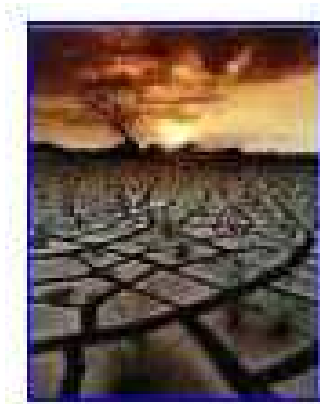


LA SEQUÍA EN COLOMBIA
DOCUMENTO TÉCNICO DE RESPALDO A LA INFORMACIÓN EN LA PÁGINA
WEB DEL IDEAM



Ruth Mayorga Márquez
Gonzalo Hurtado

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM
SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. DEFINICIÓN DE SEQUÍA.....	3
1.2. CLASES DE SEQUÍA.....	4
1.3. VARIABLES ÚTILES EN EL ANÁLISIS DE LA SEQUÍA.....	6
1.4. CAUSAS DE LA SEQUÍA.....	8
1.5. IMPACTOS DE LA SEQUÍA.....	9
1.6. ÍNDICES DE SEQUÍA.....	11
2. METODOLOGÍA	15
3. CARACTERIZACIÓN DE LA SEQUÍA EN COLOMBIA	20
3.1. REGIÓN ANDINA.....	20
ZONA I – CUENCA DEL RÍO CATATUMBO.....	20
ZONA II - VALLES INTERANDINOS.....	23
ZONA III - ZONA DE SOGAMOSO Y SABANA DE BOGOTÁ.....	26
ZONA IV - ZONA DEL ALTO PATÍA Y MONTAÑA NARIÑENSE.....	28
3.2. REGIÓN CARIBE.....	30
ZONA V – SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA.....	30
ZONA VI – ALTA GUAJIRA.....	
ZONA VII - SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, CUENCA DEL RÍO CESAR Y LITORAL CENTRAL.....	32
ZONA VIII - BAJO MAGDALENA Y SINÚ, SAN JORGE, BAJO NECHÍ Y URABÁ.....	34
3.3. REGIÓN PACÍFICA.....	38
ZONA IX – PACÍFICO NORTE Y CENTRO EN LA PARTE MEDIA DE LA REGIÓN.....	38
ZONA X – PACÍFICO SUR.....	40
3.4. ORINOQUIA.....	42
ZONA XI - CUENCA DEL RÍO ARAUCA, MEDIA DEL RÍO META Y PIEDEMONT LLANERO.....	42
ZONA XII – ORINOQUIA CENTRAL Y ORIENTAL.....	43
3.5. AMAZONIA.....	45
ZONA XIII – PIEDEMONT AMAZÓNICO.....	45
ZONA XIV – AMAZONIA CENTRAL Y SURORIENTE DE AMAZONIA.....	46
4. RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DE LA SEQUÍA A NIVEL NACIONAL	47
5. RELACIÓN DE LA SEQUÍA CON EL FENÓMENO DEL NIÑO	54
BIBLIOGRAFÍA	57

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha venido presentado una intensificación de la sequía, afectando a las poblaciones humanas hasta tal punto que hoy día se ha convertido en uno de los fenómenos naturales de mayor preocupación en el mundo. Como consecuencia de esta preocupación la ONU preparó y adoptó en Junio 17 de 1994, la *Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación en Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación*, que entró en vigor en Diciembre 26 de 1996. Es así como en el mundo se ha presentado la necesidad de realizar estudios para determinar cuáles son los factores que contribuyen a la sequía y establecer bases que permitan mitigar los efectos que pueden causar daños en la humanidad.

En América Latina estudios al respecto, son desarrollados por países azotados por sequías frecuentes, como Argentina y México (Scian & Donnari, en Cadena, M., 2005). Los Estados Unidos, cuentan con centros especializados para la mitigación de la sequía, que hacen seguimiento en las grandes regiones productoras de cereales y frutas; normalmente trabajan con sensores remotos para monitorear el estado de la vegetación, utilizando los NDVI, que básicamente representan el verdor de la vegetación durante la década, con imágenes recopiladas por sensores de alta resolución instalados a bordo de los satélites NOAA (Rojas, en Cadena, M., 2005).

Aunque Colombia ocupa el cuarto lugar en el mundo en riqueza hídrica, después de Rusia, Canadá y Brasil y, en donde el agua es considerada como uno de los recursos naturales más abundantes con una amplia distribución geográfica, no es extraño hablar de sequía. En el ámbito nacional este es un tema por desarrollarse, la información es escasa, debido a la inexistencia de estaciones de medición. Todo se resume a una falta de investigación relacionada con este fenómeno.

La sequía es uno de los fenómenos más complicados de analizar por el sin número de factores que influyen en su origen y comportamiento. Hurtado, G. y Cadena, M. C. (2002) consideran dos tipos de índices de sequía: los basados en la lluvia y los basados en el concepto del balance hídrico del suelo.

El presente estudio busca contribuir con una evaluación de la sequía en las diferentes regiones del país, aplicando el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), que considera que las condiciones de sequía se presentan cuantas veces la cantidad de lluvia acumulada durante determinados períodos, disminuye por debajo de ciertos límites

El trabajo se presenta en tres secciones: la primera corresponde al marco teórico; la segunda sección constituye el desarrollo del trabajo y presenta tanto una descripción de las metodologías existentes sobre la evaluación de la sequía como los procedimientos para la evaluación de la información disponible, es decir, en estos capítulos se presenta el desarrollo de la metodología que permite evaluar la sequía. La tercera y última sección exponen los resultados, con una descripción de la intensidad de la sequía según la regionalización del país.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Definición de sequía

En general la definición de sequía es bastante compleja; los siguientes son algunos conceptos tomados de diversas fuentes, contemplando de forma general las múltiples interpretaciones que se tienen de ella:

Ausencia prolongada, marcada deficiencia o pobre distribución de la precipitación en determinado lugar. Periodo de fuertes vientos, escasa precipitación, altas temperaturas y usualmente baja humedad del aire.

Característica de un periodo relativo a la insuficiencia de precipitación e inadecuado suministro de agua para mantener la vegetación, luego la evaporación excede siempre a la precipitación (AMS, 1994).

Característica normal y recurrente del clima. Ocurre prácticamente en todas las zonas climáticas. Se origina por una deficiencia de precipitación por un periodo de tiempo prolongado teniendo en cuenta las características normales de la zona y trae como consecuencia escasez de agua que afecta tanto al ser humano como a la naturaleza, (Moreno, M., 2004).

Un error que se presenta al referirse al concepto de sequía es que se suele confundirlo con el concepto de aridez. Por esta razón es importante hacer claridad en que la aridez se refiere a la "característica que define a un clima concreto, el estado permanente de bajas precipitaciones de algunas áreas de la Tierra (un desierto es una zona árida porque normalmente no llueve). En cambio una sequía es un estado temporal de bajas precipitaciones fuera de lo que se considera normal para una zona determinada (Moreno, M., 2004).

Fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras (Convención de las Naciones Unidas Contra la Desertificación en Países Afectados por Sequía Grave y Desertificación, 2004).

Ocurrencia de más de tres meses consecutivos del periodo de lluvias con menos del 80% del valor medio mensual o un valor anual menor del 70% del valor medio anual. (Heras, en Cadena, M, 2005).

En general el término se aplica a periodos de deficiencia de humedad que son relativamente extensos tanto en el tiempo como en el espacio (Hayes, en Cadena, M., 2005).

Además de los conceptos anteriores, el National Drought Mitigation Center – NDMC

(2003) ha determinado dos tipos de definiciones de sequía:

Definición Conceptual

Las definiciones conceptuales, formuladas en términos generales, ayudan a entender el concepto de sequía. Por ejemplo, una definición conceptual es: “la sequía es el periodo de déficit de agua que da como resultado un daño extensivo a los cultivos, evidenciado en una menor producción”. Estas definiciones pueden ser también importantes a la hora de establecer políticas sobre sequía.

Definición Operacional

Las definiciones operacionales ayudan a entender el principio, final, y grado de severidad de una sequía. Por ejemplo, para determinar el inicio de una sequía, las definiciones operacionales especifican el grado de desviación del promedio de precipitación u otras variables climáticas a lo largo de algunos periodos de tiempo. Esto se realiza usualmente comparando la situación actual con el promedio histórico (basado generalmente en un periodo de registro de 30 años). Estas definiciones pueden ser usadas también para analizar la frecuencia y duración de la sequía para un periodo de tiempo dado; sin embargo, requieren datos del tiempo en escalas diarias, mensuales, anuales, etc. y posiblemente datos de los impactos, dependiendo de la naturaleza de la definición que se esté aplicando. Desarrollar la climatología sobre sequía para una región provee un mejor entendimiento de sus características y de la probabilidad de ocurrencia en varios niveles de severidad.

La gran mayoría de las definiciones de sequía son bastante antropocéntricas. Lo anterior se refleja en lo que sostienen algunos científicos, que una sequía es tal cuando el fenómeno tiene efectos adversos sobre el hombre. De esta manera, si se presenta un periodo de precipitación nula o escasa en comparación con los registros normales de lluvias para una zona determinada que afecte a los ecosistemas locales pero que no llegue a tener consecuencias sobre el hombre y sus actividades no se debe considerar como una sequía; sin embargo, si se presentan las mismas condiciones de precipitación nula o baja y se llegan a observar consecuencias sobre el hombre o sus actividades, se debe considerar que ocurrió una sequía (NDMC, 2003).

1.2. Clases de sequía

Como se mencionó anteriormente, el concepto de sequía puede ser muy variable dependiendo de la región o la situación, de ahí que existan varias clases de sequía. A continuación se explican las tres clases de sequía según el NDMC (2003):

Sequía Meteorológica

La sequía meteorológica es definida usualmente comparando la precipitación del momento (días, meses e incluso años) de una zona específica con el registro histórico de la precipitación media para esa zona o región. Esta sequía está basada en un solo parámetro, la cantidad de precipitación que se registra debido a unas condiciones atmosféricas dadas; si hay reducción de la precipitación existió sequía meteorológica.

Algunas definiciones de sequía meteorológica identifican periodos de sequía con base al número de días con una precipitación por debajo del umbral establecido. Esta medida es apropiada solamente para regiones de clima tropical, subtropical o clima húmedo, en donde se presentan regímenes de lluvia monomodal o bimodal como la selva tropical. Por lo tanto, esta definición se puede acoplar perfectamente a Colombia.

Sequía Hidrológica

La sequía hidrológica está asociada con los efectos de los periodos de baja precipitación sobre el abastecimiento de aguas superficiales o subterráneas. La frecuencia y severidad de esta sequía es a menudo definida por el nivel de los ríos u otras escalas. Aunque todas las sequías se originan de un déficit de precipitación, en la sequía hidrológica se profundiza en cómo ésta forma parte del sistema hídrico. Además esta sequía está usualmente desfasada de la ocurrencia de sequías meteorológicas o agrícolas. Lo anterior debido a que toma más tiempo que se evidencien las deficiencias de precipitación en los componentes del sistema hídrico como son humedad del suelo, niveles de los ríos, lagos, embalses y aguas freáticas. Aunque el clima es el principal contribuyente a la sequía hidrológica, otros factores como cambios en el uso del suelo, degradación del suelo y construcción de presas entre otros afectan las características hidrológicas de una zona.

Sequía Agrícola

La sequía agrícola se presenta cuando el agua con la que se cuenta, ya sea por precipitación o por almacenamiento en el suelo o en los diferentes cuerpos de agua, no es suficiente para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse de manera adecuada. Según lo anterior este tipo de sequía une varias características de las sequías meteorológica e hidrológica y se evidencia en impactos a la agricultura. La sequía agrícola tiene lugar cuando hay periodos de baja precipitación, evapotranspiración actual y potencial altas, déficit de agua en el suelo, reducción del nivel de agua en los ríos y acuíferos, entre otros. La demanda de agua por parte de la planta depende de las condiciones climáticas que prevalecen, de las características biológicas de la planta, de la etapa de crecimiento en la que se encuentre, y de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Una buena definición de sequía agrícola debe tener en cuenta la susceptibilidad variable del cultivo durante las diferentes etapas del desarrollo que incluye desde la germinación hasta la madurez.

La sequía agrícola y su severidad dependen en buena proporción de las actividades humanas. Este tipo de sequía se manifiesta justo después o en el transcurso de una sequía meteorológica y es previa a la sequía hidrológica. Sus impactos se limitan al estado de los cultivos y no tienen en cuenta ninguna otra consecuencia que pueda originar una sequía.

Según Cadena, M (2005), además de las sequías anteriores, existen otras clases de sequía, como la estacional y la contingente, relacionadas a continuación.

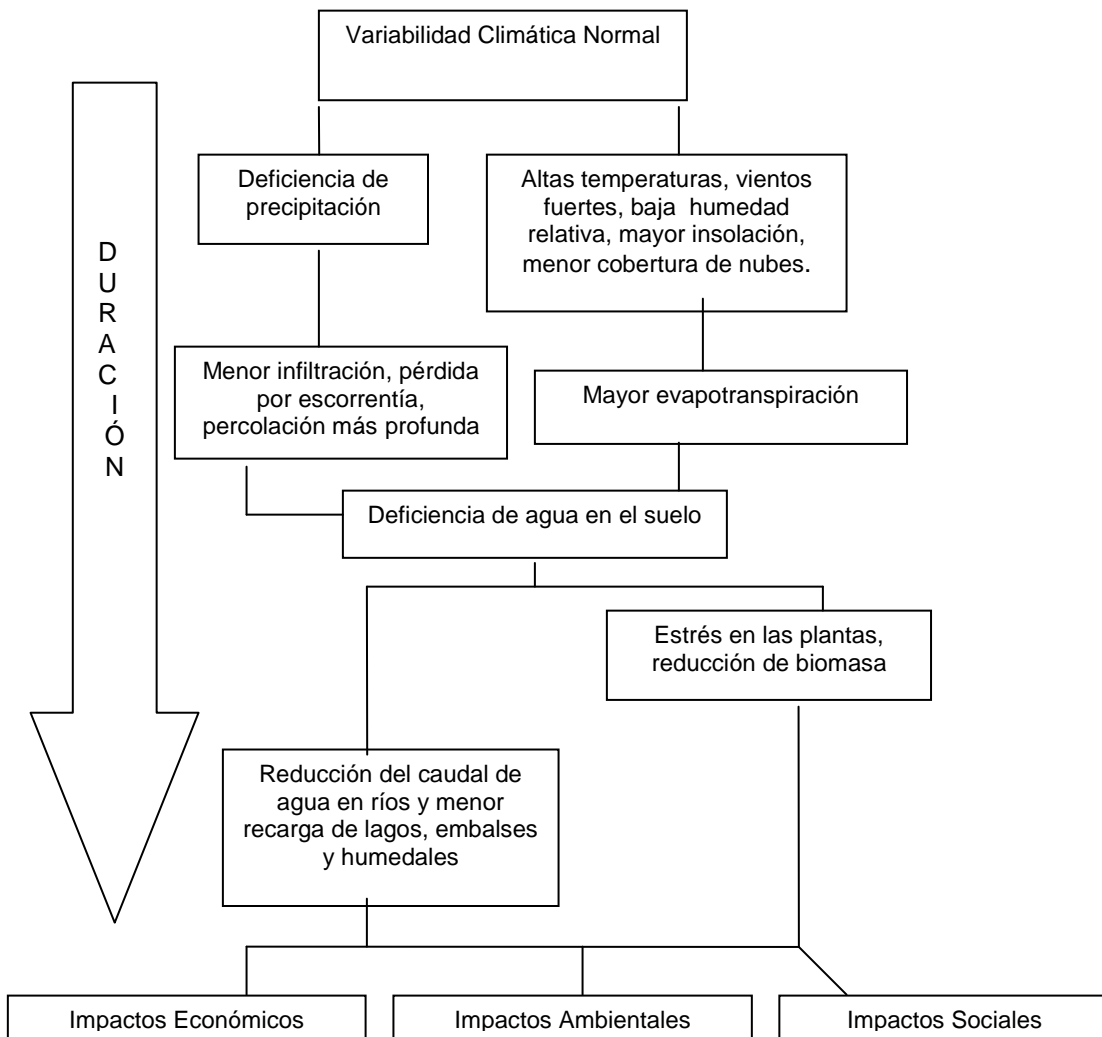
Sequía estacional

Sequía con estaciones lluviosas o secas bien definidas y es típica de las regiones tropicales. Cada año se espera sequía debido al comportamiento climático en los patrones de circulación atmosférica.

Sequía contingente

Sequía provocada por una distribución muy irregular y variable de la lluvia, sucede durante periodos más o menos prolongados en los cuales las lluvias son considerablemente menores a lo normal.

Investigadores principalmente de Estados Unidos, manejan otro tipo de sequía conocida como “la sequía socioeconómica” y su ocurrencia depende de la oferta y demanda de agua, es decir, cuando la demanda es mayor a la oferta se dice que es un evento de sequía socioeconómica. En la gráfica 1 se muestra la secuencia y los efectos de todos los tipos de sequía.



Gráfica 1. Secuencia de un evento de sequía y sus efectos. Modificado de National Drought Mitigation Center. Disciplinary Perspectives on Drought (<http://ndmc.unl.edu/whatis/concept.htm>).

1.3. Variables útiles en el análisis de la sequía

Según Cadena, M. (2005), las variables más utilizadas para la caracterización de la sequía son la precipitación, la evapotranspiración potencial o de referencia, la temperatura del aire, la humedad del aire, la velocidad del viento, el brillo solar y la capacidad de almacenamiento del suelo. A continuación se hace referencia a algunas de las variables.

Precipitación (P)

Un buen índice de sequía tendrá necesariamente que incluir la precipitación dentro de los cálculos para su medición, debido a que es común para todos los tipos de sequía el hecho de que se originan por una deficiencia de precipitación generada por un patrón climático inusual. Esta variable representa la cantidad de lluvia en milímetros (mm), registrada diariamente en la estación meteorológica, sumada por periodos de diez días (décadas), en el Método de Palmer o promediada mensualmente en el caso de los Deciles o el SPI.

La evapotranspiración potencial o de referencia (Eto)

Equivale a la cantidad máxima de agua capaz de ser perdida por la vegetación cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo; se calcula con base en información de temperatura, tensión de vapor, brillo solar y velocidad del viento a 2 metros, según la ecuación Penman-Monteith, (IDEAM, 2000).

Temperatura del Aire (Ta)

La temperatura junto con las demás variables climáticas es necesaria en el cálculo de la evapotranspiración potencial cuando se utiliza el método del índice de disponibilidad hídrica. El uso de modelos basados en la temperatura media ha proveído información valiosa en el estudio de la sequía, ya que se aplica en la medición de la evaporación dentro del índice de sequía

Humedad del Aire (Hr)

Varias pruebas han incorporado dentro de los índices de humedad mediciones de déficit de saturación, como un indicador de la potencia de la sequía. Ejemplos son las relaciones del tipo Delton usados para estimar evaporación de agua, la relación Popov (1948) usando la depresión del bulbo húmedo y la relación Ivanov (1948) el cual incorpora la humedad y la temperatura (OMM, 1975).

