, después de marzo, las anomalías de precipitación tienden a acercarse un poco más al comportamiento histórico.

La variación de las anomalías de precipitación en la región Pacífica colombiana, deberían estar ligadas al cambio que se genera en la TSM del Pacífico tropical (reflejadas en el

ONI), las cuales producirían un cambio en el gradiente de temperatura existente entre la porción de océano frente a la costa colombiana y la lengua fría de Humboldt, que condicionan la intensidad del chorro del Choco el cual define, al mismo tiempo, las oscilaciones del ciclo anual de la precipitación en el área de estudio. Además de esto se infiere también que existiría un cambio en los vientos Alisios, que regulan la intensidad de la ZCIT y de los Oestes, los cuales, al igual que el chorro del Chocó, regulan el ciclo de la precipitación anual.

Figura 53. Relación entre anomalías de precipitación, IOS y ONI durante LN 07-08.



Datos: Series históricas (IDEAM, 2010).

En síntesis se puede decir que; si bien los fenómenos de La Niña que se presentan en el periodo 1983-2009, en principio no presentan muchas características comunes, existen algunas que es importantes destacar y se desarrollaran a continuación:

- En cuanto a la duración de los fenómenos de La niña, se encuentra que tres de los seis (LN 84-85, LN 88-89 y LN 07-08) se extienden de 11 a 13 meses, otros dos (LN 83-84 y LN 95-96) se reducen a 7 meses o menos, mientras que durante LN 98-01, un caso excepcional, se identifican 34 meses afectados.
- Generalmente La Niña inicia entre abril y septiembre del año 1.
- Sin importar la duración, inicio y terminación de los fenómenos, se encuentra que siempre se ven afectados los meses entre octubre del año 1 y mayo del año 2.
- En tres fenómenos se extiende La Niña hasta junio del año 2; LN 84-85, LN 98-01, LN 07-08.
- En las estaciones de patrón bimodal, monomodal con tendencia bimodal y monomodal 2 los fenómenos de La Niña inician en un mes lluvioso, en el caso del patrón monomodal 3 se identifica el inicio de dicho fenómeno en un mes del periodo seco.

En primer lugar, y después de analizar los aspectos más importantes en los que concuerdan la mayoría de los fenómenos de La Niña, cabe resaltar los meses en los que inicia el fenómeno, siempre después de la segunda mitad del año 1, son meses en los cuales según León *et al* (2000) la ZCIT se desplaza de sur a norte, mostrando así que La Niña, en su primera fase, estaría afectando en las estaciones Monomodal con tendencia bimodal y Monomodal 2 el inicio del periodo lluvioso, mientras que en el patrón monomodal 3 corresponde al inicio del periodo seco. Pero al observar las anomalías generadas por La Niña durante agosto y septiembre, se identifica que no existen cambios

muy grandes con respecto del comportamiento histórico (ver figuras 49, 51 y 53), siendo posible así decir que en el inicio de dicho fenómeno los cambios en la generación y transporte de humedad, desencadenante de los registros de precipitación, no son muy importantes, sobre todo si se comparan con las anomalías que se observan en la época en que el fenómeno se encuentra en pleno desarrollo (mitad de cada fenómeno).

En cuanto al desarrollo de los fenómenos, cuando se identifican las mayores anomalías en la precipitación, último trimestre del año 1 y primer semestre del año 2, se puede decir que; en los patrones bimodal (figura 6), monomodal con tendencia bimodal (figura 8) y monomodal 2 (figuras 10,11 y 12) estos meses son de características históricamente lluviosa los del último trimestre, y de condiciones secas los del primer trimestre, con lo cual las anomalías más fuertes que ejercen cambios en este periodo de tiempo, hacen que los meses lluviosos sean más lluviosos aún y que durante los meses históricamente secos se generen aumentos significativos en los registros, modificando así el comportamiento de estos últimos.

7. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA

La región pacífica colombiana catalogada por varios autores (Poveda y Mesa (2000), Zea (2003), la CCCP (2002), el IDEAM (97-98) entre otros) como la más lluviosa del país y una de las más lluviosas del mundo, debe estas condiciones a muy diversos factores, entre los que se encuentran; la ZCIT, la variación espacial que ejerce el relieve, representado principalmente por la cordillera de los Andes, los vientos provenientes del Pacífico tropical y otros descritos anteriormente. Las cantidades de precipitación acumulada se distribuyen a lo largo de la región “desde los 3000 mm al norte del departamento del Chocó hasta cerca de 8000 mm en el centro sur del mismo y desde 2000 mm al sur del departamento de Nariño, hasta 9000 mm en el noroccidente de Cauca” (Zea, 2003, p, 109), por su parte Poveda & Mesa (2000) argumentan que “los valores exceden 8000 mm llegando hasta los 12000 mm” (p. 7) y dichas acumulaciones se logran gracias a “la interacción de un bajo nivel del oeste, el chorro del Chocó, con los sistemas convectivos de meso-escala” (Poveda & Mesa, 2000). Pero todos estos elementos que confluyen para determinar las características de la precipitación en el área “aún los estudios, tanto a nivel climatológico como sinóptico, no explican en forma suficientemente clara la dinámica de las condiciones que allí predominan” (Zea. 2003, p 109), mostrando de esta forma la complejidad que encierra el tratar de comprender los patrones espacio-temporales de la precipitación que predominan en el Pacífico colombiano.

En el desarrollo de esta investigación se encuentra que la distribución espacial de la precipitación en la región Pacífica presenta tres núcleos principales, todos ellos determinados esencialmente por la presencia de la cordillera Andina. Empezando desde el sur del área de estudio se encuentra el primer núcleo ubicado en la parte alta de la cuenca del río Güiza (“núcleo Güiza” al sur del departamento de Nariño. figura 54) y si bien se encuentra un poco más arriba de los 500 m.s.n.m, influye de una manera determinante en la distribución de la precipitación el sector sur de la región, mostrando registros superiores de 8000 mm por año y concentrando la mayor cantidad de lluvia en la zona. La estación más próxima a este núcleo es Junín, ubicada fuera del área de estudio, 8700 mm anuales, mientras que dentro del área de estudio la más cercana es Barbacoas en la cual se registra un total de 6770 mm anuales. En el resto de la región Pacífica Nariñense los registros oscilan entre los 2100 mm en la desembocadura del río El Rosario y sectores aledaños a la cabecera municipal de Tumaco, llegando hasta los 4000 mm, aproximadamente, al desplazarse hacia el norte siguiendo de cerca la línea de costa, mientras que si el desplazamiento se realiza hacia la cordillera, los registros aumentan paulatinamente hasta llegar a valores de entre 6000 mm y 7000 mm (en la cuenca media y baja del río Güiza y en la cuenca media del río Telembí). Partiendo desde este punto hacia el norte del departamento y siguiendo la curva de 500 m.s.n.m los valores disminuyen hasta llegar a registros cercanos a los 4500 mm anuales en la cuenca media del río Iscuandé.

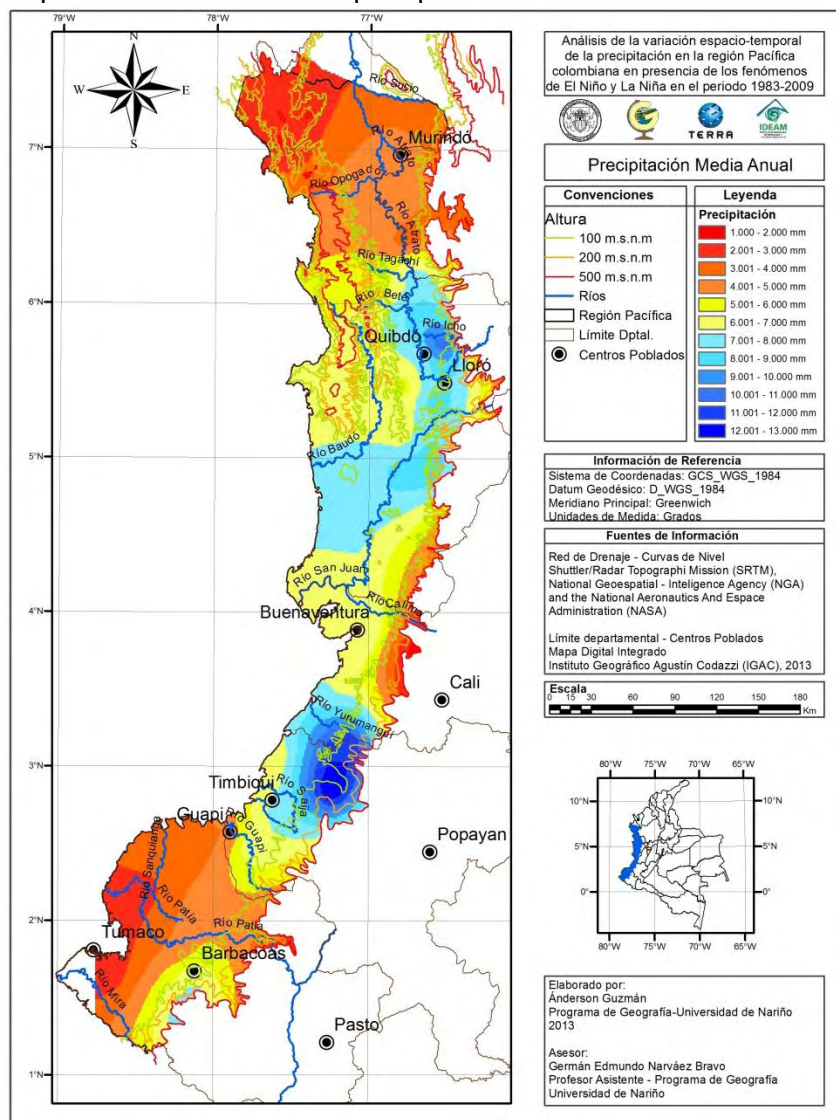
El segundo núcleo se encuentra en el noroccidente del departamento del Cauca, al sur del municipio de Buenaventura “núcleo Caucano” (figura 54), abarcando éste la cuenca alta de los ríos Micay, Naya y Yurumangui. Se encuentran registros superiores a los 12500 mm anuales, observándose una disposición ovoide (alargada en sentido sur – norte) en la precipitación, debido a la ubicación de las dos estaciones que permiten

identificar estos registros, La Concha ubicada en la cuenca alta del río Naya, límite entre los departamentos del Cauca y el Valle del Cauca, y Puerto López ubicada en la cuenca media del río Micay. Desde este punto y desplazándose en dirección sur hacia el departamento de Nariño, entre las curvas de nivel de 100 y 500 m.s.n.m, la precipitación disminuye paulatinamente hasta llegar a valores cercanos a los 5000 mm en la cuenca alta del río Guapí y posteriormente, al adentrarse en el departamento de Nariño los registros aumentan nuevamente al acercarse al núcleo lluvioso ubicado más al sur. Ahora si se dirige desde la estación La Concha hacia el departamento del Valle del Cauca, se observa que entre la cuenca baja del río Dagua y la cuenca media del río Calima, se encuentra una concentración de cuatro estaciones que determinan la existencia de un núcleo con características muy particulares, en cuanto a área de influencia y distribución espacio-temporal, “núcleo Buenaventura”, con acumulaciones cercanas a los 7000 mm por año, que disminuyen a medida que se gana en altura hacia el piedemonte Andino. Por último si se hace un recorrido desde el núcleo caucano hacia el sector costero del Cauca los registros disminuirán hasta llegar a registros de 6500 a 7000 milímetros que se encuentran a lo largo de la costa pacífica caucana.

El tercer núcleo, “núcleo San Juan-Atrato”, que se observa en la región, está ubicado al suroriente de la serranía del Baudó, abarcando la parte centro-occidental del departamento del Chocó y presentando una altura inferior a los 300 m.s.n.m (figura 54), este núcleo no presenta una forma particularmente homogénea, circular o semicircular como en los dos casos anteriores, en este caso se observa una disposición más alargada. Tomándolo de sur a norte se puede describir su ubicación de la siguiente manera; las altas acumulaciones de precipitación inician en la desembocadura del río Tamaná en el río San Juan conformando la parte sur del núcleo con valores de 8500 mm anuales, las estaciones más cercana son Novita y Opogodó, con registros de 9360 y 8370 mm por año respectivamente, ubicadas todas entre el río Tamana y el río Condoto. Siguiendo el río San Juan hacia el norte y desviándose hacia el río Quito se encuentra que los registros disminuyen llegando a valores menores a los 8000 mm pero siempre superiores a los 7500 mm, posteriormente y llegando a la cuenca alta del río Atrato los registros empiezan a aumentar nuevamente, siguiendo el curso del río hasta la desembocadura del río Neguá en el Atrato, y dirigiéndose ahora hacia la parte media y alta de la cuenca del Neguá, más precisamente en el área entre los ríos Icho y Tutunendó, se observa la parte más lluviosa del núcleo con más de 10500 mm, encontrándose en esta zona la estación Tutunendo que presenta una precipitación anual de 11380 mm. Por último el sector más septentrional del núcleo se observa en la desembocadura del río Pune al río Atrato, con registros similares a los del sector sur del mismo núcleo, 8500 mm, en este caso la estación Beté, ubicada un poco más hacia el norte ostenta un registro de 7800 mm por año.

En la zona más norte de la región Pacífica no se encuentra un núcleo de precipitación y los registros empiezan a disminuir desde el núcleo San Juan-Atrato, pasando de valores superiores a los 8000 mm hasta llegar a registros en el orden de los 2500 a 3000 mm en el norte del Chocó. La costa pacífica chocona presenta las mayores acumulaciones de precipitación en la parte sur del departamento con 7000 mm mientras que al desplazarse hacia la parte norte estos valores decaen llegando hasta los 2500 mm cerca de la frontera con Panamá en la cuenca del río Salaquí.

Figura 54. Comportamiento anual de la precipitación.



La variación anual que presentan los núcleos de precipitación permite observar que, aunque existen cambios en las acumulaciones mes a mes, la permanencia de estos no varía drásticamente. A continuación se describen los aspectos más relevantes de los cambios en las acumulaciones y áreas de influencia de dichos núcleos.

En el mes de **enero** se registra en el núcleo Güiza, un comportamiento muy ligado al medio histórico, con una acumulación de aproximadamente 600 mm, en el segundo núcleo, núcleo Caucaño, se presentan 1000 mm entre las estaciones La Concha y Puerto López, cantidad que disminuye al acercarse al piedemonte o al desviarse un poco más al sur o norte del mismo, el núcleo San Juan-Atrato presenta variaciones entre los 600 mm y 800 mm entre el área más sur (desembocadura del río Tamana al río San Juan) y el punto más norte de este (desembocadura del río Pune al río Atrato), por su parte el núcleo Buenaventura registra cantidades de 400 mm (figura 55). Por su parte, ya en los sectores

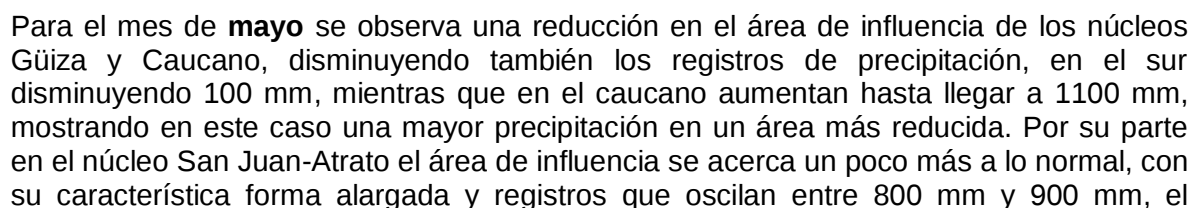
más alejados de los núcleos, se presentan distintos valores; en el sur, hacia la costa pacífica nariñense los valores son siempre superiores a los 300 mm, en el piedemonte de los departamentos del Cauca y el Valle del Cauca la acumulación es de 250 mm a 300 mm aumentando al acercarse al núcleo caucano, en el sector sur de la costa chocoana los registros son superiores a los 500 mm, mientras que en la serranía del Baudó se observa que los registros tienden a disminuir, entre 100 y 200 mm, mientras que en la parte norte del departamento del Chocó los registros oscilan entre los 50 y 150 mm.

