



**Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña)  
en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca**

**José Edgar Montealegre Bocanegra  
Bogotá 2012**

*Este es un producto de los proyectos COL/62378 y COL /74081 del PNUD en el marco del Plan Regional Integral de Cambio Climático  
Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC)*

#### **Socios del PRICC:**

*Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD*

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

*Departamento de Cundinamarca – Secretaría de Región Capital e Integración Regional, Secretaría de Planeación, Secretaría de Ambiente,  
Oficina de Atención y Prevención de Desastres.*

*Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, FOPAE y EAAB*

*Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR*

*Corporación Autónoma Regional del Guavio – CORPOGUAVIO*

*Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía – CORPORINOQUIA*

*Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*

*Parques Nacionales Naturales de Colombia*

#### **Con la Colaboración de:**

*España*

*Gobierno de Quebec*

*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*

*Departamento Nacional de Planeación*

#### **Unidad Coordinadora:**

*Ricardo José Lozano Picón. - Director del Proyecto, IDEAM*

*Jimena Puyana Eraso- Oficial de programa de Medio Ambiente y Energía, PNUD*

*Javier Eduardo Mendoza Sabogal - Coordinador*

*Jason García Portilla - Asesor*

*Isabel Castro Robledo - Profesional Administrativo*

*Juan Carlos Forero - Asesor Comunicaciones*

*Isabella Satine - Diseño Gráfico*

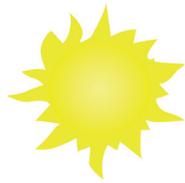
#### **Fotografías**

*Cortesía Instituto Alexander Von Humboldt*

*@2012 Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca*

*@2012 Montealegre, Edgar*

*Citar como: Montealegre, Edgar. 2012. Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundi-  
namarca Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC)*



PRiCC

Plan Regional Integral de Cambio Climático  
Región Capital, Bogotá Cundinamarca

# CONTENIDO

<b>Presentación.....</b>	<b>7</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>9</b>
<b>1.Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Aspectos teóricos inherentes al tema de estudio.....</b>	<b>11</b>
2.1 El clima.....	11
2.2 La variabilidad climática.....	11
2.3 Escalas de variabilidad climática de corto periodo.....	12
2.3.1 Estacional.....	12
2.3.2 Intraestacional.....	12
2.3.3 Interanual.....	12
2.3.4 Interdecadal.....	13
2.4 La variabilidad interanual de la precipitación en Colombia.....	13
<b>3. Los fenómenos El Niño, La Niña Oscilación del Sur.....</b>	<b>14</b>
3.1 El efecto climático derivado de los fenómenos del ciclo ENOS.....	16
3.2 Alteraciones climáticas y su predicción.....	17
3.3 El cambio climático y los fenómenos del Ciclo ENOS.....	17
<b>4. Índices de mayor significación utilizados en la vigilancia y caracterización de los fenómenos El Niño y La Niña.....</b>	<b>19</b>
4.1 Índices oceánicos.....	19
4.1.1 Anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM).....	19
4.1.2 Índice Oceánico del Niño - ONI.....	21
4.1.3 Anomalías de la temperatura subsuperficial del mar.....	21
4.1.4 El contenido de calor en la capa superior del océano.....	22
4.1.5 Comportamiento de la termoclina.....	22
4.2 Índices atmosféricos.....	22
4.2.1 Índice de Oscilación del Sur - IOS.....	22
4.2.2 Vientos.....	22
4.2.3 Temperatura del aire.....	22
4.2.4 Radiación Solar de Onda Larga.....	23
4.3 Índices mixtos.....	23
4.3.1 Índice Multivariado del ENSO - MEI.....	23
4.4 Descripción del índice seleccionado (aTSM N3).....	23
4.4.1 Estadísticos aracterísticos.....	23
4.4.2 Determinación de las épocas de inicio y finalización de los fenómenos del Ciclo ENOS.....	25
<b>5.Aspectos metodológicos.....</b>	<b>27</b>
5.1 Base de datos utilizada.....	27
5.1.1 Inventario general de la información disponible.....	28

5.2 Descripción del algoritmo desarrollado para el cálculo de los índices acumulado y categorico .....	29
5.2.1 Promedio multianual mensual.....	29
5.2.2 Periodos analizados.....	30
5.2.3 Índice Acumulado.....	33
5.2.4 Índice Categórico.....	33
5.2.5 Frecuencia Absoluta.....	33
5.2.6 Frecuencia relativa.....	34
5.2.7 Condiciones de mayor probabilidad.....	34
5.3 Cálculo de índices de anomalías de precipitación.....	34
5.3.1 Índice puntual (no acumulado).....	35
5.3.2 Índice Acumulado.....	35
5.3.3 Índice Categórico.....	36
5.3.4 Tabla de Frecuencias.....	37
5.3.5 Tabla de Probabilidades.....	37
5.3.6 Determinación cuantitativa de las áreas afectadas.....	37
5.3.7 Productos obtenidos de la evaluación de los períodos de afectació.....	37
5.4 Cálculo de índices de anomalías de temperatura del aire.....	38
5.4.1 Índice puntual (no acumulado).....	38
5.4.2 Índice Acumulado.....	39
5.4.3 Índice Categórico.....	39
5.4.4 Tablas de frecuencias, tablas de probabilidades y determinación cuantitativa de las áreas afectadas.....	40
5.4.5 Productos obtenidos de la evaluación de los períodos de afectación.....	40
<b>6. Análisis de los resultados obtenidos.....</b>	<b>41</b>
6.1 Estadísticas relacionadas con la condición más probable de afectación.....	41
6.1.1 Precipitación.....	41
6.1.2 Temperatura del aire.....	42
6.2 Descripción de los mapas correspondientes a la condición más probable de afectación del patrón pluviométrico de Cundinamarca durante la ocurrencia de fenómeno El Niño y La Niña.....	44
6.2.1 Análisis trimestral.....	44
6.2.2 Análisis estacional.....	49
6.2.3 Análisis integral El Niño y La Niña típicos.....	52
6.2.4 Análisis inter-estacional.....	53
6.2.5 Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante los meses de transición, en presencia de un fenómeno típico LA NIÑA.....	53

6.3 Descripción de los mapas correspondientes a la condición más probable de afectación de la temperatura del aire en Cundinamarca durante la ocurrencia de fenómenos El Niño y La Niña.....	55
6.3.1 Análisis trimestral.....	55
6.3.2 Análisis integral El Niño y La Niña típicos.....	57
<b>7. Áreas afectadas a nivel municipal.....</b>	<b>58</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>69</b>
<b>9. Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>71</b>
<b>10. Reconocimientos.....</b>	<b>73</b>

## Presentación

Los retos que la variabilidad y el cambio climático imponen a la sociedad de la Región Capital trascienden lo ambiental e incluyen todos los aspectos relacionados con nuestras actividades sobre los territorios. Los patrones y procesos de producción, extracción, asentamiento y consumo, van a estar influenciados por la forma como el clima cambie. Mayor ocurrencia e intensidad de eventos extremos, climas más secos o más húmedos, tendrán efectos directos sobre la economía, la cultura, el medio ambiente y las decisiones políticas (municipales, departamentales y distritales) que se tomarán en el futuro cercano, así como en la planeación territorial, sectorial e institucional de largo plazo.

Todo este conjunto de decisiones permeará de manera directa todos los aspectos relacionados con la calidad de vida de los cundinamarqueses y bogotanos, quienes cada vez más relacionan los cambios en el clima con los desastres y las emergencias, dejando de lado las oportunidades de adaptación que estos nuevos escenarios pueden traer para el desarrollo de la Región.

Por este motivo, el Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá – Cundinamarca (PRICC), se ha constituido y se consolida como una plataforma de trabajo interinstitucional que permite construir las directrices técnicas, así como una estrategia regional, implementada a través de medidas y proyectos prioritarios de mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio climático, que permitirá a la Región Capital tener las bases científicas para enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades de estos nuevos escenarios. El PRICC es además, uno de los modelos piloto mundiales que, por iniciativa de la Alcaldía de Bogotá y de la Gobernación de Cundinamarca, vienen impulsando las Naciones Unidas (PNUD) y el IDEAM, junto con la activa participación de otros importantes socios (CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, PNNC, IAvH, DNP y MADS), para fortalecer las capacidades y la toma de decisiones de las instituciones regionales públicas, para avanzar en la construcción de territorios resilientes a la variabilidad y al cambio climático. Este esfuerzo cuenta con el apoyo financiero de los Gobiernos de España y de Quebec.

A partir de lo anterior, este estudio, “Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca”, es el resultado de un trabajo juicioso que se convierte en una guía para la toma de decisiones de quienes han asumido o asumirán responsabilidades desde el gobierno regional, partiendo de la base de conocer las características generales y los procesos de desarrollo de los principales fenómenos climáticos que caracterizan la variabilidad inter-anual. Los impactos económicos que han dejado los eventos de El Niño, como por ejemplo, los ocurridos en la década de los 90s, o el pasado fenómeno de La Niña de 2010-2011, han dejado crudas lecciones respecto a la necesidad de estar preparados para enfrentar los eventos climáticos extremos que afectan al país y en particular a la Región Capital.

Esperamos que esta investigación sea de utilidad para el conocimiento de la variabilidad climática inter-anual, de manera que permita orientar una toma de decisiones que promueva medidas de respuesta efectivas, ante los potenciales escenarios que en el corto plazo, nos plantean el aumento o disminución de las lluvias y la temperatura en la Región Capital, los cuales tendrán impactos directos en temas tan importantes y estratégicos como la producción, la planificación territorial, la gestión del riesgo de emergencias y desastres, la salud humana, la disponibilidad de agua y electricidad, y la seguridad alimentaria.

*Javier Eduardo Mendoza*  
*Coordinador PRICC*

*Determinación de las alteraciones de la Precipitación y la Temperatura del aire durante los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones Meteorológicas en la Región Capital (Bogotá Y Cundinamarca), para actualizar los resultados del modelo del IDEAM*

*José Edgar Montealegre Bocanegra  
Meteorólogo M.Sc.*

## **Resumen**

Se presenta una síntesis de aspectos relativos al clima, la variabilidad climática y sus escalas de variación, así como las características más relevantes del Ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur – ENOS. Se logra establecer que la señal característica de los fenómenos del Ciclo ENOS en Cundinamarca, reflejada en déficits de precipitación durante El Niño y excedentes de lluvia durante La Niña, se diluye al analizar los eventos típicos, es decir, al estudiar los fenómenos de forma integral, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas en la temperatura superficial del Pacífico tropical.

Se comprueba que el mayor efecto climático ocurre durante el primer trimestre del segundo año, el cual es muchas veces coincidente con la fase madura de los eventos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical. En general, el efecto de los fenómenos típicos El Niño y la Niña sobre la precipitación estacional de Cundinamarca, es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas.

El análisis de los periodos inter-estacionales, es decir, aquellos meses en los que se presenta la transición de las temporadas secas a lluviosas (marzo y septiembre) y de las lluviosas a las secas (junio y diciembre), permite comprobar que la señal característica de ENSO permanece muy bien definida, particularmente durante la fase cálida (El Niño).

El análisis de las series termométricas permite comprobar que la temperatura media de la capa atmosférica baja de Cundinamarca, se ve fuertemente influenciada, en presencia de los fenómenos del Ciclo ENSO.

Se pudo establecer igualmente que, aunque la relación no es lineal, durante los eventos fríos de La Niña se registran anomalías pluviométricas y termométricas aproximadamente opuestas a las observadas durante los fenómenos cálidos El Niño.

# 1. Introducción

A finales de la década de los años noventa los impactos ocasionados por los fenómenos enmarcados dentro del Ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur (ENOS), comenzaron a preocupar a la comunidad nacional. Ante la falta de conocimientos sobre estos eventos y sobre su efecto climático en el territorio nacional, se vio la necesidad de desarrollar investigación en este tema, orientada a conocer mejor la física de los mismos, su efecto sobre el medio natural y el clima y el alcance que sus impactos ejercen sobre los sectores productivos, el comercio, la industria y la sociedad en general.

En Colombia no se ha investigado profunda y directamente sobre la génesis y la dinámica de estos fenómenos en sí, pero a través del Modelo Integral desarrollado en 1997 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se avanzó en la determinación del efecto directo de los mismos sobre las áreas marítima y costera del Pacífico colombiano, en el estudio de su influencia sobre el clima nacional, particularmente sobre los patrones de lluvia y temperatura del aire y en el análisis preliminar de su impacto socioeconómico.

En el año 2007, el IDEAM actualizó la componente Meteorológica del Modelo, ampliando la base informática del análisis hasta el año 2005 y obteniendo un nuevo conocimiento sobre el efecto climático de los fenómenos para diferentes intensidades del evento. Igualmente, se logró una mejor comprensión del efecto a escala trimestral y durante las estaciones secas y lluviosas, en las diferentes regiones del país (IDEAM, 2007).

El presente estudio responde al interés del PRICC en ampliar el conocimiento sobre las alteraciones que se observan en los regímenes de la precipitación y la temperatura del aire en la Región Capital (Bogotá y Cundinamarca), ante la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones meteorológicas localizadas en esta zona. El objetivo fundamental es lograr una mejor resolución espacial de los resultados del Modelo del IDEAM, ampliar de tres a seis el análisis trimestral y obtener un nuevo conocimiento acerca de la afectación durante los meses de transición inter-estacional. Con este propósito, se amplía la base informática del análisis hasta el año 2010 y se fortalecen los actuales esquemas de predicción climática para la Región Capital.

## **2. Aspectos teóricos inherentes al tema de estudio**

### **2.1 El clima**

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinado, o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo. El clima de la tierra depende del equilibrio radiativo que está controlado por factores radiativos forzantes, por factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático. La radiación solar es el combustible que pone en movimiento la máquina atmosférica y junto con el efecto de invernadero, son los factores forzantes del clima de mayor trascendencia (Montealegre 1999).

Ahora, los factores determinantes del clima, se refieren a las condiciones físicas y geográficas, que son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio y que influyen en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor. Los de mayor importancia son la latitud, la elevación y la distancia al mar.

### **2.2 La variabilidad climática**

El clima varía en escalas de tiempo y espacio. A través de los años, desde épocas remotas, se han presentado fluctuaciones del clima en diversas escalas de tiempo. La causa de tales fluctuaciones es todavía un tema controvertido. Hay consenso en que varios factores son importantes, entre ellos están: la variación de los parámetros orbitales de la tierra (excentricidad, precesión, inclinación), posibles cambios en la órbita del sol alrededor del centro de la galaxia, alteración de los factores radiativos forzantes, variación de largo plazo en la actividad solar, dinámica de las placas tectónicas (movimientos de la corteza terrestre, cambios en la distribución de los continentes), dinámica orbital del sistema tierra-luna, impacto de meteoritos de grandes dimensiones y las erupciones volcánicas.

La variabilidad climática de corto periodo se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente pequeños. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal (Montealegre & Pabón, 1999). La normal climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima; generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como “anomalía”.

La secuencia de las oscilaciones de las variables climáticas (temperatura, precipitación) alrededor de los valores normales, se conoce como variabilidad climática y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías.

## **2.3 Escalas de variabilidad climática de corto periodo**

El clima varía naturalmente en diferentes escalas de tiempo y espacio. Dentro de sus fluctuaciones temporales de corto periodo, las siguientes se consideran las de mayor trascendencia en la determinación y modulación de procesos atmosféricos:

### **2.3.1 Estacional**

A esta escala corresponde la fluctuación del clima a nivel mensual. La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel. En latitudes medias, la secuencia de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño es algo común para los habitantes de dichas regiones, en tanto que en latitudes tropicales lo frecuente es la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas. La migración de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), es considerada como una de las más importantes fluctuaciones climáticas de la escala estacional.

### **2.3.2 Intraestacional**

Este tipo de variabilidad es menos notorio y ha sido de las menos estudiadas en nuestro medio (Pabón, 1997). Existen evidencias que dentro de las estaciones se presentan oscilaciones que determinan las condiciones de tiempo durante decenas de días o de uno a dos meses. La mayoría de las veces estas oscilaciones pasan desapercibidas porque su amplitud es pequeña, en comparación con las del ciclo anual. Dentro de las oscilaciones intraestacionales se destaca una señal de tipo ondulatorio, denominada de 30-60 días. Esta ha sido detectada en la actividad convectiva en el Pacífico tropical oriental y en la precipitación de esta región y de la América tropical. Esta oscilación se asocia con las ondas detectadas en el campo de la presión tropical por Madden y Julian, en el año 1971.

### **2.3.3 Interanual**

A esta escala corresponden las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año. Normalmente percibimos que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar, no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal. La variabilidad climática, enmarcada dentro de esta escala, podría estar relacionada con alteraciones en el balance global de radiación. Un ejemplo típico de la variabilidad climática interanual corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño, La Niña - Oscilación del Sur - ENOS.

Otras fluctuaciones de las variables climáticas en la escala interanual podrían estar asociadas con la Oscilación Cuasibienal, la cual corresponde a una oscilación de largo

plazo en la dirección del viento zonal de la baja y media estratosfera ecuatorial, con un período irregular que varía entre 20 y 35 meses. En cada lapso se alternan los vientos de componente este con los del oeste.

### **2.3.4 Interdecadal**

En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas. Comparativamente con la variabilidad interanual, la amplitud de estas oscilaciones es menor. Esta es una de las razones por las cuales este tipo de variabilidad pasa desapercibida para el común de la gente (Montealegre & Pabón, 1999). No obstante, estas oscilaciones de largo plazo están influyendo notablemente en las actividades de la sociedad en ciclos interdecadales y resultan muy importantes en la determinación de posibles tendencias en las variables climáticas.

## **2.4. La variabilidad interanual de la precipitación en Colombia**

El análisis de la información histórica de la precipitación permite identificar variaciones de diferente escala relacionadas con la variabilidad climática (IDEAM, 1997 e IDEAM, 1998). En particular, es posible encontrar oscilaciones interanuales. Existen claras evidencias de la influencia de los procesos de los océanos Atlántico y Pacífico en la variabilidad de la precipitación en diferentes regiones de Colombia (Montealegre, 2009).

El peso de la influencia de uno u otro océano es diferente. No obstante, en la variabilidad climática interanual, el océano Pacífico a través del Ciclo ENOS, induce una señal que es posible identificar en la mayor parte del territorio nacional.

Mediante el análisis de las series de tiempo se pueden detectar, a través de los años, importantes fluctuaciones, por encima o por debajo de lo normal en el comportamiento de las temporadas secas o lluviosas. Examinando la secuencia histórica de las anomalías de precipitación registradas en Funza (Cundinamarca) en los meses de abril (mes representativo de la primera temporada lluviosa), a partir de 1938, presentadas en la figura 1, se observan una serie de oscilaciones que corresponden a la variabilidad interanual de las mismas.