Velocidad del Viento (Vv)

La sequía atmosférica, es un término utilizado para indicar una sequía anormal del aire. En la literatura rusa la palabra *sukhovei*, es usada para describir un caso particular de sequía atmosférica en el cual los efectos dañinos de alto déficit de vapor son intensificados por una temperatura más alta que lo usual y un periodo extenso de vientos

fuerteras a moderados (OMM, 1975).

Brillo solar (Bs)

Las operaciones agrícolas incrementan la productividad general (al menos temporalmente), pero causa otros cambios los cuales no son siempre benéficos, particularmente en áreas propensas a sequía. Los principales efectos son exponer a los suelos protegidos hasta el momento a la radiación, el viento y la lluvia. La radiación sobre una superficie vegetal es un ingrediente esencial para una buena producción y con agua adecuada mantiene la transpiración de vapor. Sin embargo, una vez el suelo esté descubierto por sequía, está expuesto a radiación directa y suceden marcados cambio en el balance de calor. El suelo llega a ser mucho más caliente durante el día y más frío durante la noche y estos rápidos cambios resultan en otros cambios físicos incluyendo la desintegración de las partículas del suelo y de aquí el riesgo a la erosión. Temperaturas superficiales extremadamente altas pueden también causar descomposición en el humus, con consecuentes cambios bióticos que reducen la calidad del suelo cuando la sequía irrumpe (OMM, 1975).

Capacidad de almacenamiento del suelo (CC)

Las propiedades físicas que afectan la retención de agua son la textura y la estructura de los suelos, influenciadas por los contenidos de materia orgánica. La capacidad de almacenamiento se basa en los volúmenes de porosidad que poseen diferentes texturas. Los suelos de muy alta capacidad de almacenamiento son aquellos que se caracterizan por texturas finas a muy finas como las arcillosas y además porque la profundidad del perfil supera los 1.5 m. Mientras que los suelos muy superficiales con profundidades siempre menores de 40 cm y características de textura gruesas como franco-arenosas o arenosas, definen unidades de almacenamiento muy bajas.

Las anteriores variables combinadas dentro de los métodos de cálculo permiten establecer en términos generales, la intensidad, la duración y la superficie afectada por la sequía. El comienzo y el final de la sequía son muy difíciles de establecer, por su vaguedad respecto al tiempo. El comienzo de la sequía por ejemplo, no coincide con la terminación de la última lluvia ya que está directamente relacionada con el contenido de humedad del suelo. Por esta razón, es difícil validar índices estadísticos, que se limitan al análisis probabilístico de la lluvia e incluso aquellos que involucran otras variables para determinar la humedad disponible en el suelo. Lo ideal es combinar estos métodos con imágenes de satélite que muestren las condiciones de la vegetación, para obtener una zonificación de áreas realmente vulnerables (Cadena, M, 2005).

1.4. Causas de la sequía

La sequía es un fenómeno natural que ocurre de manera recurrente a lo largo de los siglos y está influenciada por factores climáticos como temperaturas altas, vientos fuertes y humedad relativa baja. Actualmente se sugiere como responsable de la mayor ocurrencia y severidad de las sequías al hombre y sus actividades y se ha concluido que

este fenómeno resulta de la interacción de una gran cantidad de variables.

Según Moreno, M. (2004) la sequía esta asociada a los siguientes fenómenos climáticos:

La Oscilación del Sur y el Fenómeno de El Niño (ENSO)

El término Oscilación del Sur se usa dentro del contexto de variaciones climáticas a escala global. Bjerknes en 1.967, formuló la hipótesis que gradientes normales de la temperatura superficial del mar, entre el relativamente frío Pacífico Ecuatorial Oriental y las agua cálidas en el Pacífico Occidental, daban lugar a una célula de circulación caracterizada por flujos Este-Oeste en niveles bajos de la atmósfera en la zona tropical, convección en el Pacífico Occidental, flujos Oeste-Este en la alta troposfera y subsidencia en el Pacífico Oriental (IDEAM, 1.998). Cuando esta circulación conocida como Walker, se debilita, los vientos Alisios, el afloramiento ecuatorial y las corrientes ecuatoriales norte y sur se debilitan. Esto trae como resultado una acumulación de aguas cálidas y aumento del nivel del mar y de la temperatura en el Pacífico Oriental. Esta situación en casos extremos se conoce como el fenómeno Cálido del Pacífico (El Niño) y si ocurre lo contrario se conoce como La Niña. Estos fenómenos provocan cambios en la precipitación. El fenómeno del Niño produce alteraciones a escala global, regional y local, las cuales implican el comportamiento de la lluvia con una notoria reducción del acumulado de la precipitación en el territorio nacional, exceptuando el sur de la Región Pacífica y los piedemontes (Llanero y Amazónico) donde se presentan lluvias intensas y persistentes.

Fenómeno de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO)

El índice NAO es tradicionalmente definido como la diferencia de presión normalizada entre una estación sobre los Azores y otra sobre Islandia. Una versión extendida del índice puede ser derivada por la primera temporada de invierno del año utilizando una estación ubicada en el suroeste de la península Ibérica. (Hurrell, 1995). El índice NAO es uno de los mejores indicadores de variabilidad de la atmósfera del hemisferio norte. Esto es particularmente importante en el invierno, cuando ejercen un fuerte control sobre el clima del hemisferio norte. Estos fenómenos tienen implicaciones sobre los patrones climáticos mundiales. Además, se observa que las sequías prolongadas ocurren cuando una anomalía de gran escala en los patrones de circulación atmosférica persiste durante meses e incluso años.

Otra influencia climática sobre la sequía según Moreno M. (2004) la produce:

Presión alta

La causa inmediata de la sequía es el movimiento de subsidencia del aire que da como resultado presión alta o calentamiento por compresión lo cual inhibe la formación de nubes y esto genera una baja humedad relativa y una disminución de la precipitación. Las regiones bajo la influencia de presiones altas semipermanentes durante la mayor parte del año son usualmente desiertos (Ej.: Sahara y Kalahari en África y el Gobi en Asia).

1.5. Impactos de la sequía

Los impactos de la sequía son el resultado de la interacción entre el fenómeno natural y la demanda de agua por parte de las poblaciones humanas, los ecosistemas y la vida salvaje. Cada sequía produce una serie de impactos únicos que dependen no solo de la severidad, duración y extensión espacial, sino también de las condiciones sociales de la región o zona afectada por el evento.

Los impactos pueden ser clasificados como directos e indirectos:

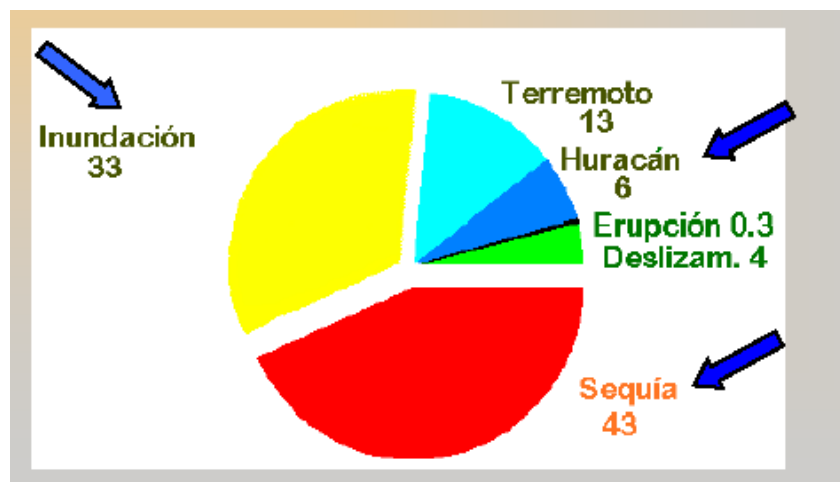
Impactos directos

Los impactos directos son aquellos que afectan los procesos naturales o antrópicos que requieren como materia prima la utilización de agua. Ejemplo de impactos directos puede ser la pérdida de cultivos, el incremento de la mortalidad de vida salvaje y daño a su hábitat, y niveles bajos de cuerpos de agua.

Impactos indirectos

Los impactos indirectos son aquellos que se dan como consecuencia de los impactos directos. Por ejemplo, la reducción de los cultivos puede reducir los ingresos de los cultivadores y demás personas que se encuentran dentro del negocio de la agricultura (NDMC, 2003).

Según el NDMC (2003) los impactos se pueden categorizar en *económicos* (ocurren en la agricultura, incluyendo la parte forestal y la pesca), *sociales* (involucran generalmente la seguridad y salud pública y puede disminuir la calidad de vida del hombre) y *ambientales* (ocasionan daño a las especies animales y vegetales, al hábitat de la vida salvaje, a la calidad del agua, el aire y los suelos, y pérdida de biodiversidad y erosión del suelo). La sequía representa uno de los precursores más importantes de la desnutrición y la hambruna. Detrás de los impactos de la sequía se desprende una compleja y abundante cantidad de problemas asociados a su ocurrencia que la convierten en uno de los fenómenos naturales que mayor desastre produce entre la población humana a escala mundial. En la gráfica 2 se muestran los resultados obtenidos en un estudio sobre el número de persona afectadas por diferentes fenómenos naturales en América Latina y el Caribe.



Gráfica 2: Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe entre 1960 y 1989; personas afectadas (en millones). Tomado de Umaña, M. J. (2001).

Para Colombia, la sequía de mayor impacto recordada fue la del año 1992, cuando el fenómeno de El Niño provocó un déficit de agua de tal magnitud que fue necesario realizar racionamientos de luz. La tabla 1 expone algunos de los principales impactos que se producen como consecuencia de la sequía.

Tabla 1. Impactos generados como consecuencia de la sequía, según el NDMC (2003).

Impactos económicos	Impactos ambientales	Impactos sociales
Costos y pérdidas para los productores agrícolas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de los ingresos ▪ Reducción de la productividad. ▪ Mayor propagación e incidencia de las plagas sobre los cultivos. ▪ Enfermedades de las plantas. ▪ Incremento de los costos por irrigación ▪ Aumento del riesgo de incendios. 	Daño a las especies animales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Degradación del hábitat de diferentes especies. ▪ Menor oferta de agua para suplir sus necesidades básicas. ▪ Incremento de la mortalidad. ▪ Incremento de las enfermedades. ▪ Migración obligada. ▪ Aumento del estrés. ▪ Pérdida de biodiversidad. 	Salud: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estrés físico y mental. ▪ Deficiencia en la alimentación. ▪ Pérdida de vidas humanas. ▪ Aumento del riesgo por incendios. Aumento de los conflictos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conflictos por uso del agua. ▪ Conflictos políticos. Conflictos por el manejo del agua.
Costos y pérdidas de los productores de ganado: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de la producción de leche. ▪ Mayores costos por el acceso al agua. ▪ Pérdida de zonas de pastura. ▪ Incremento en los costos por alimentación. ▪ Tasas elevadas de mortalidad. ▪ Anomalías en el ciclo reproductivo de los animales. ▪ Disminución del peso de los animales. 	Efectos hidrológicos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja del nivel del agua en ríos, acuíferos, lagos, etc. ▪ Pérdida de humedales. ▪ Impactos sobre los estuarios marinos por cambios en los niveles de salinidad. ▪ Reducción de la calidad y disponibilidad de agua. 	Disminución en la calidad de vida: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de la pobreza. ▪ Migración de la población. ▪ Pérdida de valores estéticos. ▪ Reducción o modificación de las actividades de recreación.

Pérdidas de los productores de madera: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incendios forestales. ▪ Enfermedades de los árboles. ▪ Mayor propagación e incidencia de las plagas. ▪ Disminución de la productividad. 	Daño a las plantas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pérdida de biodiversidad. ▪ Aumento del estrés. ▪ Pérdida por incendios. ▪ Aumento de la mortalidad. 	Insatisfacción pública con el gobierno
Pérdidas en la producción pesquera: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Daño sobre el hábitat de los peces. ▪ Alta mortalidad de peces y otros organismos acuáticos como consecuencia de la disminución del caudal. 		Sentimientos de inequidad.
Efectos económicos generales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Devaluación de las tierras ▪ Pérdida de las industrias que dependen directamente de la agricultura. ▪ Desempleo ▪ Estancamiento del desarrollo económico ▪ Menor cantidad de productores agrícolas. ▪ Migración del campo a la ciudad. 		
Efectos relacionados con el sector de la energía: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción del abastecimiento de energía. ▪ Posibles racionamientos. 		
Abastecimiento de agua: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de la capacidad para abastecer a toda la población. ▪ Incremento del costo del agua. ▪ Posibles racionamientos. 		
Disminución en la producción de comida: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de los precios de los alimentos. 		

1.6. Índices de sequía

La diversa distribución temporal, geográfica y la gran variedad de escalas y disciplinas que involucra la sequía, la hacen relativamente difícil de definir y medir. Muchas mediciones cuantitativas de la sequía han sido desarrolladas en los Estados Unidos dependiendo de la disciplina, la región y la aplicación particular. A continuación se presentan algunas de las definiciones del índice de sequía:

El índice de sequía se entiende como un valor calculado con relación a algunos efectos acumulativos de una prolongada y anormal deficiencia de humedad (WMO, 1975).

Es la relación usada con el fin de parametrizar las características espaciales y temporales de la sequía (Hurtado, G., 1996).

Valor que permite clasificar mediante rangos, el grado de afectación de un territorio,

debido a la ocurrencia de una sequía. Un número mucho más útil y gráfico que los datos brutos, a la hora de tomar decisiones (Cadena, M., 2005).

1.6.1. Índices de Lluvia

a. Índice de Deciles de Precipitación:

Este índice fue desarrollado por Gibbs y Maher en 1967 y utiliza los deciles como límites para los diferentes rangos. Es decir, el método consiste en utilizar las curvas de frecuencia acumulada determinando los deciles de lluvia para cada serie, o sea, ordena los datos y divide la distribución de ocurrencia de la precipitación por un largo periodo de tiempo en décimas de la distribución.

Los límites de cada decil se calculan a partir de la curva de frecuencia, de esta manera el primer decil es aquella lluvia que no es excedida por el 10% de los totales más bajos; el segundo decil es aquella lluvia que no es excedida por el 20% de los totales más bajos y así sucesivamente hasta que la cantidad de lluvia identificada por el décimo decil es la máxima cantidad de precipitación dentro de los registros a largo plazo. Por definición, el quinto decil equivaldría a la mediana.

Este método tiene la ventaja de ser aplicable a series no distribuidas normalmente y facilitar el monitoreo de la oferta de agua, ya que permite diferenciar años y meses muy secos o húmedos; en ocasiones uno de los inconvenientes es la poca información, ya que el cálculo requiere series de mínimo 30 años. En la tabla 2 se muestra la clasificación de los índices de lluvia.

Tabla 2. Rangos para el índice de deciles de precipitación. Fuente: WMO, 1975

RANGO	CLASIFICACIÓN	PROBABILIDAD DE SER INFERIOR
1	Muy por debajo de la media	Menos del 20%
2	Bastante por debajo de la media	Del 20 al 30%
3	Debajo de la media	Del 30 al 40%
4	Media	Del 40 al 60%
5	Por encima de la media	Del 60 al 70%
6	Bastante por encima de la media	Del 70 al 80%
7	Muy por encima de la media	Mayor del 80%

b. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Mckee (1993) desarrolló el índice de precipitación estandarizado, por sus siglas en inglés "Standardized Precipitation Index". Se basa únicamente en la precipitación y es un método utilizado por el Centro de Mitigación de la Sequía de Estados Unidos (NDMC) para monitorear la sequía. Normalmente es calculado para diferentes escalas de tiempo, que varían desde 1, 3, 6, 12, 24 ó 48 meses y en diversas zonas, tomando solamente registros de precipitación. Esta flexibilidad temporal permite que el SPI sea muy útil en periodos de corto plazo (para aplicaciones en agricultura) y también en periodos de largo plazo (para aplicaciones hidrológicas según el NADSS¹, 2004).

¹ National Agricultural Decision Support System (NADSS).

La metodología para el cálculo del SPI se fundamenta en el ajuste de una serie de registros históricos de precipitación total mensual a la función de distribución probabilística de tipo "Gamma incompleta" y en la transformación de los datos resultantes a la función normal estándar. En otras palabras, el SPI representa el número de desviaciones estándar que cada registro de precipitación se desvía del promedio histórico. Bajo este contexto, puede deducirse que registros de precipitación superiores al promedio histórico del mes correspondiente, darán valores del SPI positivos, esto representa condiciones de humedad; por el contrario, registros de precipitación inferiores al promedio histórico del mes correspondiente, arrojarán valores del SPI negativos, lo cual indica una intensidad en el déficit de humedad.

El SPI de 3 meses compara la precipitación de un período específico de 3 meses, con la precipitación total del mismo período de 3 meses para todos los años incluidos en el registro histórico. En otras palabras, un SPI de 3 meses al final de Mayo compara la precipitación total de Marzo-Abril-Mayo en ese año particular con las precipitaciones totales de Marzo-Mayo de todos los años. Lo mismo aplica para el *SPI* de 6 y 12 meses.

En la Tabla 3 se establecen las diferentes intensidades de un evento de sequía para cualquier período de tiempo. En términos generales, puede mencionarse que un evento de sequía se inicia cuando se observa a través del tiempo, una tendencia marcada de valores negativos continuos del SPI, de igual forma, el evento de sequía termina cuando el valor del SPI alcanza valores positivos. La duración de un evento de sequía, puede definirse en función de la detección desde sus etapas iniciales hasta su etapa final a través del tiempo. La magnitud acumulada de la sequía puede ser también utilizada como una medida de un evento seco, tomando la suma de los valores dentro de un mismo evento, como la calificación del evento en cuestión.

Tabla 3. Clasificación de eventos de sequía para el Índice SPI. Fuente: Mckee, 1993.

Rango	Clasificación
> 2.0	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-.99 a .99	Normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Muy seco
< -2	Extremadamente seco

De acuerdo con los estudios realizados por Cadena, M (2005), respecto a la aplicación de la metodología del Índice de Precipitación Estandarizada, concluye los siguientes puntos:

- Mientras menor sea el periodo considerado, mayor será la variabilidad de la serie.

- La curva que mayores oscilaciones presenta es la correspondiente a SPI1, la cual responde inmediatamente a cualquier cambio mensual.
- La serie del SPI3, responde a cambios trimestrales y refleja el comportamiento de la sequía de los últimos tres meses y así sucesivamente. En primera instancia es el que mejor refleja el comportamiento de la sequía para aplicaciones agrícolas.
- El SPI6, tiene una mayor inercia y junto con el SPI12 tiene utilidad para identificar sequías hidrológicas y al nivel de grandes embalses.
- Por su flexibilidad y por la sencillez de la información de entrada (solo precipitación), este índice es altamente recomendado para seguimiento operativo de la sequía. Sin embargo, su limitante respecto a los de balance hídrico, radica en que inicialmente, no toma en cuenta las condiciones del suelo o almacenamientos antecedentes.

1.6.2. Índices de balance hídrico

Comúnmente los índices de balance hídrico son utilizados para evaluar la sequía agrícola y están basados en el balance entre la oferta y la demanda de un sistema.

a. Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI):

El índice de sequía de Palmer (PDSI), por sus siglas en inglés “Palmer Drought Severity Index”, está basado en un estudio original para las regiones de Iowa Central y el Oeste de Kansas en los Estados Unidos; se fundamenta en el balance hídrico seriado y fue desarrollado como una “medida del suministro de humedad”. Este índice está calibrado para regiones relativamente homogéneas; para zonas montañosas y heterogéneas, con presencia de microclimas, debe complementarse con otros índices.