Para el mes de **febrero** las condiciones de ubicación de los núcleos no varían en gran medida, los registros por su parte presentan una tendencia a la disminución, en el núcleo Güiza se acumulan 500 mm, en el Caucano se observan oscilaciones entre 700 mm y 900 mm, en el San Juan-Atrato se observa una forma más homogénea, con cantidades entre 500 mm y 600 mm, el núcleo Buenaventura es menos perceptible en este mes del año puesto que solo acumula 300 mm. En la parte sur de la región Pacífica los registros son de entre 200 mm y 300 mm, en el piedemonte Cauca-Valle del Cauca los registros son generalmente de 300 mm y al acercarse al núcleo medio pueden aumentar hasta los 700 mm, en la costa chocoana los registros son del orden de 300 mm y en el norte de este departamento no se observan cambios relevantes con respecto de enero (figura 55).

En el mes de **marzo** se observa cómo el núcleo Güiza alcanza una mayor área de influencia llegando, hacia el norte, hasta la cuenca media del río Telembí y la desembocadura del río Ispi en el Telembí, y hacia el sur hasta la cuenca baja del río Mira, además de aumentar el área de influencia, los registros presentan incrementos hasta llegar a los 700 mm. En el núcleo Caucano se observa igualmente un aumento en cuanto al área de influencia, expandiéndose en este caso, hacia el sur, hasta la cuenca alta del río Saijá y hacia el norte llegando hasta la cuenca alta del río Cajambre con acumulaciones superiores a los 700 mm, en el núcleo San Juan-Atrato se mantiene la tendencia de los dos núcleos anteriores ampliando su área en este caso, hacia el sur hasta llegar a la desembocadura del río Sipí en el río San Juan (hasta 600 mm), el núcleo Buenaventura, por su parte aparece un poco más visible con registros de 400 mm (figura 55). Para los sectores alejados de los núcleos principales del área de estudio se identifica que; en el área sur las cantidades de precipitación llegan hasta los 300 mm, en el piedemonte Cauca-Valle del Cauca los registros se mantienen entre los 200 mm y 400 mm, aumentando a medida que se acercan al área de influencia del núcleo medio, cerca de la línea de costa del Chocó se presentan 350 mm aproximadamente y disminuyen hacia la Serranía del Baudó llegando hasta los 150 mm, en el norte de la región Pacífica se observan registros de 50 mm a 100 mm.

En **abril** los núcleos Güiza y Caucano mantienen sus respectivas áreas de influencia aumentando los registros de precipitación acumulada, llegando a 800 mm y 1000 mm respectivamente, por su parte, el núcleo San Juan-Atrato pierde influencia sobre el sector sur y se desplaza un poco más al norte hasta llegar a la desembocadura del río Bebaramá en el río Atrato, oscilando entre los 700 mm y 800 mm, el núcleo Buenaventura registra un aumento en la precipitación y también en su área de influencia, llegando hasta el río Orpúa en el sur del Chocó con 500 mm. Por su parte, y hablando ahora de las zonas que no tienen un núcleo como tal, se encuentra que al sur de la región aumentan las cantidades de precipitación, oscilando en este mes entre los 300 mm y 400 mm, el piedemonte Cauca-Valle del Cauca varía entre 300 mm y 600 mm aumentando al acercarse al núcleo medio, la costa chocoana presenta valores superiores a los 400 mm,

Figura 55. Comportamiento medio de la precipitación enero-abril



núcleo Buenaventura alcanza en este mes las mayores acumulaciones de todo el año con 700 mm y amplía su área de influencia hasta la costa suroccidental de Chocó (figura 56). Fuera de las zonas de influencia directa de los núcleos se identifica que; en el sur de la región, la oscilación en este mes es de 300 mm a 400 mm, en el piedemonte Cauca-Valle del Cauca se identifican valores superiores a los 400 mm y superiores a los 800 mm en el sector más cercano al núcleo caucano, por su parte la costa chocoana se aproxima a los 600 mm disminuyendo a medida que se desplaza hacia el norte y llega hasta la Serranía del Baudó, el sector norte de la región muestra acumulaciones de 300 mm (figura 56).

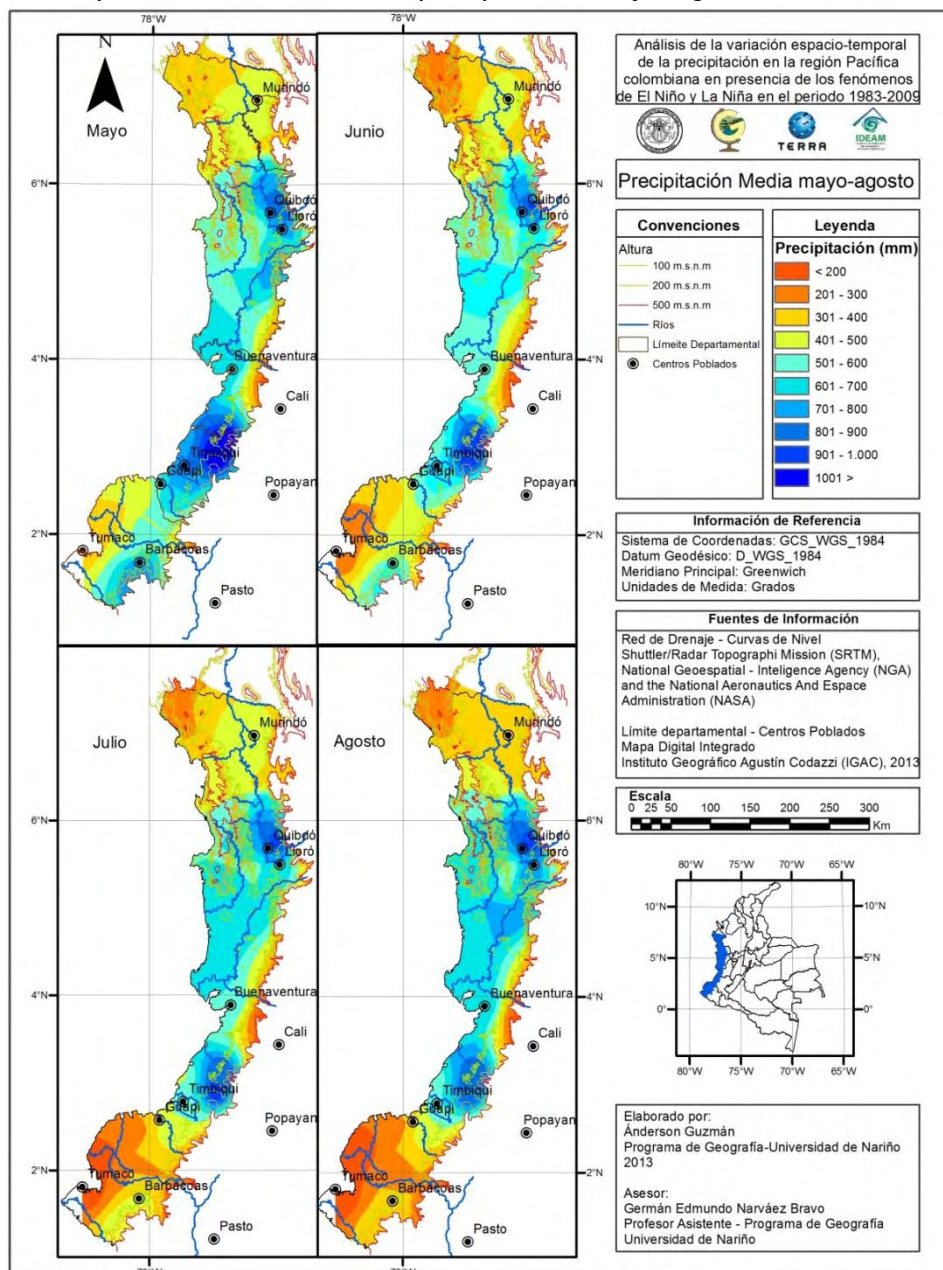
En **junio** el núcleo Güiza se mueve un poco más hacia occidente llegando más arriba de los 600 m.s.n.m y pierde dominio sobre la región, dejando registros cercanos a los 600 mm. En el núcleo Caucano los valores se reducen a 900 mm, mientras que el San Juan-Atrato se observa más uniforme, hacia el sector entre los ríos Icho y Tutunendó se acumulan hasta 900 mm. El núcleo Buenaventura sigue con su mayor influencia, pero en este caso con registros de 500 mm a 600 mm (figura 56). Por su parte, ya en las zonas que no presentan núcleos se identifica al sur de la región oscilaciones cercanas al comportamiento medio (entre 300 mm y 400 mm), el piedemonte Cauca-Valle del Cauca muestra registros relativamente bajos de entre 250 mm y 500 mm, cerca de la línea de costa chocoana las variaciones son del orden de los 500 mm y en la Serranía del Baudó se mantiene la tendencia a presentar registros poco menores a los del sur del departamento, en este caso acumulando 350 mm aproximadamente, en el sector norte de la región se presentan valores de 250 mm a 300 mm (figura 56).

En el mes de **julio** se presenta un comportamiento similar al descrito para el mes de junio en los núcleos Güiza y Caucano, en el primero disminuyen los registros hasta 400 mm, dentro del área de estudio, pero el núcleo aún se encuentra sobre los 600 m.s.n.m, mientras que en el Caucano los registros pasan a ser del orden de 900 mm a 1000 mm. Por otra parte, el núcleo San Juan-Atrato sigue desplazándose más al norte, llegando hasta la desembocadura del río el Buey en el río Atrato, el núcleo Buenaventura se mantiene en condiciones similares, en esta ocasión con precipitaciones de 600 mm (figura 56). En el resto de la región Pacífica se identifica; en la parte sur de la región la acumulación disminuye, llegando en sectores cercanos a la desembocadura del río Rosario a 100 mm, en el piedemonte Cauca-Valle del Cauca la acumulación está entre 200 mm y 400 mm, el sector costero del Chocó aumenta su acumulación llegando hasta los 700 mm y en el norte, mientras que sobre la Serranía del Baudó se presentan 400 mm, en la región norte por su parte, los registros alcanzan su máximo mensual llegando hasta los 400 mm (figura 56).

Durante **agosto** el comportamiento en el núcleo Güiza es muy similar al observado durante julio sin presentar cambios en registros o en área de influencia, en el núcleo Caucano los valores se reducen hasta los 900 mm y disminuye su influencia sobre la costa y el piedemonte del departamento del Cauca, el núcleo San Juan-Atrato se ubica nuevamente más hacia el sur, cerca del río Sipí con 800 mm, hacia la parte norte entre ríos Tutunendó e Icho los registros alcanzan los 1000 mm, siendo este el máximo durante el año, en el núcleo Buenaventura se presenta un aumento en los registros llegando hasta los 700 mm (figura 56). Para los sectores fuera de los núcleos ya descritos se identifica variaciones en el área sur de la región con valores entre los 100 y 300 mm, en el piedemonte Cauca-Valle del Cauca las acumulaciones de 200 mm a 400 mm mientras que más cerca al núcleo medio pueden llegar a los 700 mm, la costa chocoana presenta

700 mm en la parte más sur debido a la influencia del núcleo Buenaventura, al alejarse hacia el norte pueden observarse valores de 500 mm sobre la Serranía de Baudó, por su parte la zona norte de la región se acumulan en general 300 mm.

Figura 56. Comportamiento medio de la precipitación mayo-agosto



En **septiembre** el núcleo Guiza empieza a recuperar influencia sobre el área y se identifica un aumento en los registros que llegan a alcanzar los 700 mm, en el núcleo Caucaño los valores aumentan hasta los 1100 mm y se presenta un leve movimiento, desplazándose un poco más adentro del departamento del Valle del Cauca, sin perder el claro dominio sobre las condiciones de la costa del departamento del Cauca. El núcleo

San Juan-Atrato por su parte, recupera su ubicación media con registros de entre 800 mm y 1000 mm, el núcleo Buenaventura ostenta en este mes la mayor acumulación del año llegando hasta los 800 mm e interviniendo de manera más directa en las condiciones de la zona suroccidente del departamento del Chocó (figura 57). Fuera de la influencia directa de los núcleos se identifica; en la zona sur de la región se zonas con menos de 100 mm cerca de la desembocadura de los ríos El Rosario y Mira, pero en general los valores se mantienen entre 100 mm y 300 mm, el piedemonte Cauca-Valle del Cauca se la precipitación oscila entre 400 y 600 mm, el sur de la costa chocoana, con una influencia directa del micro-núcleo, se presentan acumulaciones superiores a los 700 mm, pero más cerca de la Serranía del Baudó, la constante a disminuir los registros se mantiene, siendo en este caso de 500 mm, al norte de la región se observan acumulaciones que mantienen el comportamiento general, 300 mm (figura 57).

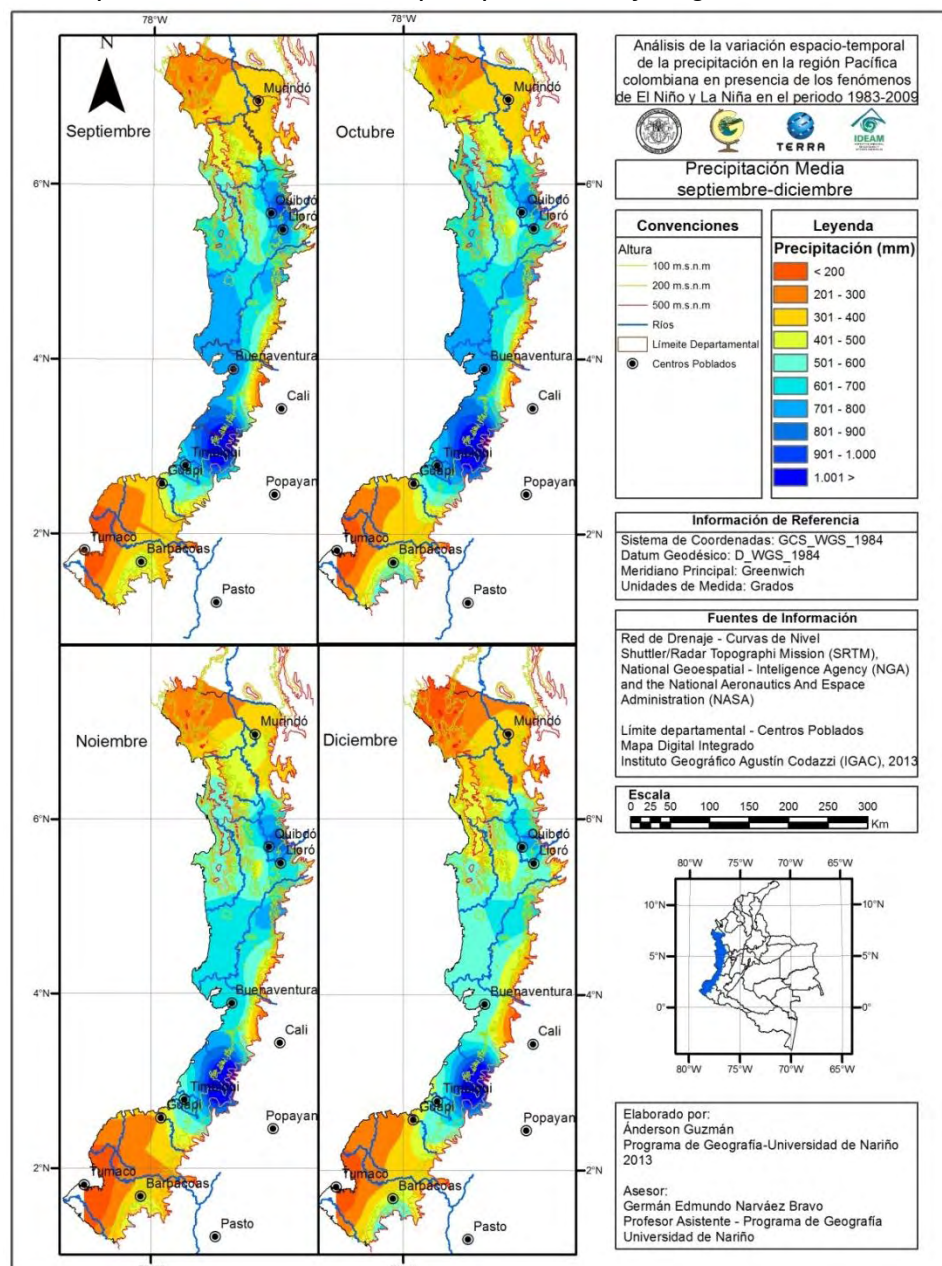
Octubre permite observar cómo los núcleos Güiza y Caucano aumentan sus registros y su área de influencia, el primero llega a más de 700 mm dejando dentro de la región acumulaciones de 600 mm, el Caucano por su parte, ostenta la mayor acumulación del año con 1200 mm y se muestra un poco más amplio de lo normal, manteniendo su influencia sobre el suroccidente del Valle del Cauca, como en el mes anterior, y ensanchándose un poco más al suroccidente del Cauca. En el núcleo San Juan-Atrato se observan nuevamente las dos partes un poco separadas, en el sector sur con registros de 800 mm sobre el río Tamana, y al norte, entre ríos Icho y Tutunendó, 900 mm, la zona media de este núcleo permanece con registros de 700 mm, el núcleo Buenaventura disminuye un poco en cuanto a cantidad de precipitación, 750 mm, pero mantiene su influencia hacia el noroccidente (figura 57). En los demás sectores se observa que; en el sur las precipitaciones llegan hasta 400 mm, siendo los máximos del año en esta zona, el piedemonte Cauca-Valle del Cauca los valores oscilan entre 400 y 600 mm, el sur de la costa chocoana muestra valores superiores a los 700 mm y en la Serranía de Baudó 600 mm, en el norte de la región los registros están entre los 200 mm y los 300 mm.