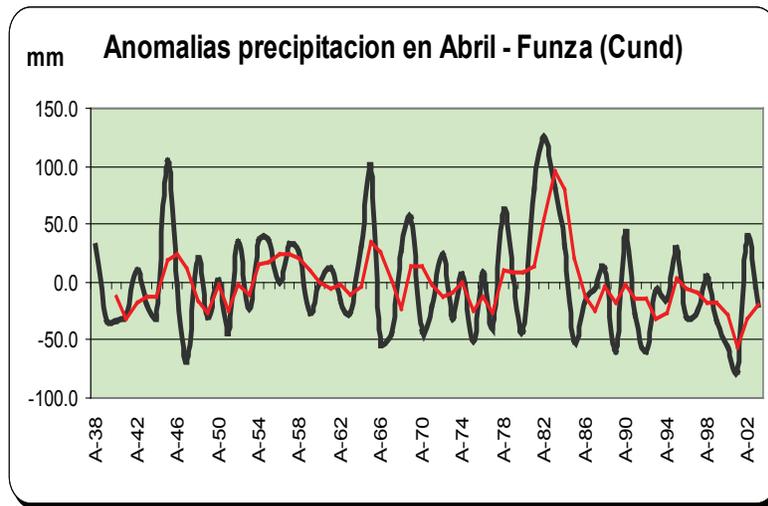


Figura 1. Secuencia histórica de las anomalías de precipitación registradas en los meses de abril en la estación La Ramada de Funza (Cundinamarca) a partir de 1938. La línea roja corresponde a la media móvil de tres puntos.

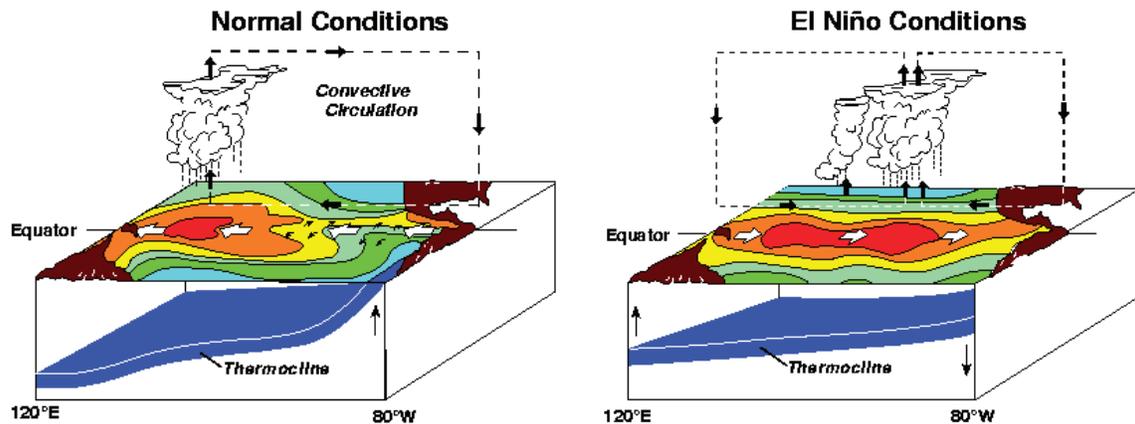
Mediante técnicas espectrales se ha podido establecer igualmente, ciclos de 2.6, 3.9 y 4.5 años, similares a los de la variabilidad interanual del Pacífico Tropical y particularmente del ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur. Realmente, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación, están asociadas a dicho ciclo.

### 3. Los fenómenos El Niño, La Niña – Oscilación del Sur

Dentro de la escala de variabilidad interanual en el océano Pacífico tropical son posibles tres condiciones: El Niño (calentamiento extremo), condiciones normales y La Niña (enfriamiento extremo). El ciclo conocido como El Niño, La Niña - Oscilación del Sur - ENOS, es la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacífico, en la escala interanual.

El Niño y su fase opuesta La Niña, son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que son lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento (fase cálida) o el fortalecimiento (fase fría) de los vientos alisios del Este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del Oeste al centro del océano Pacífico tropical, en condiciones El Niño (figura 2.1) o con su permanencia e intensificación en el caso de La Niña.

Uno de los factores claves en la génesis de los fenómenos El Niño y La Niña es el debilitamiento (inclusive su inversión a la dirección oeste) o el fortalecimiento de los vientos Alisios del Este, respectivamente. Dentro de los procesos que inducen este tipo de variaciones en el viento de la zona tropical, es importante considerar las ondas de Madden&Julián, las cuales son propias de la escala intraestacional; la oscilación cuasibienal del viento zonal en la estratósfera inferior, típica de la escala interanual; la oscilación cuasibienal en la tropósfera, conocida como TBO y eventualmente, las erupciones volcánicas (Pabón & Montealegre, 2009). Adicionalmente es importante mencionar que en el sistema climático ocurren procesos en la escala interdecadal (decenios) que posiblemente generan variabilidad en las condiciones asociadas a la génesis y desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña.



*Figura 2.1. Representación esquemática de las condiciones oceánicas y atmosféricas del Pacífico tropical, durante los períodos normales y de ocurrencia de los fenómenos El Niño. Tomado de NOAA/PMEL/TAO Project, USA.*

La componente atmosférica del ENOS, conocida con el nombre de la Oscilación del Sur, corresponde a la variación interanual del campo de presión atmosférica cerca de la superficie, en la región del Pacífico centro-occidental. Durante algunos años la presión atmosférica en el Pacífico central es mayor que en el occidental, en otros años ocurre lo contrario; esta alternancia interanual de las anomalías positivas y negativas de la presión atmosférica ha sido comprobada mediante la correlación inversa y bien definida (figura 2.2) entre los valores de presión atmosférica en Tahití (isla localizada en el centro del Pacífico) y Darwin (nororiente de Australia).

Uno de los primeros índices utilizados para el seguimiento y análisis de la OS fue propuesto por Sir Walker. Actualmente, el seguimiento de la OS se hace a través del Índice de Oscilación del Sur (IOS), que es la diferencia normalizada de la presión atmosférica medida en Tahití y en Darwin.

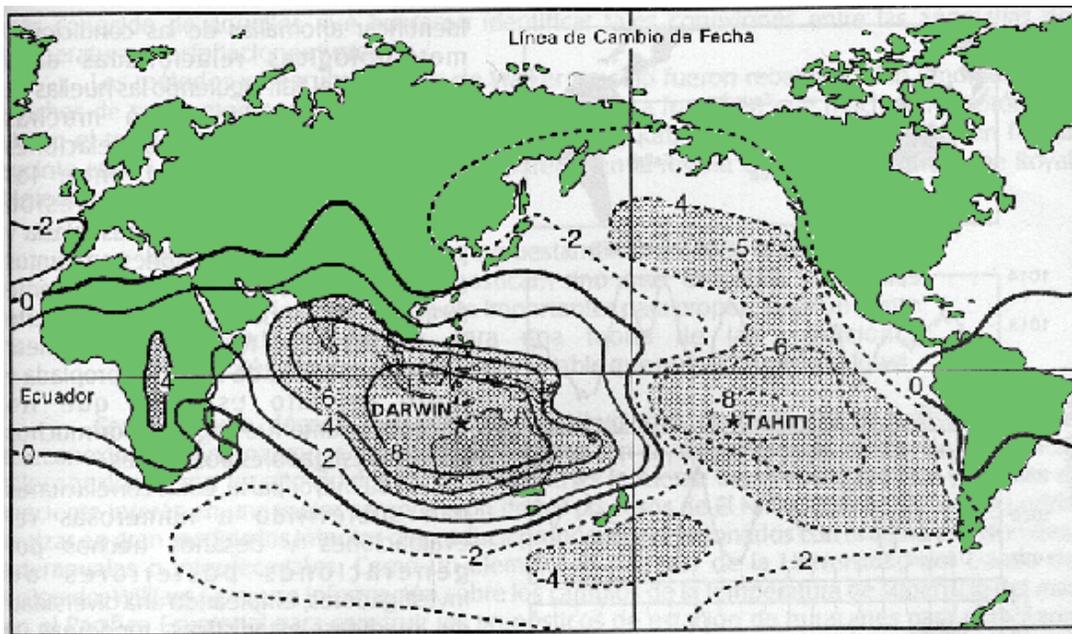


Figura 2.2. Isolíneas de correlación de la presión atmosférica media a nivel del mar. Las variaciones de presión en Tahití están relacionadas con las variaciones de la presión en Darwin, aunque de forma inversa (Fuente: Rasmusson, 1984)

Aunque existen registros sobre los fenómenos de El Niño y La Niña desde los tiempos de la conquista, su origen se remonta a escalas de tiempo geológico (miles y millones de años). Tal vez, las condiciones para que se presente este fenómeno posiblemente se establecieron desde la época en que la circulación en el sistema océano-atmósfera del Pacífico Tropical se tornó similar a la actual (Pabón & Montealegre, 2009).

Los fenómenos del Ciclo ENOS producen fuertes perturbaciones sobre la circulación atmosférica global y sus efectos climáticos tienen dramáticas implicaciones socioeconómicas y ambientales en casi todo el planeta.

### 3.1 El efecto climático derivado de los fenómenos del ciclo ENOS

Dada su localización geográfica, Colombia recibe la influencia directa de los procesos que se suscitan en el sistema acoplado océano-atmósfera del Pacífico tropical, asociados al Ciclo ENOS. Se ha podido establecer claramente que la intensidad de los fenómenos El Niño y La Niña está en función directa con la magnitud de las anomalías registradas en la temperatura superficial y subsuperficial del océano y con el área cubierta por las mismas. La influencia de dicha intensidad no es lineal y puede ser diferente de la magnitud del efecto climático y del impacto producido por los fenómenos en las actividades humanas, como bien se observó en el evento intenso de El Niño 1982-83. El efecto climático depende de la época del año en que se presentan los fenómenos y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad de las diferentes regiones del país y de los sectores de la actividad nacional.

## **3.2 Alteraciones climáticas y su predicción**

El análisis de la información histórica, indica que las alteraciones que se producen en el régimen de lluvias en Colombia son explicadas en buena parte, por la variabilidad climática interanual, relacionada con los fenómenos El Niño y La Niña, los cuales han sido causa de sequías extremas y lluvias extraordinarias en diferentes regiones del país, ocasionando un efecto negativo sobre el medio físico natural y un impacto social y económico de grandes proporciones.

Se ha establecido igualmente que los ciclos relacionados con los eventos El Niño y La Niña, afectan de manera importante la temperatura del aire en Colombia (Pabón & Montealegre, 1997).

Durante la fase cálida (El Niño) del Ciclo ENOS, se ha hecho evidente el incremento de la temperatura durante las horas del día, particularmente en los valles interandinos (Montealegre, 1997); también se ha podido determinar que durante su ocurrencia se presenta una tendencia a la disminución significativa de la temperatura del aire en horas de la madrugada, con lo cual se propicia el desarrollo del fenómeno de heladas en los altiplanos y en áreas montañosas con elevaciones superiores a 2500 m. Otro efecto climático asociado con El Niño, es el incremento de la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra. El predominio de tiempo seco favorece el incremento de horas de brillo solar y por consiguiente la cantidad de radiación solar incidente, la cual incluye la parte ultravioleta del espectro.

El efecto climático registrado durante la fase fría (Niña) no es exactamente contrario al observado durante la fase cálida (Niño), aunque si se observa una tendencia inversa en el efecto producido por ambos eventos (Pabón y Montealegre, 1998).

Una forma directa de mitigar o reducir el impacto socioeconómico generado por la variabilidad interanual de la precipitación y la temperatura del aire es el conocimiento previo de sus fluctuaciones y tendencias con anticipación de meses (predicción climática). La necesidad de elaborar predicciones de tipo climático en Colombia, se hizo evidente a raíz del severo efecto que sobre las lluvias, la temperatura del aire y la radiación solar, produjo el fenómeno El Niño ocurrido en 1991-92, el cual tuvo un significativo impacto económico, particularmente en el sector hidro-energético del país. A partir de esa época, se realizaron los primeros esfuerzos en el HIMAT (Instituto de Meteorología, Hidrología y Adecuación de Tierras), mediante la aplicación de modelos de tipo conceptual. Así mismo, se comenzaron a incluir algunos aspectos relacionados con la variabilidad climática estacional, intraestacional e interanual en los pronósticos climáticos y de caudales de esa época.

## **3.3 El cambio climático y los fenómenos del Ciclo ENOS**

Los cambios en los patrones climáticos implicarían cambios en el comportamiento de ENOS. Hay numerosos estudios que llevan a conclusiones contradictorias en este sentido: algunos señalan un aumento en la frecuencia de los eventos Niño, mientras que otros sugieren lo contrario, es decir, una mayor frecuencia de las condiciones frías (Pabón & Montealegre, 2009).

La frecuencia de los fenómenos El Niño y La Niña, está regulada por la variabilidad climática interdecadal. Así, por ejemplo, es posible constatar que desde finales de la década de los 70s hay una menor frecuencia de condiciones frías en el Pacífico tropical (figura 3.4) y una mayor tendencia a la ocurrencia de fenómenos cálidos (El Niño). Por el contrario, desde finales de los 90s y la primera década del siglo XXI han prevalecido más condiciones frías que cálidas en el Pacífico y los eventos cálidos ocurridos en esta época han sido débiles.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, admite que la tendencia de la temperatura de la superficie del mar va hacia condiciones parecidas a las de El Niño. Sin embargo, es prematuro aún considerar esta última tendencia, muy marcada en el último decenio del siglo XX, como el efecto del cambio climático sobre ENOS, porque podría tratarse de la expresión de una fase cálida de algún ciclo de la variabilidad climática interdecadal.

El comportamiento de ENOS en diferentes modelos numéricos arroja igualmente resultados contradictorios: en algunos, hay una mayor probabilidad de permanencia de las condiciones actuales, en tanto que otros encontraron un cambio significativo en la frecuencia, amplitud y los patrones espaciales de ENOS. Sin embargo, los investigadores aceptan que los modelos presentan aún una baja capacidad para representar debidamente la dinámica atmosférica derivada de la variabilidad de la temperatura superficial del mar.

Aunque es de esperar cambios en las propiedades de ENOS debido a un cambio climático, los argumentos que fundamentan cualquier hipótesis al respecto no son contundentes y aún queda mucha incertidumbre por tratar y reducir (Pabón & Montealegre, 2009). Por esta razón las conclusiones de una u otra investigación en este tema no son del todo definitivas y aún se requiere avanzar en el conocimiento tanto del fenómeno en sí como de su interrelación con los fenómenos globales.

*Figura 1.*

## 4. Índices de mayor significación utilizados en la vigilancia y caracterización de los fenómenos El Niño y La Niña

Una gran cantidad de índices son utilizados actualmente por la comunidad científica para caracterizar los fenómenos del ciclo ENOS, en razón a que los procesos físicos involucrados en el desarrollo del mismo están íntimamente relacionados entre sí. De ahí la gran cantidad de variables objeto de observación y medición, en tres de las cinco componentes del sistema climático (hidrosfera – biosfera – atmósfera), en la cuenca del océano Pacífico tropical.

Como El Niño y La Niña son fenómenos de carácter oceánico, los índices utilizados para determinar sus características son de la misma naturaleza. Posiblemente los índices más utilizados en la vigilancia y seguimiento de estos fenómenos corresponden a las anomalías que se observan en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en las regiones centro-occidental (Niño 3-4) y central (Niño 3), del océano Pacífico tropical (Quinn, 1987).

Como referencia, se describen algunos otros índices, de relativa importancia en el estudio de los fenómenos enmarcados dentro del Ciclo ENOS y que son utilizados para contrastar la variabilidad y fluctuaciones extremas de la TSM.

### 4.1 Índices oceánicos

Los fenómenos de El Niño y La Niña están asociados a las anomalías positivas y negativas que se observan durante varios meses en aguas del océano Pacífico tropical. Es fácil entender entonces, el hecho de que la TSM se convierte en un valioso indicador de la estructura térmica de la capa superficial y subsuperficial del océano y en consecuencia, en una importante herramienta para el seguimiento y vigilancia de los fenómenos El Niño y La Niña.

#### 4.1.1 Anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM)

Para la vigilancia de la variabilidad de la TSM en la franja tropical del Pacífico, se han establecido cuatro regiones muy bien definidas a saber (figura 3.1):

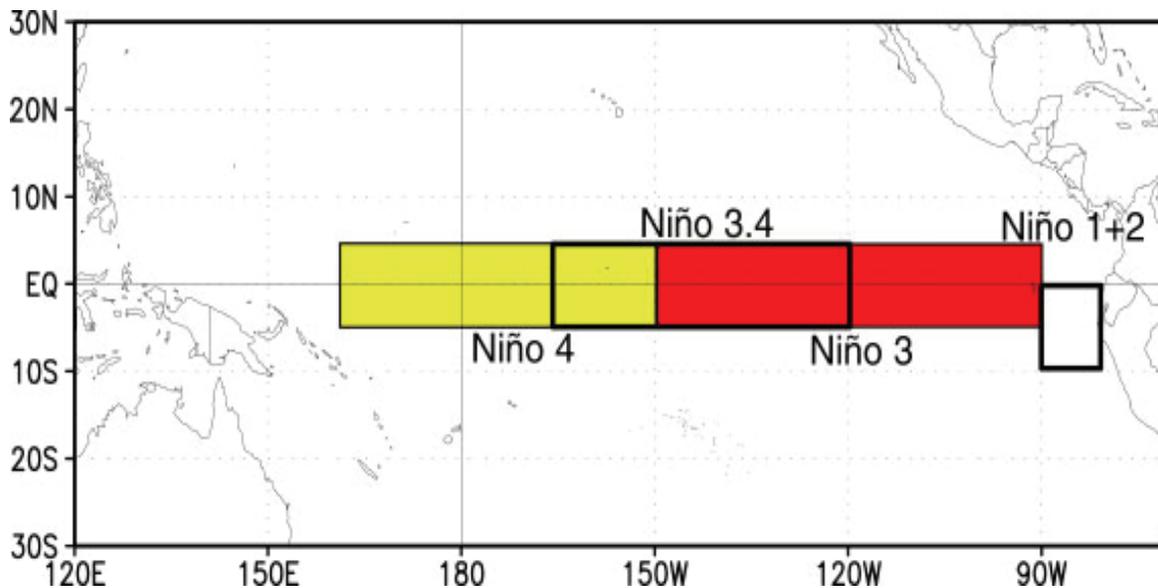
**Región Occidental:** (Región Niño 4): Entre las latitudes 5° Norte y 5° Sur y las longitudes 160° Este y 150° Oeste.

**Región Central:** (Región Niño 3): Entre las latitudes 5° Norte y 5° Sur y las longitudes 90° y 150° Oeste.

**Región Centro-occidental:** (Región Niño 3-4): Entre las latitudes 5° Norte y 5° Sur y las longitudes 120° y 170° Oeste.

**Región Oriental:** (Región Niño 1+2): Entre las latitudes 0° y 10° Sur y las longitudes 90° y 80° Oeste.

En cada una de estas regiones se mide la temperatura de la superficie del mar en grados celsius y se determinan sus anomalías.



*Figura 3.1 Regiones El Niño, definidas por la comunidad científica internacional con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS. Fuente de datos: NOAA/NCEP/CAC, USA*

La temperatura registrada en la región Niño 1+2, es el promedio de la temperatura medida en las regiones Niño1 y Niño2. Las anomalías estimadas corresponden a los índices utilizados para el seguimiento de su variabilidad.