Este índice responde a condiciones climáticas que no han sido normalmente húmedas o secas y cuando las condiciones cambian de lo seco a lo normal o húmedo, por ejemplo, la medición de la sequía termina, sin tener en cuenta el comportamiento de las corrientes, los niveles de los lagos o reservorios y otros impactos hidrológicos a largo plazo (Karl & Knight 1985, en Ravelo 1990).

Este tipo de sequía es acumulativa y por esto la intensidad de la sequía durante el mes actual es dependiente de los patrones del clima actual sumado a los patrones de acumulación de los meses anteriores. Como los patrones climáticos pueden cambiar literalmente de un día para otro el PDSI puede responder relativamente rápido a los cambios.

El PDSI se desarrolló bajo el concepto de demanda-suministro de agua, teniendo en cuenta el déficit entre la precipitación real y la precipitación necesaria para mantener las condiciones de humedad climática normal. El procedimiento de cálculo requiere como datos de entrada, además de la precipitación mensual, los valores o estimaciones de la evapotranspiración potencial o de referencia y la cantidad de agua útil del suelo. A partir de estas entradas todos los términos básicos de la ecuación de balance hídrico pueden ser determinados, incluyendo la recarga de los suelos, escorrentía y pérdida de humedad de las capas superficiales.

Según Hurtado, G. & Cadena, M. (2002), Palmer desarrolló este índice con el objeto de realizar comparaciones estadísticas de la sequía en el tiempo y en el espacio.

El procedimiento general para la obtención del índice de Palmer es el siguiente:

- Cálculos hidrológicos mensuales o decadales (periodos de 10 días), tomando series largas de tiempo, mayores a 30 años.
- Suma de los resultados obtenidos, para obtener ciertas constantes o coeficientes, que dependen del clima del área analizada.
- Reanálisis de la serie usando coeficientes derivados para determinar la cantidad de humedad requerida durante el tiempo definido como "normal" para cada periodo.
- Cálculo del índice de anomalía de humedad determinando las desviaciones con relación al promedio.
- Obtención de índices para determinar criterios que identifiquen el comienzo y el final de los periodos secos estableciendo la severidad de la sequía.

Los rangos de clasificación del PDSI, se relacionan en la tabla 4.

Tabla 4. Rangos de sequía del índice de Palmer. Fuente: Scian, 1997

X	INDICADOR
> 4.0	Extremadamente húmedo
3.0 a 3.9	Muy húmedo
2.0 a 2.9	Moderadamente húmedo
1.0 a 1.9	Ligeramente húmedo
0.5 a 0.9	Húmedo incipiente
-0.4 a 0.4	Normal
-0.5 a -0.9	Sequía incipiente
-1.0 a -1.9	Sequía reducida
-2.0 a -2.9	Sequía moderada
-3.0 a -3.9	Sequía severa
< -4.0	Sequía extrema

b. Índice de Disponibilidad Hídrica (IDH).

El índice es similar al empleado por Thornthwaite, con una variación en el valor de los coeficientes y en la forma de cálculo del balance hídrico. De la misma forma, se emplea el método de Palmer para realizar el balance y la fórmula de Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración (Hurtado, G. & Cadena, M., 2002).

El índice se calcula de acuerdo a la relación:

$$I = \frac{2 * ESC - 10 * DEF}{ETP}$$

Siendo ESC, la escorrentía decadal o mensual y DEF, déficit en el mismo periodo.

El ajuste del índice se logró a partir de dos supuestos básicos: se considera que una reducción del 40% en la disponibilidad de agua en el suelo es también igualmente perjudicial. El valor del índice en las condiciones de nuestro país varía entre 10 y -10 y con el objeto de hacerlo manipulable a nivel conceptual se agrupó en 4 rangos secos (-2 a -10), 4 rangos húmedos (2 a 10) y un rango normal (-2 a 2), (Hurtado, G. & Cadena, M. 2002).

2. METODOLOGÍA

En Hurtado, G. & Cadena, M. (2002) se concluye que el índice SPI, basado en la lluvia es de utilización más sencilla y práctica, por lo que se recomienda su utilización para aplicaciones operativas, por lo tanto para efectos del presente trabajo se ha seleccionado el índice de precipitación estandarizado, SPI.

2.1 Procedimiento de cálculo del índice SPI

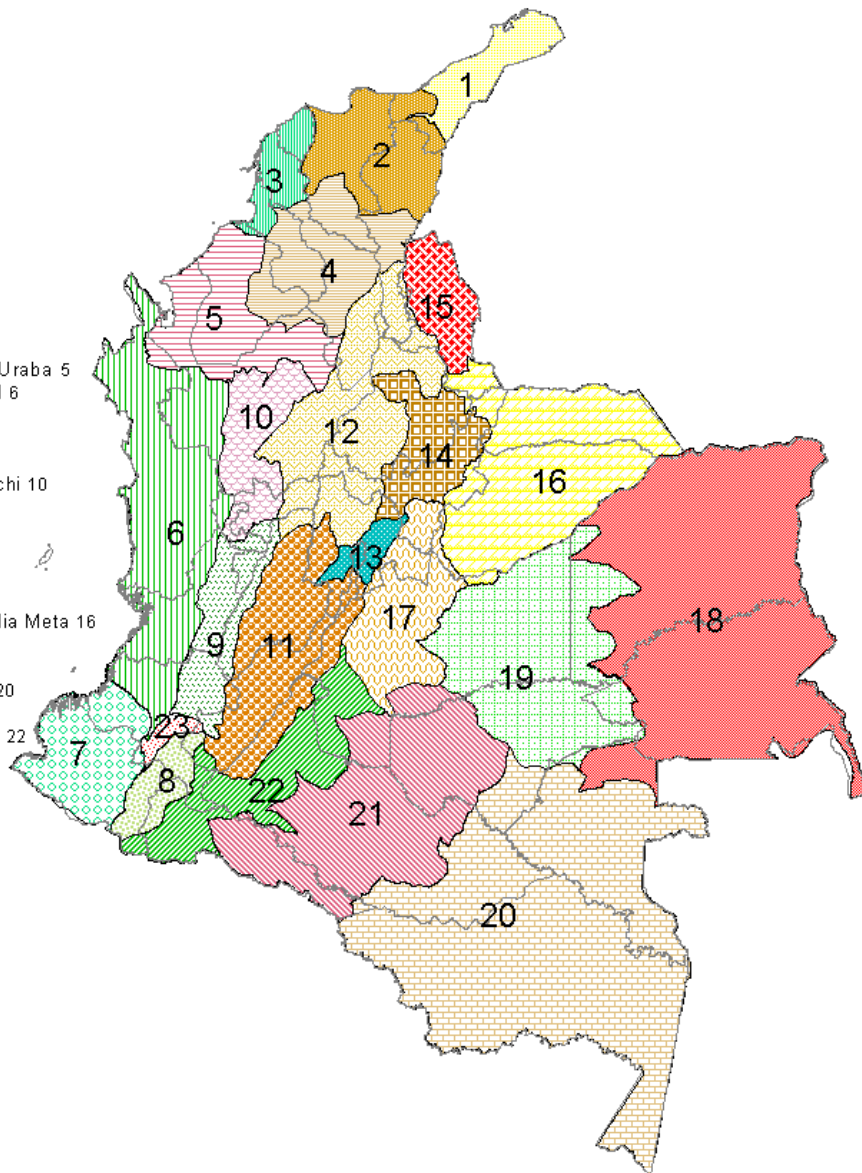
2.1.1 Subdivisión por zonas homogéneas

Las condiciones orográficas y climatológicas que se presentan en el territorio colombiano son propias tanto del Cinturón de Fuego del Pacífico como de la Zona Tropical. Esto hace que su territorio tenga un comportamiento especial desde el punto de vista climatológico. Uno de los factores preponderantes que condicionan el clima nacional, lo constituye la complicada orografía. La presencia de cordilleras que surcan el territorio nacional se encuentran constituidas por rocas diferentes, lo cual lleva a una variedad geomorfológica, existencia de zonas montañosas, flancos de cordilleras de pendientes altas y largas, valles interandinos y planicies. Todos los anteriores factores hacen que Colombia tenga un comportamiento climático variado que a su vez hace que la presencia de la sequía a través del territorio muestre grandes diferencias.

Debido a lo anterior, se ha preferido realizar un análisis por zonas homogéneas desde el punto de vista del origen de los procesos atmosféricos. En la clasificación propuesta por Hurtado, G. (2000), se analizan los procesos atmosféricos de escala sinóptica y mesoescala productores de la precipitación. En ella se tienen en cuenta la circulación atmosférica de macroescala que comprende fenómenos meteorológicos de gran extensión, la circulación de mesoescala (procesos meteorológicos de escala media o regional, responsable del comportamiento temporal de las lluvias en periodos cortos de tiempo), la cuenca hidrográfica como criterio de delimitación y el régimen de lluvias (ver Mapa No.1).

Regiones pais

- Orinoquia Oriental 18
- Alta Guajira 1
- SNSM Cuenca Cesar 2
- Litoral central 3
- Bajo Magdalena 4
- Sinu Sn Jorge B Nechi Uraba 5
- Pacifico Norte y Central 6
- Pacifico Sur 7
- Montaña Nariñense 8
- Alto Cauca 9
- Medio Cauca y Alto Nechi 10
- Alto Magdalena 11
- Medio Magdalena 12
- Sabana de Bogota 13
- Rio Sogamoso 14
- Catatumbo 15
- Rio Arauca Cuenca media Meta 16
- Piedemonte Llanero 17
- Orinoquia Central 19
- Suroriente Amazonico 20
- Amazonia Central 21
- Piedemonte Amazonico 22
- Alto Patia 23



Mapa 1. Regionalización climatológica de Colombia, según Hurtado (2.000).

Adicionalmente, se han formando grupos entre las subregiones climáticas que contienen similitudes climáticas o especialmente comportamiento similar de la precipitación, se definieron 14 zonas para caracterizar la sequía, nombradas a continuación según las regiones naturales del país:

REGIÓN ANDINA:

ZONA I – Cuenca del río Catatumbo

ZONA II - Valles interandinos

ZONA III - Cuenca del río Sogamoso y Sabana de Bogotá

ZONA IV - Alto Patía y Montaña Nariñense

REGION CARIBE:

ZONA V – San Andrés y Providencia

ZONA VI – Alta Guajira

ZONA VII - Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del río Cesar y Litoral Central

ZONA VIII - Bajo Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá

REGION PACIFICA:

ZONA IX – Pacífico Norte y Centro

ZONA X – Pacífico Sur

ORINOQUIA:

ZONA XI - Cuenca del río Arauca, cuenca media del río Meta y piedemonte Llanero

ZONA XII – Orinoquia Central y Oriental

AMAZONIA:

ZONA XIII – Piedemonte Amazónico

ZONA XIV – Amazonia Central y Suroriente de Amazonia

2.1.2 Selección de la información

Como el SPI, se basa en la evaluación de la precipitación, inicialmente se procede a seleccionar las estaciones meteorológicas que cuenten con instrumentos que midan la precipitación (pluviómetros o pluviógrafos) y además que estén distribuidas adecuadamente en cada una de las regiones consideradas. Para tales efectos, los datos

de precipitación se tomaron de la base de datos del IDEAM, en la que se encuentra la información histórica de aproximadamente 2.800 estaciones de tipo convencional y automático, clasificadas así: agrometeorológica (AM), climatológica ordinaria (CO), climatológica principal (CP), pluviográfica (PG), pluviométrica (PM), sinóptica principal (SP) y sinóptica secundaria (SS). La selección se hizo a partir de criterios tales como la extensión de la serie histórica, la localización o representatividad y por supuesto, la calidad de los datos. Finalmente, fueron escogidas 469 estaciones distribuidas por todo el territorio nacional.

La selección de estaciones meteorológicas se realiza teniendo en cuenta una adecuada longitud de los registros pluviométricos. Es decir, se procede a evaluar los datos pluviométricos de cada una de dichas estaciones, teniendo en cuenta que posean series completas y de más de 15 años, ya que de una parte los datos faltantes pueden llevar a conclusiones erróneas y de otra parte las estaciones con menos tiempo de información no son recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Así mismo, con el fin de evaluar los anteriores parámetros y para escoger el periodo de análisis (serie de tiempo) se elabora un diagrama de barras del que se concluye que lo ideal es seleccionar las estaciones con un periodo de registro entre 1971 y el 2000.

Tomando el mapa de las regiones climatológicas de Colombia (Hurtado, G. 2000) y localizando en él las 469 estaciones que conforman la base de datos para esta investigación, se procede a agrupar las estaciones por regiones con el fin de caracterizar la sequía. Las estaciones están repartidas en las diferentes regiones de Colombia así: 229 (R. Andina), 117 (R. Caribe), 54 (R. Pacífica), 41 (Orinoquia) y 28 (Amazonia).

2.1.3 Procesamiento de la información

Para implementar el método SPI y calcular los índices de sequía, se utiliza un programa en FORTRAN, versión 7.8, bajo ambiente windows desarrollado por el “National Agricultural Decision Support System” de los Estados Unidos, que distribuye estas herramientas libremente en internet para uso no comercial de los investigadores. (NADSS, 2001).

Con los datos pluviométricos sistematizados de las 469 estaciones seleccionadas, se corre el programa determinando el índice de 3 meses (SPI3), el cual compara la precipitación de un período específico de 3 meses y se procesa la información en EXCEL.

2.2. Determinación de los eventos de sequía

Con los grupos de estaciones formados a partir de las subregiones climáticas que contienen similitudes en el comportamiento de la precipitación, se procede a realizar los siguientes cálculos:

2.2.1. Determinación de las series históricas de sequía

Una vez corrido el programa SPI, se establecieron las series de índices para cada estación durante la totalidad del periodo de observaciones. Se eligió trabajar con períodos acumulados de 3 meses (SPI 3) teniendo en cuenta que los períodos mensuales mostraban gran variabilidad, y por otra parte, los acumulados de 6 meses o más, tendían a mostrar demasiada inercia para los fines propuestos. Esta información individual fue analizada inicialmente con el fin de establecer que el comportamiento espacial del fenómeno fuese homogéneo dentro de una misma región, lo cual fue confirmado. Con base en esto y con fines de simplificación, se pasó a la etapa siguiente.

2.2.2. Elaboración de series promedios

En este paso se elabora una serie resultante del promedio de los índices de sequía de las estaciones que conforman cada región para el periodo de análisis entre 1971 y 2000. Esto con el fin de obtener una visión global del comportamiento del índice en toda la región y eliminar ruidos producidos durante breves periodos en estaciones individuales.

2.2.3. Identificación de los eventos de sequía

De la serie de promedios se seleccionaron los valores de SPI menores a -0.8 , como indicativo de una sequía establecida. Al filtrar estos valores, se logró identificar los períodos de sequía de mayor significación. La Identificación de los periodos de sequía se llevó a cabo siguiendo la continuidad y la persistencia de los valores negativos de las dos series anteriores, tratando de determinar el inicio y el fin de la sequía. En términos generales, un evento de sequía se inicia cuando a través del tiempo se observa una tendencia marcada de valores negativos (más de 3 meses consecutivos) continuos del SPI, de igual forma, el evento de sequía finaliza cuando el valor del SPI alcanza valores positivos durante más de 3 meses consecutivos.

2.2.4. Determinación de intensidades de sequía

Como una medida de la intensidad de la sequía, se utilizó el valor acumulado del índice durante el total del período de sequía. Una vez identificados los periodos de sequía se elaboran una sumatoria de los índices SPI de cada estación para eso periodos. Estas series de sumas comprenden la intensidad de sequía en los sitios de estudio, los cuales resultaron con valores comprendidos en el intervalo entre -20 a 20 aproximadamente.

2.2.5. Elaboración de mapas de sequía

Mediante el cálculo de frecuencias para los intervalos de intensidad determinados, se fijaron rangos de clasificación de la sequía, con el propósito de elaborar una zonificación de sequía para Colombia de acuerdo a los periodos de sequía y a las regiones establecidas para el país. Se definieron los rangos que aparecen a continuación y se determinó como sequía, la ocurrencia de valores negativos, por un periodo de tres meses consecutivos o más:

> 15 Exceso extremo

>10	A	<= 15	Exceso moderado
> 5	A	<= 10	Exceso ligero
> -5	A	<= 5	Normal
> -10	A	<= -5	Sequía ligera
> -15	A	<= -10	Sequía moderada
<= -15			Sequía extrema

3. CARACTERIZACIÓN DE LA SEQUÍA EN COLOMBIA

3.1. Región Andina

En la región Andina se definieron cuatro zonas constituidas por varias subregiones climatológicas y en cada zona como resultado del procesamiento y análisis de la información entre 1971 y 2000, se identificaron varios periodos de sequía, la mayoría coincidente en todas las zonas y además se encontró una buena correlación con la ocurrencia del fenómeno del Niño.

ZONA I – Cuenca del río Catatumbo

En la cuenca del río Catatumbo, en el departamento de Norte de Santander, se observan seis eventos de sequía con intensidades entre ligeras y severas (ver tabla 5). De las seis épocas de sequía, cinco alcanzan intensidades de ligera a moderada y un periodo entre mayo/76 y febrero/78, se caracteriza por presentar la sequía más severa y de mayor extensión espacial; mientras que los periodos, julio/72 – agosto/73, agosto/86 – julio/88, marzo/91 – diciembre/92 y el abril/97 – marzo/98, son en general más aislados.

En esta zona, la sequía de mayor intensidad y extensión, clasificada como un evento de sequía extrema (ver tabla 5 y figura 1), se presenta durante el periodo comprendido entre mayo de 1976 y febrero de 1978. En este periodo el 73% de la región presentó un déficit de precipitación entre moderado y extremo. Así mismo, el 41% del área fue afectada por una sequía extrema, como se observa en el norte y sur del departamento de Norte de Santander, específicamente los municipios de Tibú, Teorama, Cúcuta, Sardinata y Chinácota. El 22% de la región presentó una sequía ligera.