Para el mes de **noviembre** el núcleo Güiza se presenta como en octubre, pero con valores de 500 mm a 600 mm, el núcleo Caucano se ubica un poco más cerca del piedemonte y los registros son superiores a 1100 mm, en el núcleo San Juan-Atrato las condiciones se mantienen y la acumulación oscila entre los 800 mm y los 900 mm, el núcleo Buenaventura presenta un desplazamiento hacia el sur, dejando menores registros al noroccidente, con valores de 700 mm aproximadamente (figura 57). En la parte sur de la región se mantiene las condiciones normales, entre 100 mm y 300 mm, el piedemonte Cauca-Valle del Cauca registra 400 mm en general y cerca del núcleo valores de hasta 1000 mm, el sur de la costa chocoana se muestra entre los 500 mm y 600 mm, la Serranía de Baudó oscila entre los 400 mm y 500 mm, al norte de la región la acumulación es de 300 mm (figura 57).

En **Diciembre** el núcleo Güiza muestra valores de 700 mm, más alto que los 500 m.s.n.m que marcan el límite del área de estudio, en el área los valores son cercanos a 500 mm. En el núcleo Caucano la acumulación es de 1100 mm y se centra sobre las dos estaciones principales (La Concha y Puerto López), el núcleo San Juan-Atrato por su parte, registra valores entre 700 mm sobre el río Tamana y de 800 mm entre el río Icho y Tutunendó, el núcleo Buenaventura regresa hacia su posición habitual, al norte del río Dagua, con una acumulación de 500 mm a 600 mm (figura 57). Fuera de los núcleos las variaciones son las siguientes; en el sector sur de la región los valores se muestran entre

los 150 mm a 400 mm, el piedemonte Cauca-Valle del Cauca oscila entre los 350 mm y los 500 mm, el sur de la costa chocoana presenta 600 mm y hacia la Serranía de Baudó entre 300 mm y 500 mm, al norte de la región los valores son de 200 mm.

Figura 57. Comportamiento medio de la precipitación mayo-agosto



7.1 VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA DURANTE EL FENÓMENO DE EL NIÑO

7.1.1 El Niño 1982-1983 (EN 82-83). En el sector sur de la región Pacífica colombiana, entre la ubicación normal del núcleo Güiza (cuenca alta del río Güiza) y la cuenca media del río Mira se observa que el promedio de anomalías de precipitación durante EN 82-83 oscila entre los -200 mm a -400 mm, al igual que en la cuenca baja del río Patía (sector más cercano a su desembocadura) y la cuenca alta del río Sanquianga, estas anomalías no se observan nucleadas alrededor de un punto definido en el espacio, sino que se distribuye a lo largo de los sectores mencionados. En otro sector de la cuenca baja del río Patía, entre 50 m.s.n.m y 100 m.s.n.m, se identifican anomalías positivas que oscilan entre 200 mm y 600 mm, ubicándose en este caso alrededor de la estación San José de Tapaje (al norte de Barbacoas), que junto con la estación Beté son las únicas zonas con anomalías positivas representativas durante EN 82-83. Continuando en dirección norte, y ya en el sector de influencia del núcleo Caucano (sector noroccidental del Cauca, cuenca alta de los ríos Micay, Naya y Yurumanguí) se presentan anomalías mucho más altas, en el orden de los -500 a -2000 mm, las cuales son más notorias desde la cuenca baja del río Saijá (-500 mm) hasta el noroccidente de la cuenca del río Yurumanguí (-2000 mm), observándose cómo estos registros afectan sectores del piedemonte caucano y vallecaucano (figura 58).

El núcleo Buenaventura (cuenca baja del río Dagua y la cuenca media del río Calima) presenta registros de -600 mm en el área general de influencia (básicamente la costa vallecaucana y el suroriente del Chocó), alcanzando hacia la desembocadura del río Calima en el río San Juan déficits de -800 mm y a medida que se acerca más hacia el piedemonte vallecaucano las precipitaciones tienden a observarse más cerca de su comportamiento normal. Mientras tanto, en el núcleo San Juan-Atrato, se identifican anomalías de -500 mm en la cuenca media del río San Juan (suroccidente del departamento del Chocó), las cuales se hacen más notorias al desplazarse hacia el norte, llegando hasta los -1600 mm en la cuenca alta del mismo río, entre Lloró y Quibdó. Siguiendo en esta dirección, se observan en la cuenca alta del río Atrato, en cercanías de Murindó, valores de -800 mm a -1000 mm (figura 58). Contrario a este comportamiento, en la desembocadura del río Beté al río Atrato, se observa un pequeño núcleo de anomalías positivas, alrededor de la estación Beté que junto con San José de Tapajé, como se dijo anteriormente son las únicas con anomalías positivas. La Serranía del Baudó por su parte está entre los -200 mm y los -600 mm, mientras que al norte del departamento del Chocó, en la desembocadura del río Tagachi al río Atrato, las anomalías son de -1000 mm y al seguir el valle del Atrato hasta su desembocadura en el océano, los valores se acercan a la normalidad.

7.1.2 El Niño 1986-1988 (EN 86-88). En la ubicación habitual del núcleo Güiza se observan anomalías positivas, que llegan hasta los 1000 mm sobre los registros históricos, específicamente en la cuenca baja del río Mira (límite suroccidental del área de estudio), al desplazarse un poco más al norte, en la cuenca baja del río Patía entre los 50 m.s.n.m y los 100 m.s.n.m, se identifican anomalías negativas bastante importantes de -1000 mm a -2000 mm, marcando un alto contraste en el comportamiento de la precipitación en la parte más sur de la región Pacífica (pacífico nariñense). Por su parte, se observa en el resto del sur de la región se identifican déficits cercanos a -1000 mm (figura 59).

91

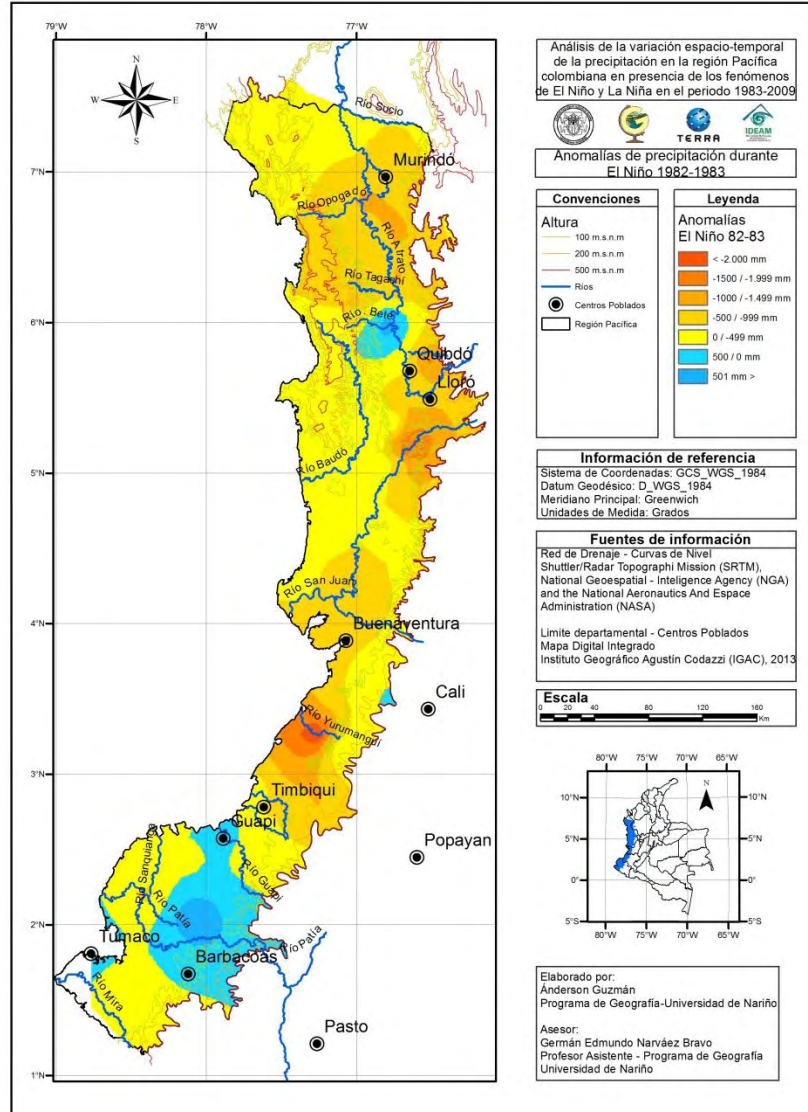
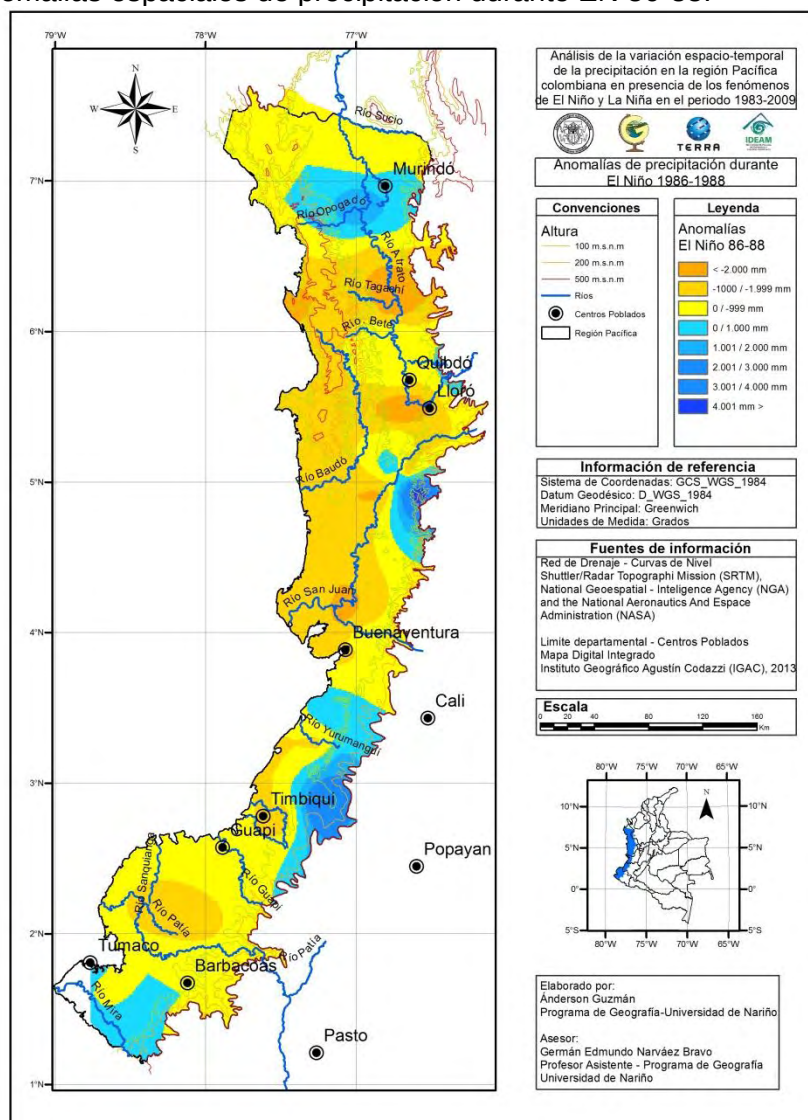


Figura 59. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 86-88.



El núcleo San Juan-Atrato, por su parte muestra una variación bastante heterogénea, logrando identificarse anomalías positivas en la cuenca media del río San Juan superiores a 500 mm, llegando en algunos casos hasta los 3000 mm (en un sector muy reducido del

piekemonte chocoano), las cuales se encuentran rodeadas por anomalías negativas que oscilan entre los -1000 mm y los -2000 mm. Entre la cuenca alta del río San Juan y alta del río Atrato (al sureste de Quibdó y Lloró) se observan déficits de -3000 mm al igual que en la desembocadura del río Tagachi en el río Atrato, mientras que más al norte, en la desembocadura del río Opogado al Atrato (sureste de Murindó) se encuentran anomalías positivas de 500 mm a 1500 mm. La Serranía del Baudó presenta déficits de -1000 mm que se hacen más fuertes al acercarse a la línea de costa, llegando hasta los -2000 mm, de la misma manera el sector norte del departamento del Chocó presenta anomalías negativas que alcanzan los -1000 mm (figura 59).

Durante EN 86-88 se identifica, a lo largo del área de estudio, la existencia de anomalías positivas importantes en cuatro sectores; el primero en la cuenca alta del río Mira, el segundo en el piedemonte caucano, el tercero en la cuenca media del río San Juan y el cuarto en la desembocadura del río Opogado en el río Atrato, siendo el más notorio el ubicado en el piedemonte caucano (llegando hasta 4000 mm) Si bien se observan claramente, se puede decir con la misma facilidad, que el área de influencia de los mismos es relativamente pequeña en el contexto del total de la región Pacífica. Por su parte las anomalías negativas, de una menor intensidad comparada con las positivas, se distribuyen sobre la mayor parte de la región y las principales se identifican; en el núcleo Güiza -1500 mm, -500 entre los ríos Timbiquí y Saijá, -2500 mm en Buenaventura (uno de los puntos más significativos durante EN 86-88) y de -1000 mm a -2500 mm en el núcleo San Juan Atrato, al igual que en la desembocadura del río Tagachi en el Atrato. De esta manera se demuestra la gran variabilidad de la precipitación de la región Pacífica colombiana durante EN 86-88.

7.1.3 Fenómeno de El Niño 1991-1992 (EN 91-92). En la ubicación media del núcleo Güiza (cuenca alta del río Güiza) se presentan déficits de entre 0 mm y -1000 mm, por su parte, en la cuenca del río Mira se identifican anomalías positivas que llegan hasta los 1000 mm, en la cuenca baja del río Patía (entre los 50 m.s.n.m y los 500 m.s.n.m) los valores observados son negativos, entre -1000 mm y -1500 mm, el sector de la costa sur de Nariño presenta valores de -500 a 500 mm, por su parte en el sector más norte de la costa del mismo departamento las anomalías oscilan entre los -500 mm y los -1000 que (cuenca baja del río Sanquianga y cerca de la desembocadura del río Patía) (figura 60).

En el núcleo Caucano se identifican anomalías negativas de -2500 mm que llega hasta los -3000 mm en la cuenca del río Yurumanguí, afectando éstas a todo el sector norte de la costa caucana y sur de la costa vallecaucana, mientras que hacia el piedemonte, zona influenciada siempre por el comportamiento del núcleo medio, se identifican anomalías de hasta -2000 mm. En el núcleo Buenaventura (costa vallecaucana) se presentan déficits de hasta -2000 mm siendo más fuertes hacia la desembocadura del río San Juan, mientras que hacia el piedemonte vallecaucano los registros tienden a estar más cerca del comportamiento histórico, con anomalías que apenas llegan a los -500 mm (figura 60).