Aunque los índices más utilizados son los de las regiones Niño 3 y Niño 3-4, en consideración a que en el sector central del Pacífico tropical se observan los mayores contrastes de la termodinámica oceánica, en la actualidad no hay consenso dentro de la comunidad científica con respecto al uso de alguno de ellos en forma prioritaria, a tal punto que los modelos numéricos de pronóstico de los centros mundiales especializados predicen el comportamiento de la TSM, en términos de anomalías, para ambas regiones.

El hecho que el rango de variabilidad normal de la TSM en la región Niño 3, sea mucho más amplio que el de la región Niño 3-4 (figura 3.2), es una de las razones por las cuales los centros especializados de seguimiento de los fenómenos El Niño y La Niña no coinciden en la determinación de las épocas de comienzo y finalización de los eventos.

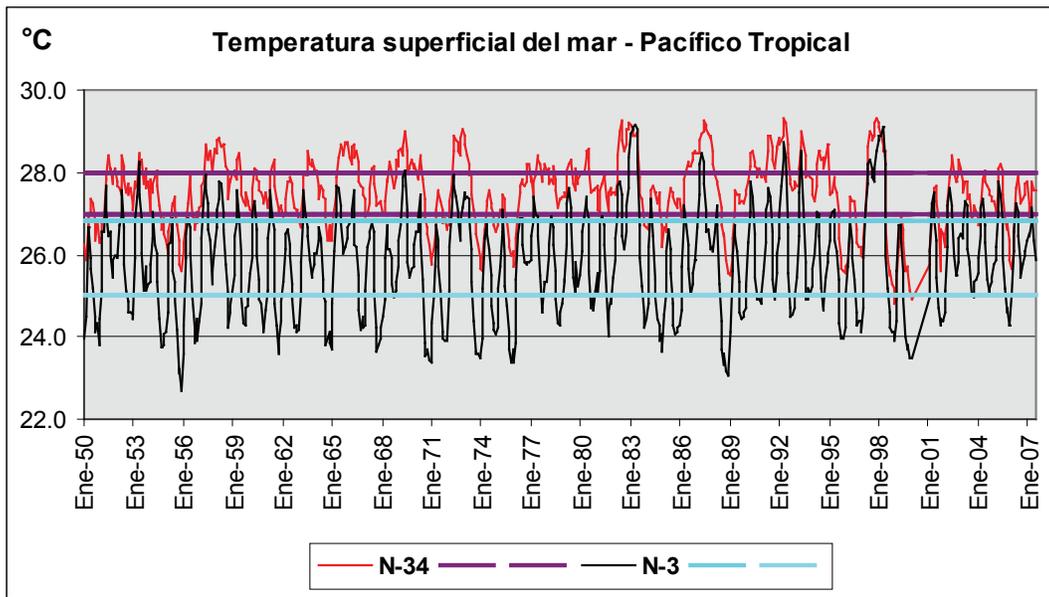


Figura 3.2 Temperatura de superficie del mar (grados celsius) registrada en el océano Pacífico tropical - región Niño 3-4 comparada con la región Niño 3, desde 1950 hasta 2007. Nótese la magnitud de las anomalías y la mayor amplitud del rango de variabilidad en la región Niño 3. Fuente de datos: NOAA/NCEP/CAC, USA

Esta circunstancia permite inferir que el índice de la región Niño 3, es más riguroso en la determinación de las épocas de comienzo y finalización de los fenómenos y es por ello que en este estudio se adopta como índice de reconocimiento de las épocas de comienzo y finalización de los fenómenos de El Niño y La Niña, el construido con las anomalías mensuales de la TSM en la Región Niño 3 (aTSM N3).

#### 4.1.2 Índice Oceánico del Niño - ONI

Este índice es calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. De acuerdo con este índice, en condiciones El Niño (La Niña), el ONI debe ser igual o superior (igual o inferior) a medio grado celsius de anomalía, durante un periodo no inferior a cinco meses consecutivos.

#### 4.1.3 Anomalías de la temperatura subsuperficial del mar

Este índice permite determinar el comportamiento de la estructura térmica subsuperficial de la franja tropical del océano Pacífico (entre las longitudes 140° Este y 80° Oeste), hasta una profundidad de 400 metros. Las anomalías son desviaciones respecto al promedio del período 1983-1992.

#### **4.1.4 El contenido de calor en la capa superior del océano**

Este índice está basado en las anomalías que se registran en la estructura térmica superficial y subsuperficial (0 – 300 metros de profundidad) del océano Pacífico centro-oriental (entre 180° y 100° grados de longitud Oeste).

#### **4.1.5 Comportamiento de la termoclina**

Este índice es valorado como las anomalías que se observan en la profundidad de la isoterma de 20 °C dentro de la franja ecuatorial (entre las latitudes 5° Norte y 5° Sur) del océano Pacífico tropical. Las anomalías son desviaciones respecto al promedio del período 1983-1992.

### **4.2 Índices atmosférico**

#### **4.2.1 Índice de Oscilación del Sur - IOS**

Es calculado como las diferencias normalizadas entre la presión atmosférica medida en Tahití (Polinesia Francesa, que representa el sector central del Pacífico tropical) y Darwin (norte de Australia, representativo el sector occidental). El IOS es un indicador de las fluctuaciones de la masa atmosférica entre los sectores centro-oriental y occidental del Pacífico tropical. Diferentes científicos han desarrollado metodologías para el cálculo del IOS; el obtenido por el Climate Analysis Center de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos, es uno de los más utilizados por la comunidad que hace seguimiento e investigaciones sobre el ENOS.

#### **4.2.2 Vientos**

Se utilizan también otros índices atmosféricos igualmente eficaces en caracterizar los fenómenos del ciclo ENSO, como las anomalías de viento zonal en niveles bajos (850 hectopascales - hPa) y el flujo zonal de altura a 200 hPa, el cual sirve para describir los vientos troposféricos, cuyas anomalías tienden a oponerse a los de 850 hPa.

Los vientos zonales en 850 hPa, corresponden al movimiento del aire que sopla de este a oeste, a una altura aproximada de 1500 metros sobre el nivel del mar, en tanto que los vientos en 200 hPa, soplan de oeste a este, a una altura aproximada de 12 kilómetros.

#### **4.2.3 Temperatura del aire**

La temperatura del aire en la media troposfera (500 hPa) es un indicador del contenido de calor de la troposfera tropical y constituye un valioso indicador de los procesos de la componente atmosférica dentro del ENOS.

## **4.2.4 Radiación Solar de Onda Larga**

Este importante índice está relacionado con la radiación solar de onda larga saliente de la tierra (OLR), la cual es una medida indirecta de la convección, por cuanto sus valores extremos están asociados directamente a convección profunda (mínimos de OLR) o ausencia de ésta (máximos de OLR).

El seguimiento de la OLR se realiza directamente vía satélite; su valor en las vecindades de la línea de cambio de fecha en el Pacífico tropical (180° de longitud) determina la frecuencia y la magnitud de la actividad convectiva asociada a los procesos de ENOS.

## **4.3 Índices mixtos**

Se han desarrollado algunos índices de carácter mixto que involucran tanto variables atmosféricas como oceánicas en su composición. Uno de los más conocidos es el índice MEI (Multivariate ENSO Index).

### **4.3.1 Índice Multivariado del ENSO - MEI**

Este índice puede ser entendido como la media ponderada de seis variables sobre el Pacífico tropical, a saber: presión atmosférica a nivel del mar, componente zonal (este-oeste) y meridional (norte-sur) del viento en superficie, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire en superficie, y cantidad total de nubosidad. Los valores positivos del MEI representan la fase cálida de ENOS (EL Niño).

## **4.4 Descripción del índice seleccionado (aTSM N3)**

La región del Pacífico central (Región Niño 3) ha sido considerada un área muy sensible a las alteraciones que se producen en el sistema acoplado océano – atmósfera durante la ocurrencia de los fenómenos del Ciclo ENOS. Considerando tan solo un aspecto de la componente atmosférica, se puede mencionar que es allí justamente donde la celda convectiva de la circulación de Walker (lluvias abundantes) se ubica durante los episodios de El Niño y desaparece durante la fase opuesta. En relación con la componente oceánica, es importante notar la buena definición que se observa en las alteraciones de estructura térmica superficial del océano, durante la ocurrencia de ambas fases (Niño y Niña).

### **4.4.1 Estadísticos característicos**

Las anomalías positivas registradas en la temperatura superficial del mar durante los fenómenos El Niño, son de mayor magnitud que las negativas observadas durante La Niña (figura 3.3). En el Pacífico central (región Niño 3), por ejemplo, son prácticamente el doble, si comparamos la máxima desviación positiva (3.9 °C) registrada durante El Niño 1997-98 contra la máxima desviación negativa (-2.02 °C) registrada durante La Niña 1954-56. Algo similar ocurre analizando la desviación estándar de la serie de anomalías positivas (0.77) con la de las anomalías negativas (0.40).

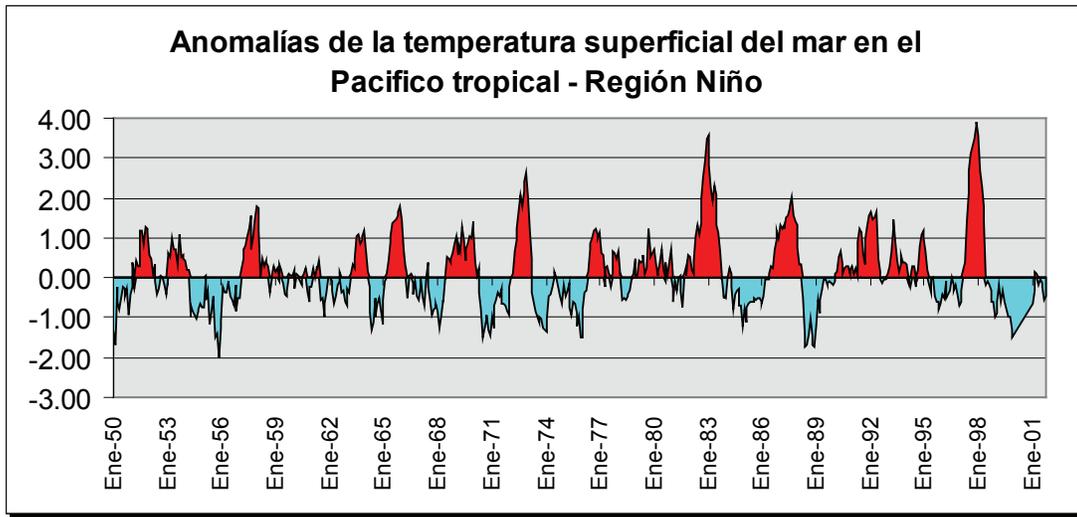


Figura 3.3 Anomalías de temperatura de superficie del mar (grados celsius) registradas en el Pacífico tropical – Región Niño 3, desde 1950 hasta 2003. Nótese la magnitud de las anomalías durante el evento cálido de 1997-98 y en el evento frío de 1954-56. Fuente de datos: NOAA/NCEP/CAC, USA

Esta diferencia en la magnitud de las anomalías entre ambas fases (Niño y Niña), conlleva a que los rangos de variabilidad para los dos eventos sean igualmente diferentes.

El análisis de la serie de anomalías acumuladas durante el período 1950-2001 muestra una tendencia creciente y sostenida durante los últimos treinta años, favorecida por la ocurrencia de dos eventos intensos de El Niño (1982-83 y 1997-98) durante este lapso, como se puede observar claramente en la figura 3.4.

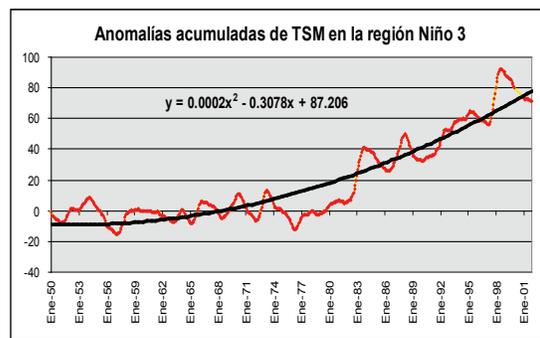


Figura 3.4 Anomalías acumuladas de la temperatura de superficie del mar (grados celsius) registradas en el Pacífico tropical – Región Niño 3, desde 1950 hasta 2001. Se puede apreciar muy bien crecimiento sostenido de la variable a partir del año 1975. Fuente de datos: NOAA/NCEP/CAC, USA

## 4.4.2 Determinación de las épocas de inicio y finalización de los fenómenos del Ciclo ENOS

La determinación de las épocas de comienzo y finalización de los fenómenos es muy importante en la cuantificación del efecto climático, independiente de la intensidad que se le asigne a cada uno de ellos. La intensidad es el reflejo de la magnitud de las anomalías que se registran, tanto en el océano Pacífico tropical como en la atmósfera que yace sobre él. Las anomalías que se observan en ambos fluidos no son siempre de magnitud proporcional a la intensidad que se asigna al fenómeno.

En los datos consignados en la Tabla 3.1 se pueden observar las épocas de comienzo y finalización de los fenómenos El Niño (a) y La Niña (b) ocurridos en los últimos 60 años, con su respectiva intensidad y duración, identificados por las anomalías de la TSM en el océano Pacífico central (Región Niño3).

### a) El Niño

UBICACION HISTORICA DEL EVENTO	DURACION DEL EVENTO NIÑO		INTENSIDAD
	Año 1	Año 2	
	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	
1951			Debil
1957 -1958			Moderado
1965 - 1966			Moderado
1969			Debil
1972 - 1973			Fuerte
1976 - 1977			Debil
1982 - 1983			Muy Fuerte
1986 - 1987			Moderado
1991 - 1992			Fuerte
1997 - 1998			Muy Fuerte
2002			Moderado
2006			Debil
2009 - 2010			Debil

b) La Niña

UBICACION HISTORICA DEL EVENTO	DURACION DEL EVENTO LA NIÑA		INTENSIDAD
	Año 1	Año 2	
	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	
1954 -1955 (*)	[Barra horizontal que cubre todos los meses de Año 1 y Año 2]		Moderado
1964	[Barra horizontal que cubre los meses E, F, M, A, M]		Debil
1967 - 1968		[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]	Debil
1970 - 1971	[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]	[Barra horizontal que cubre los meses O, N, D]	Fuerte
1973 - 1974	[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]		Moderado
1975 - 1976	[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]		Moderado
1988 - 1989	[Barra horizontal que cubre todos los meses de Año 1 y Año 2]		Muy Fuerte
1999 - 2000		[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]	Moderado
2007 - 2008	[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]	[Barra horizontal que cubre los meses O, N, D]	Muy Fuerte
2010 - 2011	[Barra horizontal que cubre los meses J, J, A, S]	[Barra horizontal que cubre los meses O, N, D]	Moderado

(\*) termino en Enero de 1956

Tabla 3.1 Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño (a) y La Niña (b) clasificados por su intensidad y duración, de acuerdo con la magnitud de las anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registradas en el océano Pacífico central (Región Niño 3). El índice corresponde al valor medio de las anomalías mensuales durante el período de permanencia de las mismas.

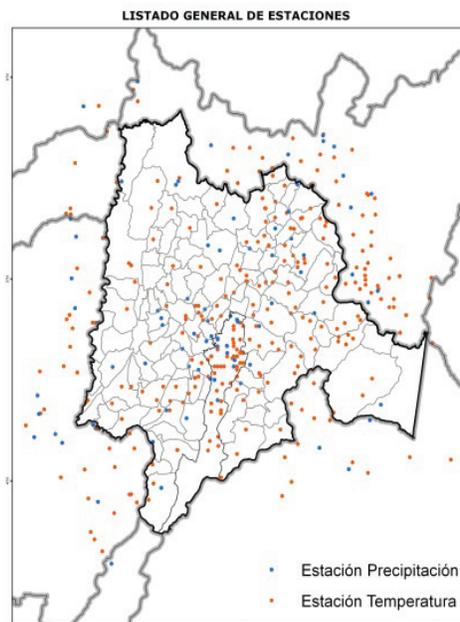
## 5. Aspectos metodológicos

En este contexto, es importante describir los aspectos de carácter metodológico desarrollados en la determinación de las alteraciones de la precipitación y la temperatura del aire durante los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones meteorológicas en la Región Capital (Bogotá y Cundinamarca), para actualizar los resultados del modelo del IDEAM.

### 5.1 Base de datos utilizada

Los elementos meteorológicos que caracterizan la atmósfera (presión, temperatura, humedad, precipitación) presentan diferentes rangos de variabilidad. Así, por ejemplo, la variabilidad mensual de la temperatura del aire es muy pequeña comparada con la de la precipitación. Por ello, la densidad de las redes de medición para cada uno de ellos es igualmente variable.

Los parámetros meteorológicos de mayor variabilidad exigen, normalmente, una red de mediciones más densa. La red de estaciones meteorológicas de la región analizada está constituida por cerca de 510 estaciones (mapa 4.1), de las cuales un poco más del 32% son de propiedad del IDEAM. De éstas, el 66% son pluviométricas (mediciones de precipitación) y el porcentaje restante son de tipo climatológico (mediciones de precipitación, temperatura y algunas otras variables climáticas).



Mapa 4.1. Red de estaciones pluviométricas (color sepia) y termométricas (color azul) del departamento de Cundinamarca. Fuente de datos: IDEAM

### 5.1.1 Inventario general de la información disponible

La información utilizada en este proyecto fue suministrada directamente por el IDEAM de su base de datos central (plataforma SISDHIM). La base del análisis es la información mensual. Se utilizaron los meses que tuvieran más de 20 días de información y los años que tuvieran al menos diez (10) meses de datos. Se seleccionaron igualmente, aquellas series que dispusieran del total mensual (precipitación) o la media mensual (temperatura), así no contaran con el respaldo de los datos diarios.

Una vez efectuado el análisis de la información disponible, se seleccionó un total de 245 estaciones pluviométricas y 54 climatológicas, cuya descripción por entidades puede observarse en los datos de la tabla 4.1.

Entidad	PRECIPITACION		TEMPERATURA	
	Cund	Bogota	Cund	Bogota
<b>CAR</b>	52	6	12	4
<b>EAAB</b>	16	33	0	2
<b>IDEAM</b>	115	16	25	8
<b>CENICAFE</b>	7	0	3	0
<b>TOTAL</b>	<b>190</b>	<b>55</b>	<b>40</b>	<b>14</b>

*Tabla 4.1 Número total de estaciones pluviométricas y climatológicas utilizadas en este análisis y desglosadas por entidades.*

Dado que existen datos de anomalías de la temperatura superficial del mar en la región central (Niño-3) del océano Pacífico tropical desde 1950, se analiza el comportamiento de la temperatura del aire y la precipitación en la Región Capital desde dicha época. La longitud de las series es muy irregular; como se puede apreciar en el esquema de la figura 4.2. Las series con registros superiores a 40 años sólo representan el 25% del total de las estaciones pluviométricas y el 30% de las climatológicas.



## 5.2.2 Periodos analizados

### 5.2.2.1 Meses durante los cuales se verifica la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña en el océano Pacífico tropical.