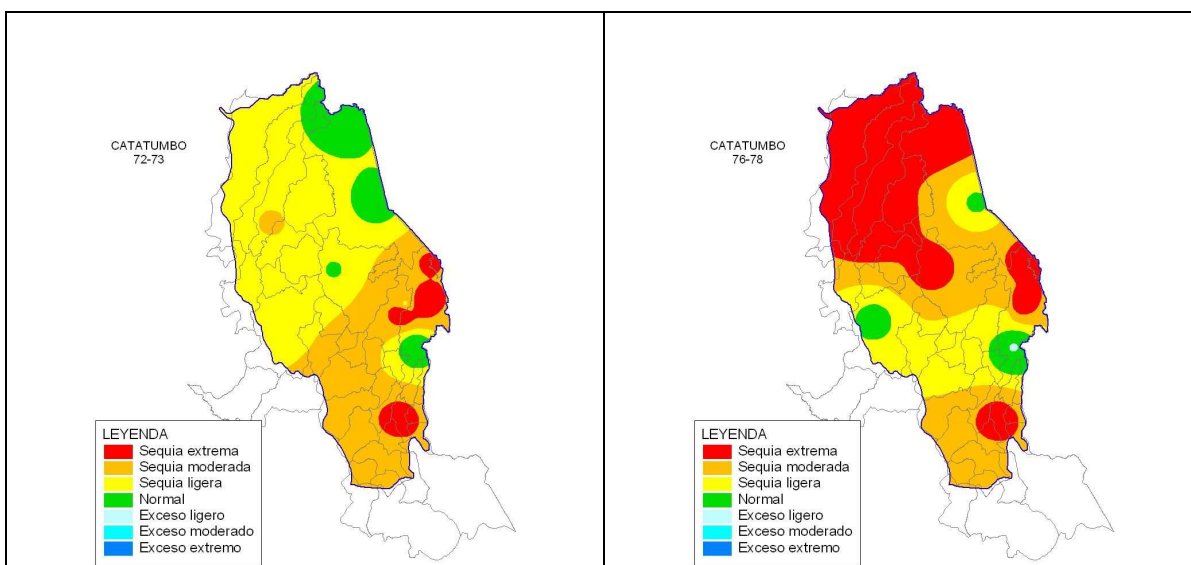
Otros periodos caracterizados por una sequía semejante en intensidad y extensión, donde predominó un déficit hídrico de ligero a moderado, fueron identificados desde julio/72 hasta agosto/73, marzo/91 – diciembre/92 y abril/97 – marzo/98. Durante estos eventos aproximadamente el 40-60% del área en el norte del departamento de Norte de Santander, fue afectada por una sequía ligera, mientras el 30-50% presentó una sequía moderada, con algunos puntos locales de sequía extrema, específicamente en los municipios de Cúcuta, Chinácota, Tibú, El Zulia y Pamplona.

Entre tanto, agosto/86 hasta julio/88, fue un periodo en el que predominó la sequía ligera, con un 48% de extensión, mientras que un área pequeña representada en el 12%

presentó una sequía moderada, llegando a afectar tres municipios con sequía extrema, Tibú, Sardinata y Chinácota. Sequía ligera se presentó en febrero/80 – enero/81, ocupando entre el 50% y 80% del área.

Tabla 5. Eventos de sequía en la cuenca del río Catatumbo.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Julio/72 – agosto/73		X	
Mayo/76 – febrero/78			X
Febrero/80 – enero/81	X		
Agosto/86 – julio/88		X	
Marzo/91 – diciembre/92		X	
Abril/97 – marzo/98		X	



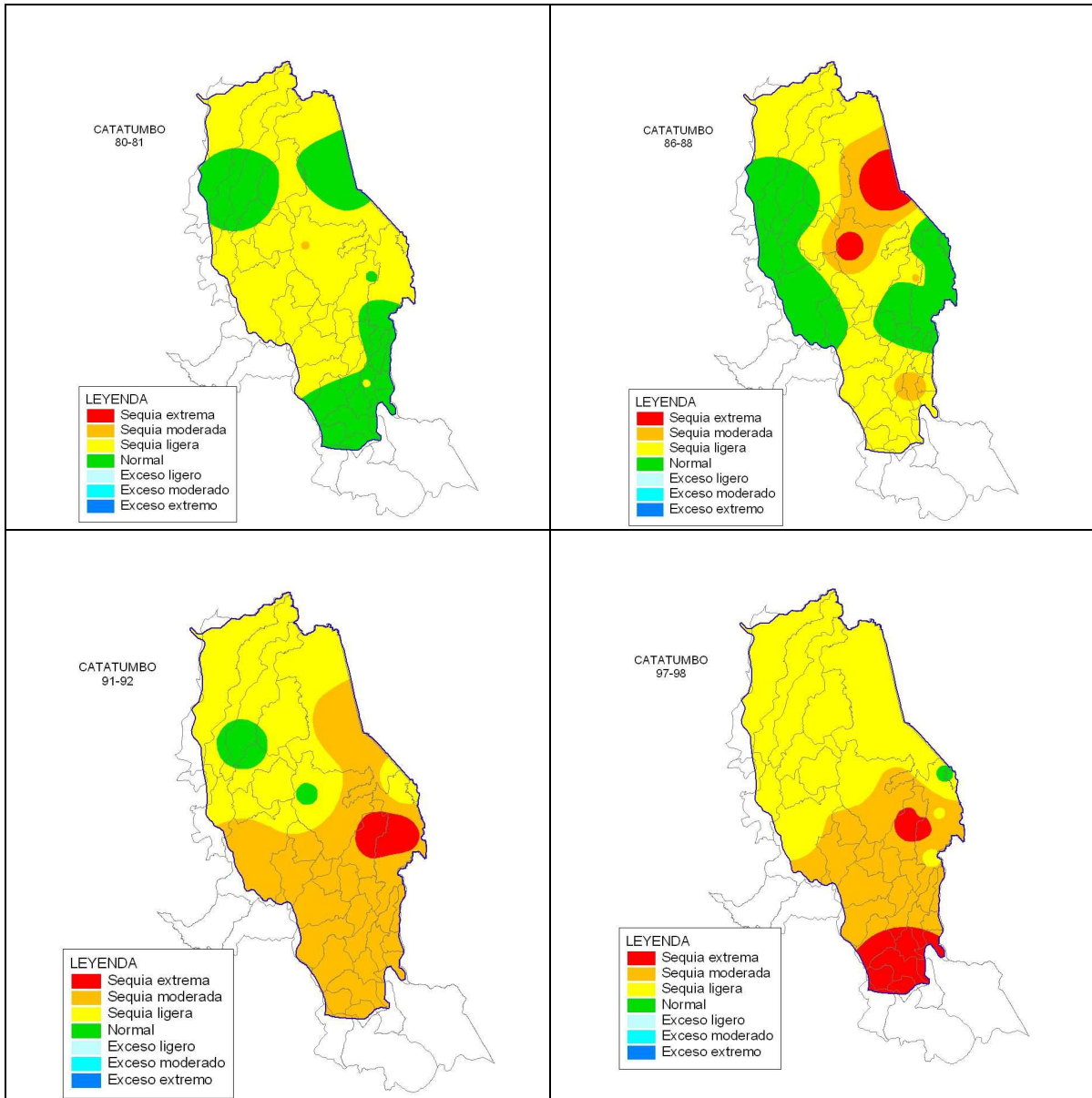


Figura 1. Distribución de los eventos de sequía en la cuenca del río Catatumbo.

ZONA II - Valles interandinos

La zona II comprende las cuencas alta y media de los ríos Magdalena (aproximadamente desde el municipio de Acevedo en el Huila, hasta la altura del municipio de Guaduas en Cundinamarca) y Cauca (parte de los departamentos de Cauca, Antioquia, Quindío, Risaralda y Caldas).

En los valles interandinos se evidenciaron siete épocas de sequía, categorizadas con intensidades de ligera a extrema (ver tabla 6 y figura 2). De los siete periodos cuatro fueron los más importantes (julio/76 - julio/77, julio/82 - diciembre/83, mayo/90 - diciembre/92 y noviembre/96 - marzo/98), en donde se presentaron eventos de sequías de intensidad entre moderada y extrema.

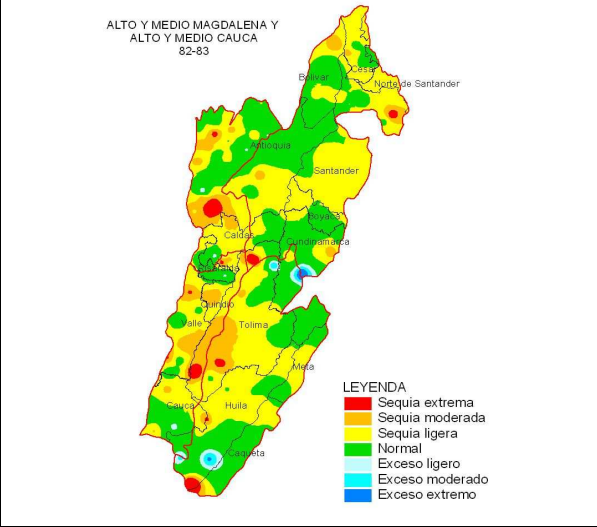
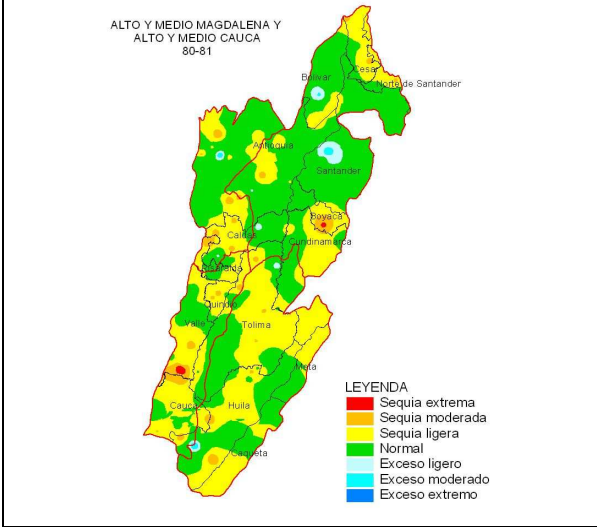
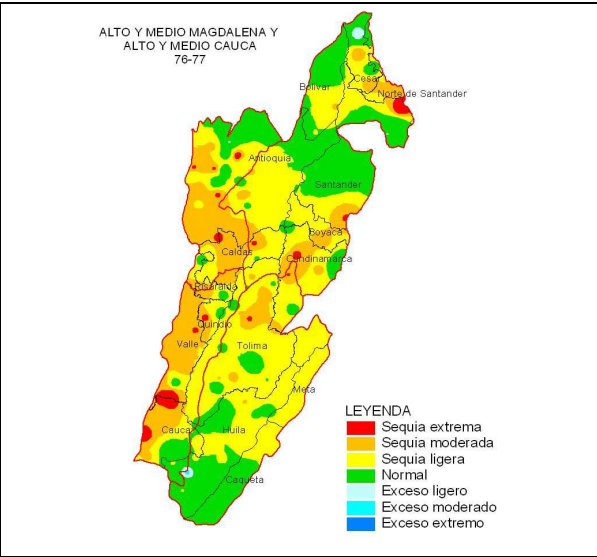
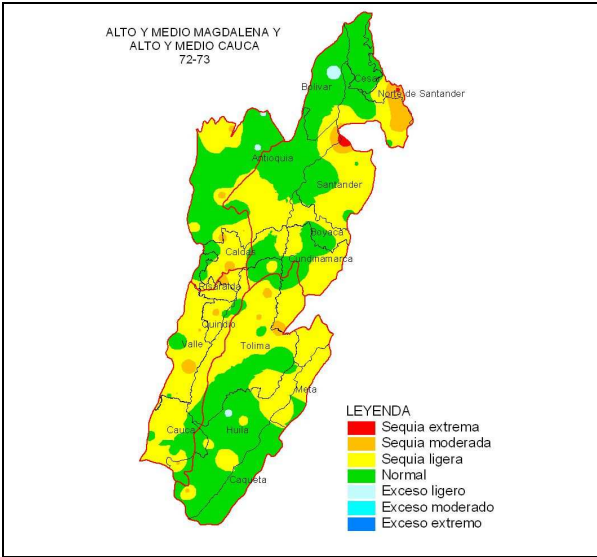
La sequía de mayor intensidad y de mayor distribución en esta zona se presentó en el periodo de mayo/90 a diciembre/92. El 70% de la región presentó una sequía entre moderada (43% del área) y extrema (27% del área) en gran parte de las cuencas Altas y Medias de los ríos Magdalena y Cauca, en los municipios de Río de Oro (Cesar), Matanza, Lebrija, Girón, Puerto Parra, Jesús María, Barrancabermeja (Santander), Anorí, Amalfi, Gómez Plata, Antioquia, Salgar, Remedios, Bello, Sonsón (Antioquia), Puerto Boyacá (Boyacá), Samaná, Aguadas, Neira, Manizales (Caldas), Puerto Salgar, Pacho (Cundinamarca), Fresno, Líbano, San Antonio, Ibagué, Planadas (Tolima), Baraya, Neiva, La Plata, Guadalupe (Huila), El Cerrito, Palmira, Candelaria (Valle) y Totoró (Cauca).

Los periodos comprendidos entre julio/76 - julio/77, julio/82 - diciembre/83 y noviembre/96 - marzo/98 se caracterizaron por la presencia de un déficit de precipitación entre ligero (entre 48 y 56% del área) y moderado (entre 9 y 21% del área), a lo largo de la región. Además se observa en esta zona la ocurrencia de eventos locales de sequía extrema (entre 2% y 6% del área), principalmente en sectores de Antioquia y Tolima, en los municipios de Suratá, Jesús María, Matanza (Santander), Betulia, Carolina, Anorí, Rionegro, Cocorná, Valdivia, San Andrés, Yarumal, La Unión, Montebello, Bello (Antioquia), Caparrapí (Cundinamarca), Aguadas, Riosucio (Caldas), Ibagué, Villahermosa, Rioblanco, Líbano, Ataco, Dolores (Tolima), Armenia (Quindío), Miranda, Morales, Popayán (Cauca) y Acevedo, Villavieja, Guadalupe (Huila).

En algunos sitios de los departamentos del Eje Cafetero, Antioquia, Tolima, Huila y Santander se presentó una sequía ligera durante los periodos de septiembre/72 - junio/73, febrero/80 - marzo/81 y julio/86 - agosto/87.

Tabla 6. Eventos de sequía en los valles interandinos.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Septiembre/72 - junio/73	X		
Julio/76 - julio/77		X	
Febrero/80 - marzo/81	X		
Julio/82 - diciembre/83		X	
Julio/86 - agosto/87	X		
mayo/90 - diciembre/92			X
Noviembre/96 - marzo/98		X	



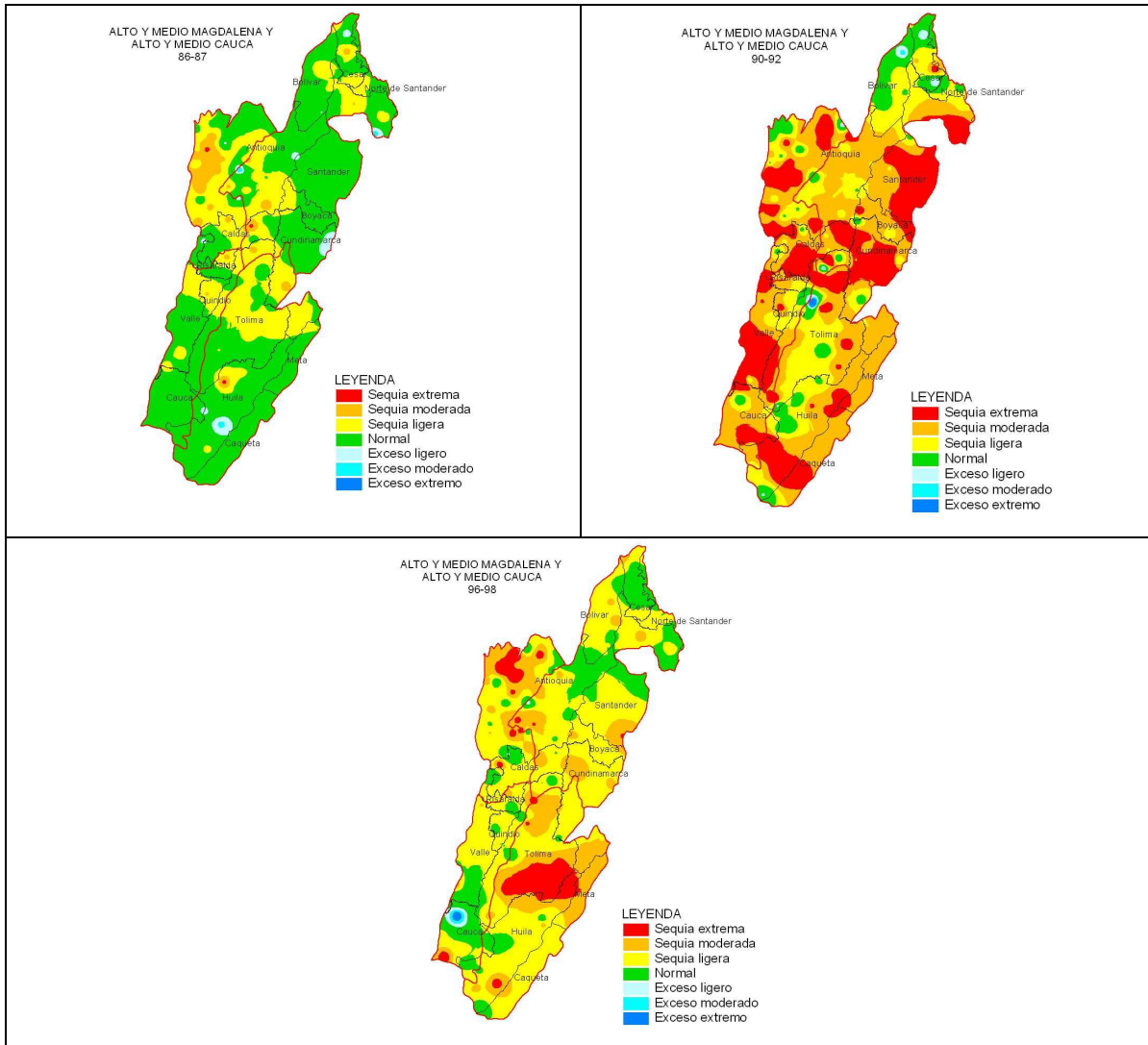


Figura 2. Distribución de los eventos de sequía en los valles interandinos.

ZONA III - Zona de Sogamoso y Sabana de Bogotá

La zona III comprende la cuenca del río Sogamoso, en los departamentos de Boyacá y Santander; así como la Sabana de Bogotá, conformada por la Cuenca media y baja del río Bogotá.

Como resultado del análisis, en la cuenca del río Sogamoso y la Sabana de Bogotá, se encontraron cinco periodos de sequía, como se muestra en la tabla 7 y figura 3, con intensidades de ligeras a extremas (septiembre/72–junio/73, julio/76 – julio/77, julio/82-diciembre/83, mayo/90-diciembre/92 y octubre/96-marzo/98).