El núcleo San Juan-Atrato muestra anomalías negativas en la cuenca media del río San Juan, entre -2000 mm y -3000 mm. En el área entre los ríos San Juan y Atrato (Al sureste de Quibdó y Lloró) se observan de igual manera anomalías más representativas que -2000 mm, pero en un área más reducida, entre estos dos puntos “secos” se observan anomalías positivas de hasta 1000 mm (generado por registros de las estaciones sin patrón definido), más al norte, en la cuenca del río Icho se presentan igualmente

En general para toda la región Pacífica se observan anomalías negativas, en muchos casos más notorios que los -2000 mm, llegando a su máxima expresión en la cuenca del río Yurumangui con -3000 mm. Por su parte las anomalías positivas observadas durante este fenómeno se limitan a dos sectores, el primero ubicado en el sur (cuenca del río Mira) y otro punto en el núcleo San Juan Atrato hacia la cuenca del río Icho, en los dos casos con valores de hasta 1000 mm y con áreas muy restringidas.

Análisis de la variación espacio-temporal de la precipitación en la región Pacífica colombiana en presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en el periodo 1983-2009

Anomalías de precipitación durante El Niño 1991-1992

Convenciones

Altura

- 100 m.s.n.m.
- 200 m.s.n.m.
- 500 m.s.n.m.

Ríos

Centros Poblados

Región Pacífica

Leyenda

Anomalías El Niño 91-92

- 3.000 / -3.500 mm
- 2.500 / -2.999 mm
- 2.000 / -2.499 mm
- 1.500 / -1.999 mm
- 1.000 / -1.499 mm
- 500 / -999 mm
- 0 / -499 mm
- 0 / 500 mm
- 501 / 1.000 mm

Información de referencia

Sistema de Coordenadas: GCS WGS 1984
Datum Geodésico: D. WGS 1984
Meridiano Principal: Greenwich
Unidades de Medida: Grados

Fuentes de información

Red de Orografía - Curvas de Nivel Shuttle/Radar Topography Mission (SRTM), National Geospatial - Intelligence Agency (NGA) and the National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Límite departamental - Centros Poblados
Mapa Digital Integrado
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2013

Escala

0 20 40 80 120 160 Km

Elaborado por:
Anderson Guzmán
Programa de Geografía-Universidad de Nariño

Aesor:
Germán Edmundo Narváez Bravo
Profesor Asistente - Programa de Geografía
Universidad de Nariño

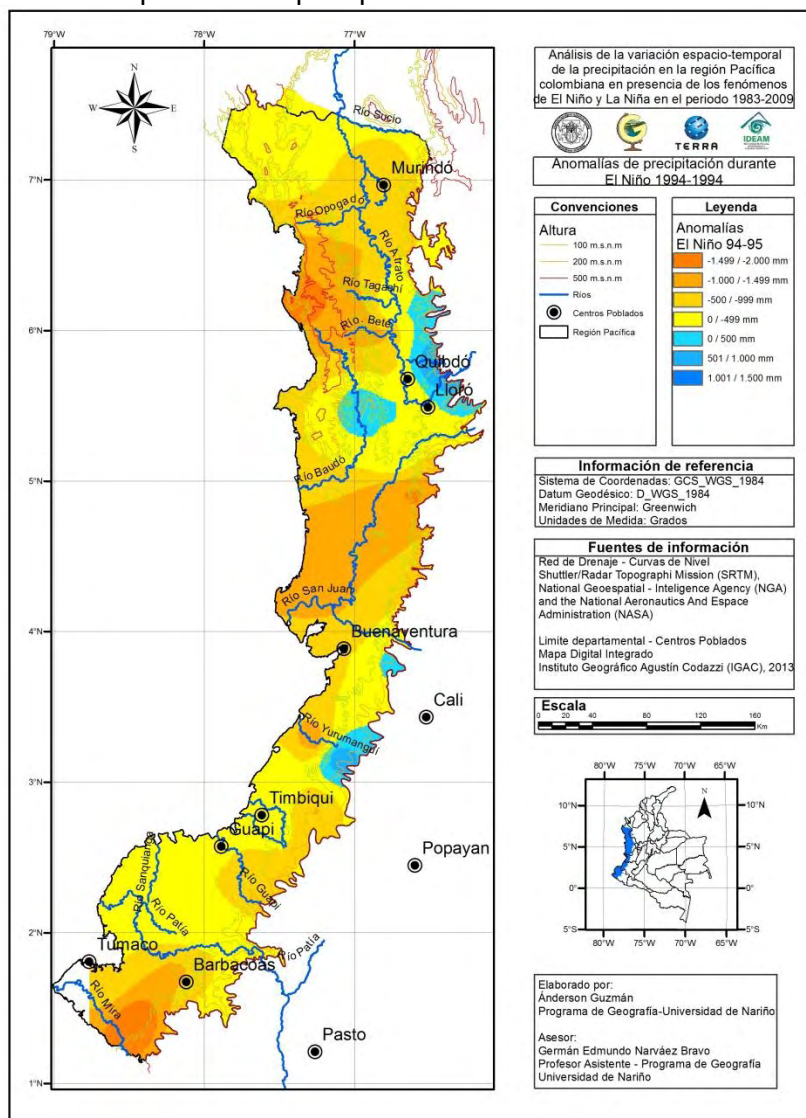
7.1.4 Fenómeno de El Niño 1994-1995 (EN 94-95). En el núcleo Güiza se encuentra un comportamiento cercano a las variaciones normales, observándose apenas anomalías de -500 mm, pero hacia el suroccidente, en la cuenca alta del río Mira, se identifican anomalías entre -1000 mm y -2000 mm. En la cuenca baja del río Patía entre los 50 m.s.n.m y los 500 m.s.n.m los déficits están en el orden de -1000 mm hacia la margen sur del río (cerca de Barbacoas), mientras que hacia el norte del mismo se identifican registros que oscilan entre 0 mm y -200 mm, extendiéndose estas hasta la parte más baja de la cuenca (hablando del río Patía) e influenciando la cuenca alta del río Sanquianga (figura 61).

En la ubicación habitual del núcleo Caucaño (sector noroccidental del Cauca, cuenca alta de los ríos Micay, Naya y Yurumanguí) se identifican anomalías de -500 mm a -1000 mm, hacia el noroccidente del Cauca se observan registros positivos de hasta 500 mm, mientras que en la cuenca del río Yurumanguí se encuentran déficits de hasta -1200 mm y hacia el sur del departamento del Cauca, entre Timbiquí y Guapí, los valores están alrededor de -400 mm. Hacia el sector de la costa vallecaucana (núcleo Buenaventura) las anomalías son de hasta -1000 mm y en el piedemonte caucaño se mantienen en un rango normal, oscilando apenas entre -400 mm y 200 mm (figura 61).

El sector norte de la región presenta anomalías de hasta -1500 mm en la cuenca del río San Juan, mientras que en el sector ubicado entre ríos Atrato y San Juan, ambos en su cuenca alta, los registros oscilan alrededor de los 500 mm positivos o negativos. Ya hacia la cuenca del río Icho (al noroeste de Quibdó y Lloró) se identifican anomalías positivas con un máximo de 1000 mm. La Serranía del Baudó por su parte, presenta en los extremos norte y sur, registros de -500 mm aproximadamente, mientras que en el centro, llegando a la línea de costa de esta formación, se identifican anomalías de -2000 mm, mientras que en la cuenca media del río Baudó se presentan valores entre 0 mm y 500 mm. Por otra parte el sector más norte del departamento del Chocó oscila entre registros cercanos a los históricos disminuyendo como máximo hasta los -1000 mm (figura 61).

En general toda el área de estudio presenta anomalías negativas, concentrándose las más importantes en tres puntos, el primero hacia el sur, en la cuenca alta del río Mira (-2000 mm), el segundo en la cuenca media del río San Juan (-1500 mm) y el tercero hacia el centro-occidente de la serranía del Baudó (-2000 mm), mientras que las anomalías positivas son significativas en apenas dos pequeños puntos; el primero ubicado hacia la cuenca alta del río Yurumanguí, en el piedemonte de la cordillera Occidental entre los departamentos del Cauca y el Valle del Cauca (1000 mm), y el segundo hacia la cuenca alta del río Icho (1000 mm). De esta manera se puede decir que las variaciones que genera EN 94-95 no son muy fuertes, en cuanto a cambio en la acumulación de precipitación, pero si suficientes para generar variaciones en los patrones de comportamiento normal debido a que se presentan durante apenas siete meses (septiembre 1994 – marzo de 1995) logrando así modificar las tendencias históricas de meses secos o lluviosos.

Figura 61. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 94-95.



7.1.5 El Niño 1997-1998 (EN 97-98). El núcleo Güiza presenta un comportamiento muy similar al histórico llegando a anomalías máximas de 500 mm, en la cuenca baja del río Mira y el suroccidente de la región Pacífica, se identifica que durante EN 97-98 existe un reforzamiento de los procesos generadores de precipitación, evidenciado esto por la presencia de anomalías positivas de entre 1000 mm y 1500 mm. Al desplazarse un poco más al norte, en la cuenca baja del río Patía entre los 0 m.s.n.m y los 100 m.s.n.m, se observan déficits de hasta -1000 mm en el margen sur del río (al norte de Barbacoas), mientras que hacia el norte del mismo, las anomalías observadas permiten identificar un aumento de los registros históricos en el orden de los 1500 mm, extendiéndose estos a lo largo de la cuenca baja del Patía y alta del río Sanquianga (figura 62).

El núcleo Caucaño presenta déficits muy fuertes, marcados en anomalías de -3500 mm, que se observan desde la cuenca baja del río Yurumanguí hasta el piedemonte caucano,

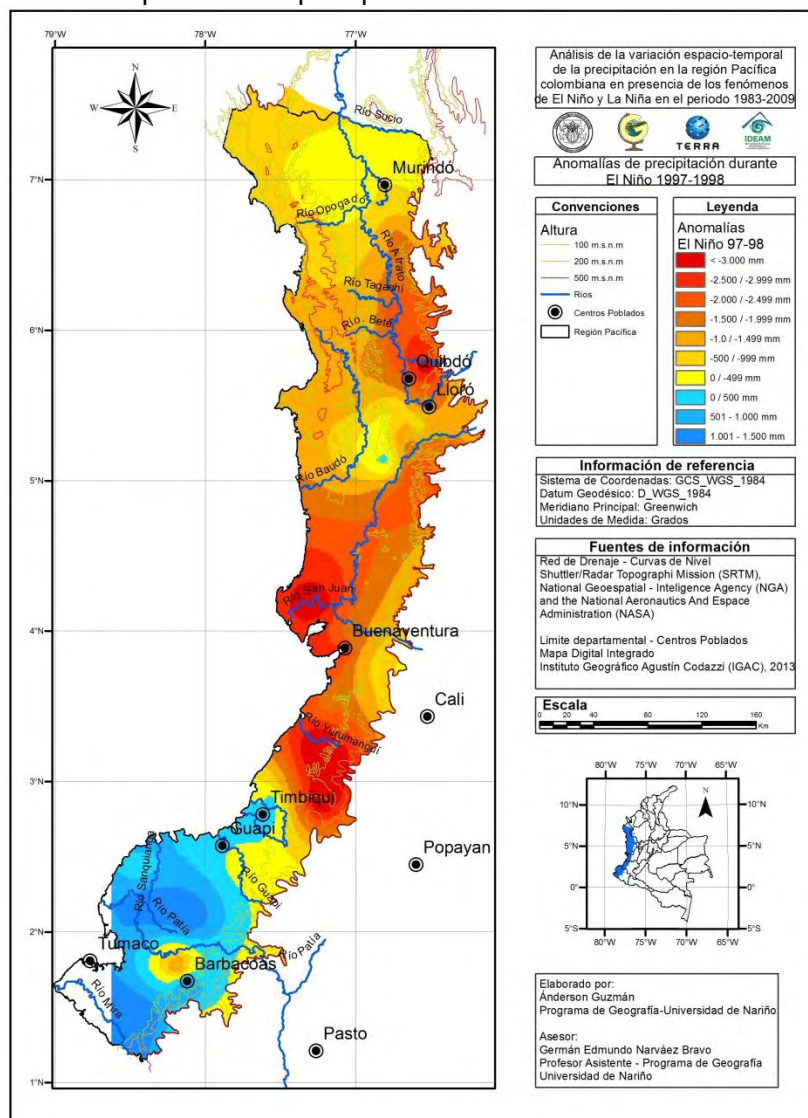
identificando la influencia de estas anomalías en el suroriente del Valle del Cauca, mientras que hacia el sur del departamento del Cauca, entre Guapí y Timbiquí, se observa aún una fuerte influencia de las condiciones que predominan hacia el sur del área de estudio, presentando en este caso anomalías de hasta 500 mm (figura 62).

La región costera del Valle del Cauca presenta anomalías de -2000 mm y -3000 mm, ubicadas hacia el noroccidente del departamento, influyendo éstas en la cuenca baja del río San Juan y del río Calima (núcleo Buenaventura), mientras que el suroccidente del municipio de Buenaventura, ubicación histórica del núcleo, presenta déficits de la precipitación. Hacia el piedemonte vallecaucano se identifican anomalías de -1000 mm, derivadas de las condiciones presentes en el núcleo Buenaventura en la zona más cercana a la costa (figura 62).

Por su parte el núcleo San Juan - Atrato (suroriente de la Serranía del Baudó, centro-occidente del departamento del Chocó) presenta anomalías de -2400 mm en la cuenca media del río San Juan que disminuyen su valor a medida que se desplaza hacia el norte, llegando a registros de entre -1000 mm y -1500 mm en el sector entre los ríos Atrato y San Juan, mientras que un poco más al norte, en la cuenca del río Icho (muy cerca de Quibdó) las anomalías vuelven a ser tan fuertes como -3500 mm. La Serranía del Baudó registra de sur a norte anomalías de -1000 mm a -1500 mm, mientras que el norte del departamento del Chocó oscila entre los -1000 mm en la desembocadura del río Opogado hasta los -500 mm cerca de la desembocadura del río Atrato en el océano (figura 62).

Durante el fenómeno de EN 97-98 se presentan anomalías positivas y negativas, en este caso en dos sectores fácilmente identificables; las anomalías positivas se agrupan en su totalidad hacia el sur de la región con valores que llegan hasta los 1500 mm y estos determinan el comportamiento de las precipitaciones de toda el área costera del departamento de Nariño y la parte sur de la costa caucana. Por su parte, las anomalías negativas se encuentran desde la ubicación habitual del núcleo Caucaño, al norte del río Saijá (-3500 mm), y si bien al desplazarse hacia el norte estas varían su intensidad, se mantienen las condiciones deficitarias en la precipitación. En la ubicación normal del núcleo Buenaventura los registros son máximos de -1500 mm, en la cuenca baja del río San Juan son de -3500 mm, hacia la cuenca media del mismo se identifican -2000 mm, más hacia el norte las anomalías más extremas está en el río Icho (-3500 mm) y al desplazarse hacia el norte del departamento del Chocó los registros llegan a máximos de -500 mm.

Figura 62. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 97-98.