En la figuras 4.4, se resaltan en colores, sobre los datos de precipitación mensual registrados en la estación Choachí, los periodos de ocurrencia de los eventos, durante el primero y segundo año de su permanencia. Para el cálculo de los índices acumulado y categórico de este primer caso, sólo se consideran los meses correspondientes a los periodos resaltados en color. (Ver documento relacionado con el enfoque conceptual).

		PRIMER AÑO												SEGUNDO AÑO											
Año		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N I Ñ A S	54-55	31.7	35.1	32.4	125.7	177.8	168.5	134.8	124.8	110.2	145.7	45.5	67.4	15.0	43.3	58.2	24.0		42.9	112.1	73.0	105.4	84.6	95.3	47.6
	1964	0.0	12.3	4.5	102.2	122.4	99.2	100.0	100.0	85.8	93.4	63.4	39.4	10.5	4.5	20.7	111.6	172.0	89.5	105.2	82.0	50.4	91.7	146.8	13.5
	67-68	18.2	13.8	37.9	61.8	130.4	172.2	116	98	56.7	70.6	45.2	26.5	22.6	54.3	11.4	178	60.3	174.2	133.3	56	89.6	118	71	32.7
	70-71	42.5	20.7	44.4	91.5	165.0	115.8	119.2	167.2	102.2	122.4	87.9	17.4	73.1	24.0	57.0	123.9	189.0	135.9	164.0	133.9	97.1	76.7	60.9	16.7
	73-74	0	0	28	56.2	114.8	133.1	93.8	183.8	174.5	83.7	74.1	42.1	23.8	39.7	23.4	95.6	76.8	70.3	87.1	66.4	74.4	141.3	87.5	26.2
	75-76	7.2	42.5	61.2	64.6	105.9	134.6	69.6	141.1	87.8	87.8	65.8	76.3	10.5	8.4	55.1	121.3	156.3	143.4	92.1	67.1	47.7	64.5	25.9	10.2
	88-89	6.6	17.6	30.3	60.9	56.1	152.0	124.1	122.3	95.2	84.4	87.7	52.8	9.9	37.7	102.6	27.4	126.4	131.8	137.8	57.3	58.0	68.4	84.2	84.1
	99-00	59.7	80.6	115.9	137.0	119.7	104.9	97.2	56.4	101.0	64.1	56.6	24.4	85.8	49.2	0.0	62.0	176.1	98.4	159.7	100.7	165.5	120.0	70.1	49.2
	07-08	2.7	11.6	95.5	167.7	127.0	177.4	72.5	145.6	64.8	164.9	94.4	84.8	28.9	50.8	54.3	68.2	241.8	216.6	251.7	141.0	92.3	126.2	199.6	35.9
	10-11	0	30.4	60.4	200.5	234.8	178.3	170.2	75.2	48.8	84.7	138.9	69.1	19.6	79.1	144.6	381.2								
N I Ñ O	1951	6.1	58.5	68	97.1	114.8	49.5	76.1	25.0	25.9	70.8	57.8	26.0												
	57-58	3.2	8	73.3	144.3	116.6	66.6	95.5		90.4	54.8	32.6	41.9	0	21.2	54.5	77.9	96.2	59	74.2	118.4	38.3	79.4	78.6	17.2
	65-66	10.5	4.5	20.7	111.6	172.0	89.5	105.2	82.0	50.4	91.7	146.8	13.5	5.8	20.8	55.4	82.7	48.8	98.6	88.0	134.4	60.0	54.0	114.3	94.7
	69-70	13.7		24.4	146.6	111.6	177.5	89.9	141.9	69.1	144.5	62.5	43.7	42.5	20.7	44.4	91.5	165.0	115.8	119.2	167.2	102.2	122.4	87.9	17.4
	72-73	62	38.2	92.5	85.0	168.4	114.4	99.8	92.3	16.4	91.0	71.8	3.6	0.0	0.0	28.0	56.2	114.8	133.1	93.8	183.8	174.5	83.7	74.1	42.1
	76-77	10.5	8.4	55.1	121.3	156.3	143.4	92.1	67.1	47.7	64.5	25.9	10.2	0.0	28.2	11.0	80.0	66.1	68.6	97.4	105.9	46.3	44.1	49.9	5.2
	82-83	45.6	25.7	84.4	117.2	149.5	88.9	132.0	126.8	56.3	83.6	49.2	24.7	11.2	47.8	71.1	183.8	100.6	68.2	139.0	91.6	85.2	74.6	42.6	31.3
	86-87	1.6	102.7	48.9	84.3	79.4	30.6	66.8	97.8	54.0	44.4	27.1	8.6	3.0	45.6	40.7	104.6	101.2	71.2	76.9	96.4	65.6	136.9	67.0	33.5
	91-92	9.4	12.5	75	101.1	107.9	121	123.7	190.9	66.8	37.3	123.5	31.3	26.8	14.5	25.2	92.6	85.9	81.3	208.2	126.2	98.3	33.7	108.0	38.3
	97-98	53	43.8	38.6	62.4	145.4	126.4	166.8	122.1	56.6	36.6	72.1	13.2	8.3	11.7	73.5	90.6	209.4	200.4	198.0	89.3	56.6	73.4	68.7	90.9
2006	42.2	22.6	113.8	161.4	106.4	200.6	137.9	99.3	73.4	128.0	88.1	34.9	2.7	11.6	95.5	167.7	127.0	177.4	72.5	145.6	64.8	164.9	94.4	84.8	
09-10	56.7	21.2	97.7	89.0	64.8	136.2	71.7	111.8	47.4	68.1	64.9	17.7	0.0	30.4	60.4	200.5	234.8	178.3	170.2	75.2	48.8	84.7	138.9	69.1	
Media		20.73	29.64	52.58	99.93	127.7	121.8	117.8	103.6	75.56	91.56	77.29	34.18	20.73	29.64	52.58	99.93	127.7	121.8	117.8	103.6	75.56	91.56	77.29	34.18

Figura 4.4 Periodos en los cuales se comprobó la presencia de un fenómeno El Niño (color sepia) o La Niña (color azul) en el océano Pacífico tropical.

### 5.2.2.2 Meses de afectación trimestral.

En la figura 4.4 se puede apreciar igualmente que los trimestres de mayor afectación corresponden a los tres últimos del primer año y los tres primeros del segundo año en los que se presenta el evento. Para el cálculo de los índices acumulado y categórico, sólo se consideran los tres meses de cada trimestre, individualmente.

### 5.2.2.3 Meses que cubren las dos temporadas lluviosas y la segunda temporada seca del primer año, así como la primera temporada seca del segundo año.

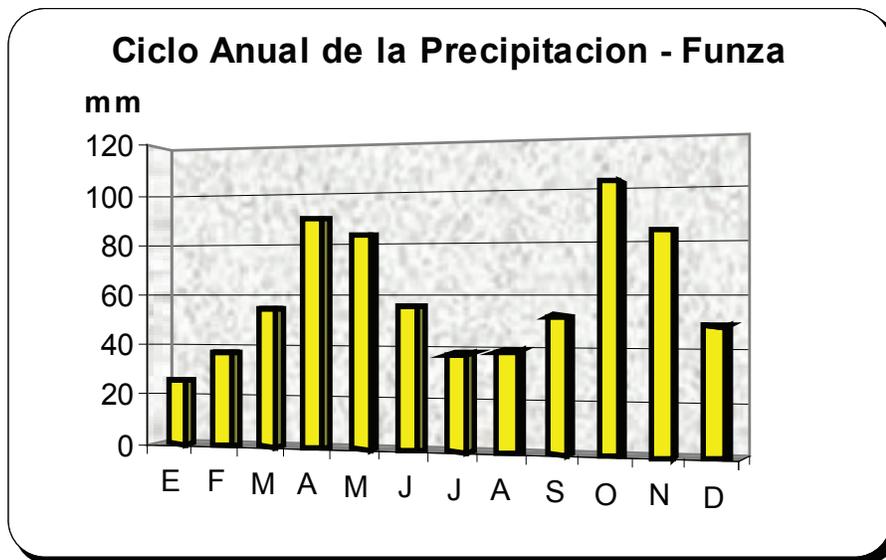
Figura 4.5. En este caso sólo se consideran para el cálculo de los índices acumulado y categórico, los dos meses que cubren cada una de las temporadas seca o lluviosa, individualmente.

		PRIMER AÑO										SEGUNDO AÑO													
		1a Lluviosa			2da Secca			2da Lluvia				1a Secca													
	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N I Ñ A S	54-55	31.7	35.1	32.4	125.7	177.8	168.5	134.8	124.8	110.2	145.7	45.5	67.4	15.0	43.3	58.2	24.0		42.9	112.1	73.0	105.4	84.6	95.3	47.6
	1964	0.0	12.3	4.5	102.2	122.4	99.2	100.0	100.0	85.8	93.4	63.4	39.4	10.5	4.5	20.7	111.6	172.0	89.5	105.2	82.0	50.4	91.7	146.8	13.5
	67-68	18.2	13.8	37.9	61.8	130.4	172.2	116	98	56.7	70.6	45.2	26.5	22.6	54.3	11.4	178	60.3	174.2	133.3	56	89.6	118	71	32.7
	70-71	42.5	20.7	44.4	91.5	165.0	115.8	119.2	167.2	102.2	122.4	87.9	17.4	73.1	24.0	57.0	123.9	189.0	135.9	164.0	133.9	97.1	76.7	60.9	16.7
	73-74	0	0	28	56.2	114.8	133.1	93.8	183.8	174.5	83.7	74.1	42.1	23.8	39.7	23.4	95.6	76.8	70.3	87.1	66.4	74.4	141.3	87.5	26.2
	75-76	7.2	42.5	61.2	64.6	105.9	134.6	69.6	141.1	87.8	87.8	65.8	76.3	10.5	8.4	55.1	121.3	156.3	143.4	92.1	67.1	47.7	64.5	25.9	10.2
	88-89	6.6	17.6	30.3	60.9	56.1	152.0	124.1	122.3	95.2	84.4	87.7	52.8	9.9	37.7	102.6	27.4	126.4	131.8	137.8	57.3	58.0	68.4	84.2	84.1
	99-00	59.7	80.6	115.9	137.0	119.7	104.9	97.2	56.4	101.0	64.1	56.6	24.4	85.8	49.2	0.0	62.0	176.1	98.4	159.7	100.7	165.5	120.0	70.1	49.2
	07-08	2.7	11.6	95.5	167.7	127.0	177.4	72.5	145.6	64.8	164.9	94.4	84.8	28.9	50.8	54.3	68.2	241.8	216.6	251.7	141.0	92.3	126.2	199.6	35.9
	10-11	0	30.4	60.4	200.5	234.8	178.3	170.2	75.2	48.8	84.7	138.9	69.1												
N I Ñ O S	1951	6.1	58.5	68	97.1	114.8	49.5	76.1	25.0	25.9	70.8	57.8	26.0	20.3	13.8	39.2	66.7	133.2	111.7	120.1	107.8	41.1	83.2	76.4	22.3
	57-58	3.2	8	73.3	144.3	116.6	66.6	95.5		90.4	54.8	32.6	41.9	0	21.2	54.5	77.9	96.2	59	74.2	118.4	38.3	79.4	78.6	17.2
	65-66	10.5	4.5	20.7	111.6	172.0	89.5	105.2	82.0	50.4	91.7	146.8	13.5	5.8	20.8	55.4	82.7	48.8	98.6	88.0	134.4	60.0	54.0	114.3	94.7
	69-70	13.7		24.4	146.6	111.6	177.5	89.9	141.9	69.1	144.5	62.5	43.7	42.5	20.7	44.4	91.5	165.0	115.8	119.2	167.2	102.2	122.4	87.9	17.4
	72-73	62	38.2	92.5	85.0	168.4	114.4	99.8	92.3	16.4	91.0	71.8	3.6	0.0	0.0	28.0	56.2	114.8	133.1	93.8	183.8	174.5	83.7	74.1	42.1
	76-77	10.5	8.4	55.1	121.3	156.3	143.4	92.1	67.1	47.7	64.5	25.9	10.2	0.0	28.2	11.0	80.0	66.1	68.6	97.4	105.9	46.3	44.1	49.9	5.2
	82-83	45.6	25.7	84.4	117.2	149.5	88.9	132.0	126.8	56.3	83.6	49.2	24.7	11.2	47.8	71.1	183.8	100.6	68.2	139.0	91.6	85.2	74.6	42.6	31.3
	86-87	1.6	102.7	48.9	84.3	79.4	30.6	66.8	97.8	54.0	44.4	27.1	8.6	3.0	45.6	40.7	104.6	101.2	71.2	76.9	96.4	65.6	136.9	67.0	33.5
	91-92	9.4	12.5	75	101.1	107.9	121	123.7	190.9	66.8	37.3	123.5	31.3	26.8	14.5	25.2	92.6	85.9	81.3	208.2	126.2	98.3	33.7	108.0	38.3
	97-98	53	43.8	38.6	62.4	145.4	126.4	166.8	122.1	56.6	36.6	72.1	13.2	8.3	11.7	73.5	90.6	209.4	200.4	198.0	89.3	56.6	73.4	68.7	90.9
2006	42.2	22.6	113.8	161.4	106.4	200.6	137.9	99.3	73.4	128.0	88.1	34.9	2.7	11.6	95.5	167.7	127.0	177.4	72.5	145.6	64.8	164.9	94.4	84.8	
09-10	56.7	21.2	97.7	89.0	64.8	136.2	71.7	111.8	47.4	68.1	64.9	17.7	0.0	30.4	60.4	200.5	234.8	178.3	170.2	75.2	48.8	84.7	138.9	69.1	
	Media	20.73	29.64	52.58	99.93	127.7	121.8	117.8	103.6	75.56	91.56	77.29	34.18	20.73	29.64	52.58	99.93	127.7	121.8	117.8	103.6	75.56	91.56	77.29	34.18

31 Figura 4.5 Meses que cubren las dos temporadas lluviosas y las dos temporadas secas en la Región Capital (Cundinamarca y Bogotá).

Mediante la distribución temporal de la precipitación se determina el Ciclo Anual (variabilidad estacional), el cual define las épocas en las que se presentan las temporadas secas y lluviosas en cada región. La Región Capital (Bogotá y Cundinamarca) se caracteriza por presentar un régimen pluviométrico de tipo bimodal, con un primer periodo de lluvias que cubre los meses de abril y mayo y una segunda temporada húmeda que va de octubre a noviembre. Las temporadas secas están bien definidas en enero - febrero, la primera y julio - agosto, la segunda. Se exceptúa de este comportamiento el extremo oriental de Cundinamarca (región de Medina), que presenta un régimen similar al de los llanos orientales.

Un claro ejemplo de las temporadas típicas definidas para la región analizada se aprecia en la figura 4.6, donde se presenta el Ciclo Anual correspondiente a la estación La Ramada, localizada en el municipio de Funza.



*Figura 4.6 Ciclo Anual de la precipitación representativo de la región analizada, con base en los datos registrados en la estación Meteorológica La Ramada del municipio de Funza, durante el periodo 1938-2005*

**5.2.2.4** Meses de transición entre las temporadas secas y lluviosas; para el cálculo de los índices acumulado y categórico.

Sólo se consideran individualmente los meses de marzo y septiembre, en los que se da la transición de la temporada seca a la lluviosa y los meses de diciembre y junio, en los que se presenta el caso contrario.

### 5.2.3 Índice Acumulado

Se calcula el promedio multianual de cada uno de los periodos citados anteriormente y se establece la relación comparativa entre el valor acumulado de la lluvia registrada durante el periodo considerado y el correspondiente valor promedio de dicho periodo. El valor obtenido es el Índice Acumulado, el cual refleja, en términos porcentuales, la característica del comportamiento registrado: Normal, deficitario o excesivo de la lluvia durante el periodo analizado.

### 5.2.4 Índice Categórico

Una vez determinada tal característica, se expresa en términos categóricos, tan solo en cinco rangos de variabilidad: Déficit Severo (-2); Déficit (-1); Normal (0); Exceso (1); Exceso Severo (2).

El análisis se efectúa para todos y cada uno de los periodos en los que ocurrieron los 12 eventos Niño y diez (10) eventos Niña, registrados desde enero de 1951 a febrero de 2011.

### 5.2.5 Frecuencia Absoluta

Como se puede apreciar en la figura 4.7, el paso siguiente corresponde al cálculo de la frecuencia absoluta con la que se presentan cada uno de los cinco rangos de afectación establecidos durante los diferentes periodos considerados.

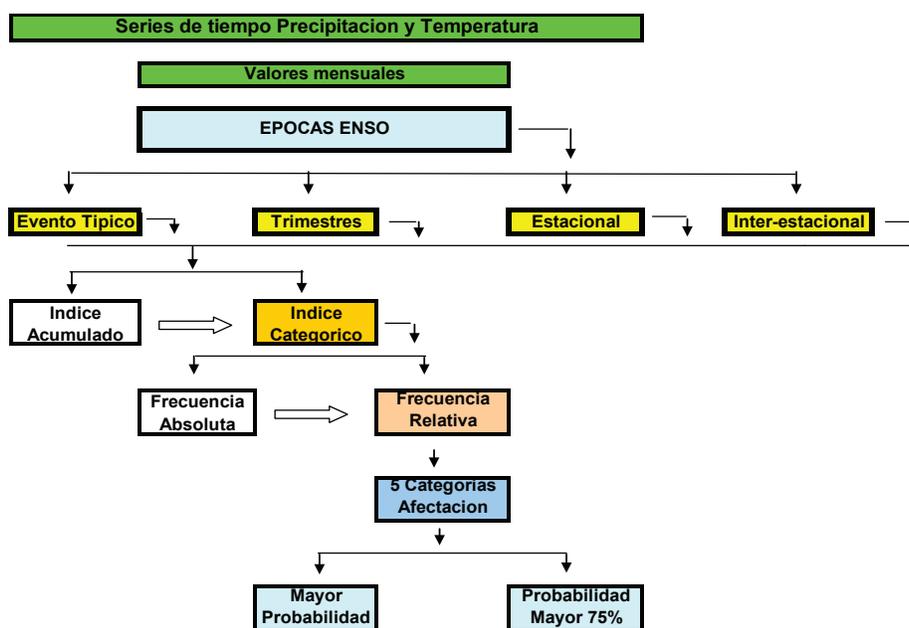


Figura 4.7 Proceso de construcción del algoritmo utilizado en la determinación del efecto sobre la precipitación y la temperatura en la Región Capital (Cundinamarca y Bogotá), ocasionado por la ocurrencia de los fenómenos El Niño y La Niña.

## 5.2.6 Frecuencia relativa

Como la longitud de los registros no es la misma para todas las estaciones consideradas, los valores de la frecuencia absoluta no son comparables entre sí, por lo cual es necesario calcular la frecuencia relativa, para todos los casos.

## 5.2.7 Condiciones de mayor probabilidad

Con base en los datos derivados de la frecuencia relativa, se pueden establecer dos rangos de afectación adicionales, a saber: a) La condición más probable de afectación en presencia de un evento cálido o frío, derivado del mayor valor porcentual obtenido y b) La probabilidad superior al 75%, cuando los valores de frecuencia relativa superan este orden de magnitud.