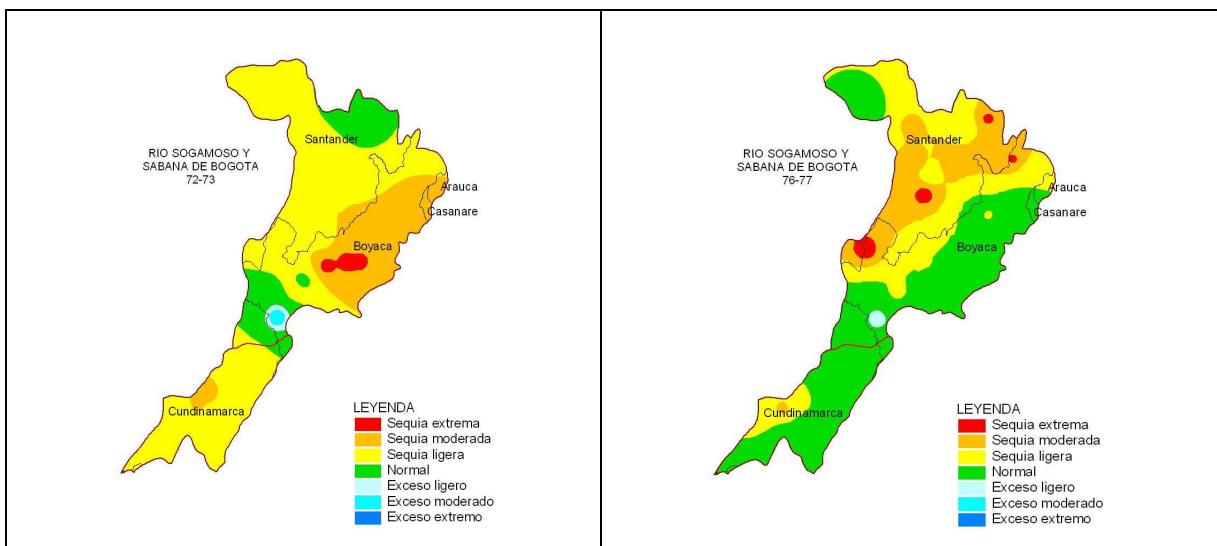
Durante el periodo de mayo/90-diciembre/92 se presentó el evento de sequía más importante, cuando el 39% del área mostró un déficit hídrico moderado y el 26% del área un déficit extremo; seguido del periodo octubre/96-marzo/98 en el que predominó la sequía moderada en un 48% de la región y algunos eventos locales, 9% del área afectada por sequía extrema en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Una sequía extrema en menor porcentaje se observa en mayo de 1990, en el norte de la región, especialmente en la cuenca del río Sogamoso, suroriente del departamento de Santander. Los municipios afectados fueron Capitanejo, Mogotes, Charalá, Guadalupe, (Santander), Sogamoso, Tunja (Boyacá), Bogotá, Mosquera y Tibacuy (Cundinamarca).

En otros periodos como septiembre/72–junio/73 y julio/76 – julio/77 se observaron eventos de sequía de ligeras a moderadas; el primer periodo presentó sequía de intensidad ligera en un 63% del área mientras que el 20% del área presentó sequía moderada; el segundo periodo presentó en el 31% y 19 % del área sequía ligera y moderada respectivamente. La sequía moderada se observó en la cuenca del río Sogamoso en los departamentos de Boyacá (Nobsa, Tibasosa, Paipa, Chiscas, Moniquirá), Santander (Cerrito, Charalá) y Cundinamarca (Bogotá y Mosquera).

Sequía ligera se presentó en julio/82-diciembre/83, en un 41% de la zona.

Tabla 7. Eventos de sequía en la cuenca del río Sogamoso y Sabana de Bogotá.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Septiembre/72–Junio/73		X	
Julio/76 – Julio/77		X	
Julio/82-Diciembre/83	X		
Mayo/90-Diciembre/92			X
Octubre/96-Marzo/98			X



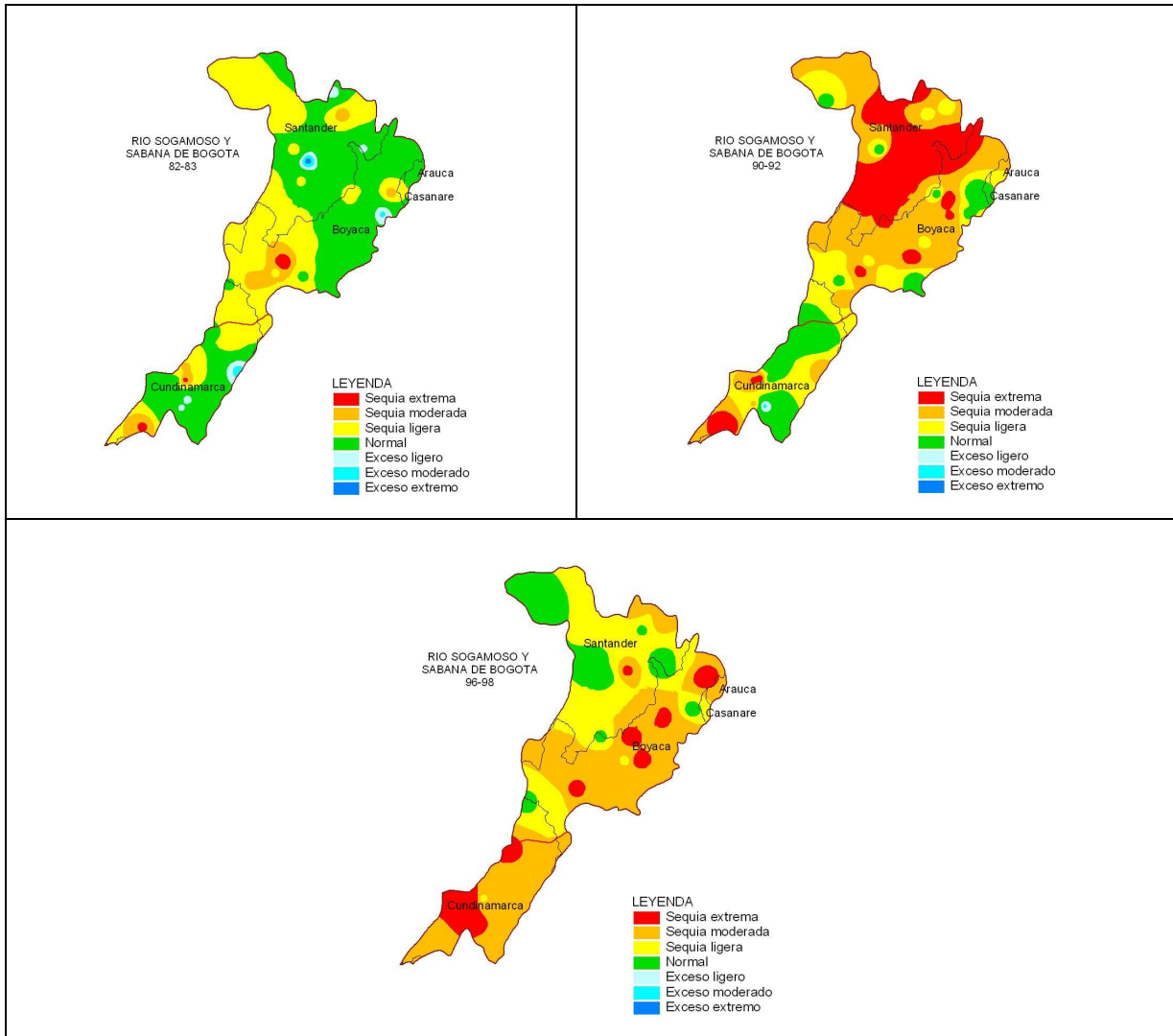


Figura 3. Distribución de los eventos de sequía en la cuenca del río Sogamoso y Sabana de Bogotá.
ZONA IV - Zona del Alto Patía y Montaña Nariñense

La zona IV se extiende desde la Montaña Nariñense en el oriente de Nariño, siguiendo el valle del río Patía en su parte alta, en el departamento de Cauca. De acuerdo al análisis, en esta zona se presentaron 7 épocas con sequía, con una intensidad entre ligera y moderada, mientras que no se encontró sequía extrema o severa en un porcentaje significativo, a diferencia de las otras zonas de la región Andina (ver tabla 8 y Figura 4).

La sequía de mayor intensidad en esta zona se presentó en noviembre/79-abril/81, agosto/82-noviembre/83 y octubre/91-diciembre/92, involucrando entre el 52% y 75% del área con sequía ligera y en menor porcentaje el 15-36% del área con sequía moderada. Eventos de sequía moderada se observan en los municipios de Timbío, San Sebastián,

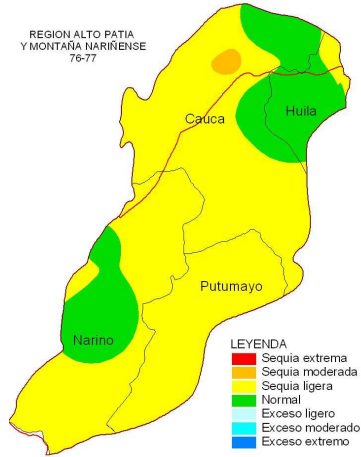
Bolívar, La Sierra, La Vega (Cauca) y Pasto (Nariño). También durante estos dos periodos se presentaron eventos muy puntuales de sequía extrema en el departamento de Cauca, municipios de Timbío, San Sebastián y La Vega.

Sequía ligera se presentó en junio/76-agosto/77, diciembre/77-abril/79, junio/86-mayo/88 y septiembre/96-abril/98; en la mayoría de los casos se presentó en el 64-78% del área.

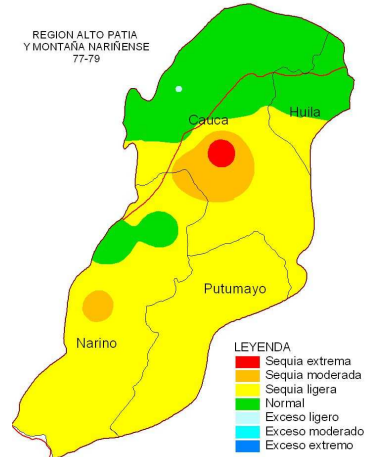
Tabla 8. Eventos de sequía en la zona del Alto Patía y Montaña Nariñense.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Junio/76-Agosto/77	X		
Diciembre/77-Abril/79	X		
Noviembre/79-Abril/81		X	
Agosto/82-Noviembre/83		X	
Junio/86-Mayo/88	X		
Octubre/91-Diciembre/92	X		
Septiembre/96-Abril/98	X		

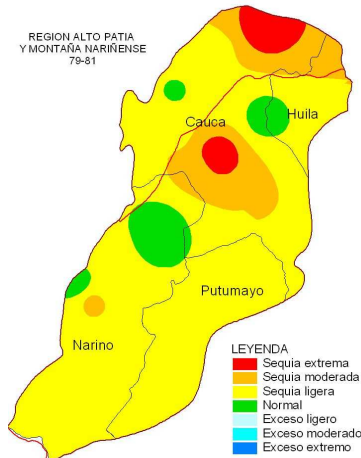
REGION ALTO PATIA
Y MONTAÑA NARIÑENSE
76-77



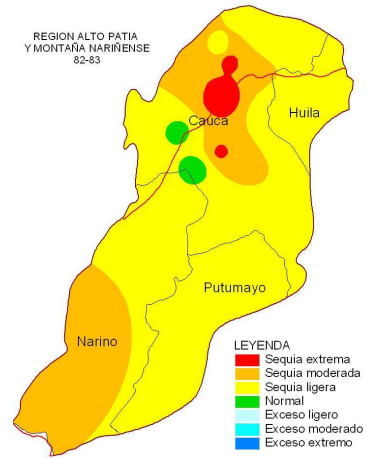
REGION ALTO PATIA
Y MONTAÑA NARIÑENSE
77-79



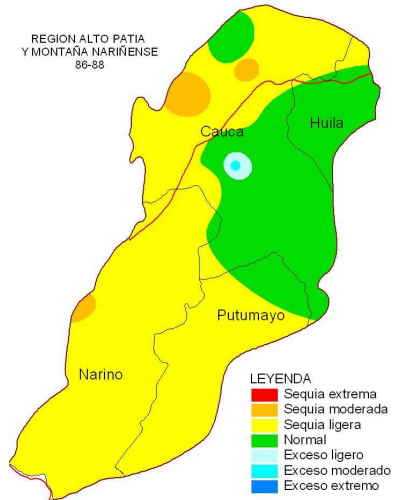
REGION ALTO PATIA
Y MONTAÑA NARIÑENSE
79-81



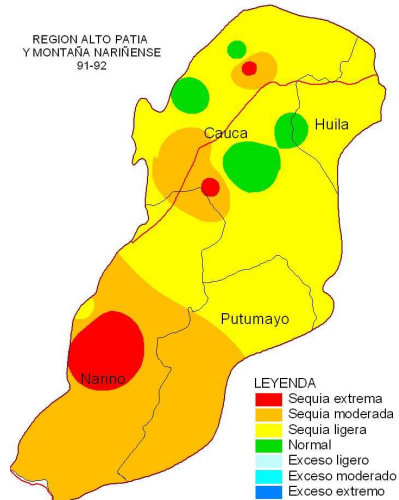
REGION ALTO PATIA
Y MONTAÑA NARIÑENSE
82-83



REGION ALTO PATIA
Y MONTAÑA NARIÑENSE
86-88



REGION ALTO PATIA
Y MONTAÑA NARIÑENSE
91-92



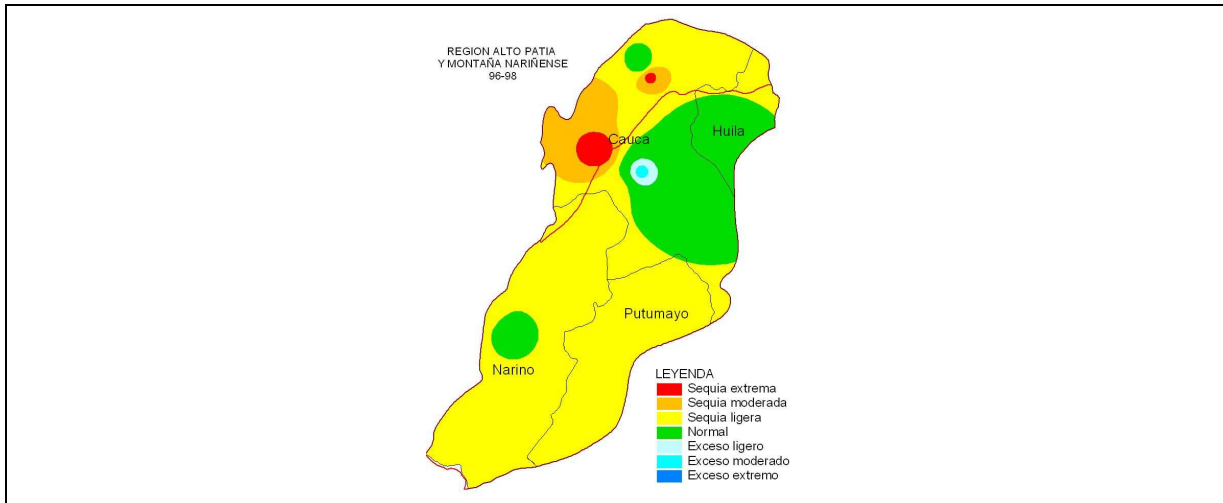


Figura 4. Distribución de los eventos de sequía en la zona del Alto Patía y Montaña Nariñense.

3.2. Región Caribe

En la región Caribe se definieron cuatro zonas y en cada una como resultado del procesamiento y análisis de la información entre el periodo de 1971 y 2000 se identificaron de 7 a 9 periodos de sequía.

ZONA V – San Andrés y Providencia

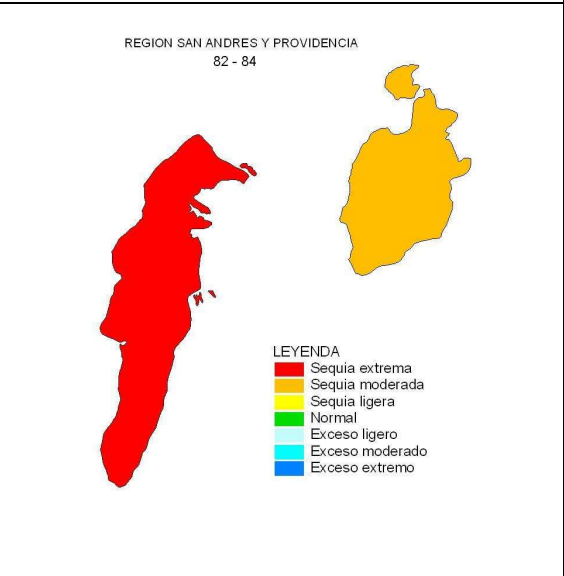
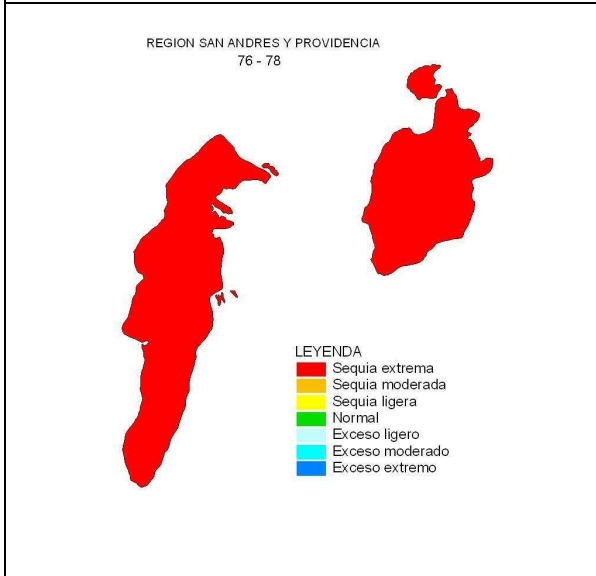
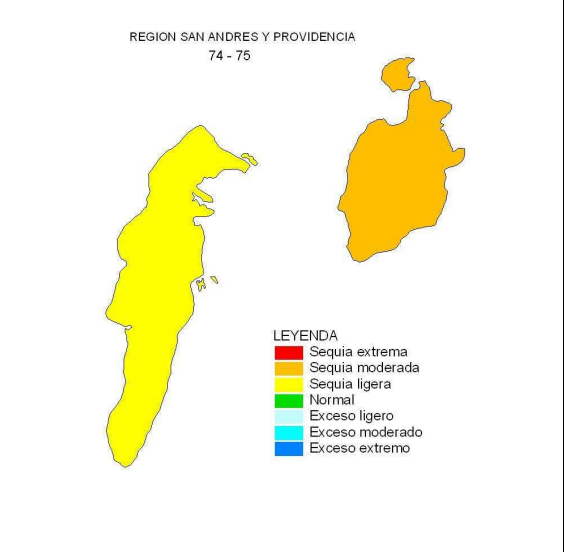
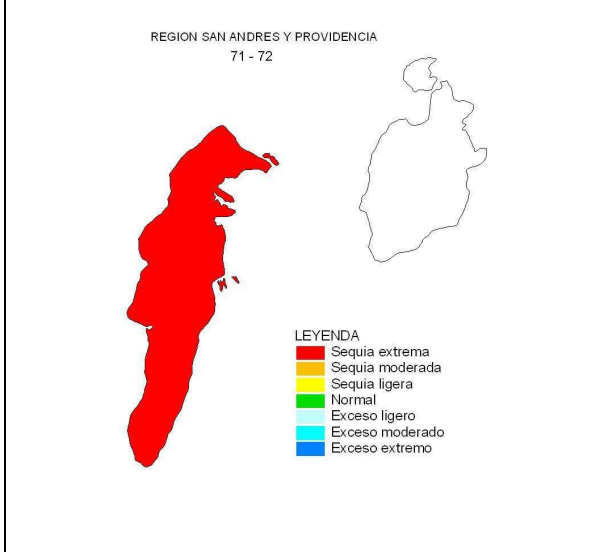
La zona que comprende las islas de San Andrés y Providencia presentó dos periodos bien definidos de sequía extrema (entre mayo/76 - mayo/78 y marzo/91 - abril/93). En general se definieron ocho periodos de sequía, cinco de los cuales son significativos, es decir se presentaron en una o las dos islas, como lo muestra la tabla 9 y la figura 5. En la isla de San Andrés se presentaron tres eventos de sequía extrema, en los periodos de junio/71-octubre/72, septiembre/82-septiembre/84 y abril/97-mayo/98, mientras que en Providencia durante esos mismos periodos hubo un déficit hídrico moderado.