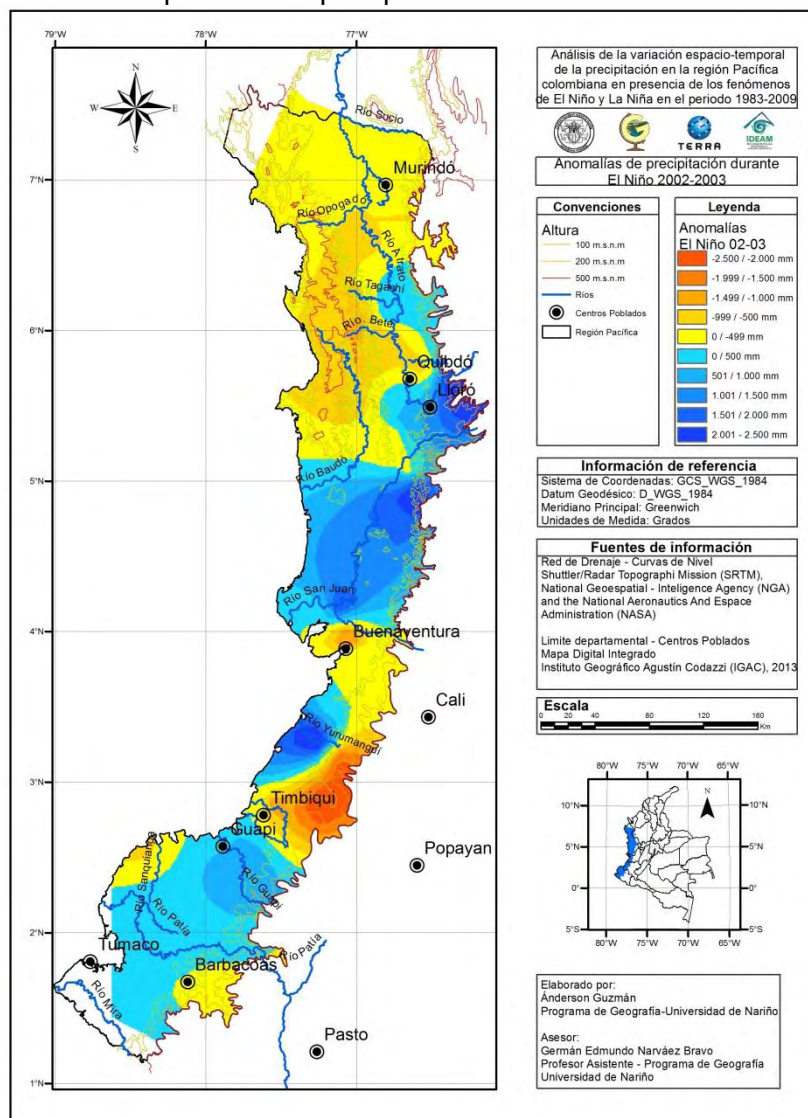


7.1.6 Fenómeno de El Niño 2002-2003 (EN 02-03). En el sector de influencia del núcleo Güiza (cuenca alta del río Güiza) se identifica una pequeña variación, disminuyendo apenas -500 mm, notándose esta influencia hasta Barbacoas, mientras que hacia el noroccidente del departamento de Nariño se identifican -1000 mm y hacia el nororiente del mismo departamento, en límites con el cauca se observa un pequeño aumento de los registros entre 500 mm y 1000 mm. En el sector del núcleo Caucano (nororiente del Cauca, cuenca alta de los ríos Micay, Naya y Yurumanguí) se identifica una gran variación; en la cuenca del río Yurumanguí se observan anomalías positivas de hasta 2500 mm, hacia el sector del piedemonte estas anomalías cambian drásticamente y se convierten y permiten identificar un fuerte déficit de precipitación, con registros que llegan hasta los -2500 mm, mientras que en la parte sur del Cauca, en las cuencas de los ríos Saijá y Timbiquí (entre Timbiquí y Guapí), existen anomalías desde 500 mm llegando hasta las anomalías ya descritas (figura 63).

Para la zona de influencia del núcleo Buenaventura (región Pacífica vallecaucana) se identifican anomalías negativas de -500 mm a -1500 mm cerca de la bahía de Buenaventura, mientras que un poco más al norte, en la desembocadura del río Calima los registros se tornan positivos oscilando entre 1000 mm y 2000 mm, por su parte el piedemonte vallecaucano se mantiene muy cerca de los registros normales. Para la zona de influencia del núcleo San Juan-Atrato (suroriente de la Serranía del Baudó, centro-occidente del departamento del Chocó) se observa en la cuenca media del río San Juan anomalías de entre 1000 mm y 2000 mm, más hacia el norte entre los ríos Atrato y San Juan los registros pasan de ser casi normales, hasta llegar a los valores máximos de 2500 mm en cercanías del piedemonte chocono, principalmente hacia la cuenca alta del río Atrato, al este de Lloró. La Serranía del Baudó oscila en registros normales en los sectores norte y sur, pasando por anomalías negativas de hasta -1000 mm en el centro de esta formación, por su parte el norte de la región Pacífica, norte del departamento del Chocó, oscila entre -500 mm al sureste de Murindó que se tornan cada vez más cerca de los registros históricos hacia la desembocadura del río Atrato (figura 63).

En resumen, se observa que durante EN 02-03 las condiciones secas se acumulan hacia el piedemonte de los departamentos del Cauca y Valle del Cauca, además de un pequeño punto en el sector donde históricamente se ubica el núcleo Buenaventura, en el resto de la región Pacífica colombiana se identifican anomalías positivas, las más importantes hacia la cuenca alta de los ríos San Juan y Atrato y en la cuenca del río Yurumanguí. Estos puntos son los más representativos durante este fenómeno puesto que para sectores que en otros fenómenos de El Niño presentan gran variación, como la Serranía del Baudó, se mantienen en condiciones relativamente normales, mostrando como los fenómenos, que suman o restan precipitación, se ubican en puntos muy particulares y no se extienden a toda el área de estudio.

Figura 63. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 02-03.

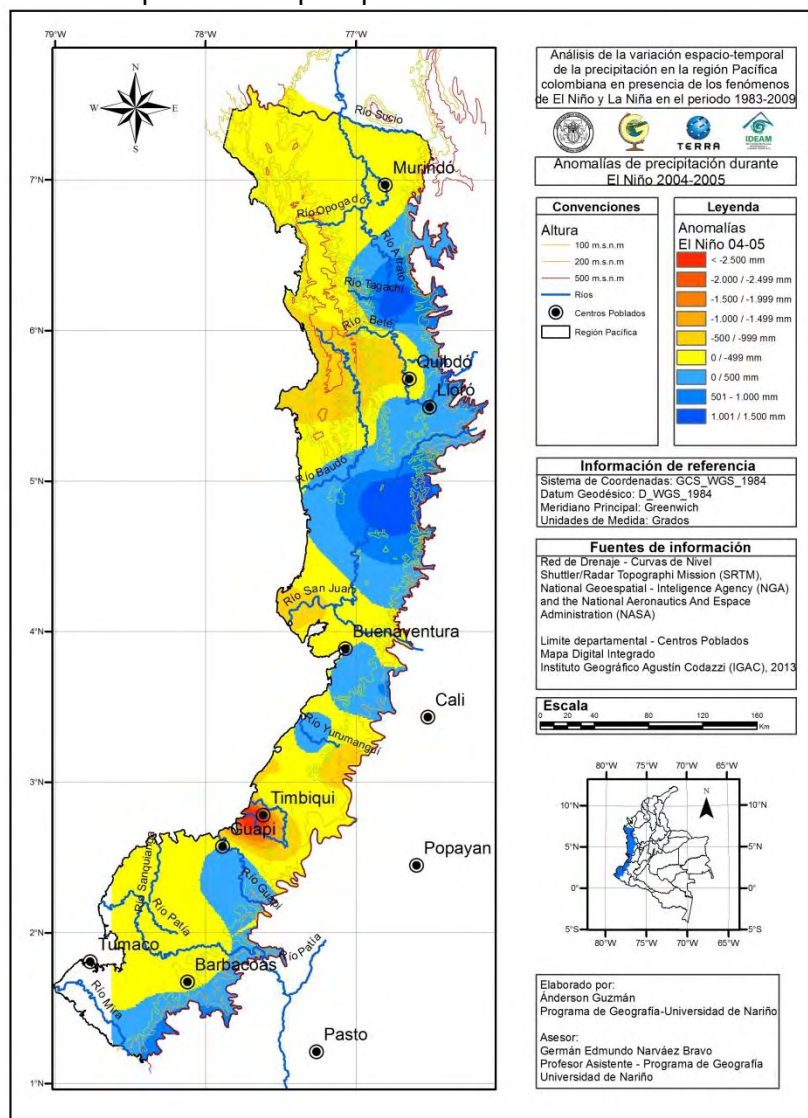


7.1.7 Fenómeno de El Niño 2004-2005 (EN 04-05). El núcleo Güiza, en su parte más suroriental, presenta anomalías positivas de entre 500 mm y 1000 mm, la cuenca baja del Patía, entre los 0 m.s.n.m y los 400 m.s.n.m, presenta anomalías negativas muy poco significativas, en el orden de los -200 mm, mientras que en la costa nariñense, tanto en el sur (Bahía de Tumaco) como en el norte (en la cuenca baja del Patía), los registros se mantienen normales descendiendo máximo hasta los -500 mm. Hacia el suroccidente del núcleo Caucaño, entre los ríos Saijá y Timbiquí, las anomalías pasan rápidamente de los -500 mm hasta llegar valores inferiores a -2500 mm, por su parte en el río Yurumanguí se observa una diferencia entre la cuenca alta, anomalías negativas entre -500 mm y -1000 mm, y la cuenca media y baja, registros positivos de hasta 500 mm, Por su parte el piedemonte caucaño pasa de anomalías positivas en el sur (500 mm) hasta llegar a valores de entre -500 mm y -1000 mm en el sector que limita con el departamento del Valle del Cauca (figura 64).

El núcleo Buenaventura pasa de los -500 mm a -1000 mm identificados cerca de la costa, en la desembocadura del río San Juan, llegando a anomalías máximas de 500 mm a 1000 mm en el piedemonte vallecaucano. Para el sector del núcleo San Juan-Atrato, se observa en la cuenca media del río San Juan anomalías entre 500 mm y 1500 mm, en la zona entre los ríos Atrato y San Juan las anomalías alcanzan un máximo de 500 mm, las cuales aumentan hacia la parte más alta del río Atrato (al este de Lloró), mientras que en la cuenca del río Tagachi se identifican variaciones del orden de 500 mm a 1500 mm. La Serranía del Baudó en sus extremos sur y norte presenta anomalías de alrededor de -500 mm, mientras que en el centro de la misma, cerca de la cuenca del río Baudó, llegan hasta los -600 mm aproximadamente. En el norte de la región las variaciones son de -500 mm cerca de la desembocadura del río Opogado hasta los 500 mm registrados en la desembocadura del río Atrato.

En general se puede decir que durante este fenómeno el norte y sur de la región Pacífica presentan anomalías positivas, al sur identificadas más precisamente hacia el piedemonte nariñense y hacia el norte en la cuenca del río San Juan y alta del río Atrato al igual que en el río Tagachi, en el resto de la región se observan anomalías negativas, de las cuales resaltan las que se ubican entre el río Saijá y el río Timbiquí. Además de esto se encuentra que en los núcleos Guiza y San Juan Atrato los fenómenos generadores de precipitación se fortalecen, mientras que en el núcleo Buenaventura y Caucaño las condiciones son relativamente normales. Este es el único fenómeno de El Niño (en el periodo 1983-2009) que presenta una mayoría de anomalías positivas.

Figura 64. Anomalías espaciales de precipitación durante EN 04-05.



Después de observar las variaciones que sobre la precipitación generan los diferentes fenómenos de EN identificados entre 1983 y 2009 (periodo de estudio de esta investigación), se puede decir con certeza que la fase cálida del ciclo ENOS (fenómeno de El Niño) es uno de los mayores causantes de la variabilidad interanual de la precipitación, ocasionando anomalías positivas o negativas, en diferentes zonas de la región Pacífica colombiana, evidenciando de esta manera que los cambios océano-atmosféricos registrados en el océano Pacífico producen alteraciones en los procesos generadores y transportadores de humedad, que finalmente repercute en los registros de precipitación, además de influir directamente en la forma como dichos procesos interactúan con los factores geográficos (latitud, altitud, cercanía a la costa), permitiendo así observar ciertas tendencias de la precipitación en determinadas zonas de la región Pacífica colombiana.

El núcleo Güiza caracteriza el comportamiento de la precipitación en el área suroccidental de la región Pacífica, el núcleo Caucano referencia el comportamiento en el sector de la costa Pacífica del departamento del Cauca, exactamente entre los ríos Saijá y Timbiquí hacia el sur y hacia el río Yurumangui en el norte. El núcleo Buenaventura, por su parte, muestra las condiciones predominantes de la precipitación en la costa vallecaucana, y por último se observa en el departamento del Chocó, en la cuenca alta de los ríos San Juan y Atrato, el núcleo San Juan-Atrato que debe su presencia al condicionamiento que sobre las masas humedad ejercen los valles de los ríos San Juan (sobre los vientos provenientes del Pacífico, y el Atrato (sobre los vientos Alisios del noreste). Los demás sectores de la región Pacífica colombiana no presentan núcleos representativos y el comportamiento está ligado a las variaciones observadas en los núcleos descritos o a fenómenos locales de menor importancia dentro de este contexto.

Durante los fenómenos de EN se observa que sobre el sector más sur de la región Pacífica no existe un comportamiento regular de la precipitación que sea afín a un número importante de fenómenos, si bien cabe destacar lo que durante EN 94-95 se identifican, entre la cuenca baja del río Patía (100 m.s.n.m) y la cuenca alta del río Mira, anomalías negativas de entre -500 mm y -2000 mm, siendo estas las más representativas para este sector, mientras que las positivas no superan generalmente los 1500 mm.

Por su parte en el área de influencia del núcleo Caucano, se observa que durante EN 91-92, EN 97-98 y EN 02-03 la precipitación muestra déficits importantes, siempre superiores a -2500 mm, deduciendo de este comportamiento que; los fenómenos generadores de precipitación presentes normalmente en esta área (ZCIT y vientos Oestes) disminuyen durante estos fenómenos, pero falta evidencia para asegurar que esta característica se repite en la mayoría de los EN que se presentan históricamente.

En la cuenca baja del río Yurumangui, se identifica una mayoría de anomalías negativas, siendo mucho más notorio en los fenómenos de EN 82-83, EN 86-88, EN 91-92, EN 94-95 y EN 97-98, con registros que oscilan entre los -1500 mm hasta llegar a registros menores a -3000 mm (durante EN 97-98), mostrando una disminución en la actividad de los Oestes y de la ZCIT, pudiendo en este caso, y debido a que son la mayoría de los fenómenos de EN, asegurar que ésta es una condición que se repite históricamente ante la ocurrencia del fenómeno de El Niño.

En el área del núcleo Buenaventura (hacia la desembocadura del río Calima en el río San Juan hasta la desembocadura de este último en el Océano) se presenta durante todos los fenómenos de El Niño, exceptuando EN 04-05, anomalías negativas, relacionadas posiblemente con la disminución en la actividad de la ZCIT y los Oestes, además de presentarse una menor influencia del Chorro del Chocó durante El Niño. Debido a que esta condición se repite durante la gran mayoría de fenómenos de EN se podría generalizar a las condiciones históricas (que van más allá del periodo de tiempo de este estudio), de igual manera se puede inferir que las formaciones costeras (Bahía de Buenaventura) tiene alguna influencia sobre el comportamiento normal de la precipitación y sobre las anomalías que genera la fase cálida del ENOS sobre esta variable en la región.

Para el núcleo San Juan-Atrato se identifica que durante los fenómenos de EN existe un aumento de los registros de precipitación, en la cuenca media del río San Juan (cerca del

piekemonte) durante EN 86-88, EN 02-03 y EN 04-05, mientras que para la cuenca alta del río Atrato y del río San Juan se evidencia esta misma característica durante EN 91-92, EN 94-95, EN 02-30 y EN 04-05. De los procesos generadores y transportadores de humedad para esta área en particular, Chorro del Chocó y Alisios del noreste, se puede decir que; –se ven reforzados ante la ocurrencia de El Niño, o que (sin variaciones muy representativas en cuanto a la intensidad), se generan cambios en el transporte de la humedad que confina las mayores acumulaciones más altas de precipitación a un área más pequeña.

Por último, se observa que en la Serranía del Baudó, en la cuenca alta del río Baudó, las condiciones deficitarias de precipitación se repiten durante todos los fenómenos de El Niño, exceptuando EN 04-05. En este caso se podría afirmar que los procesos que generan la mayor cantidad de precipitación, el Chorro del Chocó, los Alisios del noreste y la Baja Anclada de Panamá, disminuyen su intensidad, debido a la baja actividad de los Alisios y del chorro durante la fase cálida del ciclo ENOS, además del desplazamiento de la Baja anclada de Panamá más hacia el centro del océano Pacífico, lo cual los registros de precipitación quedan ligados solamente a factores locales (convección local y transporte de humedad desde la parte baja de la cuenca de los ríos más importantes) mostrando así una gran diferencia con lo que ocurre históricamente.