De esta forma, se dispone de cinco categorías de afectación más dos características especiales, derivadas del comportamiento analizado. En síntesis, las tablas construidas mediante esta metodología, corresponden a la probabilidad de alteración de la precipitación y la temperatura (expresada en términos porcentuales) en la Región Capital para cinco categorías de afectación, durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño y La Niña; en consecuencia, los mapas elaborados con base en estas tablas, son mapas probabilísticos de afectación. Las tablas relacionadas con la condición más probable y la probabilidad superior al 75% (expresadas en términos del índice categórico), son la base para la elaboración de los mapas relativos al tipo de afectación predominante. Dada la dificultad para lograr la interpolación de este tipo de datos en los mapas (MP y M.75), se acude al uso de números aleatorios, en cada una de las categorías de afectación. Los cálculos se amplían a la escala trimestral, estacional e interestacional.

Durante esta etapa del análisis, se pueden dar situaciones de conflicto, a saber: cuando los porcentajes se reparten igualmente entre dos categorías opuestas a la fase que se está analizando, se da prelación a la fase que se esté considerando. Ahora, si la igualdad es entre los rangos moderado y severo de una misma condición fría o cálida, se da prelación al valor más extremo, ya que se quiere establecer el mayor efecto.

## 5.3 Cálculo de índices de anomalías de precipitación

Se construyen índices mensuales, trimestrales, estacionales y de periodo extendido que detectan anomalías o alteraciones del comportamiento de la precipitación con respecto a la media multianual. Las anomalías son calculadas como el cociente, expresado en porcentaje (%), entre un dato cualquiera y su valor promedio. La media multianual cubre la totalidad de los registros históricos, desde su instalación, hasta el año 2010.

### 5.3.1 Índice puntual (no acumulado)

Si el índice es puntual, es decir, para un solo mes en particular, el índice (Ip) se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$p_j = \frac{P_j}{\bar{P}_j} \times 100$$

**Dónde:**

$p_j$  - es el índice del parámetro del mes **j** y el año **i**;

$P_{ij}$  - es el valor del parámetro a nivel mensual del mes **j** y el año **i**;

$\bar{P}_j$  - es el promedio multianual del parámetro del mes **j**.

### 5.3.2 Índice Acumulado

Posteriormente se construye el Índice Acumulado  $\bar{h}_i$  trimestral, estacional o para cualquier período de tiempo definido en términos de meses, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\bar{h}_i = \frac{\sum_{j=N1}^{j=N2} P_j}{\sum_{j=N1}^{j=N2} \bar{P}_j}$$

**Dónde:**

$\bar{IP}_i$  - es el índice acumulado del parámetro para cada período definido en el año **i**;  
N1, N2 – son los meses de inicio del año **i** y de finalización del año **i** e **i + 1**

$P_{ij}$  - es el valor del parámetro en el mes **j** del año **i**;

$\bar{P}_j$  - es el promedio multianual del parámetro en el mes **j**.

Con base en el índice puntual o acumulado, definido como  $\bar{IP}_i$  en general, se establecen las siguientes categorías de interpretación, que corresponden a las utilizadas actualmente por el IDEAM para caracterizar el comportamiento de la precipitación:

Rango de variación	Descripción del efecto
$IPi \leq 40\%$	Déficit severo (muy por debajo de lo normal)
$40\% < IPi \leq 80\%$	Déficit (por debajo de lo normal)
$80\% < IPi \leq 120\%$	Normal
$120\% < IPi \leq 160\%$	Excedente (por encima de lo normal)
$IPi > 160\%$	Excedente severo (muy por encima de lo normal)

Para cada estación se calcula el índice acumulado, en términos porcentuales, cubriendo la totalidad del período, los trimestres o las temporadas secas o lluviosas afectadas por los eventos Niño y Niña de diferentes categorías de intensidad (débil, moderado o fuerte). Para cada caso, se obtiene una matriz de n estaciones x m eventos, con el índice porcentual acumulado.

### 5.3.3 Índice Categórico

Se define un índice categórico para los 5 rangos de afectación que permite restringir la variabilidad (absoluta o relativa) de las anomalías registradas en los parámetros meteorológicos, asignándole a cada rango de comportamiento, uno de los siguientes valores:

Rango de variación	Descripción del efecto	Índice Categórico
$IPi \leq 40\%$	Déficit severo	-2
$40\% < IPi \leq 80\%$	Déficit	-1
$80\% < IPi \leq 120\%$	Normal	0
$120\% < IPi \leq 160\%$	Excedente	1
$IPi > 160\%$	Excedente severo	2

Para cada estación se calcula el índice categórico, para los mismos períodos de tiempo y categorías de evento, como los definidos para el índice acumulado, obteniendo igualmente una matriz de n estaciones x m eventos.

### 5.3.4 Tabla de Frecuencias

A partir de la matriz de índices categóricos, se calculan las frecuencias absolutas y relativas con la que se presenta cada índice dentro de cada una de las categorías definidas (-2, -1, 0, 1, 2) para el período afectado en cada uno de los eventos, o para los períodos afectados durante los eventos débiles, moderados o fuertes; igual procedimiento se utilizó para los trimestres y las temporadas lluviosas y secas de las regiones naturales estudiadas. Las matrices resultantes, consideran para todas las estaciones seleccionadas, las frecuencias con las que se presentan los diferentes grados de afectación dentro de las cinco categorías definidas.

### 5.3.5 Tabla de Probabilidades

Con base en la matriz resultante de las frecuencias, se estima la condición más probable de afectación para los eventos El Niño y La Niña de tipo estándar (evento típico), débil, moderado o fuerte y para los correspondientes períodos trimestrales y temporadas secas y lluviosas. De esta matriz se conforman las tablas para la elaboración de los mapas de afectación categórica y los mapas de la condición más probable, a diferentes niveles de confiabilidad (60, 75 y 90%). En la determinación de la condición más probable, se utiliza un criterio de selección que favorece la época (Niño o Niña) que se analiza, cuando existe igual porcentaje de presentación en dos o más categorías en particular.

### **5.3.6 Determinación cuantitativa de las áreas afectadas**

Se pueden determinar cuantitativamente, en términos absolutos y/o relativos, las áreas afectadas a nivel municipal para todo el territorio nacional, haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de conformidad con las siguientes características:

Para -2	Áreas con probabilidad de afectación por déficit severo
Para -1	Áreas con probabilidad de afectación por déficit
Para 0	Áreas con probabilidad de comportamiento pluviométrico normal
Para 1	Áreas con probabilidad de afectación por excedente
Para 2	Áreas con probabilidad de afectación por excedente severo

### **5.3.7 Productos obtenidos de la evaluación de los períodos de afectación**

A partir de los índices mensuales, trimestrales, estacionales o acumulados de periodo extendido, se analizan diferentes épocas de alteración de la precipitación durante los eventos de El Niño y La Niña, para la Región Capital (Bogotá – Cundinamarca), obteniéndose los siguientes productos, a saber:

**5.3.7.1** Determinación de la probabilidad de afectación por déficit severo, déficit, excedente o excedente severo y comportamiento pluviométrico normal para eventos El Niño y La Niña típicos (eventos estándar, es decir, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas). Estimación de la condición más probable y del grado de afectación con una probabilidad igual o superior al 75%. Total tablas potenciales: 14

**5.3.7.2** Determinación de la probabilidad de afectación para las cinco categorías definidas durante los tres últimos trimestres del primer año y los tres primeros del segundo año, en presencia de un fenómeno típico de El Niño y La Niña. Estimación de la condición más probable y del grado de afectación a un nivel igual o superior del 75%. Total tablas potenciales: 84.

**5.3.7.3** Determinación de la probabilidad de afectación estacional (temporadas secas y lluviosas). Para las cinco categorías definidas, en presencia de un fenómeno típico de El Niño y La Niña. Estimación de la condición más probable y del grado de afectación con una probabilidad igual o superior al 75%. Total tablas potenciales de esta categoría: 56.

**5.3.7.4** Determinación de la probabilidad de afectación para las cinco categorías definidas durante los meses de transición interestacional en presencia de un fenómeno típico de El Niño y La Niña. Estimación de la condición más probable y del grado de afectación a un nivel igual o superior del 75%. Total tablas potenciales: 56.

Para facilitar la identificación de los mapas se construyó un código para diferenciar el parámetro analizado (precipitación o temperatura), el tipo de evento (Niño o Niña), el período de afectación (trimestres) y la estacionalidad de las diferentes regiones naturales del país (temporadas lluviosa o secas). En el anexo 1, aparecen las tablas que describen cada uno de los mapas.

## **5.4 Cálculo de índices de anomalías de temperatura del aire**

Se construyen índices mensuales y de periodo extendido **IT** que detectan anomalías o alteraciones del comportamiento de la temperatura del aire, con respecto a la media multianual (período 1961-2005). Las anomalías son calculadas como la diferencia entre un dato cualquiera y su valor promedio, en términos absolutos.

### **5.4.1 Índice puntual (no acumulado)**

Si el índice es puntual, es decir, para un solo mes en particular, el índice ( $I_t$ ) se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I_{t_{ij}} = T_{ij} - T_j$$

**Dónde:**

$I_{t_{ij}}$ - es el índice del parámetro del mes  $j$  y el año  $i$ ;

$T_{ij}$ - es el valor del parámetro a nivel mensual del mes  $j$  y el año  $i$ ;

$T_j$ - es el promedio multianual del parámetro del mes  $j$ .

## 5.4.2 Índice Acumulado

Posteriormente se construye el índice acumulado  $IT_{ij}$  trimestral, estacional o para cualquier período de tiempo definido en términos de meses, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$IT_{ij} = \sum_{j=N1}^{j=N2} T_{ij}/n - \sum_{j=N1}^{j=N2} T_j/n$$

Dónde:

$IT_{ij}$  - es el índice acumulado del parámetro para cada período definido en el año  $i$ ;

$N1, N2$  – son los meses de inicio del año  $i$  y de finalización del año  $i + 1$

$T_{ij}$  - es el valor del parámetro en el mes  $j$  del año  $i$ ;

$T_j$  - es el promedio multianual del parámetro en el mes  $j$ .

$n$  - es el número de meses afectados, estimado como la diferencia entre  $N2$  y  $N1$

Con base en los índices puntuales y acumulados se establecen las siguientes categorías de interpretación, considerando los rangos utilizados por el IDEAM en la determinación de las anomalías mensuales de este parámetro:

Rango de variación	Descripción del efecto
$IT \leq -0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Enfriamiento severo (muy por debajo de lo normal)
$-0.5 \text{ } ^\circ\text{C} < IT \leq -0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Enfriamiento (por debajo de lo normal)
$-0.2 \text{ } ^\circ\text{C} < IT \leq 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Normal
$0.2 \text{ } ^\circ\text{C} < IT \leq 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Calentamiento (por encima de lo normal)
$IT > 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Calentamiento severo (muy por encima de lo normal)

## 5.4.3 Índice Categórico

Se define un índice categórico para los 5 rangos de afectación que permite restringir la variabilidad (absoluta o relativa) de las anomalías registradas en los parámetros meteorológicos, asignándole a cada rango de comportamiento, uno de los siguientes valores:

Rango de variación	Descripción del efecto	Índice Categórico
$IT \leq -0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Enfriamiento severo	-2
$-0.5 \text{ } ^\circ\text{C} < IT \leq -0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Enfriamiento	-1
$-0.2 \text{ } ^\circ\text{C} < IT \leq 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Normal	0
$0.2 \text{ } ^\circ\text{C} < IT \leq 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Calentamiento	1
$IT > 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Calentamiento severo	2

Siguiendo un procedimiento similar al de la precipitación, se calcula para cada estación el índice categórico, cubriendo los mismos períodos de afectación para los eventos Niño y Niña, así como las diferentes categorías de intensidad. Para cada caso, se obtiene una matriz de n estaciones x m eventos.

#### **5.4.4 Tablas de frecuencias, tablas de probabilidades y determinación cuantitativa de las áreas afectadas.**

El procedimiento para la elaboración de las tablas de frecuencia y de probabilidad, así como la determinación cuantitativa de las áreas afectadas es similar al descrito en los numerales 6.2.4 al 6.2.6 relacionadas con la precipitación.

#### **5.4.5 Productos obtenidos de la evaluación de los períodos de afectación**

A partir de los índices mensuales, trimestrales o acumulados de periodo extendido, se analizan diferentes épocas de alteración de la temperatura media mensual del aire durante los eventos de El Niño y La Niña, para la Región Capital (Bogotá – Cundinamarca), obteniéndose los siguientes productos, a saber:

**5.4.5.1** Determinación de la probabilidad de afectación por calentamiento severo, calentamiento, enfriamiento o enfriamiento severo y de la probabilidad de comportamiento termométrico normal para eventos **El Niño y La Niña típicos** (eventos estándar, es decir, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas). Estimación de la condición más probable y del grado de afectación con una probabilidad igual o superior al 75%. Total tablas: 14

**5.4.5.2** Determinación de la probabilidad de afectación para las cinco categorías definidas **durante los tres últimos trimestres del primer año y los tres primeros del segundo año**, en presencia de un fenómeno típico de El Niño y La Niña. Estimación de la condición más probable y del grado de afectación a un nivel igual o superior del 75%. Total tablas: 84.

## 6. Análisis de los resultados obtenidos

### 6.1 Estadísticas relacionadas con la condición más probable de afectación

Con miras a determinar el tipo de efecto que los fenómenos El Niño y La Niña producen sobre los patrones de precipitación y temperatura del aire en la Región Capital (Cundinamarca – Bogotá), se examinaron los datos porcentuales correspondientes a la condición más probable de afectación para cada una de las categorías definidas, obteniéndose los siguientes resultados:

#### 6.1.1 Precipitación

La señal característica de los fenómenos del Ciclo ENOS reflejada en déficits (El Niño) y excedentes (La Niña) de precipitación en Cundinamarca, se diluye al analizar los eventos típicos, es decir, al estudiar los fenómenos de forma integral, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas en la temperatura superficial del Pacífico tropical. En el caso de la fase cálida (El Niño), la deficiencia de precipitación, como condición más probable, aparece tan solo en un 30% del total de observaciones mientras que el 68% de las series pluviométricas analizadas indican un comportamiento normal, como se puede apreciar en los datos de la tabla 5.1. Durante la fase fría (La Niña), los excedentes de agua y el comportamiento normal tienen prácticamente la misma frecuencia de ocurrencia.

Tabla 5.1 Datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación pluviométrica en cada una de las categorías definidas: déficit severo (-2), déficit (-1), normal (0), excedente (1) y excedente severo (2)

MAYOR PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN PARA CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DEFINIDAS, EN PORCENTAJE (%)							
PRECIPITACIÓN			-2	-1	0	1	2
EVENTO	Niño	Típico	1	30	68	1	0
	Niña		0	1	51	43	5
TRIMESTRES (Evento Típico)	Niño	2do Trimestre	1	27	64	8	0
	Niña	Primer Año	0	9	74	14	2
	Niño	3er Trimestre	6	50	43	2	0
	Niña	Primer Año	0	6	45	26	23
	Niño	4o Trimestre	1	43	53	3	0
	Niña	Primer Año	0	1	44	44	11
	Niño	1er Trimestre	7	69	20	4	0
	Niña	Segundo Año	1	8	31	32	29
	Niño	2do Trimestre	2	39	56	3	0
	Niña	Segundo Año	0	10	66	17	7
Niño	3er Trimestre	1	23	66	10	1	
Niña	Segundo Año	0	9	57	23	10	

A nivel trimestral, la señal característica de ENSO para ambas fases, aparece muy bien definida (porcentajes mayoritarios entre 40% y 75%) al considerar las deficiencias (El Niño) y los excedentes (La Niña) de precipitación registradas durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. Adicionalmente, se puede comprobar que el mayor efecto climático ocurre durante el primer trimestre del segundo año, el cual es muchas veces coincidente con la fase madura de los eventos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical.

Estacionalmente, se observa un predominio de condiciones normales en la primera temporada lluviosa, en Cundinamarca, durante la ocurrencia de ambas fases de ENSO, Niño o Niña (tabla 5.2). En marcado contraste con esta situación, durante la segunda temporada seca, la segunda lluviosa y la primera temporada seca del segundo año, la señal característica de ENSO, aparece muy bien definida, con déficits de precipitación (entre 40% y 80%) durante las épocas de Niño y excedentes de agua (entre 40% y 60%) en la fase opuesta (La Niña).

Corroborando el hecho de que las mayores alteraciones de la precipitación se presentan durante la fase madura de los eventos ENSO, en la tabla 5.2 se puede observar que los porcentajes de mayor probabilidad de afectación ocurren durante la primera temporada seca del segundo año.

*Tabla 5.2 Datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación estacional de las lluvias en cada una de las categorías definidas: déficit severo (-2), déficit (-1), normal (0), excedente (1) y excedente severo (2)*

<b>MAYOR PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN PARA CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DEFINIDAS, EN PORCENTAJE (%)</b>						
<b>PRECIPITACIÓN</b>		<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>ESTACIONAL</b> (Evento Típico)	Niño 1a T. Lluviosa	1	33	54	11	1
	Niña	0	23	61	12	5
	Niño 2da T. Seca	22	34	41	3	0
	Niña	0	10	40	19	32
	Niño 2da T. Lluviosa	1	37	55	6	1
	Niña	0	4	53	35	9
	Niño 1a T. Seca	38	51	8	1	2
	Niña	1	10	31	27	31
<b>INTERESTACIONAL</b> (Evento Típico)	Niño Junio	10	36	41	7	6
	Niña	0	7	40	26	28
	Niño Septiembre	16	55	27	2	0
	Niña	1	11	32	27	29
	Niño Diciembre	50	34	11	3	1
	Niña	2	6	15	19	58
	Niño Marzo	24	42	25	6	2
	Niña	1	17	23	20	39

Examinando los periodos inter-estacionales, es decir, aquellos meses en los que se presenta la transición entre las temporadas secas y lluviosas (marzo, septiembre) y lluviosas a secas (junio y diciembre), es posible comprobar que la señal característica de ENSO permanece muy bien definida, particularmente durante la fase cálida (El Niño) y con mayores porcentajes en diciembre (déficits, 84%; excedentes, 77%), cuando se inicia la primera temporada seca del segundo año.

### **6.1.2 Temperatura del aire**

El análisis de las series termométricas permite comprobar que la temperatura media de la capa atmosférica baja de Cundinamarca, se ve fuertemente influenciada, en presencia de los fenómenos del Ciclo ENSO. Durante el Niño típico, se registran aumentos en la temperatura del aire, correspondiendo la mayor probabilidad de afectación (60%), a la categoría de calentamiento severo (tabla 5.3). En la fase opuesta, La Niña típica, ocurre algo similar cuando la condición más probable (63%), corresponde a enfriamiento severo.

Tal como se observó en el comportamiento de la precipitación en Cundinamarca, a nivel trimestral, la señal característica de ENSO para ambas fases, también aparece bien definida en la temperatura del aire, particularmente durante la fase fría.