Eventos de sequía entre ligera y moderada se presentaron durante dos épocas, junio/74-agosto/75 y diciembre/93-junio/95. Durante el primer periodo de sequía, en San Andrés se observó una sequía ligera, mientras que en Providencia fue moderada. Caso contrario ocurrió en el segundo periodo, sequía ligera se presentó entre enero/89 y octubre/90 afectando las dos islas.

Tabla 9. Eventos de sequía la isla de San Andrés y Providencia.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema	Sequía Extrema
Junio/71-Octubre/72			X	
Junio/74-Agosto/75		X		
Mayo/76-Mayo/78				X

Septiembre/82-Septiembre/84			X	
Enero/89-Octubre/90	X			
Marzo/91-Abril/93				X
Diciembre/93-Junio/95		X		
Abril/97-Mayo/98			X	



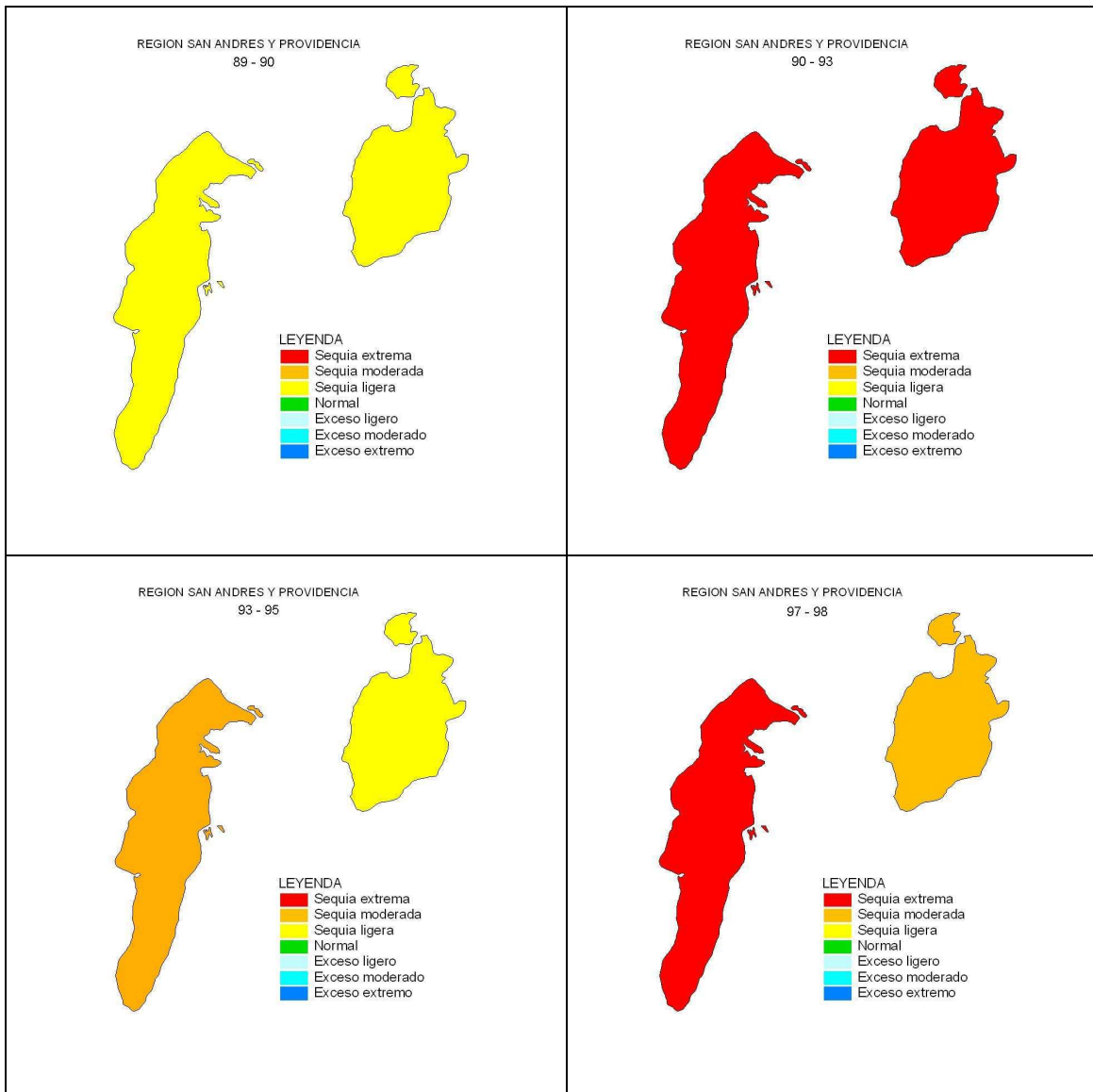


Figura 5. Distribución de los eventos de sequía en las Islas de San Andrés y Providencia.

ZONA VI – Alta Guajira

La Alta Guajira constituida por gran parte de la península de la Guajira, aunque es una zona de clima árido, donde se dan los promedios anuales más bajos de precipitación del país, cercanos a 300mm, no se observan eventos de sequía extrema. A pesar de que se detectaron períodos con cantidades de lluvia aun menores de las magnitudes normales, el concepto normal de sequía no es propiamente aplicable a esta zona, debido a que normalmente la explotación agrícola bajo condiciones convencionales es prácticamente inexistente y la disponibilidad hídrica con fines energéticos o de otro tipo, es siempre

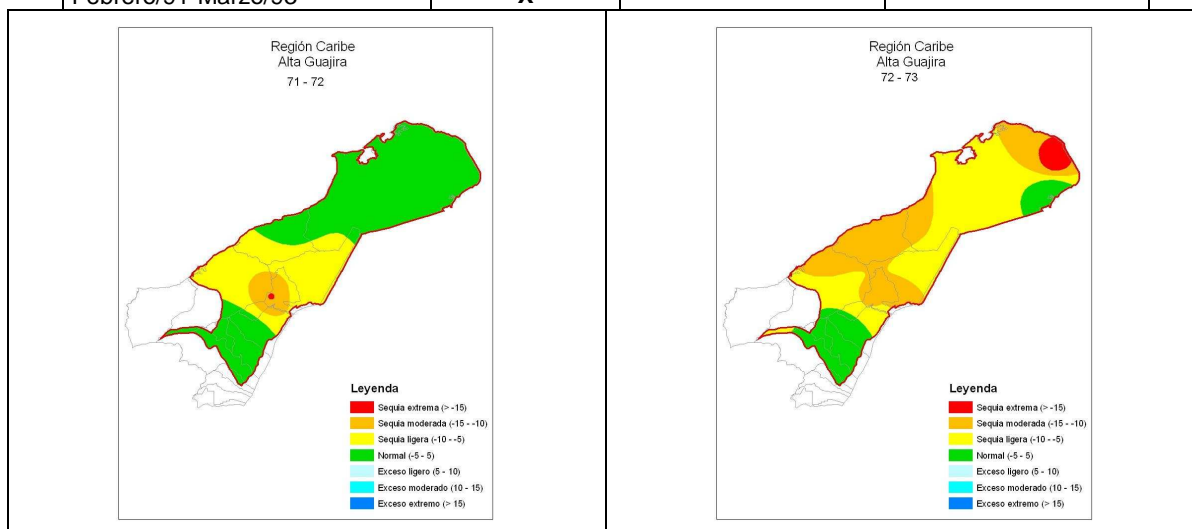
insuficiente.

A continuación se enumeran estos períodos de bajo abastecimiento los cuales se deben interpretar con las limitantes anteriormente enunciadas.

En la tabla 10 y la figura 6, se ilustra que la sequía más frecuente en esta región se caracteriza por ser de intensidad ligera, ocurrida durante 4 épocas: abril/71-enero/72 (afectando el 30% del área), abril/76-febrero/78 (73% del área), septiembre/81-marzo/83 (32% del área) y febrero/91-marzo/93 (56% del área). Así mismo, se puede concluir que la sequía de mayor intensidad observada es la moderada, como se observa en los periodos entre mayo/72-julio/73 y julio/83-julio/84; en ambos periodos el territorio estuvo afectado entre un 34 - 44%, cubriendo principalmente los municipios de Uribia, Manaure y Maicao.

Tabla 10. Eventos de sequía en la Alta Guajira.

PERIODOS DE SEQUIA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Abril/71-Enero/72	X		
Mayo/72-Julio/73		X	
Abril/76-Febrero/78	X		
Septiembre/81-Marzo/83	X		
Julio/83-Julio/84		X	
Febrero/91-Marzo/93	X		



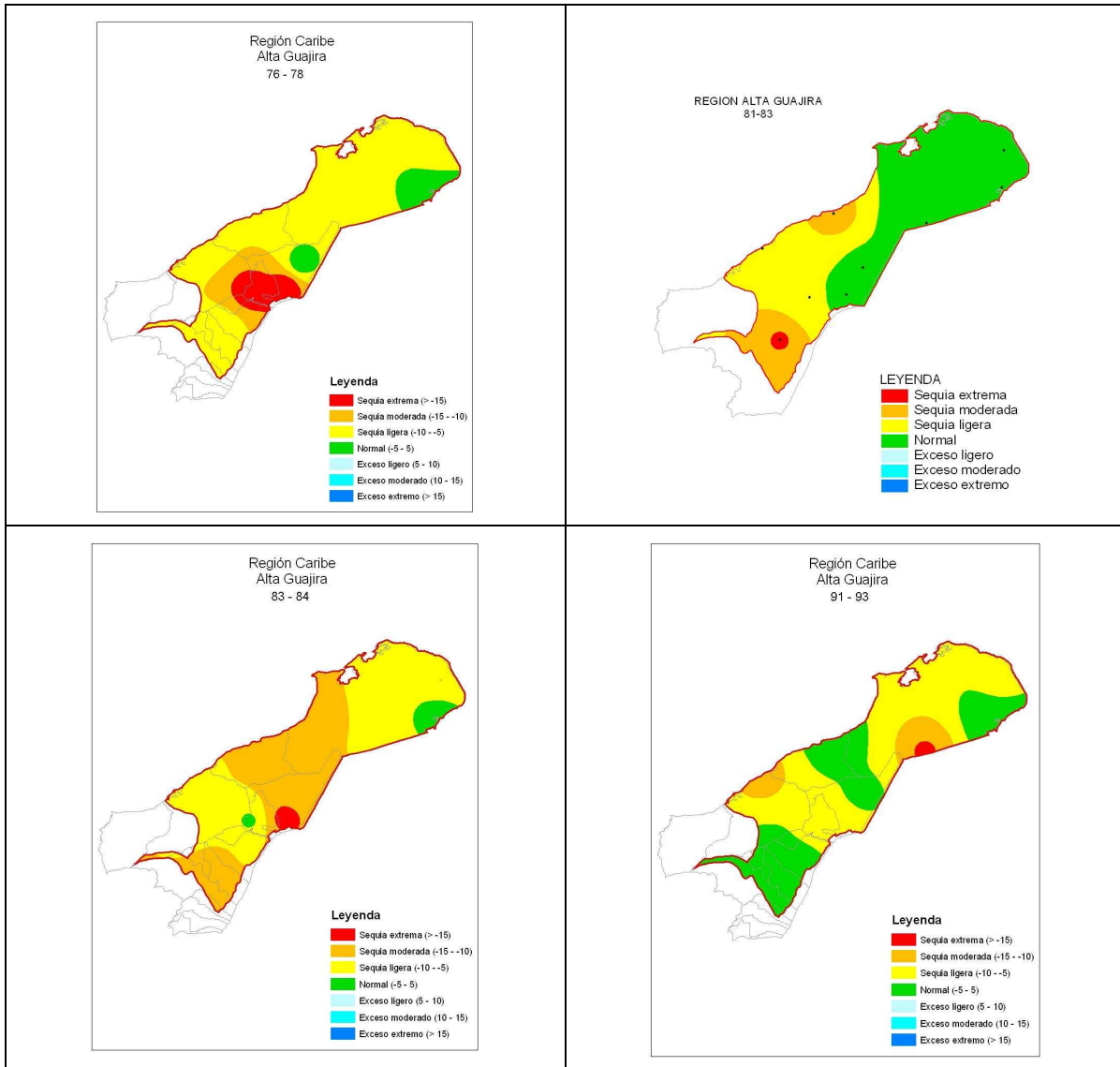


Figura 6. Distribución de los eventos de sequía en la Alta Guajira.

ZONA VII - Sierra Nevada de Santa Marta, Cuenca del río Cesar y Litoral Central

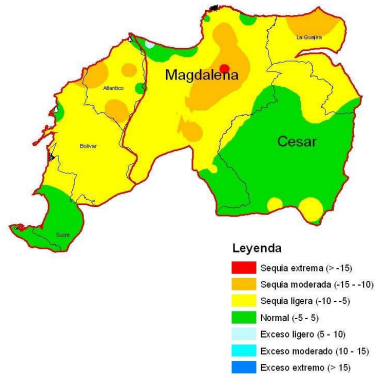
En la zona VII integrada por la Sierra Nevada de Santa Marta, la cuenca del río Cesar y el Litoral Central (conformada por la línea Santa Marta - Golfo de Morrosquillo a lo largo de la costa del Mar Caribe), se presentaron dos periodos de sequía (marzo/76-febrero/78 y agosto/82-junio/84), de intensidad significativa clasificada entre ligera (presente en un 36 - 43% del territorio aproximadamente) y moderada (23 y 31% de la región), como se observa en la tabla 11 y la figura 7. El déficit hídrico moderado se presentó principalmente en el sur del departamento de Magdalena, municipios de Ciénaga, Fundación, Pivijay y Ariguaní; además de los municipios de Ponedera (Atlántico), Arjona (Bolívar) y Tolú (Sucre).

Las épocas en las que se muestra sequía ligera de gran distribución porcentual también evidenciaron aunque en forma local, sequías de intensidad moderada (aproximadamente entre 2 y 30% del área) y extrema (entre 1 y 8%), en los municipios de Ciénaga, Santa Marta, Fundación (Magdalena), Santa Catalina (Bolívar), Valledupar, Agustín Codazzi, Chiriguana (Cesar), Manatí (Atlántico) y Riohacha (La Guajira). Los municipios de Santa Marta y Pivijay en el departamento de Magdalena, se caracterizan por presentar los eventos de sequía más severo de esta región.

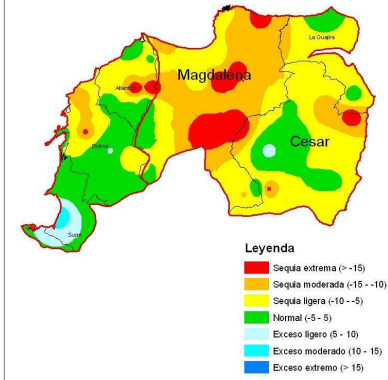
Tabla 11. Eventos de sequía en la Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del río Cesar y el Litoral Central.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Julio/72-Junio/73	X		
Marzo/76-Febrero/78		X	
Agosto/82-Junio/84		X	
Abril/91-Abril/92	X		
Agosto/93-Marzo/95	X		
Febrero/97-Febrero/98	X		

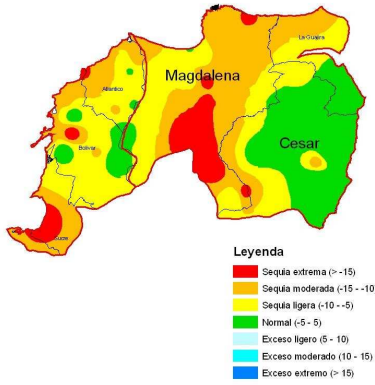
Región Caribe
Sierra Nevada de Santa Marta - Litoral Central
72 - 73



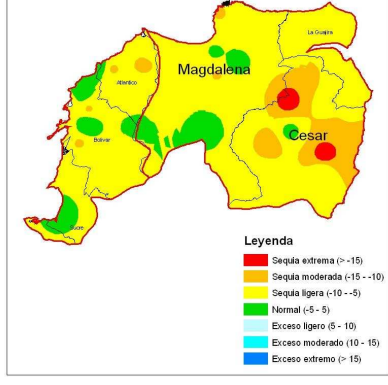
Región Caribe
Sierra Nevada de Santa Marta - Litoral Central
76 - 78



Región Caribe
Sierra Nevada de Santa Marta - Litoral Central
82 - 84



Región Caribe
Sierra Nevada de Santa Marta - Litoral Central
91 - 92



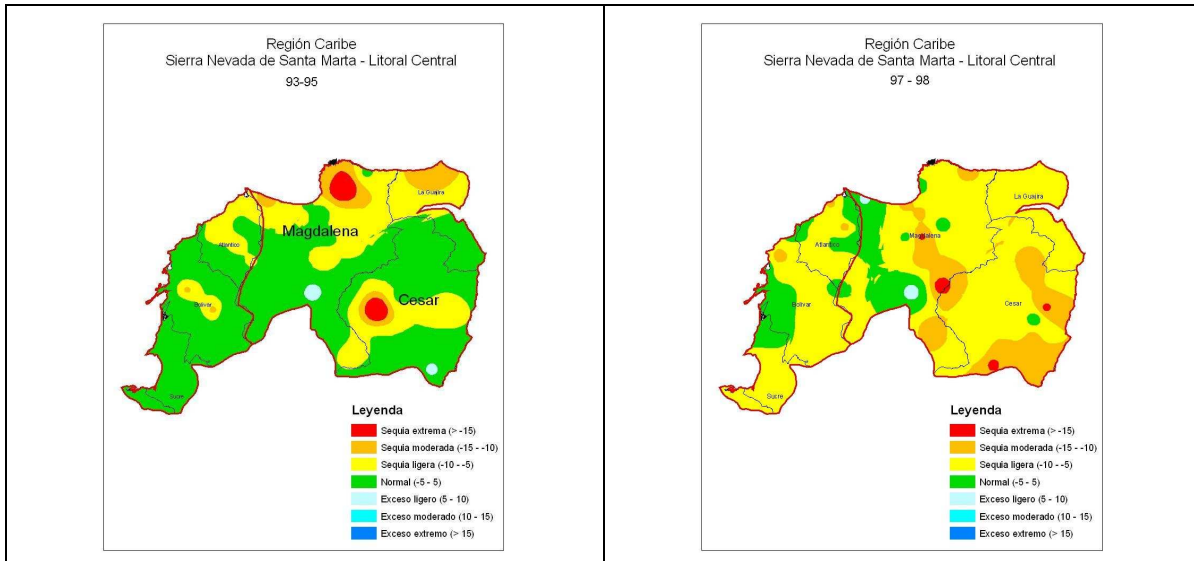


Figura 7. Distribución de los eventos de sequía en la Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del río Cesar y el Litoral Central

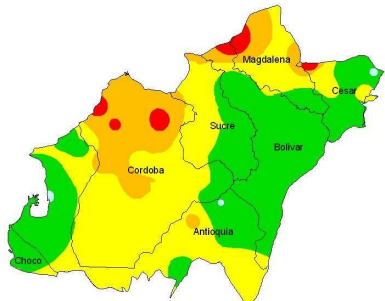
ZONA VIII - Bajo Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá

En las cuencas del Bajo Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá, la sequía ligera fue predominante, tanto en distribución espacial como en frecuencia; únicamente se presentan déficits hídricos moderados y extremos de carácter local durante los periodos entre julio/72-diciembre/73, marzo/76-febrero/78, mayo/86-septiembre/87 y noviembre/96-abril/98 (ver tabla 12 y figura 8). Las áreas afectadas por eventos moderados (entre 1 y 18% de extensión) a extremos (de 3 a 5%) se encuentran en los departamentos de Bolívar (Córdoba, Zambrano, Magangué, Pinillos), Cesar (Chimichagua, Chiriguaná), Córdoba (Puerto Esco, Ciénaga de Oro, Montería) y Antioquia (Caucasia, Chigorodó). Así como también en Córdoba, Magangué (Bolívar) y Chimichagua (Cesar).