7.2 VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PACÍFICA COLOMBIANA DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA

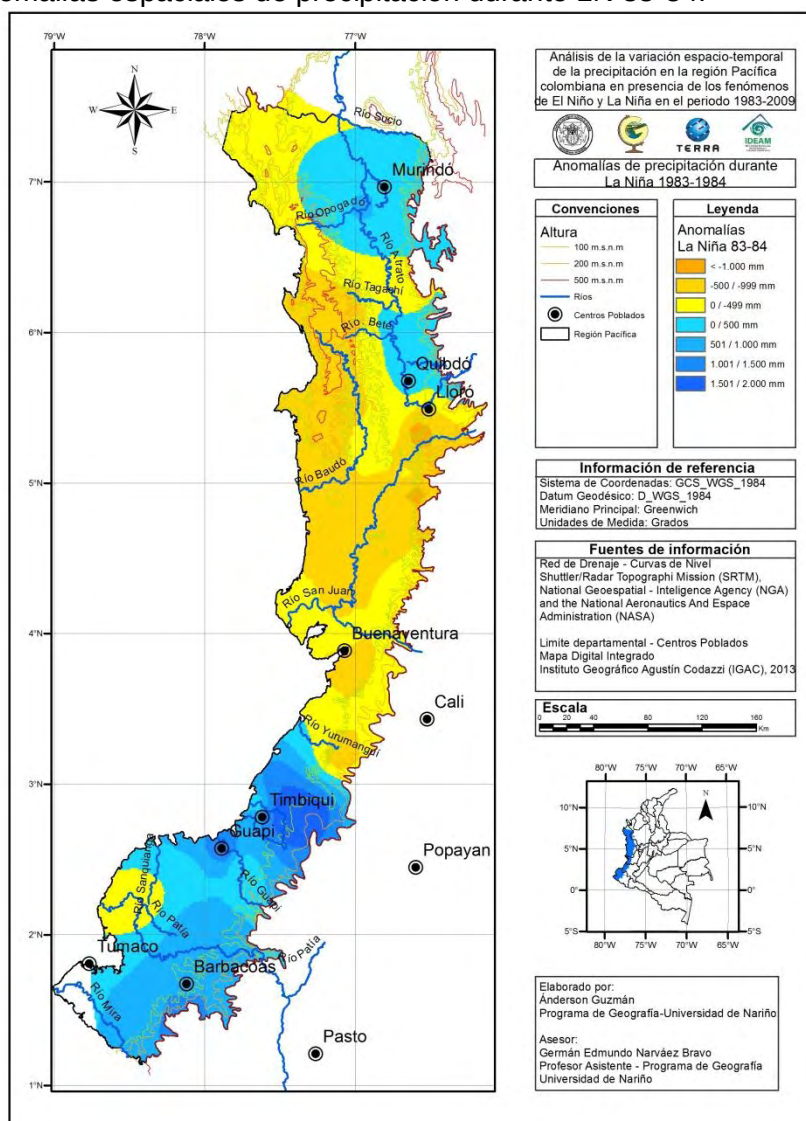
7.2.1 Fenómeno de La Niña 1983-1984 (LN 83-84). En la zona de influencia directa del núcleo Güiza se presentan anomalías superiores a 1000 mm, las cuales disminuyen al acercarse a la cuenca del río Mira, mientras que hacia la cuenca baja del río Patía (entre 50 m.s.n.m y 100 m.s.n.m) se identifica todavía una influencia muy fuerte y los valores registrados son de 600 mm a 800 mm, por su parte, en la cuenca alta del río Sanquianga y cerca de la desembocadura del río Patía en el océano, se ubica la única zona, al norte de Tumaco, con bajas precipitaciones en la región Pacífica nariñense, con valores de -200 mm a -400 mm (figura 65).

En el núcleo Caucano se observa una acumulación importante hacia el sur de la ubicación normal de éste, cerca de Timbiquí, (cuenca de los ríos Saijá y Timbiquí llegando incluso a la cuenca del río Guapí) con valores que oscilan entre los 800 mm y los 1400 mm. Se identifica también anomalías positivas importantes en el piedemonte del departamento del Cauca con registros de 1400 mm a 1800 mm, mientras que en la cuenca alta del río Yurumanguí las anomalías observadas son negativas y presentan valores de -200 mm a -800 mm. El núcleo Buenaventura presenta, por su parte, un comportamiento igual al observado en la cuenca del río Yurumanguí con registros negativos de -200 mm a -800 mm, igualmente toda la costa Pacífica vallecaucana muestre condiciones deficitarias durante este fenómeno (figura 65).

En el núcleo San Juan-Atrato se identifican anomalías de -1000 mm en la cuenca media del río San Juan, más al norte. Entre la desembocadura de los ríos Tagachi y Beté en el Atrato, al norte y este de Quibdó, se observa que los valores de precipitación presentan un pequeño incremento con respecto del comportamiento medio histórico mostrando anomalías de 200 mm, mientras que una gran acumulación se desplaza hacia afuera del área de estudio, ubicándose en la parte más alta de la cuenca del río Atrato (figura 66).

En la Serranía del Baudó las anomalías se muestran de forma descendiente desde el norte, con valores cercanos a 0 mm (comportamiento histórico), hasta llegar a datos muy marcados como los -800 mm que se identifican en la parte más sur de ésta formación. La parte norte del Chocó, desde el río Opogodo, a la altura de Murindó, hasta la desembocadura del río Atrato, presenta anomalías positivas del orden de 200 mm a 600 mm.

Figura 65. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 83-84.



En general durante La Niña 83-84 se identifican lluvias más intensas en el sur y norte del área de estudio, con aumentos considerables en los núcleos Güiza y Caucano, entre la cuenca media del río Patía y la cuenca baja del río Mira el primero y entre las cuencas de los ríos Timbiquí, Saijá y Guapi el último. En el sector norte de la región Pacífica los incrementos identificados no son muy fuertes y apenas alcanzan anomalías positivas máximas de 600 mm. Por otro lado se observa en toda la parte media de la región y cerca

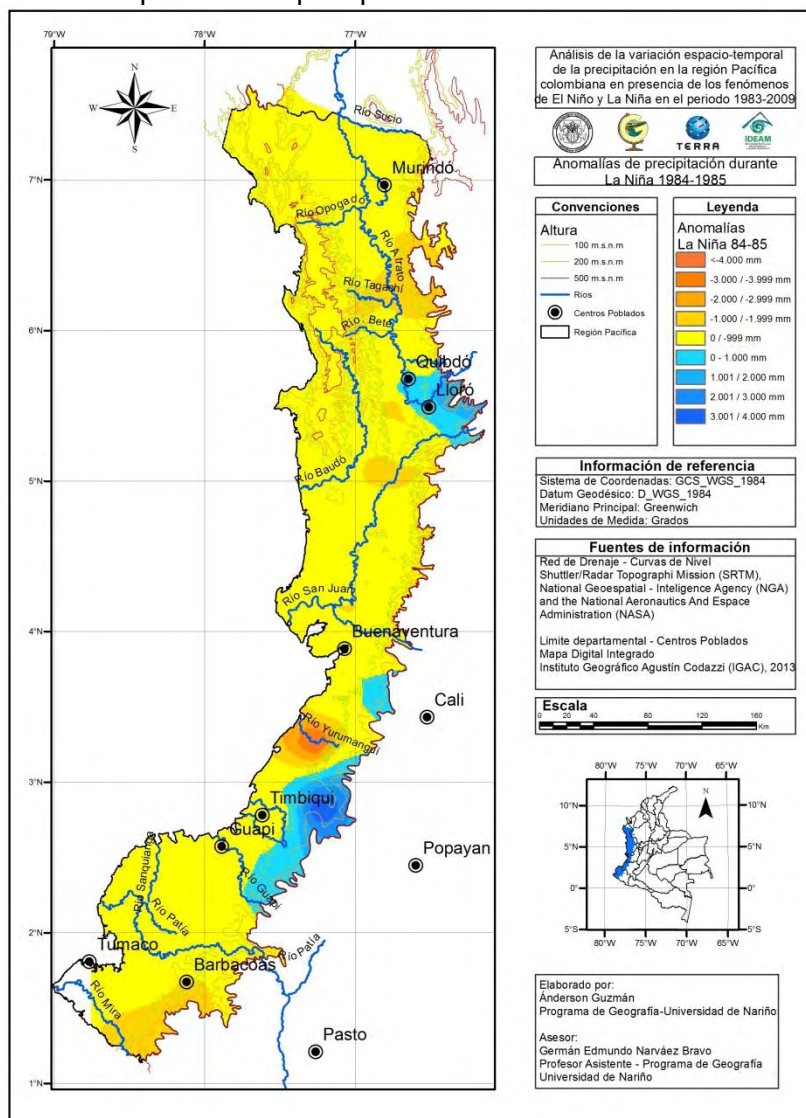
de la línea de costa, déficits que oscilan entre los -600 mm en la cuenca alta del río Yurumanguí y la Serranía del Baudó, además se observa en el piedemonte chocoano anomalías de -1000 mm en la cuenca del río San Juan.

7.2.2 Fenómeno de La Niña 84-85 (LN 84-85). En el núcleo Güiza se presentan anomalías negativas de -1000 mm que influyen sobre la cuenca baja del río Mira, a lo largo de toda la cuenca del río Patía (entre 0 m.s.n.m y 500 m.s.n.m) se presenta una variación apenas perceptible, máxima de -300 mm, al igual que en la cuenca del río Sanquianga (figura 66). El núcleo Caucano muestra las mayores anomalías de la región durante LN 84-85, en el piedemonte del departamento del Cauca los registros son de 3000 mm sobre el promedio histórico, llegando incluso a los 3500 mm alrededor de la estación Puerto López, Por su parte las cuencas de los ríos Timbiquí y Saijá, influenciadas normalmente por las condiciones del núcleo Caucano, presentan anomalías negativas del orden de los -500 mm. En el río Yurumanguí se observan registros que están hasta -3000 mm por debajo de lo normal, mostrando así, que en la costa pacífica del Cauca existe una gran variación en un contexto espacio-temporal relativamente pequeño (figura 66).

El núcleo Buenaventura presenta valores normales con tendencia a anomalías negativas, de hasta -1000 mm, pero al desplazarse hacia el sur, poco más cerca del núcleo Caucano, se identifica una leve influencia de los bajos registros observados en la cuenca del río Yurumanguí. El núcleo San Juan-Atrato se ve con un comportamiento homogéneo, con anomalías de -1000 mm a -1500 mm, en el lugar donde normalmente se ubica, en la cuenca alta del río Atrato se observan registros positivos, entre 500 mm y 2000 mm, los cuales se alcanzan a observar en una gran parte del suroccidente del departamento del Chocó. Por su parte la Serranía del Baudó presenta una distribución homogénea de las anomalías de sur a norte, generalmente -500 mm, mientras que el norte del departamento del Chocó llega hasta los 500 mm sobre el comportamiento normal en la desembocadura del río Atrato (figura 66).

En general durante La Niña 84-85 se observa en la precipitación una tendencia deficitaria, con respecto de los registros históricos, siendo esta muy notoria en la cuenca del río Yurumanguí, en el núcleo Güiza (cuenca baja del río mira) y en el norte de la región (en la cuenca del río Opogado). Las anomalías positivas se restringen al piedemonte caucano con valores muy altos, superiores a 3000 mm, y a la cuenca alta del río Atrato que dejan anomalías de 1000 mm para el área de estudio.

Figura 66. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 84-85.



7.2.3 Fenómeno de La Niña 1988-1989 (LN 88-89). Desde la cuenca alta del río Mira hasta la margen sur del río Patía en su cuenca media (en el norte de Barbacoas), las variaciones son de -500 mm a 0 mm, en los sectores más cercanos a la costa nariñense se identifican anomalías un poco más fuertes en el orden de los -1000 mm cerca de la desembocadura del río Patía en el Pacífico, encontrándose los mayores déficits de la costa Pacífica nariñense, valores que llegan hasta los -2000 mm en la cuenca alta del río Sanquianga.

El núcleo Caucano presenta anomalías positivas con registros mayores a los 3500 mm influyendo gran parte del piedemonte del departamento del Cauca que presenta en su totalidad valores positivos. Por su parte el sector costero de este departamento registra déficits de alrededor de -500 mm, los cuales al acercarse a la cuenca del río Yurumangui se hacen más notorios llegando hasta los -1000 mm. El departamento del Valle del Cauca

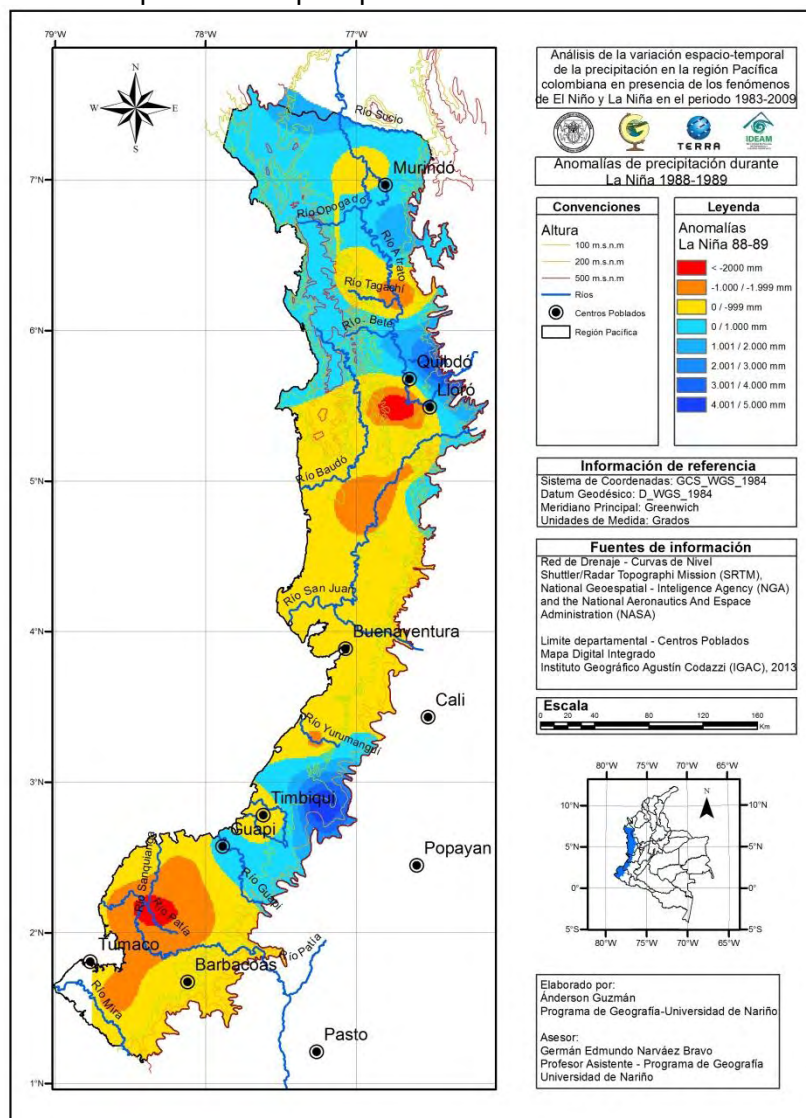
se mantiene en condiciones prácticamente normales, observándose pequeños cambios cerca del piedemonte y en la cuenca media y baja del río Calima.

En el núcleo San Juan-Atrato se observan anomalías negativas; en la cuenca media del río San Juan entre -1000 mm y -1500 mm, al desplazarse hacia el norte, en el sureste de Lloró y Quibdó, se observan valores de hasta -3500 mm, y contrario a esta tendencia, se advierte en la cuenca del río Icho, en este caso al noroeste de estas dos poblaciones, registros superiores a los promedios históricos con más de 3000 mm. Por otra parte, y siguiendo en dirección norte se observa un intercambio entre anomalías positivas y negativas, en la desembocadura del río Beté en el Atrato los registros son de 500 mm a 1500 mm, En la desembocadura del río Tagachi existen anomalías superiores a los -1500 mm, en la desembocadura del río Opogado alrededor de los 500 mm y cerca de la desembocadura del Atrato se identifican valores de hasta 1000 mm.

En el sector de la Serranía del Baudó se presentan valores máximos de 500 mm que ocupan toda esta formación, en el sector más sur de esta, cuenca media y baja del río Baudó se presentan anomalías entre -500 mm y -1500 mm y, hacia el norte de la Serranía las anomalías son positivas llegando a 1500 mm.

En general durante el fenómeno de La Niña 1988-1989 se observa una alternancia entre anomalías positivas y negativas desde el sur hasta el norte de la región Pacífica siendo mucho más representativas las anomalías negativas, puesto que cubren un área mucho más significativa. Los déficits más fuertes se identifican entre los ríos San Juan y Atrato (-3500 mm), sector centro y sur del núcleo San Juan-Atrato, al igual que en la cuenca baja del río Patía, cerca de su desembocadura. Por su parte las anomalías positivas de mayor preponderancia se encuentran en la ubicación histórica del núcleo Caucano y afectan gran parte del piedemonte del departamento del Cauca (3500 mm).