A nivel trimestral, se registran temperaturas superiores a lo normal, como condición más probable (entre 60% y 90%), en presencia de un fenómeno típico de El Niño. Un porcentaje aún mayor se presenta para temperaturas inferiores a lo normal, condición característica observada durante la fase fría (La Niña) de ENSO. A través de los datos consignados en la tabla 5.3 se puede comprobar igualmente, que la mayor afectación de la temperatura del aire en Cundinamarca, ocurre durante el primer trimestre del segundo año, lo cual corrobora el hecho de que durante la fase madura de los eventos ENSO se presenta la mayor afectación, tal como se pudo establecer al analizar las anomalías en la precipitación.

Tabla 5.3 Datos porcentuales correspondientes a la mayor probabilidad de afectación termométrica en cada una de las categorías definidas: enfriamiento severo (-2), enfriamiento (-1), normal (0), calentamiento (1) y calentamiento severo (2)

**MAYOR PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN PARA CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DEFINIDAS, EN PORCENTAJE (%)**

**TEMPERATURA**

<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
-----------	-----------	----------	----------	----------

EVENTO	Niño Típico		-2	-1	0	1	2					
		Niño	Niña	5	63	0	14	11	19	23	1	4
TRIMESTRES (Evento Típico)	Niño	2do Trimestre	7	46	17	11	33	16	4	20	6	
	Niña	Primer Año	4	73	7	10	23	19	47	4	4	
	Niño	3er Trimestre	7	59	9	19	15	19	51	5	2	
	Niña	Primer Año	1	85	0	7	1	7	90	1	1	
	Niño	1er Trimestre	4	68	2	20	15	16	63	1	0	
	Niña	Segundo Año	11	68	1	10	31	22	35	2	2	
	Niño	2do Trimestre	4	68	2	20	11	1	0	1	0	
	Niña	Segundo Año	11	68	1	10	17	2	2	2	2	

## 6.2 Descripción de los mapas correspondientes a la condición más probable de afectación del patrón pluviométrico de Cundinamarca durante la ocurrencia de fenómenos El Niño y La Niña.

### 6.2.1 Análisis trimestral

#### 6.2.1.1 Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante el segundo, tercer y cuarto trimestre del primer año y los tres primeros trimestres del segundo año, en presencia de un fenómeno típico EL NIÑO.

El siguiente mosaico de mapas, correspondiente a las alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, muestran claramente cómo el inicio de la afectación, ocurre durante el tercer trimestre<sup>1</sup> del primer año, una vez establecido plenamente el desarrollo del fenómeno en el sector central del Pacífico tropical. Los déficits de precipitación observados

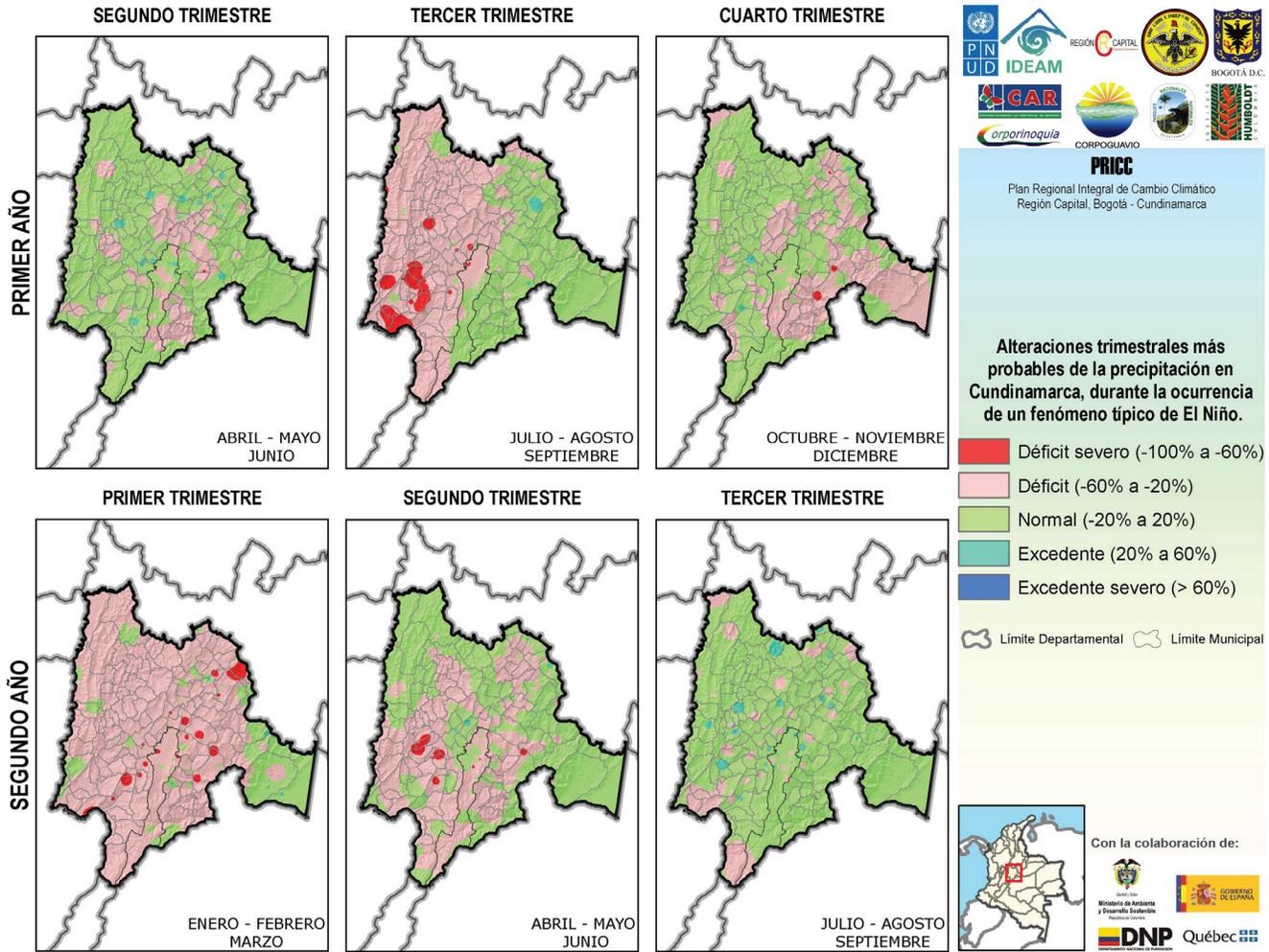
1. El análisis de las épocas de comienzo y finalización de los fenómenos El Niño (región Niño 3) registrados desde 1950, permite establecer que éstos comienzan durante los primeros semestres, en un 60% de los casos observados y terminan en los primeros semestres del año siguiente, en un 70%.

toman el carácter de severos en áreas muy localizadas del sector suroccidental del departamento, en las regiones del Tequendama y Alto Magdalena. Durante el trimestre siguiente la intensidad de las anomalías se reduce, igual que el área cubierta por las mismas, debido generalmente a la influencia de las fases convectivas de ondas intraestacionales, tipo Madden& Julián.

Para el primer trimestre del segundo año y coincidiendo generalmente con la fase madura de los eventos (época en las que se presentan las máximas anomalías en la estructura térmica superficial del Pacífico tropical), los déficits de precipitación cubren la mayor parte del departamento. En el siguiente trimestre, las anomalías se reducen a núcleos dispersos de la región montañosa y el sector suroccidental del departamento.

En términos generales, en la región de Medina no se detecta la señal característica propia de los fenómenos El Niño.

Para el tercer trimestre, se observa un comportamiento pluviométrico muy cercano a lo normal.



**6.2.1.2** Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante el segundo, tercer y cuarto trimestre del primer año y los tres primeros trimestres del segundo año, en presencia de un fenómeno típico LA NIÑA.

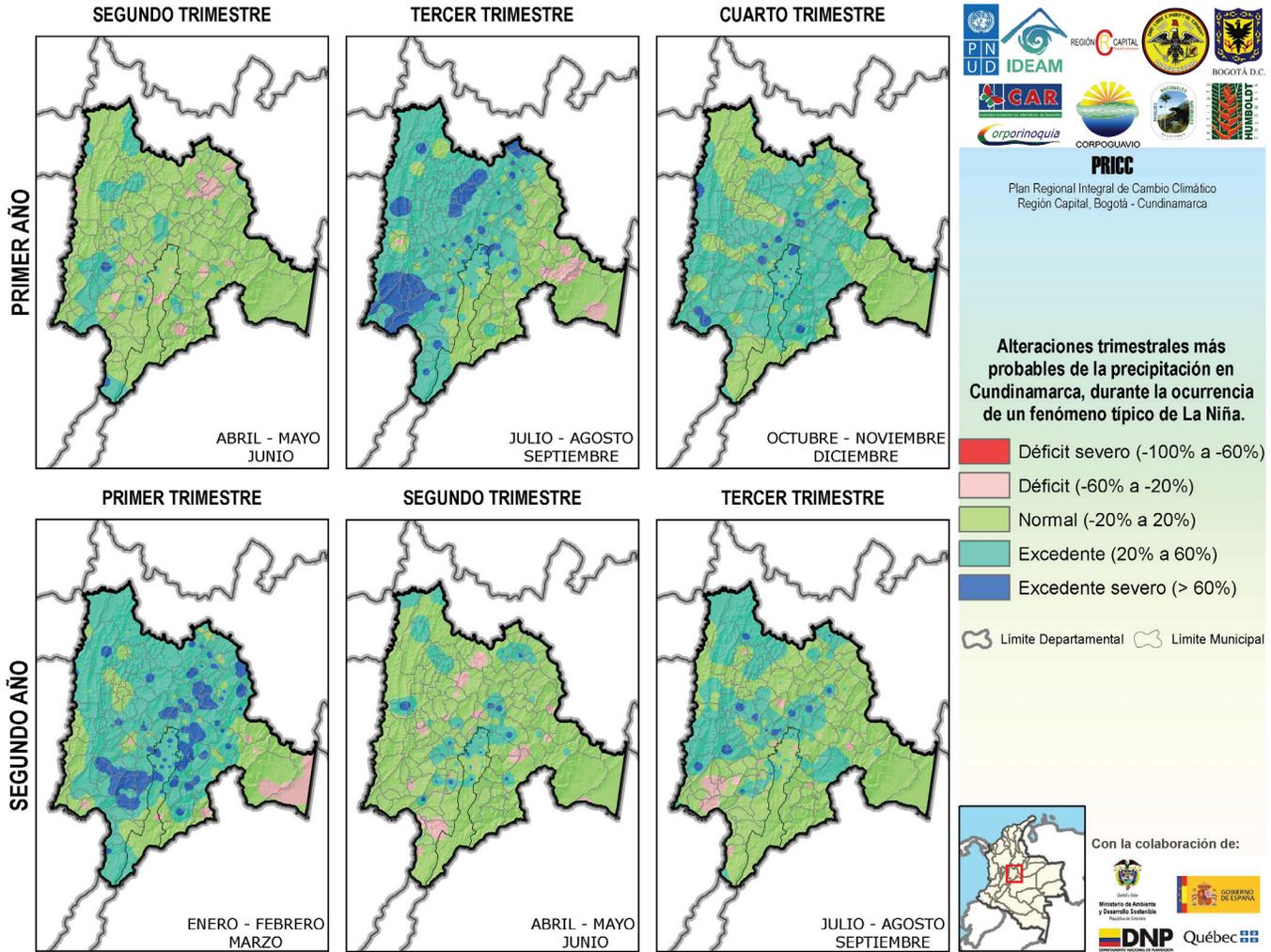
Un comportamiento similar al observado trimestralmente durante los eventos cálidos (El Niño), ocurre durante los fenómenos fríos (La Niña), cuando las mayores anomalías pluviométricas (excedentes de carácter severo) se presentan durante el tercer<sup>2</sup> trimestre del primer año y el primer trimestre del año siguiente. Los excedentes de agua de carácter severo se concentran en amplias áreas del sector suroccidental del departamento, en las regiones del Alto Magdalena, sur de Tequendama y algunos sectores de Rionegro y Ubaté.

Durante el cuarto trimestre del primer año, ocurre una situación similar a la observada, por la misma época, en la fase cálida de ENSO, cuando la intensidad y el cubrimiento de las anomalías se reduce, debido generalmente a la influencia de fases subsidentes de ondas intraestacionales, tipo Madden & Julián. Para el segundo y tercer trimestre del segundo año, el comportamiento pluviométrico presenta una gran variabilidad, con el predominio de condiciones normales y la presencia de núcleos aislados con diferente grado de afectación.

Es importante notar que durante los trimestres de mayor excedencia de agua, se observan déficits de lluvia o condiciones normales en la región de Medina

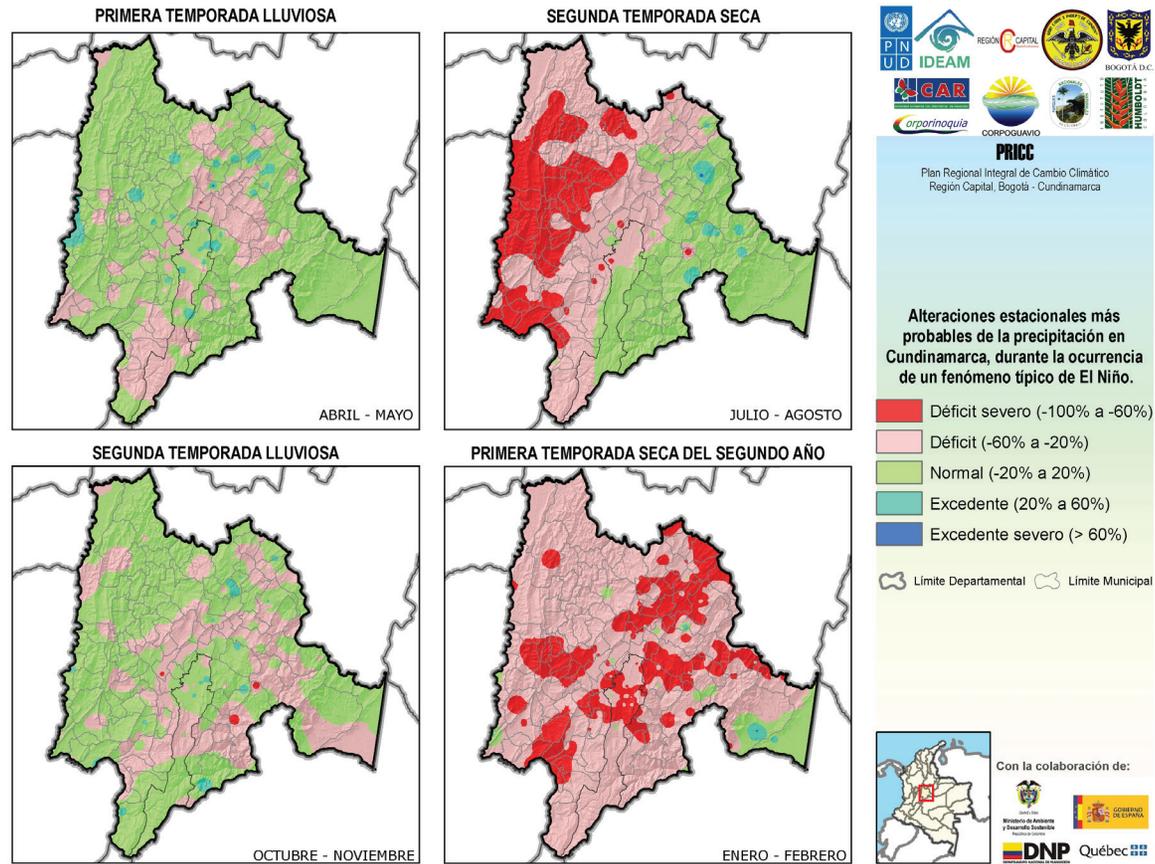
---

*2. Un análisis similar al realizado para los eventos El Niño sobre las épocas de comienzo y finalización de los fenómenos, muestra que los fenómenos La Niña comienzan durante el primer semestre, en un 75% de los casos observados y terminan en el primer semestre del año siguiente, en un porcentaje similar.*



## 6.2.2. Análisis estacional

**6.2.2.1** Alteraciones más probables de la precipitación, durante las temporadas lluviosas y secas de Cundinamarca, en presencia de un fenómeno típico EL NIÑO.

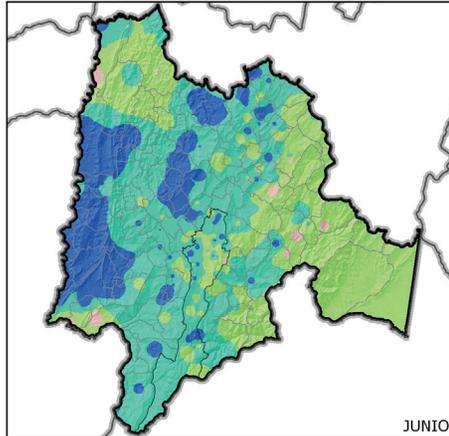


En general, el efecto de los fenómenos típicos El Niño sobre la precipitación estacional en Cundinamarca es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas. En efecto, durante la primera temporada lluviosa del año el comportamiento es prácticamente normal, mientras que en la segunda, sólo se observan algunos núcleos deficitarios dispuestos en forma dispersa. En la segunda temporada seca del primer año de ocurrencia del fenómeno, los déficits de agua son generalizados en los sectores occidental y central del departamento, adquiriendo el carácter de severos en áreas muy localizadas de las regiones del alto y medio Magdalena; en la primera temporada seca del segundo año y muy cerca de la fase madura de los eventos, la condición deficitaria se extiende a casi toda Cundinamarca, aunque las anomalías de carácter severo sólo aparecen en forma dispersa en el centro, suroccidente y nororiente del departamento. La estacionalidad en la región de Medina se ve muy poco afectada por la señal característica de El Niño.

#### **6.2.2.2** Alteraciones más probables de la precipitación, durante las temporadas lluviosas y secas de Cundinamarca, en presencia de un fenómeno TÍPICO LA NIÑA.

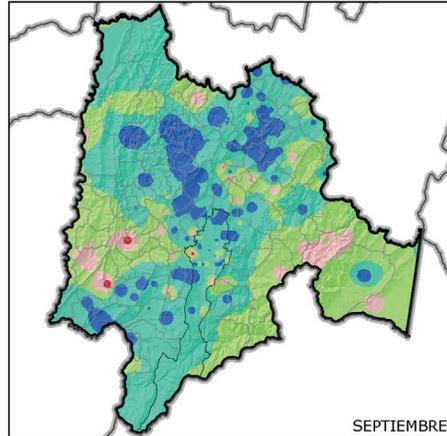
Salvo la primera temporada lluviosa (mapa 1LL) cuando se registra un comportamiento muy cercano a lo normal en la mayor parte del departamento, en presencia de un fenómeno típico La Niña, la segunda temporada lluviosa y las dos temporadas secas registran aumentos significativos en los volúmenes de precipitación. Durante la segunda temporada seca (mapa 2S) se registran excedentes de precipitación en los sectores occidental y central, concentrándose los de carácter severo (excedentes superiores al 60% de lo normal) en la región del valle del Magdalena. En la segunda temporada lluviosa (mapa 2LL) hay una disminución considerable en la magnitud y cubrimiento de las anomalías (mapa 2LL), las cuales vuelven a intensificarse y generalizarse durante la primera temporada seca del segundo año.