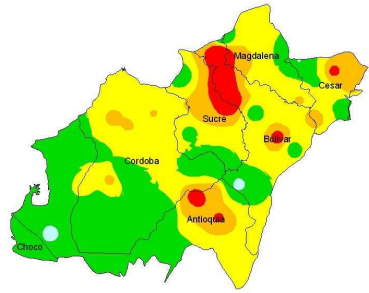
Tabla 12. Eventos de sequía en el Bajo Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Julio/72-Diciembre/73		X	
Marzo/76-Febrero/78		X	
Agosto/82-Marzo/83	X		
Diciembre/84-Julio/85	X		
Mayo/86-Septiembre/87		X	
Junio/91-Diciembre/92	X		
Noviembre/96-Abril/98		X	

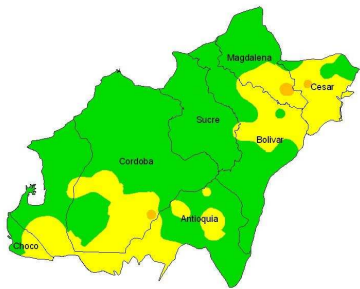
Región Caribe
Bajo Magdalena - Sinu - San Jorge - Bajo Nechi - Uraba
73 - 73



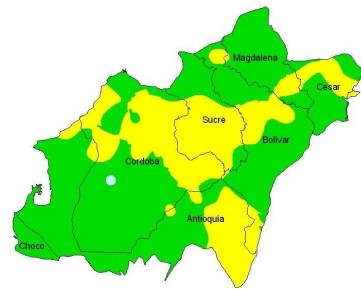
Región Caribe
Bajo Magdalena - Sinu - San Jorge - Bajo Nechi - Uraba
76 - 78



Región Caribe
Bajo Magdalena - Sinu - San Jorge - Bajo Nechi - Uraba
82 - 83



Región Caribe
Bajo Magdalena - Sinu - San Jorge - Bajo Nechi - Uraba
84 - 85



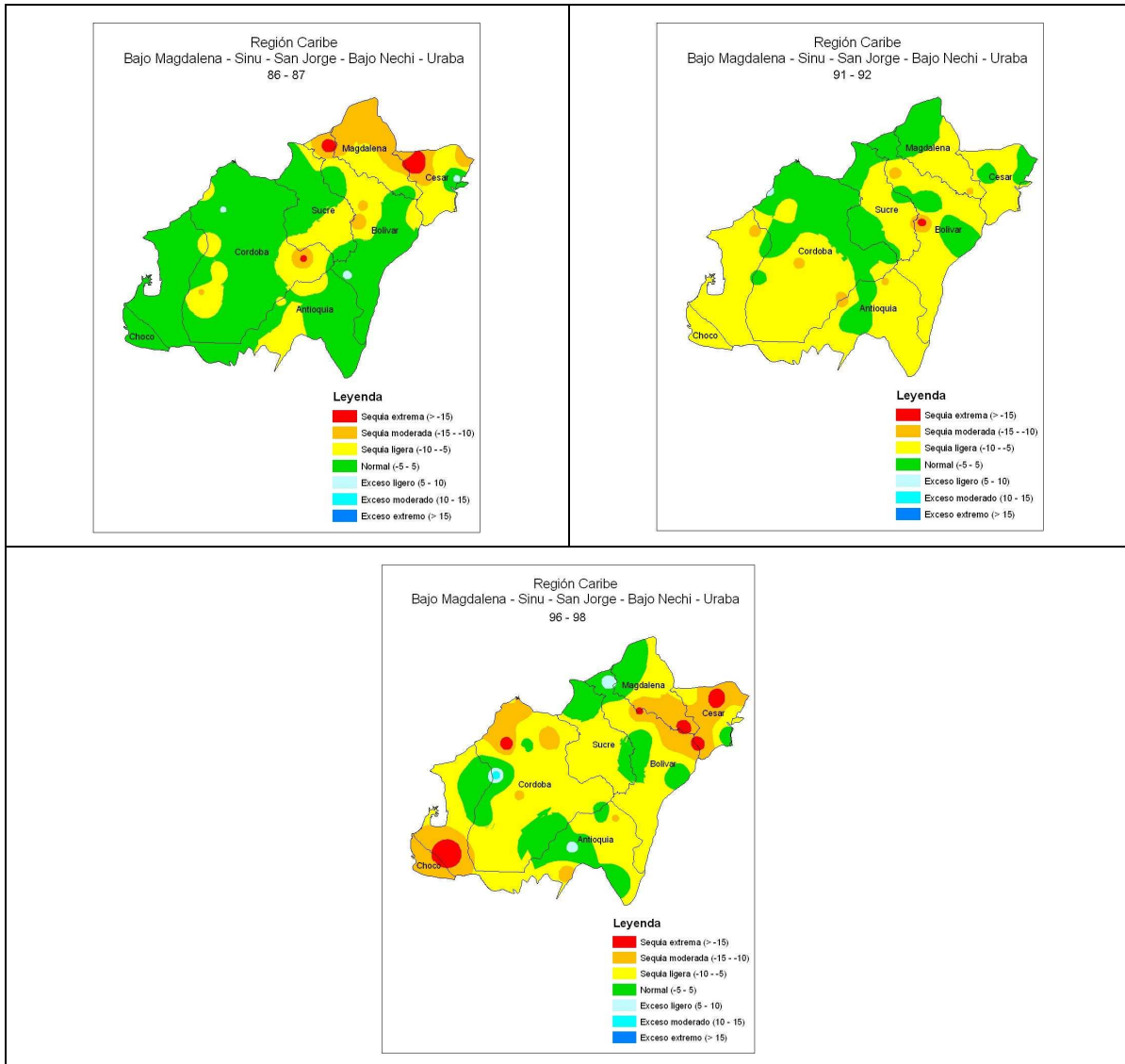


Figura 8. Distribución de los eventos de sequía en el Bajo Magdalena y Sinú, San Jorge, Bajo Nechí y Urabá.

3.3. Región Pacífica

En la región Pacífica se definieron dos grandes zonas, las cuales forman parte de una de las regiones con más alta pluviosidad en el mundo, es así que en el centro de la región se presentan valores superiores a los 9.000mm y como consecuencia en esta zona predominaron periodos de sequía con intensidades entre ligeras y moderadas.

ZONA IX – Pacífico Norte y Centro

La zona IX está conformada por los sectores norte y centro de la región Pacífica, que están definidos en su mayor parte por la cuenca de los ríos Atrato y San Juan.

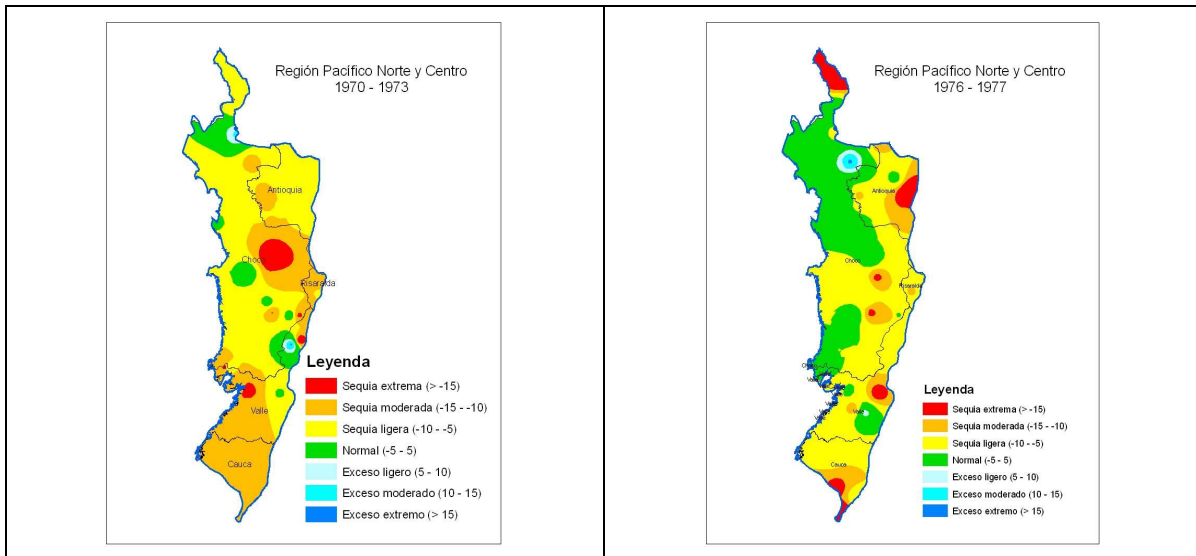
En esta zona en el periodo entre julio/86 y mayo/88 se presentaron eventos de sequía extrema en aproximadamente 12% de la zona, en los municipios de Frontino y Urrao (Antioquia), Lloró (Chocó) y Versailles (Valle) (ver tabla 13 y figura 9). Otros eventos de sequía fuerte pero de menor extensión, se observaron en el 5% del área de Acandí (Chocó), Abriaquí (Antioquia), durante marzo/76-junio/77; así mismo durante mayo/82-diciembre/83 y noviembre/96-junio/98, afectando entre un 8% y 12% del área de Buenaventura (Valle) y San José del Palmar (Chocó).

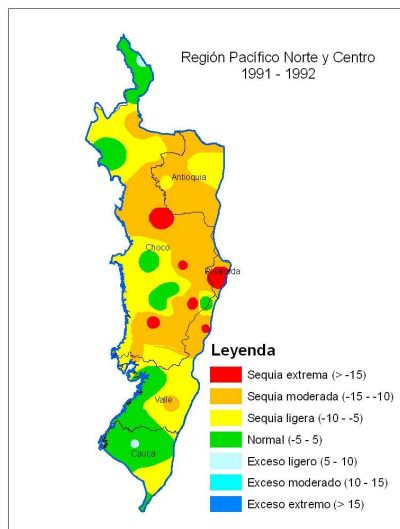
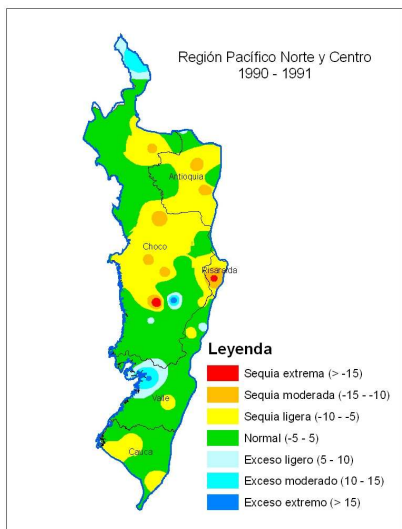
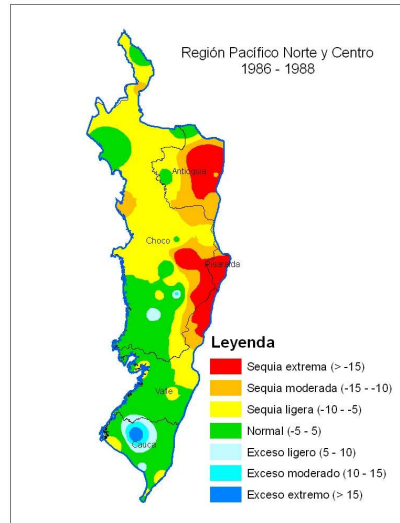
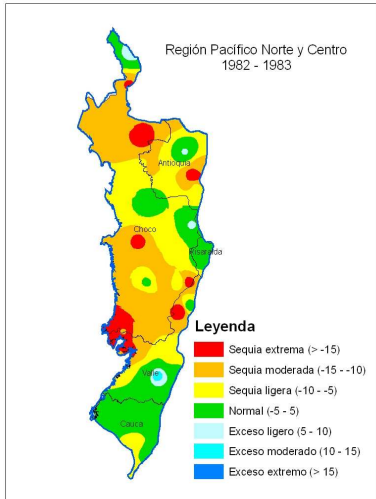
Sequía de ligera a moderada se presentó en marzo/72-junio/73 y agosto/91-diciembre/92, representando un 76 a 85% del área, en Quibdó, San José del Palmar, Itsmina (Chocó), Versailles, Buenaventura (Valle) y Pueblo Rico (Risaralda).

Otros periodos en las que predominaron déficits hídrico bajos fueron marzo/76-junio/77 y enero/90-junio/91, donde comprenden aproximadamente de un 35 a 47% del área.

Tabla 13. Eventos de sequía en el Pacífico Norte y Centro.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Marzo/72-Junio/73		X	
Marzo/76-Junio/77	X		
Mayo/82-Diciembre/83		X	
Julio/86-Mayo/88			X
Enero/90-Junio/91	X		
Agosto/91-Diciembre/92		X	
Noviembre/96-Junio/98		X	





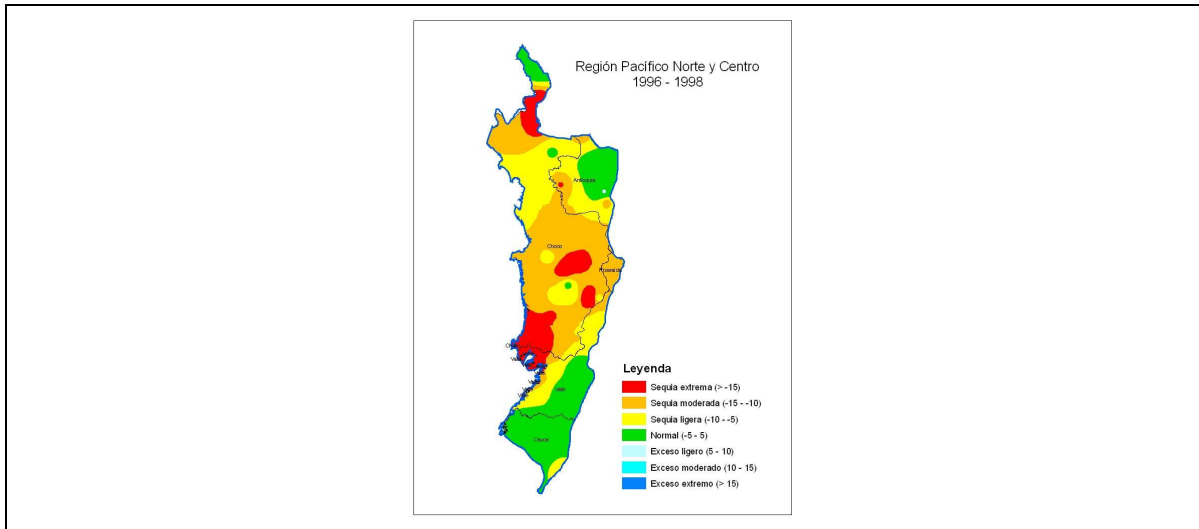


Figura 9. Distribución de los eventos de sequía en el Pacífico Norte y Centro.

ZONA X – Pacífico Sur

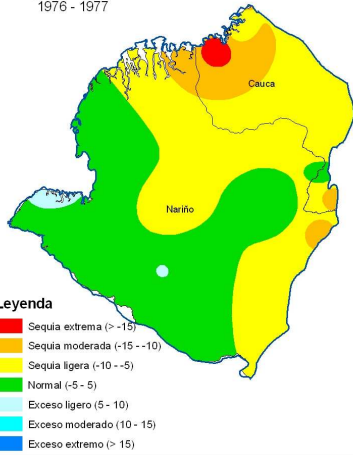
Esta zona se localiza en la cuenca baja del río Patía, particularmente en el departamento de Nariño y el sur de Cauca; en ella se presentaron cinco eventos de sequía con intensidad entre ligera y moderada (ver tabla 14 y figura 10); estos fueron: enero/85-septiembre/86, diciembre/89-junio/91, octubre/91-diciembre/92, mayo/94-abril/95 y agosto/96-marzo/98. No se presentaron eventos con sequía extrema.

En los anteriores periodos se observa un déficit hídrico moderado, que ocupan entre el 15 y 45% de la región. Mientras tanto, déficits ligeros se extienden entre el 45 y 65% del área. En el departamento de Nariño, en los municipios de Barbacoas, Tumaco y Taminango, y en el Cauca, los municipios de Guapi y Mercaderes, se observaron algunos eventos locales de sequía extrema.