Figura 67. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 88-89.

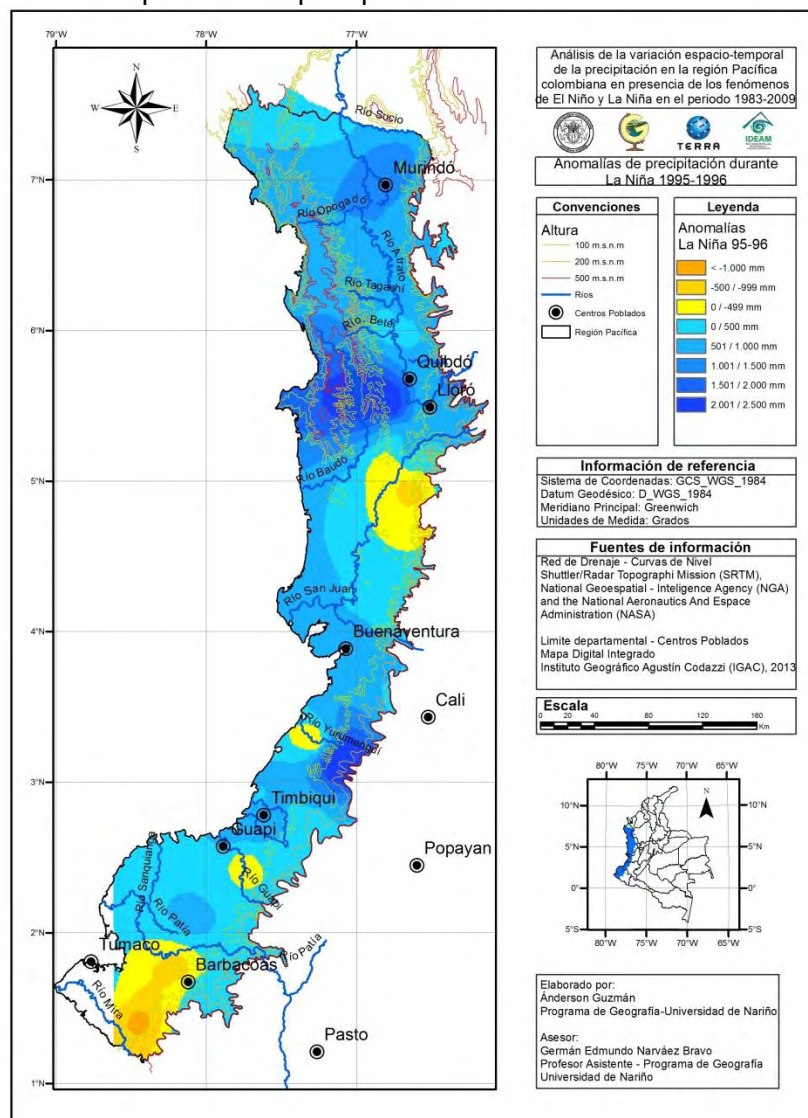


7.2.4 Fenómeno de La Niña 1995-1996 (LN 95-96). En el sector sur del área de estudio se observa las anomalías negativas más notorias para este fenómeno, en la cuenca del río Mira, con valores de hasta -1000 mm, que al desplazarse hacia el norte tienden a la normalidad, mostrando un pequeño núcleo de registros positivos en la cuenca Baja del río Patía (entre los 50 m.s.n.m y los 100 m.s.n.m), mientras que el resto de la región Pacífica del departamento de Nariño presenta anomalías cercanas a los 500 mm (figura 68).

En el sector del núcleo Caucano, se observa hacia la cuenca alta del río Yurumanguí anomalías de 1000 mm a 3000 mm, las más altas durante este fenómeno, contrastando estas con lo observado en la cuenca media del mismo río, en la que se identifican registros negativos de hasta -500 mm. Por su parte el piedemonte del departamento del Cauca presenta valores positivos debido a la influencia que ejerce el núcleo Caucano,

mientras el sector sur del departamento presenta una correspondencia con lo observado en el departamento de Nariño.

Figura 68. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 95-96.



El núcleo Buenaventura presenta anomalías positivas que oscilan entre los 1000 mm y 1500 mm, las cuales determinan también el comportamiento del piedemonte vallecaucano. Hacia la ubicación del núcleo San Juan-Atrato se identifican anomalías negativas de entre 0 mm y -1000 mm en la cuenca media del río San Juan, que junto con la cuenca del río Mira son los únicos sectores con anomalías negativas durante LN 95-96, el área ubicada entre los ríos San Juan y Atrato presenta anomalías 0 mm a 1000 mm.

Por su parte la serranía del Baudó presenta, en el sur y norte, anomalías positivas máximas de 1000 mm que se hacen mucho más fuertes hacia la cuenca media del río Baudó (en el centro de la serranía) que llegan hasta los 3000 mm, mientras que el norte

del departamento del Chocó muestra valores positivos de 1200 mm en la desembocadura del río Opogodo hasta los 800 mm en la desembocadura del río Atrato en el mar Caribe.

En general para el área de estudio se identifica una mayoría de anomalías positivas, alternadas solamente en dos casos con anomalías negativas; en la parte más sur de la región Pacífica las anomalías son de hasta -1000 mm, mientras que en la cuenca media del río San Juan son máximas de -1000 mm. Por su parte las anomalías positivas más representativas se encuentran en el piedemonte caucano, 3000 mm, y en la Serranía del Baudó, en el sector central de ésta, con valores de 2500 mm (figura 68).

7.2.5 Fenómeno de La Niña 1998-2001 (LN 98-01). El núcleo Güiza presenta anomalías positivas de 1000 mm a 3000 mm, las cuales se extienden en casi todo el sector sur del área de estudio, solamente en la cuenca baja del Patía (cerca de su desembocadura) y alta del Sanquianga se observan valores que llegan hasta los 4000 mm, mientras que hacia el norte del departamento de Nariño se identifican oscilaciones entre los 0 mm y los 1000 mm. En la ubicación del núcleo Caucaño se identifican anomalías entre -1000 mm y -5000 mm influyendo estos en el piedemonte del departamento del Cauca (sector norte) y Valle del Cauca (sector sur), la cuenca media y baja del río Yurumanguí muestra anomalías positivas de entre 3000 mm y 5000 mm mientras que en los ríos Saijá y el Timbiquí los valores hacen hasta un máximo de 2000 mm (figura 69).

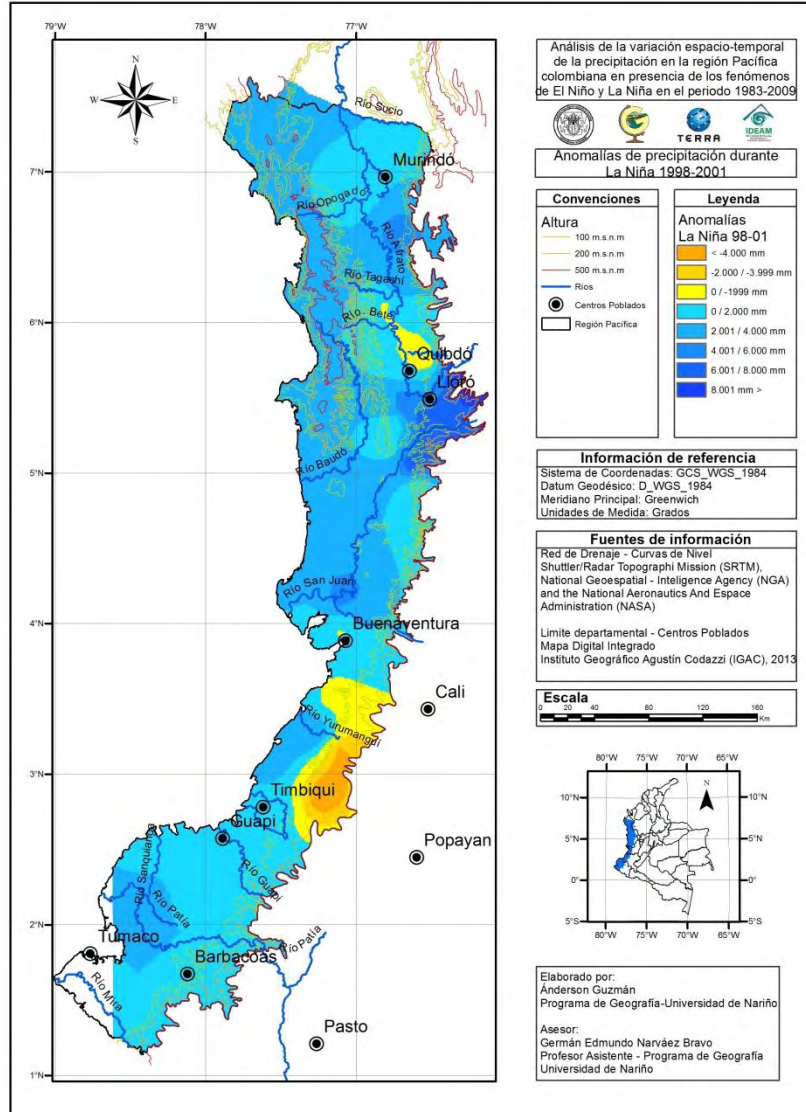
El sector del núcleo Buenaventura presenta valores cercanos a los normales, aumentando apenas 1000 mm, pero en la desembocadura del río Calima al río San Juan, se identifican anomalías positivas de hasta 5000 mm. La parte norte del área de estudio muestra anomalías de hasta 3000 mm en la cuenca media del río San Juan, entre los ríos Atrato y San Juan (los dos en su cuenca alta alrededor de Lloró) se identifican anomalías de hasta 9000 mm, mientras que más al norte, en la cuenca del río Icho en el norte de Quibdó, se observa un pequeño sector con anomalías negativas de máximo -2000 mm (figura 69).

La Serranía del Baudó por su parte, ostenta anomalías de entre 1000 mm y 3000 mm en sus sectores norte y sur, mientras que en el centro de la misma hacia la costa chocoana se identifican registros superiores a los históricos hasta por 5000 mm, el norte del departamento del Chocó presenta anomalías de 1000 mm en la desembocadura del río Opogodo llegando a un máximo de 3000 mm en la desembocadura del río Atrato (figura 69).

En general el área de estudio registra anomalías positivas, siendo las más significativas las encontradas en el núcleo San Juan-Atrato, entre la cuenca alta de los ríos Atrato y San Juan, con valores que llegan a ser incluso superiores a los 8000 mm y en la cuenca de desembocadura del río Calima se identifican valores de hasta 5000 mm. Por su parte las anomalías negativas se centran, durante LN 98-01, en la ubicación normal del núcleo Caucaño (cuenca alta de los ríos Micay, Naya y Yurumanguí), entre las estaciones La Concha y Puerto López presentando registros de -2000 mm a -5000 mm.

7.2.6 Fenómeno de La Niña 2007-2008 (LN 07-08). En el núcleo Güiza se identifican anomalías de 1000 mm, las cuales se mantienen homogéneas en todo el sector sur de la región Pacífica colombiana, característica particular de este fenómeno, desde la cuenca del río Mira hasta la cuenca del río Guapí e incluso parte de la cuenca del río Timbiquí donde los valores disminuyen levemente (figura 70).

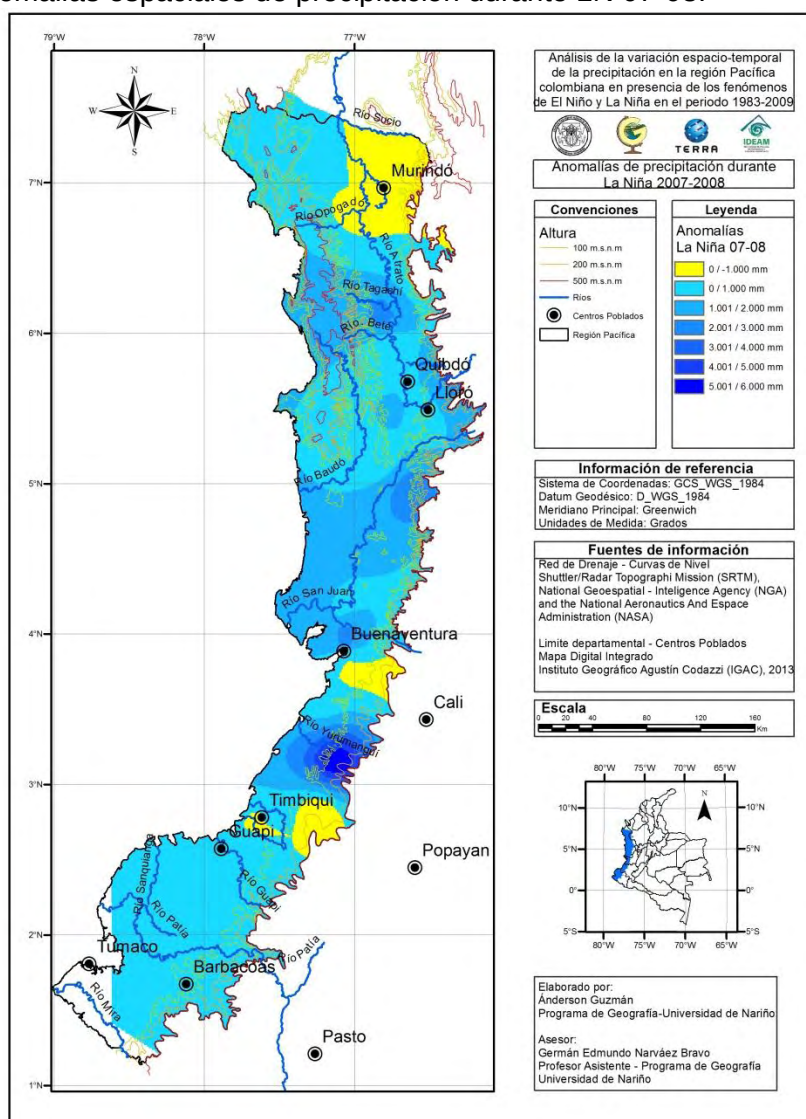
112



alrededor de la estación La Concha en límites de los departamentos del Cauca y Valle del Cauca (figura 70).

El sector del núcleo Buenaventura presenta anomalías positivas de hasta 2000 mm en la desembocadura del río Calima y en general la cuenca baja del río San Juan, mientras que el resto del departamento del Valle del Cauca se mantiene alrededor de los valores históricos. Para el sector del núcleo San Juan-Atrato se identifica; en la cuenca media del río San Juan, hacia el margen sur del río, valores de 2000 mm a 3000 mm, un poco más al norte, entre ríos San Juan y Atrato (los dos en su cuenca alta) los valores están cerca del comportamiento normal, aumentando apenas en el orden de 500 mm, mientras que en la cuenca del río Tagachi se observan los valores máximos para esta zona, alrededor de 2000 mm.

Figura 70. Anomalías espaciales de precipitación durante LN 07-08.



Las anomalías en la Serranía del Baudó oscilan entre los 0 mm y los 1000 mm en los extremos sur y norte, por su parte el sector central de ésta, en la cuenca del río Baudó principalmente, los registros aumentan hasta los 2000 mm, mientras que el norte del departamento del Chocó presenta anomalías negativas desde la desembocadura del río Opogado en el Atrato hasta la desembocadura del río Atrato en el Mar Caribe (figura 70).

Durante este fenómeno se identifica una mayoría de anomalías positivas, además de esto las anomalías negativas son muy poco significativas, tanto en área como en intensidad, igualmente se observa que en la zona sur del área de estudio se presenta un comportamiento homogéneo con registros máximos de hasta 6000 mm que se evidencian de igual manera en el nororiente del departamento del Cauca y el suroccidente del Valle del Cauca.

Después de observar las variaciones que sobre la precipitación generan los diferentes fenómenos de LN identificados entre 1983 y 2009 (periodo de estudio de esta investigación), se puede afirmar con certeza que la fase fría del ciclo ENOS (fenómeno de La Niña) es, junto con el fenómeno de El Niño, uno de los mayores causantes de la variabilidad interanual de la precipitación, generando anomalías positivas y/o negativas, en diferentes zonas de la Región Pacífica colombiana, evidenciando de esta manera que los cambios océano-atmosféricos registrados en el Océano Pacífico producen cambios en los procesos generadores y transportadores de humedad, que desencadenan en las variaciones de los registros de precipitación del área, además de influir directamente en la forma como dichos procesos interactúan con los factores geográficos (latitud, altitud, cercanía a la costa).