TRANSICIÓN ENTRE LA PRIMERA TEMPORADA LLUVIOSA Y LA SEGUNDA TEMPORADA SECA



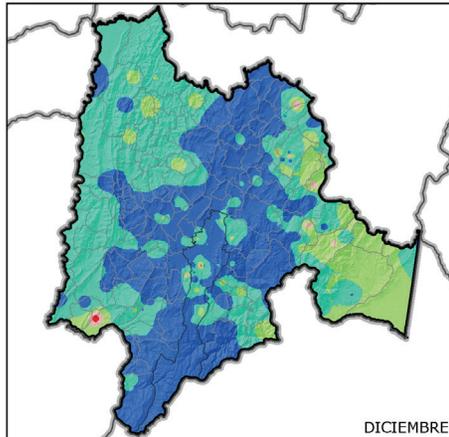
JUNIO

TRANSICIÓN ENTRE LA SEGUNDA TEMPORADA SECA Y LA SEGUNDA TEMPORADA LLUVIOSA



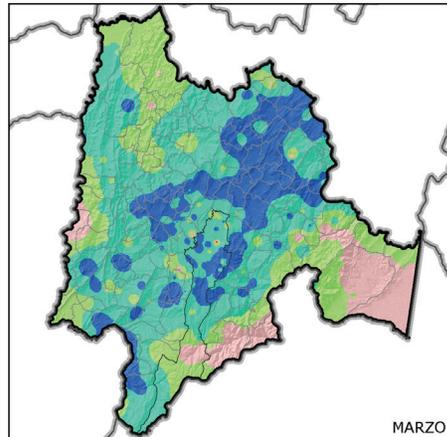
SEPTIEMBRE

TRANSICIÓN ENTRE LA SEGUNDA TEMPORADA LLUVIOSA Y LA PRIMERA TEMPORADA SECA DEL SEGUNDO AÑO



DICIEMBRE

TRANSICIÓN ENTRE PRIMERA TEMPORADA SECA Y LA PRIMERA TEMPORADA LLUVIOSA DEL SEGUNDO AÑO



MARZO



**PRICC**  
Plan Regional Integral de Cambio Climático  
Región Capital, Bogotá - Cundinamarca

Alteraciones interestacionales más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña.

- Déficit severo (-100% a -60%)
- Déficit (-60% a -20%)
- Normal (-20% a 20%)
- Excedente (20% a 60%)
- Excedente severo (> 60%)

Límite Departamental Límite Municipal



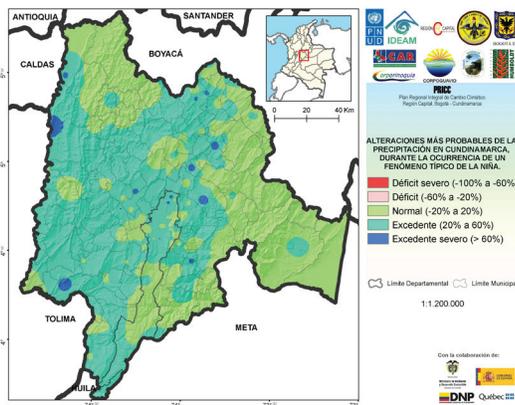
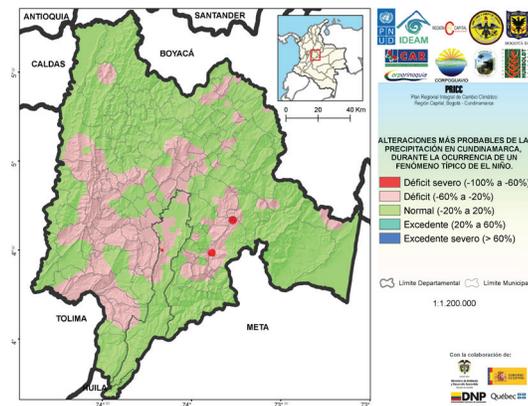
En términos generales, puede decirse que la región de Medina no sufre mayores alteraciones en su comportamiento pluviométrico, durante la ocurrencia de un fenómeno La Niña. Es importante destacar igualmente, que el mayor efecto climático se percibe durante las temporadas secas, tal como ocurre también durante los fenómenos El Niño.

## 6.2.3 Análisis integral – El Niño y La Niña típicos

### 6.2.3.1 Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante la ocurrencia de un fenómeno típico EL NIÑO.

El análisis de las 245 series de precipitación disponibles, permite establecer que durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño predomina la condición de normalidad de forma mayoritaria (68%), correspondiendo a la condición deficitaria solamente el 31%, aspecto ya reseñado en el numeral 5.1.

Es importante destacar la ausencia de condiciones extremas, por cuanto los déficits y los excedentes severos sólo ocurren en un 1%. En el mapa 5.2.4 (a) se presentan, en términos de anomalías porcentuales, las variaciones de la precipitación en Cundinamarca durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño. Como se puede apreciar, se registran ligeras reducciones de las lluvias (volúmenes mensuales disminuidos entre un 20% y un 60% de lo histórico) en algunos sectores de las regiones del alto y medio Magdalena, Tequendama, sabanas occidental y central, Distrito Capital, región de Oriente y sur de Guavio.



Mapa 5.2.4 Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño (a) y de La Niña (b).

### **6.2.3.2** Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante la ocurrencia de un fenómeno típico LA NIÑA.

Durante la fase fría (La Niña) del ciclo ENOS, se observa un panorama más generalizado de afectación, con mayor incidencia en los sectores central y occidental del departamento. En pequeñas y muy localizadas áreas del bajo y alto Magdalena se registran excesos de precipitación de carácter severo, como se puede apreciar en el mapa 5.2.4 (b). Durante ambas fases, no registra ningún tipo de alteración, en el patrón pluviométrico de la región de Medina.

## **6.2.4 Análisis inter-estacional**

### **6.2.4.1** Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante los meses de transición, en presencia de un fenómeno típico EL NIÑO

La señal propia de la fase cálida de ENSO queda muy bien reflejada, en relación con la intensidad y el carácter de las anomalías de precipitación, durante las diferentes etapas de transición entre las temporadas lluviosas y secas, tal como se puede observar en los mapas del siguiente mosaico.

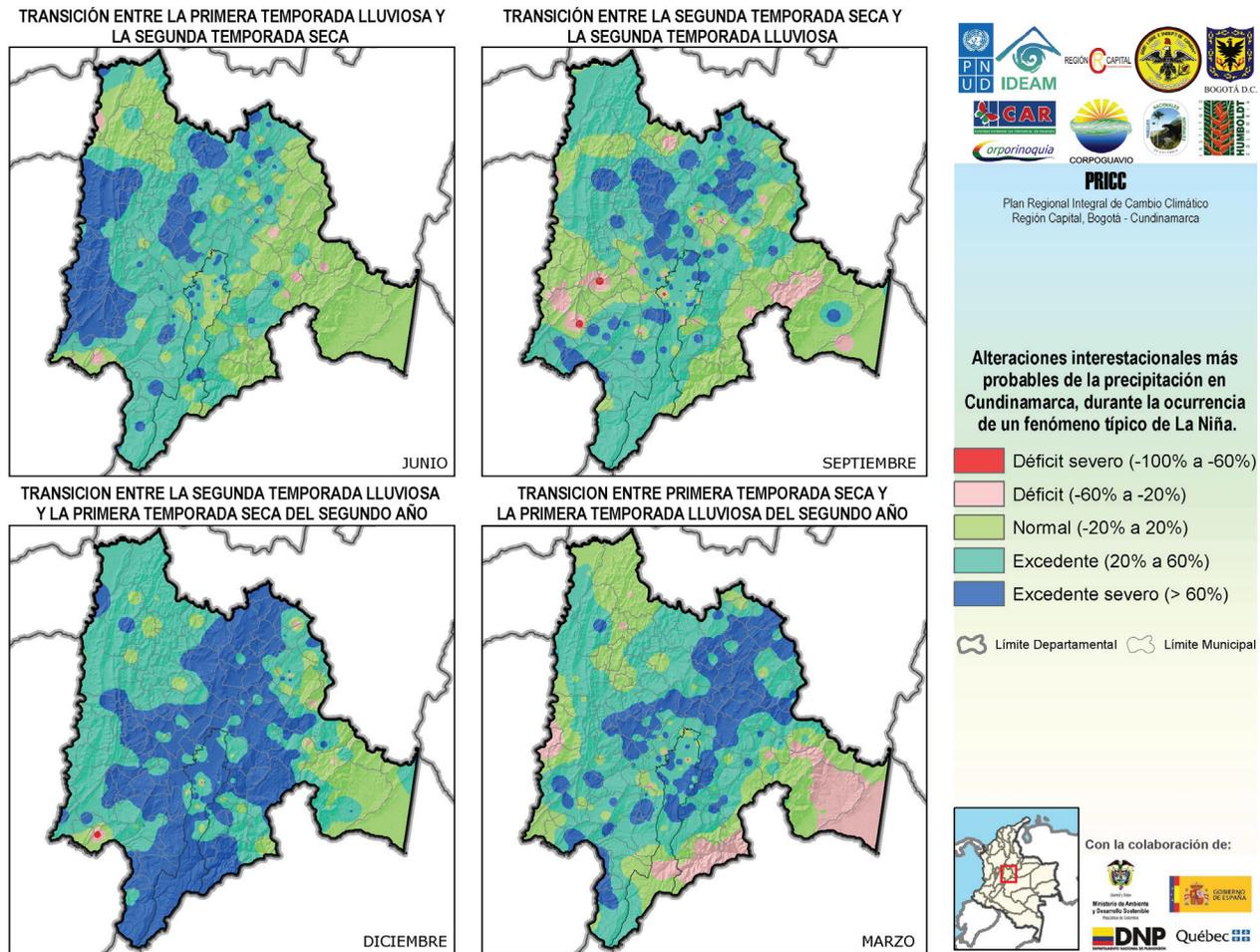
Para el final de la primera temporada lluviosa del año (junio), cuando recién se inicia un fenómeno El Niño, la magnitud y el cubrimiento de los déficits de lluvia, se reduce a núcleos pequeños y dispersos a lo largo del departamento. En septiembre (final de la segunda temporada seca) las anomalías se han extendido y se observan pequeños núcleos con alteraciones severas hacia la parte media del departamento.

En diciembre, una vez finalizada la segunda temporada lluviosa y coincidiendo con la fase madura del fenómeno El Niño, se registra una condición deficitaria de lluvia en todo el departamento, junto con la extensión de los núcleos con afectación de carácter severo en el sur, centro, nororiente y oriente del departamento, inclusive, en la región de Medina. En marzo del año siguiente, la situación tiende a normalizarse, cuando los déficits de agua, aunque generalizados, sólo presentan áreas muy reducidas con afectación severa.

### **6.2.5 Alteraciones más probables de la precipitación en Cundinamarca, durante los meses de transición, en presencia de un fenómeno típico LA NIÑA**

El efecto climático registrado sobre el patrón pluviométrico del departamento de Cundinamarca durante los meses de transición estacional, en presencia de un fenómeno La Niña, es igualmente muy marcado, particularmente al final de la segunda temporada lluviosa (diciembre), cuando se registran los mayores excedentes de precipitación, con núcleos de afectación severa a todo lo largo de la zona montañosa central. Durante los meses de transición restantes, junio y septiembre, en el primer año de ocurrencia del fenómeno y marzo en el año siguiente, la señal característica de ENSO es igualmente

nítida en todo el departamento, salvo en la región de Medina, que presenta un comportamiento pluviométrico normal e inclusive llega a ser deficitario en marzo.

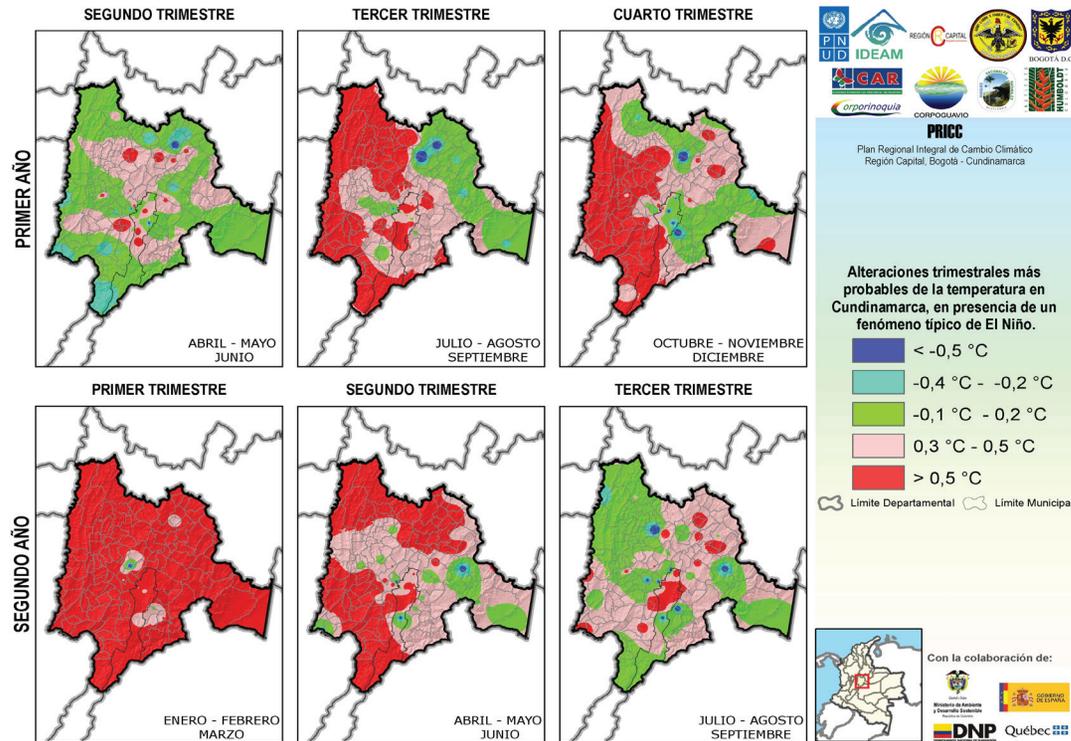


## 6.3 Descripción de los mapas correspondientes a la condición más probable de afectación de la temperatura del aire en Cundinamarca durante la ocurrencia de fenómenos El Niño y La Niña.

### 6.3.1 Análisis trimestral

**6.3.1.1** Alteraciones más probables de la temperatura del aire en Cundinamarca, durante el segundo, tercer y cuarto trimestre del primer año y los tres primeros trimestres del segundo año, en presencia de un fenómeno típico EL NIÑO.

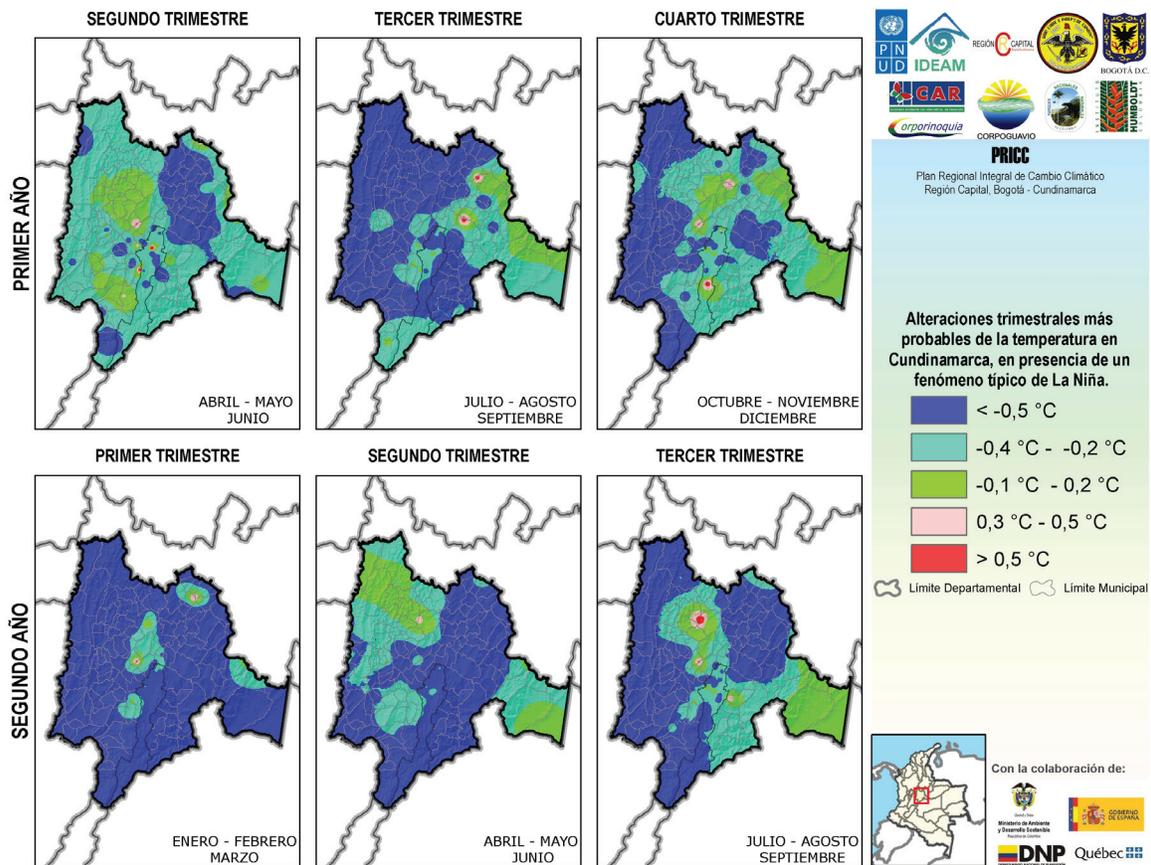
Toma el carácter de severo en el sector occidental y norte de Cundinamarca, llegando a cubrirlo completamente, durante el primer trimestre del segundo año. Para el tercer trimestre del segundo año, las anomalías se diluyen, iniciándose de esta forma, el retorno a condiciones normales.



**6.3.1.2** Alteraciones más probables de la temperatura del aire en Cundinamarca, durante el segundo, tercer y cuarto trimestre del primer año y los tres primeros trimestres del segundo año, en presencia de un fenómeno típico LA NIÑA.

Un comportamiento similar al observado trimestralmente durante los eventos cálidos (El Niño), ocurre durante los fenómenos La Niña cuando las mayores anomalías termométricas (enfriamientos) se presentan desde el tercer trimestre del primer año y se extienden hasta el tercer trimestre del año siguiente. Durante los eventos fríos (La Niña), fuertes anomalías negativas de la temperatura del aire (enfriamientos severos) se concentran en la parte occidental del departamento, salvo en el segundo trimestre del segundo año, cuando permanecen en el sector centro oriental y en el primer trimestre del segundo año, cuando se extienden a casi todo el departamento, coincidiendo con la fase madura de los eventos La Niña.

La región de Medina registra un comportamiento cercano a lo normal una vez finalizado el periodo de máximas alteraciones, es decir, a partir del segundo trimestre del segundo año.





Alteraciones más probables de la temperatura del aire en Cundinamarca, durante la ocurrencia de un fenómeno típico LA NIÑA.

Como se puede apreciar en el mapa 7.3.3 (b), durante los períodos de ocurrencia de los fenómenos La Niña, se observan descensos importantes en la temperatura media del aire en la mayor parte del departamento. Las anomalías llegan a superar el medio grado celsius (enfriamientos severos), en la región occidental y algunos sectores de la parte norte del departamento. Igual que ocurre durante El Niño, en la región de Medina no se detectan alteraciones de ninguna índole en el comportamiento de la temperatura del aire durante la ocurrencia del fenómeno La Niña.

## **7. Areas afectadas a nivel municipal.**

A continuación se presenta el resumen del porcentaje de área afectada por las alteraciones más probables en la precipitación y temperatura a nivel municipal por la ocurrencia de un fenómeno de El Niño o La Niña Típicos. Estas áreas son datos que se deben tomar como indicadores del área afectada en un municipio por el aumento y/o disminución de la precipitación y/o temperatura. Las categorías definidas para precipitación son: Déficit severo, Déficit, Normal, Excedente y Excedente severo. Mientras que para temperatura son: Enfriamiento severo, Enfriamiento, Normal, Calentamiento y Calentamiento severo. Para facilitar la lectura de los datos se presenta además un código de color para permitir identificar las afectaciones porcentuales más altas en cada municipio:

	El área afectada por la alteración más probable es superior al 80% del área del municipio.
	El área afectada por la alteración más probable esta entre el 60% y el 80% del área del municipio.
	El área afectada por la alteración más probable esta entre el 40% y el 80% del área del municipio.

Prov	Municipio	% DEL AREA TOTAL DEL MUNICIPIO					% DEL AREA TOTAL DEL MUNICIPIO				
		ALTERACION MÁS PROBLEBLE DE LA PRECIPITACIÓN - LA NIÑA					ALTERACION MÁS PROBLEBLE DE LA PRECIPITACIÓN - EL NIÑO				
		Déficit severo	Déficit	Normal	Excedente	Excedente severo	Déficit severo	Déficit	Normal	Excedente	Excedente severo
Alto Magdalena	AGUA DE DIOS	0%	90%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Gualivá	ALBÁN	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Tequendama	ANAPOIMA	0%	58%	42%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Tequendama	ANOLAIMA	0%	80%	20%	0%	0%	0%	0%	24%	0%	76%
Tequendama	APULO	0%	32%	68%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sumapaz	ARBELÁEZ	0%	1%	98%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Magdalena Centro	BELTRÁN	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	87%
Magdalena Centro	BITUIMA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sabana Occidente	BOJACÁ	0%	9%	91%	0%	0%	0%	0%	61%	39%	0%
Sumapaz	CABRERA	0%	0%	88%	12%	0%	0%	0%	0%	56%	44%
Tequendama	CACHIPAY	0%	34%	66%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	2%
Sabana Centro	CAJICÁ	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Bajo Magdalena	CAPARRAPÍ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	93%
Oriente	CÁQUEZA	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Ubaté	CARMEN DE CARUPA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	55%	45%
Magdalena Centro	CHAGUANÍ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sabana Centro	CHÍA	0%	1%	96%	3%	0%	0%	0%	0%	24%	76%
Oriente	CHIPAQUE	0%	36%	27%	33%	3%	0%	0%	0%	59%	41%
Oriente	CHOACHÍ	0%	0%	77%	23%	0%	0%	0%	11%	89%	0%
Almeidas	CHOCONTÁ	0%	0%	21%	79%	0%	0%	0%	0%	70%	30%

Sabana Centro	COGUA	0%	96%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sabana Centro	COTA	0%	42%	58%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Ubaté	CUCUNUBA	0%	19%	52%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Tequendama	EL COLEGIO	0%	1%	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	85%
Rionegro	EL PEÑÓN	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sabana Occidente	EL ROSAL	0%	13%	54%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Gualivá	UTICA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sabana Occidente	FACATATIVÁ	0%	80%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	0%	63%
Oriente	FÓMEQUE	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	97%	0%	0%
Oriente	FOSCA	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Sabana Occidente	FUNZA	0%	59%	31%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	0%	63%
Ubaté	FÚQUENE	0%	45%	49%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Sumapaz	FUSAGASUGÁ	0%	0%	60%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	85%
Guavio	GACHALÁ	0%	0%	17%	83%	0%	0%	0%	0%	7%	93%	0%	0%
Sabana Centro	GACHANCIPÁ	0%	0%	87%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	96%
Guavio	GACHETÁ	0%	14%	73%	13%	0%	0%	7%	38%	48%	6%	0%	0%
Guavio	GAMA	0%	0%	76%	24%	0%	0%	0%	34%	66%	0%	0%	0%
Alto Magdalena	GIRARDOT	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	0%
Sumapaz	GRANADA	0%	6%	94%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Ubaté	GUACHETÁ	0%	29%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Bajo Magdalena	GUADUAS	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Guavio	GUASCA	0%	9%	49%	28%	14%	0%	0%	0%	16%	71%	14%	0%
Alto Magdalena	GUATAQUÍ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	56%	44%	0%
Guavio	GUATAVITA	0%	0%	25%	63%	13%	0%	0%	0%	9%	67%	24%	0%
Magdalena Centro	GUAYABAL DE SIQUIMA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Oriente	GUAYABETAL	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	0%	76%
Oriente	GUTIÉRREZ	0%	0%	93%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	71%	29%	0%
Alto Magdalena	JERUSALÉN	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%	18%	0%
Guavio	JUNÍN	0%	5%	95%	0%	0%	0%	3%	15%	73%	9%	0%	0%

Guavio	LA CALERA	0%	22%	78%	0%	0%	0%	0%	13%	86%	1%
Tequendama	LA MESA	0%	52%	48%	0%	0%	0%	0%	0%	41%	59%
Rionegro	LA PALMA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	26%	74%
Gualivá	LA PEÑA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Gualivá	LA VEGA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Ubaté	LENGUAZAQUE	0%	28%	72%	0%	0%	0%	0%	0%	71%	29%
Almeidas	MACHETÁ	0%	0%	29%	71%	0%	0%	0%	0%	81%	19%
Sabana Occidente	MADRID	0%	45%	30%	26%	0%	3%	16%	26%	29%	26%
Almeidas	MANTA	0%	0%	1%	85%	14%	0%	0%	22%	78%	0%
Medina	MEDINA	0%	0%	25%	75%	0%	0%	0%	83%	17%	0%
Sabana Occidente	MOSQUERA	0%	85%	15%	0%	0%	0%	0%	38%	58%	4%
Alto Magdalena	NARIÑO	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sabana Centro	NEMOCÓN	0%	90%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Alto Magdalena	NILO	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Gualivá	NIMAIMA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Gualivá	NOCAIMA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Rionegro	PACHO	0%	51%	35%	14%	0%	0%	0%	0%	2%	98%
Rionegro	PAIME	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	2%
Sumapaz	PANDI	0%	57%	43%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Medina	PARATEBUENO	0%	0%	3%	97%	0%	0%	0%	95%	5%	0%
Sumapaz	PASCA	0%	8%	83%	9%	0%	0%	0%	0%	80%	20%
Bajo Magdalena	PUERTO SALGAR	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Magdalena Centro	PULI	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	97%
Gualivá	QUEBRADA NEGRA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Oriente	QUETAME	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	1%
Tequendama	QUIPILE	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	94%
Alto Magdalena	RICAUARTE	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	56%
Tequendama	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	0%	6%	94%	0%	0%	0%	0%	16%	47%	37%

Sumapaz	SAN BERNARDO	0%	2%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Rionegro	SAN CAYETANO	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	23%	75%	2%	
Gualivá	SAN FRANCISCO	0%	72%	28%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Magdalena Centro	SAN JUAN DE RÍOSECO	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Bogotá	SANTA FE DE BOGOTÁ	0%	19%	67%	11%	3%	0%	1%	2%	10%	87%	
Gualivá	SASAIMA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Guavio	SESQUILÉ	0%	0%	96%	4%	0%	0%	0%	0%	2%	98%	
Soacha	SIBATÉ	0%	0%	84%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Sumapaz	SILVANIA	0%	0%	73%	27%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Ubaté	SIMIJACA	0%	95%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	84%	16%	
Soacha	SOACHA	0%	3%	65%	32%	0%	0%	0%	0%	18%	82%	
Sabana Centro	SOPO	0%	0%	66%	34%	0%	0%	0%	0%	56%	44%	
Sabana Occidente	SUBACHOQUE	0%	0%	99%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Almeidas	SUESCA	0%	12%	49%	38%	0%	0%	0%	0%	3%	97%	
Gualivá	SUPATÁ	0%	56%	44%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Ubaté	SUSA	0%	62%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	
Ubaté	SUTATAUSA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Sabana Centro	TABIO	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Ubaté	TAUSA	0%	99%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	91%	
Tequendama	TENA	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	20%	76%	4%	
Sabana Centro	TENJO	0%	1%	71%	28%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Sumapaz	TIBACUY	0%	0%	57%	43%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Almeidas	TIBIRITA	0%	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	95%	5%	
Alto Magdalena	TOCAIMA	0%	61%	39%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	92%	
Sabana Centro	TOCANCIPÁ	0%	0%	48%	52%	0%	0%	0%	0%	26%	74%	
Rionegro	TOPAIPÍ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	34%	66%	
Guavio	UBALÁ	0%	0%	5%	95%	0%	3%	24%	73%	0%	0%	
Guavio	UBALÁ	0%	0%	5%	95%	0%	3%	24%	73%	0%	0%	
Oriente	UBAQUE	0%	36%	61%	3%	0%	0%	0%	8%	89%	2%	

Ubaté	UBATÉ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	63%
Oriente	UNE	0%	0%	41%	59%	0%	0%	0%	0%	35%	65%
Sumapaz	VENECIA	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Gualivá	VERGARA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Magdalena Centro	VIANI	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Rionegro	VILLAGÓMEZ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Almeidas	VILLAPINZÓN	0%	0%	52%	48%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Gualivá	VILLETA	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Tequendama	VIOTÁ	0%	0%	86%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Rionegro	YACOPÍ	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	63%
Sabana Occidente	ZIPACÓN	0%	34%	66%	0%	0%	0%	0%	0%	96%	4%
Sabana Centro	ZIPAQUIRÁ	0%	19%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%





Almeidas	MACHETÁ	0%	29%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	81%	19%
Sabana Occidente	MADRID	45%	30%	26%	0%	0%	3%	16%	26%	29%	26%	
Almeidas	MANTA	0%	1%	85%	14%	0%	0%	0%	22%	78%	0%	
Medina	MEDINA	0%	25%	75%	0%	0%	0%	0%	83%	17%	0%	
Sabana Occidente	MOSQUERA	85%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	38%	58%	4%	
Alto Magdalena	NARIÑO	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Sabana Centro	NEMOCÓN	90%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Alto Magdalena	NILO	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Gualivá	NIMAIMA	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Gualivá	NOCAIMA	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Rionegro	PACHO	52%	35%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	98%	
Rionegro	PAIME	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	2%	
Sumapaz	PANDI	57%	43%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Medina	PARATEBUENO	0%	3%	97%	0%	0%	0%	0%	95%	5%	0%	
Sumapaz	PASCA	8%	83%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	80%	20%	
Bajo Magdalena	PUERTO SALGAR	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Magdalena Centro	PULI	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	97%	
Gualivá	QUEBRADA NEGRA	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Oriente	QUETAME	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	1%	
Tequendama	QUIPILE	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	94%	
Alto Magdalena	RICAU RTE	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	56%	
Tequendama	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	6%	94%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	47%	37%	
Sumapaz	SAN BERNARDO	2%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Rionegro	SAN CAYETANO	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	23%	75%	2%	
Gualivá	SAN FRANCISCO	72%	28%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Magdalena Centro	SAN JUAN DE RÍO SECO	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Bogotá	SANTA FE DE BOGOTÁ	19%	67%	11%	3%	1%	0%	1%	2%	10%	87%	
Gualivá	SASAIMA	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
Guavio	SESQUILÉ	0%	96%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	98%	





## 8. Conclusiones

- 1.** La señal característica de los fenómenos del Ciclo ENOS en Cundinamarca, reflejada en déficits de precipitación durante El Niño y excedentes de lluvia durante La Niña, se diluye al analizar los eventos típicos, es decir, al estudiar los fenómenos de forma integral, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas en la temperatura superficial del Pacífico tropical. En el caso de la fase cálida (El Niño), la deficiencia de precipitación, como condición más probable, aparece tan solo en un 30% del total de observaciones. Durante la fase fría (La Niña), se observa un panorama más generalizado de afectación, aunque los excedentes de agua y el comportamiento normal tienen prácticamente la misma frecuencia de ocurrencia.
- 2.** A nivel trimestral, la señal característica de ENSO para ambas fases, aparece muy bien definida al examinar las anomalías negativas (El Niño) y positivas (La Niña) de precipitación, registradas durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. Adicionalmente, se puede comprobar que el mayor efecto climático ocurre durante el primer trimestre del segundo año, el cual es muchas veces coincidente con la fase madura de los eventos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical.
- 3.** En general, el efecto de los fenómenos típicos El Niño y La Niña sobre la precipitación estacional de Cundinamarca, es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas. En la primera temporada seca del segundo año y muy cerca de la fase madura de los eventos, la condición deficitaria durante El Niño, se extiende a casi todo el departamento.
- 4.** El análisis de los periodos inter-estacionales, es decir, aquellos meses en los que se presenta la transición de las temporadas secas a lluviosas (marzo y septiembre) y de las lluviosas a las secas (junio y diciembre), permite comprobar que la señal característica de ENSO permanece muy bien definida, particularmente durante la fase cálida (El Niño). En diciembre, una vez finalizada la segunda temporada lluviosa y coincidiendo con la fase madura de los eventos, se registran las mayores alteraciones del patrón pluviométrico de Cundinamarca.
- 5.** El análisis de las series termométricas permite comprobar que la temperatura media de la capa atmosférica baja de Cundinamarca, se ve fuertemente influenciada, en presencia de los fenómenos del Ciclo ENSO. Durante El Niño (La Niña) típicos, se registran aumentos (disminuciones) en la temperatura del aire, correspondiendo la mayor probabilidad de afectación (cerca del 60%), a la categoría de calentamiento (enfriamiento) severo.

**6.** A nivel trimestral, la señal característica de ENSO para ambas fases, aparece muy bien definida al examinar las anomalías positivas (El Niño) y negativas (La Niña) de la temperatura del aire, registradas durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. Durante este último periodo se registra la mayor afectación, lo cual corrobora el hecho que durante la fase madura de los eventos ENSO se presenta esta situación.

**7.** La señal inducida de los fenómenos del Ciclo ENOS sobre la precipitación y la temperatura del aire, no aparece bien definida en el sector suroriental de Cundinamarca (región de Medina), dado que el ciclo anual de esta área se diferencia del resto del departamento. En consecuencia, el efecto climático derivado de los fenómenos El Niño y La Niña es similar al observado en la región de los Llanos Orientales.

**8.** El análisis de los resultados mostró que aunque la relación no es lineal, durante los eventos fríos de La Niña se registran anomalías pluviométricas y termométricas aproximadamente opuestas a las observadas durante los fenómenos cálidos El Niño.

## 9. Referencias bibliográficas

IDEAM, (1997): Posibles efectos naturales y socio-económicos del fenómeno El Niño en el período 1997-1998 en Colombia. Santa Fe de Bogotá D.C., Julio-1997, 39 páginas + anexos.

IDEAM, (1998): Posibles efectos naturales y socio-económicos del fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) en Colombia en el segundo semestre de 1998 y primer semestre de 1999. Santa Fe de Bogotá, Agosto-1998, 88 páginas + anexos.

Montealegre J.E., (1997). En: Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en el período 1997 - 1998 en Colombia, 72 pp. Ed. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.

Montealegre J.E., (1999): La influencia de los procesos de interacción océano-atmósfera del Pacífico tropical y el Atlántico en la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia. Tesis de M.Sc. en Meteorología. Universidad Nacional de Colombia. Diciembre 1999.

Montealegre J.E., (2007): Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño Y La Niña en Colombia. Contrato No 063 IDEAM – Diciembre 2007.

Montealegre J.E., (2009): Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Publicación especial de IDEAM. Bogotá, Diciembre de 2009.

Montealegre J.E., Pabón J.D., (1999). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo el niño, la niña – oscilación del sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Marzo 1999.

PABÓN, Daniel (1997): Variabilidad Climática. Organización Meteorológica Mundial. Técnicas Agrometeorológicas en la Agricultura Operativa de América Latina: 99-103. Ed. OMM, Ginebra, Suiza.

Pabón J.D., Montealegre J.E., (1997): Probabilidad de afectación de la precipitación en Colombia por el fenómeno El Niño. Nota Técnica No. IDEAM/METEO/002-97. 1-39. Ed.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.  
Pabón, J.D., Montealegre J.E. (1998a): Probabilidad de Afectación de la Precipitación en Colombia por el fenómeno La Niña. Nota Técnica IDEAM-METEO/ 008-98: 1-16. Ed. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.

Pabón, J.D., Montealegre J.E., (2009): El Ciclo El Niño, La Nina – Oscilación del Sur. Ofrecido a la imprenta de la Universidad Nacional de Colombia.

Quinn W.H., Neal V.T., Antunez de Mayolo S., (1987): El Niño occurrences over the past four and a half centuries. J. Geophys. Res., 92, pp. 14449-14461.

## 10. Reconocimientos

El autor expresa su reconocimiento al Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá - Cundinamarca – PRICC, por su interés en el desarrollo de los programas de investigación Meteorológica, relativos al estudio de la Variabilidad Climática Interanual, asociada a los fenómenos del Ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur - ENOS. Expresa igualmente sus agradecimientos, a la Meteoróloga Gloria León Aristizbal, por sus oportunos comentarios y sugerencias para el mejoramiento de los resultados obtenidos en este proyecto; a los doctores Francisco Canal y Diana Rojas por su acompañamiento y orientación dentro de la estructura global del proyecto, a los ingenieros de sistemas Jairo Espejo, Especialista en Sistemas de Información Geográfica, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) y Nelly Nova, quien elaboró los programas y algoritmos para el cálculo de los índices, las matrices y tablas probabilísticas de precipitación y temperatura del aire utilizados en este estudio.



Al servicio de las personas y las naciones



# PRICC

Plan Regional Integral de Cambio Climático  
Región Capital, Bogotá Cundinamarca

[www.priccregioncapital.org](http://www.priccregioncapital.org)

Cra. 10 No. 20-30, Piso 7  
Teléfono (57-1) 3527160, Extensión 1423

Con la colaboración de:



MinAmbiente  
Ministerio de Ambiente  
y Desarrollo Sostenible

PROSPERIDAD  
PARA TODOS

DNP  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN



Québec