En síntesis se puede concluir que el núcleo Güiza, que caracteriza el comportamiento de la precipitación en el área suroccidental de la región Pacífica, el núcleo Caucaño define por su parte, el comportamiento en el sector de la costa pacífica de departamento del Cauca. El núcleo Buenaventura muestra por su parte las condiciones de la precipitación en la costa vallecaucana, y por último se observa en el departamento del Chocó, en la cuenca alta de los ríos San Juan y Atrato, el núcleo San Juan-Atrato que debe su presencia al condicionamiento que sobre las masas humedad ejercen los valles de los ríos San Juan (sobre los vientos provenientes del Pacífico) y el Atrato (sobre los vientos Alisios del noreste). Los demás sectores de la región Pacífica colombiana no presentan núcleos representativos y el comportamiento está ligado al de los núcleos descritos o a fenómenos locales de menor importancia dentro de este contexto.

Se observa que en la parte suroccidental de la región Pacífica colombiana se presenta durante los fenómenos de LN 84-85, LN 88-89 y LN 95-96, un déficit de precipitación que influye directamente sobre la cuenca alta del río Mira, con anomalías que en general rondan los -1000 mm. Este sector junto con el área de la Serranía del Baudó son los únicos que presentan déficits importantes durante los fenómenos de La Niña, en este caso puede explicarse este comportamiento por; –la disminución de la actividad en la ZCIT, que es el fenómeno más importante en cuanto a generación de precipitación para esta área, o por –un desplazamiento de este mismo sistema convectivo más hacia el sur o hacia el norte durante las condiciones que genera La Niña. Si bien esto se observa con claridad durante los fenómenos mencionados, no es suficiente información para determinar que este comportamiento se repite históricamente ante la fase fría del ciclo ENOS.

En la Serranía del Baudó se presentan anomalías negativas durante los tres primeros fenómenos de La Niña (LN 83-84, LN 84-85 y LN 88-89) mientras que en los tres últimos (LN 95-96, LN 98-01, LN 07-08) se identifican anomalías positivas. Esta área representa un único caso dentro de la región Pacífica colombiana entre 1983-2009, que no permite asegurar que la ocurrencia de La Niña detone en aumento o disminución de la precipitación, si no que más bien podría decirse que existe una aleatoriedad de anomalías de precipitación durante la fase fría del ciclo ENOS. De igual manera se puede inferir que los fenómenos que producen la mayor cantidad de precipitación en esta área (La Baja Anclada de Panamá, el Chorro del Chocó, los Alisios del noreste y la ZCIT) responden de diferente manera, dependiendo de diversos factores.

En el área de influencia del núcleo Caucaño se identifica que existe una mayor acumulación de precipitación durante los fenómenos de LN, específicamente durante LN 83-84, LN 84-85, LN 88-89 y LN 95-96 (a los 200 m.s.n.m en el centro-occidente del departamento del Cauca) y durante LN 95-96 y LN 07-08 en la cuenca alta del río Yurumanguí, mostrando así un posible incremento en la actividad de los Oestes y de la ZCIT, puesto que durante la fase fría del ciclo ENOS (fenómeno de La Niña) se observa un aumento en la intensidad de los vientos Alisios lo que deriva en una mayor convección, además de aumentar al mismo tiempo la fuerza de los Oestes que se derivan de los vientos Alisios.

Por último, se observa en la ubicación normal del núcleo San Juan-Atrato un aumento de la precipitación durante todos los fenómenos de La Niña, mostrando como los fenómenos causantes de la alta acumulación de precipitación en el área, descritos anteriormente, se ven reforzados, generando así la presencia de anomalías positivas que están en el orden de los 1000 mm a los 4000 mm, llegando en el caso más extremo a los 8000 mm durante LN 98-01.

CONCLUSIONES

Las condiciones espaciales de la precipitación que se observan en la región Pacífica colombiana, permiten destacar tres zonas principales: 1) El núcleo Güiza (cuenca alta del río Güiza al sur del departamento de Nariño), en el que se acumulan precipitaciones de entre 8000 mm y 9000 mm. 2) el núcleo Caucano (cuenca de los ríos Micay, Naya y Yurumangui departamento del Cauca), en el que se encuentran registros entre los 11000 y los 13000 mm en un año promedio. 3) el núcleo San Juan-Atrato (Cuenca alta de los ríos San Juan y Atrato en el departamento del Chocó), en el que se observan entre 8000 mm y 11000 mm anuales. Estos datos permiten afirmar que ésta región es, como lo han dicho varios autores, una de las más lluviosas del país.

Al observar la distribución de los meses lluviosos y los meses relativamente secos a lo largo de un año promedio, es posible proponer una división de la región Pacífica colombiana en tres sectores con comportamientos temporales distintos:

- El sector sur, caracterizado por el comportamiento del núcleo Güiza, con incrementos de precipitación muy notorios principalmente entre marzo – junio.
- Un sector hacia la zona central de la región, entre los departamentos del Cauca y Valle del Cauca, identificándose un aumento de los registros en el mes de mayo y posteriormente, pasando por un mes transicional o un par de meses secos, se identifica otro periodo lluvioso hasta final de año.
- El tercer sector que corresponde al dominio del núcleo San Juan Atrato, en el cual la mayor actividad de los procesos generadores de precipitación se distribuye entre abril y octubre.

Esta sectorización se hace solamente teniendo en cuenta las variaciones observadas en la precipitación, las cuales permiten afirmar con un importante nivel de confiabilidad, que los fenómenos atmosféricos que influyen sobre la región tienen un ciclo espaciotemporal claramente definido. Pero es cierto también que hace falta realizar investigaciones sobre las oscilaciones en otros parámetros climatológicos (temperatura, humedad, etc.), regulados por los mismos factores y elementos analizados a lo largo de esta investigación, que permitan aceptar o rechazar completamente o parcialmente esta afirmación dependiendo de los resultados obtenidos.

Las condiciones océano-atmosféricas presentes en el océano Pacífico ecuatorial, que permiten identificar las fases del ciclo ENOS (fenómenos de El Niño y La Niña), repercuten de una manera clara en las condiciones de la precipitación de la región Pacífica colombiana. Durante el desarrollo de El Niño se identifica en la gran mayoría de casos una disminución de la precipitación con respecto a los promedios históricos, siendo esto contrario a lo que se observa en la mayor parte de la región Pacífica de Suramérica, donde El Niño (debido al aumento de la TSM en el centro-oriente del océano Pacífico) favorece el incremento de los valores de precipitación.

Durante el desarrollo los fenómenos de La Niña, se identifica una tendencia a aumentar los registros respecto del comportamiento histórico, sin ser en este caso una condición aplicable a la gran mayoría de estos fenómenos, siendo esto contrario a lo que se esperaría observar en la región, puesto que La Niña, según diversos estudios, se caracteriza por una disminución de la TSM en el centro y oriente del océano Pacífico, con

lo que los procesos generadores y transportadores de humedad, se ven disminuidos y por lo tanto los registros de precipitación deberían presentar anomalías negativas respecto de los promedios históricos.

Ante la ocurrencia de un fenómeno de El Niño se identifican déficits en la precipitación que tienden a presentarse principalmente hacia los dos últimos y los dos primeros meses del año calendario (noviembre a febrero), los cuales coinciden con la etapa de desarrollo de El Niño (en el periodo de estudio). Estas anomalías negativas se encuentran principalmente alrededor de; 1) La cuenca alta de los ríos Baudó, Beté y Tagachi, en el departamento del Chocó; 2) al norte de la bahía de Buenaventura, en la desembocadura del río Calima al río San Juan y de ahí hasta la desembocadura de éste último en el océano Pacífico; 3) en la cuenca baja del río Yurumangui en el departamento del Valle del Cauca. Existe también durante los fenómenos de El Niño un sector particular en el cual se generan anomalías positivas, en la cuenca alta del río Atrato y el río Icho, al noreste de Quibdó y Lloró en el departamento del Chocó, siendo esta la única zona en que la precipitación aumenta durante El Niño.

Durante los fenómenos de La Niña se identifican anomalías positivas, entre el último y el primer trimestre del año calendario (estando, al igual que durante El Niño, las más representativas entre noviembre y febrero), coincidiendo con la etapa de desarrollo de La Niña (en el periodo de estudio). Es posible observar que los casos más representativos de este comportamiento, aumento con respecto de los registros históricos, se encuentran alrededor de; 1) El sector suroriental de la región Pacífica colombiana, específicamente en la cuenca alta del río Mira. 2) En el piedemonte occidental de la cordillera Occidental, en límite entre los departamentos del Cauca y Valle del Cauca. 3) En la cuenca alta del río Atrato y el río Icho, al noreste de Quibdó y Lloró en el departamento del Chocó. Las condiciones secas que se presentan durante los fenómenos de La Niña se reducen a la serranía del Baudó, puntualmente en la cuenca alta de los ríos Baudó, Beté y Tagachi, en el departamento del Chocó.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, P. & Montecinos, A. (1993). Análisis de la estabilidad de la relación entre la Oscilación del Sur y la precipitación en América del sur. *Bulleting de l'institut Francais de Études Andines*. Tomo 22. N° 1, 53-64.
- Bello, M. & Maturana, J. (2004) Génesis, evolución y término del fenómeno "El Niño". 123-145. Recuperado de: <http://www.shoa.cl/miscelanea/anuario/parte3.pdf>
- Capel, J. (1998). El Niño 1997-1998 y su impacto climático global. *Papeles de Geografía*. N° 27, 15-40.
- Capel, J. (1999). El fenómeno ENSO (El Niño Oscilación sur) en 1997-1998: Alteraciones Climáticas Inducidas en el Mundo. *Nimbus*. N°3, 37-62.
- Castillo, M. (2003). Ciclos El Niño / La Niña. Período 1991-2000 y su influencia en las costas norte y central de Chile. *Anuario SHOA*. Tomo 55. 1-8.
- Devis A. (2002). *Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana*. Tumaco, Nariño: CCCP.
- Eslava, J. (1994). *Climatología del Pacífico Colombiano*. Santafé de Bogotá D.C. Colombia: Academia colombiana de ciencias geofísicas.
- Glantz, M. H. (1996). *Currents of change – El Niño's impacts on climate an society*. Cambridge University press. Recuperado de: http://www.cridlac.org/cd/cd_el_nino/pdf/spa/doc11405/doc11405.htm
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2002). Efectos naturales y socioeconómicos del Fenómeno El Niño en Colombia. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/colombia-efectos.pdf>
- León, G., Zea, J. & Eslava, J. (Marzo, 2000). Circulación general del trópico y la Zona de Confluencia Intertropical en Colombia. *Meteorología Colombiana*. N° 1, 31-38.
- Maturana, J., Bello, M & Manley, M. (2004). Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En: Comité Oceanográfico Nacional, Chile. *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus efectos en Chile*. (pp. 13-27) Valparaíso, Chile. Recuperado de: <http://www.cona.cl/libroelnino/lenol.htm>
- McPhaden, M. (1993). TOGA-TAO and the 1991-93 El Niño-Southern Oscillation Event. En: *Oceanography*. Vol. 6, N° 2. 36-44. Recuperado de: http://www.tos.org/oceanography/archive/6-2_mcphaden.pdf
- McPhaden, M. (2002). El Niño and La Niña. Cuses and Global Consequences. Vol. 1, The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change. En: *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Recuperado de: http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/pubs/ElNinoLaNina.pdf

- Meerhoff, E. (2008). *Análisis de los impactos causados por el fenómeno meteorológico El Niño 1997-1998 a escala regional y por países*. (Informe de pasantía) PHI-LAC UNESCO.
- Mejía, F., Mesa, O., Poveda, G., Vélez, J., Hoyos, C., Mantilla, R., Barco, J., Cuartas, A., Montoya, M., Botero, B. (1999). Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. *Revista de la Facultad de Minas*. N° 127, 7-15.
- Mesa, O., Poveda, G. & Carvajal, L. (1997). *Introducción al Clima de Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Montealegre, J. & 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. *Meteorología Colombiana*. N° 2, 7-21.
- Núñez, H. R. (1998). *Corrientes de cambio: el impacto de "El Niño" sobre el clima y la sociedad*. Valparaíso (Chile). Recuperado de: http://www.cridlac.org/cd/cd_el_nino/pdf/spa/doc11405/doc11405.htm
- Organización Panamericana de la Salud (2000). *Crónica de desastres: Fenómeno El Niño 1997-1998*. Washington, D.C. 2000. Recuperado de: <http://www.paho.org/spanish/ped/ElNino.htm>
- Pabón, J., Zea, J., León, G., Hurtado, G., Gonzales, O., Montealegre, J. (2001). La atmósfera, el tiempo y el clima. En: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2ª ed.). *El medio ambiente en Colombia*. (pp. 34-113). Recuperado de: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/000001/cap3-i.pdf>
- Palca, J. (1986) Could this be an El Niño?. *Nature*. 324-504.
- Pourrut, P. (1998). El Niño 1982-1983 a la luz de las enseñanzas de los eventos del pasado - impactos en el Ecuador. *Bulleting de l'institut Francais de Études Andines*. Tomo 27. N° 3, 501-515. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/126/12627315.pdf>.
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Vol. 28, 201-222.
- Poveda, J. & Mesa, J. (1997). Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmospheric Phenomena. *Journal of Climate*. Vol. 10, 2690-2702.
- Poveda, J. & Mesa, J. (Junio, 2000). On the existence of Lloró (the rainiest localy on Earth): Enhanced ocean-atmosphere-land interaction by a low level jet. En: *Geophysical Research Letters*. Vol. 27. N° 11, 1675-1678.
- Poveda, G., Waylen, P., Pulwarty, R. (2006). Annual and inter-annual variability of the present climate in northern South America and Southern Mesoamerica. En:

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 234, 3-27. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com>
- Poveda, G., Jaramillo, A., Gil, M., Quinceno, N. & Mantilla, R. (2001). Seasonality in ENSO-related precipitation, river discharges, soil moisture, and vegetation index in Colombia. *Water Resources Research*. 37 (8), 2169-2178. Recuperado de: http://cires.colorado.edu/~ricardo/papers/enso_WRR.pdf
- Rueda, O., Poveda, G. (2006). Variabilidad espacial y temporal del Chorro del “Chocó” y su efecto en la hidroclimatología de la región del Pacífico colombiano. *Meteorología Colombiana*. N° 10, 132-145.
- Rutllant, J. & Fuenzalida, H. (1991). Synoptic aspects of the central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. En: *Royal Meteorological Society*. Recuperado de: <http://www.dgf.uchile.cl/biblio/paperfenomenoni%F1o/varios/SYNOPTICS%20Aspect%20of%20the%20central%20chile%20rainfall....pdf>
- Sánchez, R., Vargas, G., Gonzales, H., Pabón, D. (Agosto, 2001). *Los fenómenos cálido del Pacífico (El Niño) y frío del Pacífico (La Niña) y su incidencia en la estabilidad de laderas en Colombia*. En: 3^{er} SIMPOSIO PANAMERICANO DE DESLIZAMIENTOS. Instituto de Hidrología y estudios Ambientales. Cartagena, Colombia.
- Ugaz, M. (2004). El fenómeno de El Niño y pronóstico de la precipitación en la costa norte del Perú. *Compendio de Trabajos de Investigación CNDG*. Vol. 5, 63-82.
- Voituriez, B. & Jacques, G. (2000). *El Niño: Realidad y Ficción*, UNESCO, Francia, 142. p.
- Wyrski, K. (1975) El Niño-The dynamic response of the equatorial Pacific ocean to atmospheric forcing. *Journal of Physical Oceanography*. Vol. 5, 572-584. Recuperado de: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0485%281975%29005%3C0572%3AENTDRO%3E2.0.CO%3B2>.
- Zambrano, E. (1986). El Fenómeno de El Niño y la Oscilación Sur (ENOS). *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 3(1), 195-203.
- Zambrano, E. (1996). El Niño. *Acta oceanográfica del Pacífico: INOCAR*, 8 (1), 109-114.
- Zea, J. (Marzo, 2003) Baja Anclada del pacífico. *Meteorología Colombiana*. N°7, 109-116.