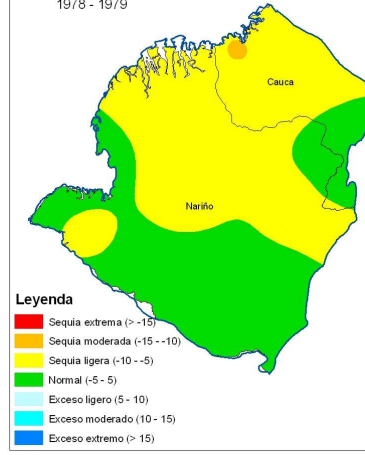
Tabla 14. Eventos de sequía en el Pacífico Sur.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Enero/76-Junio/77	X		
Agosto/78-Marzo/79	X		
Noviembre/79-Enero/81	X		
Enero/85-Septiembre/86		X	
Diciembre/89-Junio/91		X	
Octubre/91-Diciembre/92		X	
Mayo/94-Abril/95		X	
Agosto/96-Marzo/98		X	

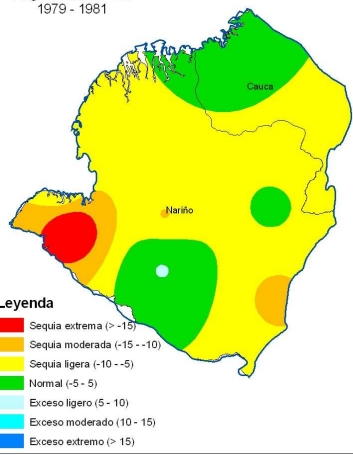
Región Pacífico Sur
1976 - 1977



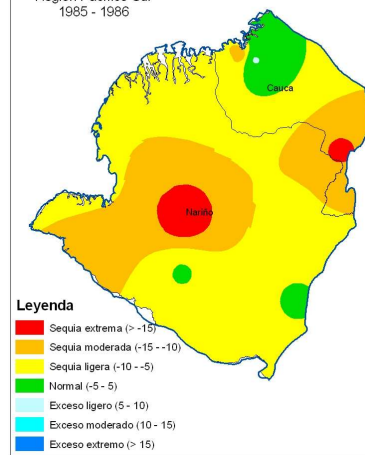
Región Pacífico Sur
1978 - 1979



Región Pacífico Sur
1979 - 1981



Región Pacífico Sur
1985 - 1986



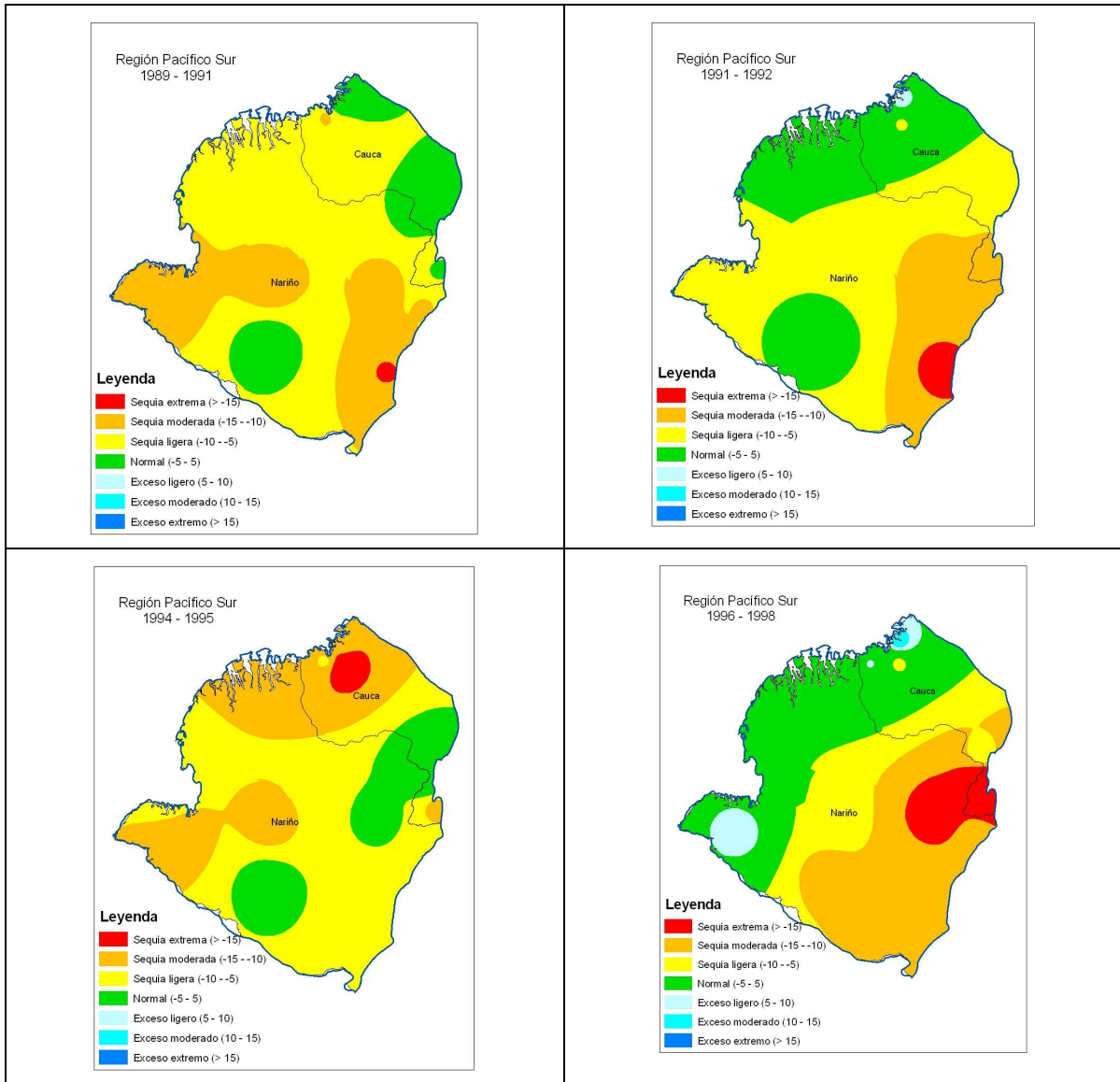


Figura 10. Distribución de los eventos de sequía en el Pacífico Sur.

3.4. Región Orinoquia

La Orinoquia se caracteriza por tener un régimen pluviométrico monomodal, en donde a partir de marzo presenta una tendencia ascendente hacia la única temporada húmeda del año. Esta región para efectos del estudio se dividió en dos zonas extensas y en ellas solo se identificaron 4 periodos de sequía significativos.

ZONA XI - Cuenca del río Arauca, media del río Meta y piedemonte Llanero

La zona XI integrada por la cuenca del río Arauca, media del río Meta y el piedemonte llanero (conformado por la parte alta de los ríos Meta y Guaviare), presentaron sequía severa durante el periodo desde febrero/74 a septiembre/75, en el departamento de Casanare, municipios de Tamara, Yopal, San Luis de Galeno y Chameza (ver tabla 15 y figura 11).

Otras épocas de sequía extrema aunque presentes en una extensión muy pequeña, ocurrieron durante marzo/84 a diciembre/85 y diciembre/91 a febrero/93. Durante el primer periodo el evento severo ocurrió en el municipio de Sacama en Casanare, mientras que en el 42% del área se observó una sequía ligera en sectores de Casanare y Meta; en el resto del área, aproximadamente la mitad, se caracterizó por una disponibilidad hídrica normal. Durante el segundo periodo, se observa que en más del 90% de la región predominó una disponibilidad hídrica normal, aunque hubo eventos aislados de sequía severa en Norte de Santander, particularmente en Chitagá.

Septiembre/76 y febrero/78 fue otro periodo donde se presentó sequía ligera en al menos el 45% del área, específicamente en municipios de Casanare y Meta.

Tabla 15. Eventos de sequía en la cuenca del río Arauca, media del río Meta y piedemonte Llanero

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Febrero/74-Septiembre/75			X
Septiembre/76-Febrero/78	X		
Marzo/84-Diciembre/85	X		
Diciembre/91-Febrero/93	X		

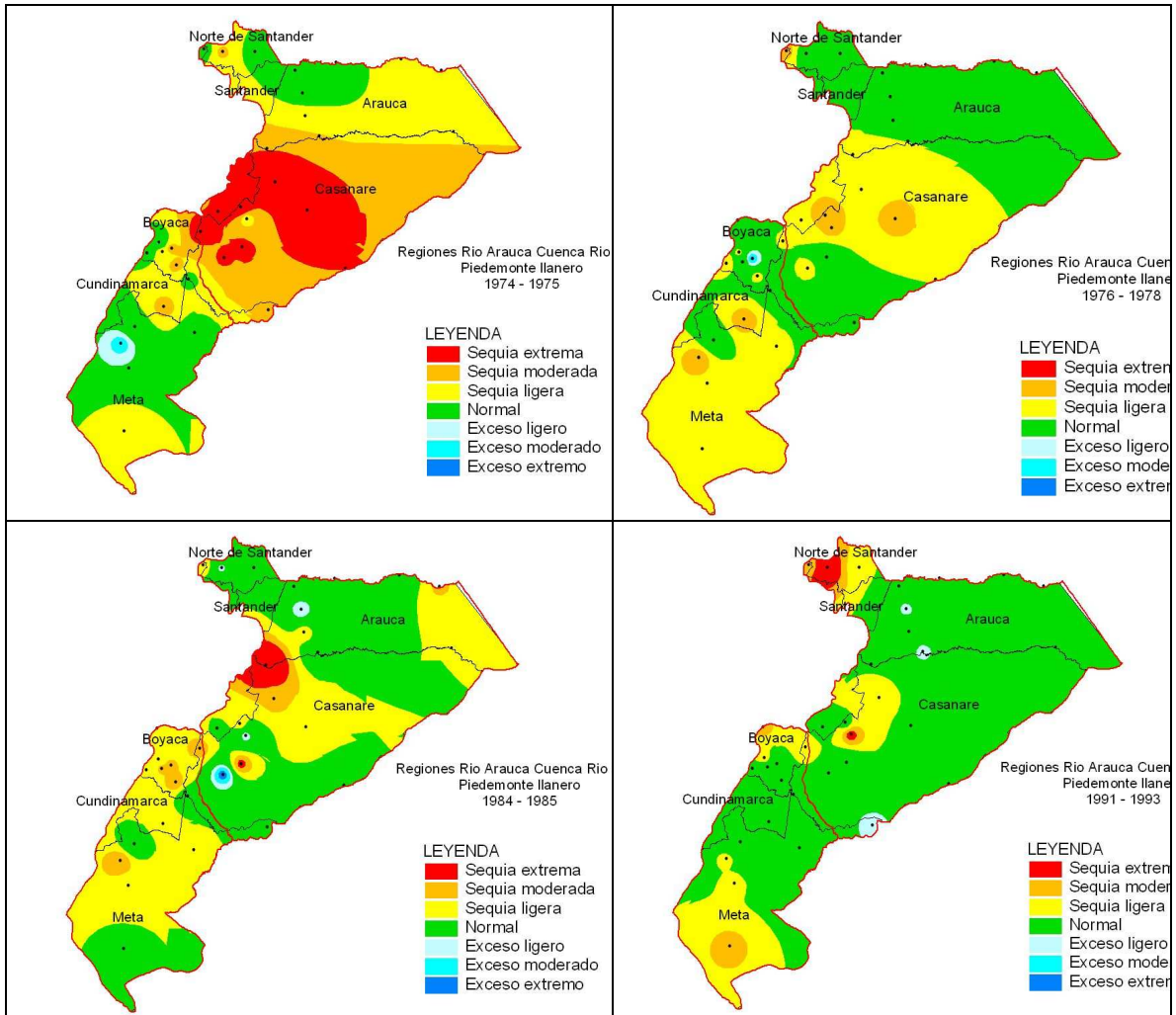


Figura 11. Distribución de los eventos de sequía en la cuenca del río Arauca, media del río Meta y piedemonte Llanero

ZONA XII – Orinoquia Central y Oriental

La zona XII está comprendida por el centro y oriente de la Orinoquia; específicamente hacia el oriente de los departamentos de Meta y Guaviare y por las Sabanas de Vichada y Guainía. En esta zona la sequía ligera presentó una mayor distribución espacial y temporal, mientras que eventos de sequía moderada y extrema únicamente se presentaron en un área pequeña de Vichada, especialmente en la esquina nororiental, municipio de Puerto Carreño, durante enero/70-enero/71 y febrero/74-noviembre/75 (ver tabla 16 y figura 12).

Tabla 16. Eventos de sequía en la Orinoquia Central y Oriental.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Enero/70-Enero/71		X	
Febrero/74-Noviembre/75	X		
Octubre/76-Febrero/78	X		
Marzo/97-Febrero/98	X		

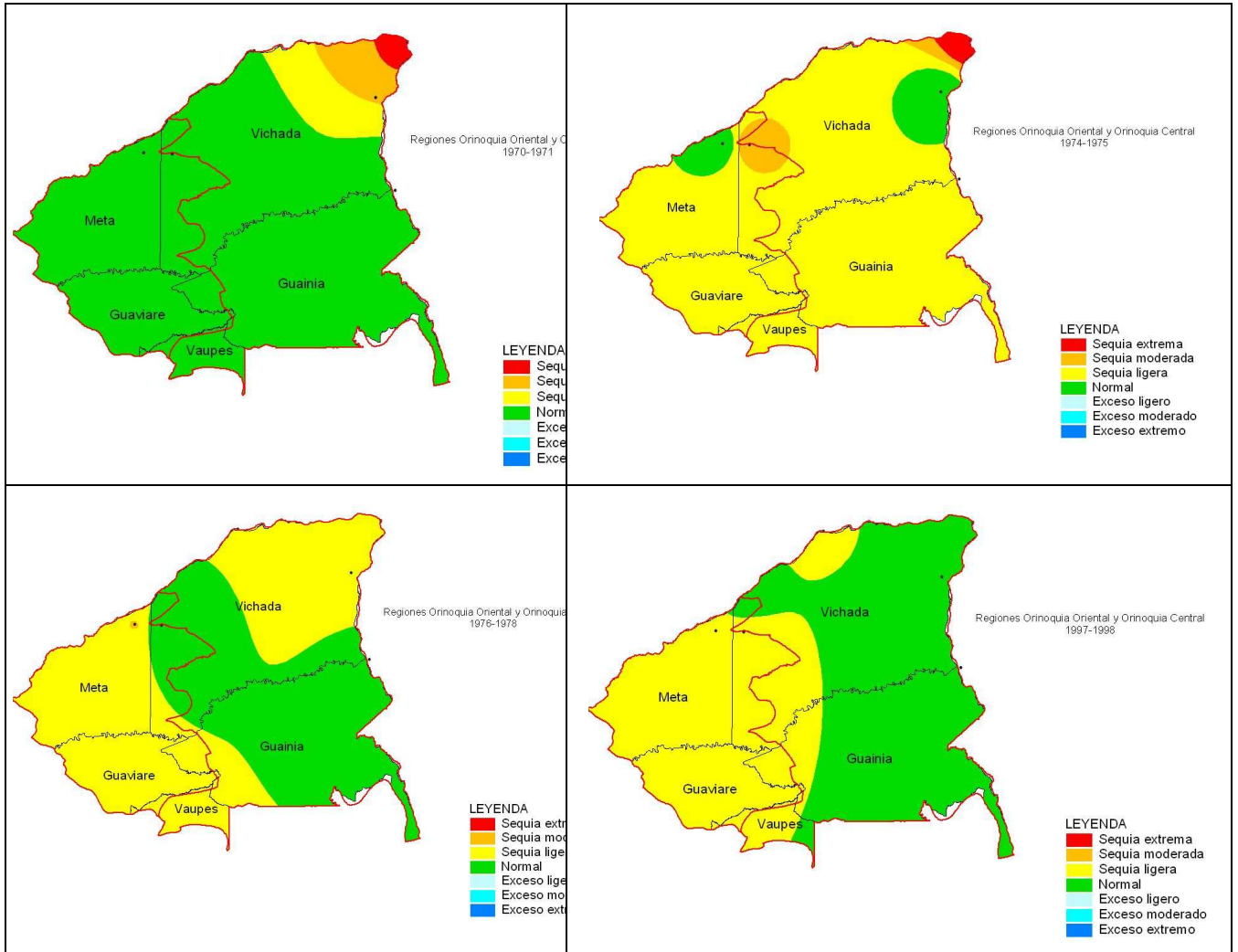


Figura 12. Distribución de los eventos de sequía en la Orinoquia Central y Oriental.

3.5. Región Amazonia

En la Amazonia, el principal generador de lluvia es la zona de confluencia Intertropical que junto con la cobertura vegetal genera altas tasas de evaporación que a su vez son causantes de altos niveles de humedad. En esta región se identificaron dos zonas, una el piedemonte Amazónico y la otra conformada por los sectores centro y oriente de la región. Las mayores precipitaciones se presentan hacia el Piedemonte Amazónico donde en algunos sitios puede llegar a superar los 4.000 mm/año, condición que se refleja en la presencia de solo dos eventos de sequía, en las que solo uno de ellos se generalizó en toda la región y presentó una intensidad significativa.

ZONA XIII – Piedemonte Amazónico

En el piedemonte Amazónico, sequías con intensidades entre ligera y extrema, se presentaron afectando la totalidad de la región entre marzo/84 y junio/86; en donde predominó la sequía extrema en un 61% del área, seguida de la sequía moderada (27% del área) y por último la sequía ligera (10% del área). La sequía extrema se observa en Sibundoy, Villagarzón y Puerto Asís, en el departamento de Putumayo (ver tabla 17 y figura 13).

Otro periodo de sequía presente entre 10 y 30% del área, predominantemente de carácter ligero, se observó entre enero/81 y febrero/82.

Tabla 17. Eventos de sequía en el Piedemonte Amazónico.

PERIODOS DE SEQUIA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Enero/81-Febrero/82		X	
Marzo/84-Junio/86			X

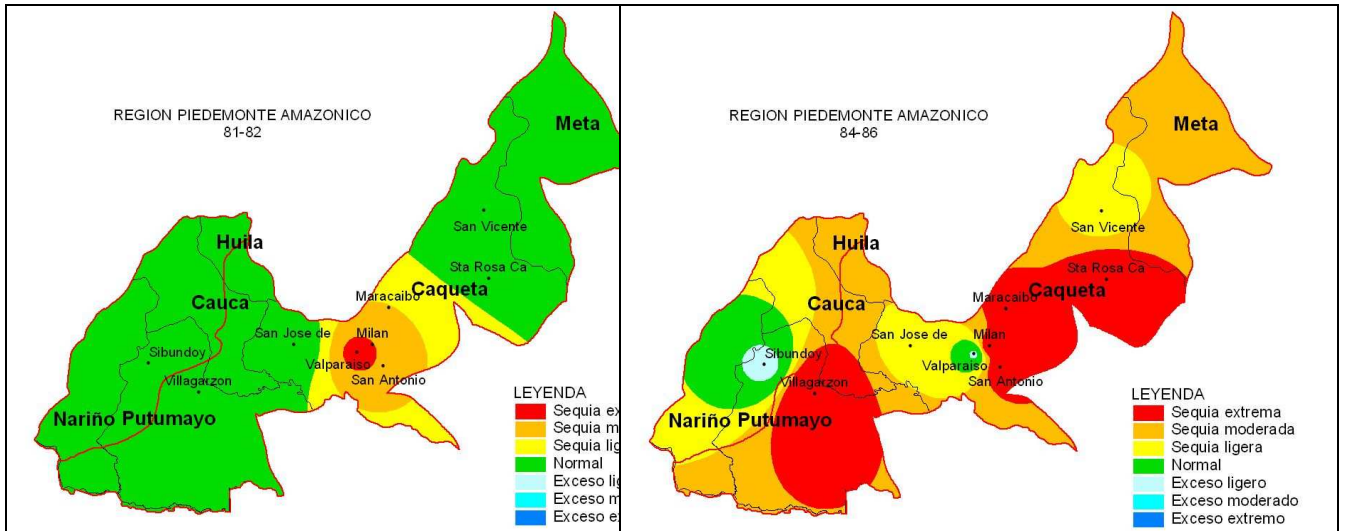


Figura 13. Distribución de los eventos de sequía en el Piedemonte Amazónico.

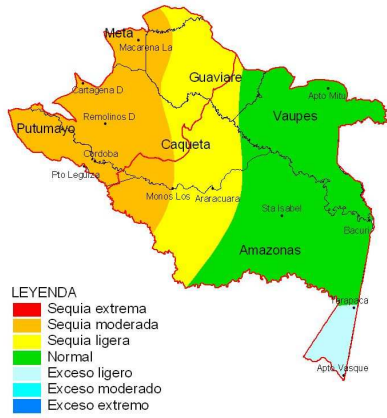
ZONA XIV – Amazonia Central y Suroriente de Amazonia

En el centro y suroriente de la Amazonia, fenómenos de sequía entre ligera y moderada fueron los más frecuentes, como se observa en los periodos de febrero/75-mayo/76, abril/77-mayo/78, febrero/79-septiembre/80, julio/83-mayo/85 y julio/95-septiembre/96 (ver tabla 18 y figura 14). Sequía de mayor severidad, solo se presentó de forma local en los municipios de Mitú (Vaupés), Tarapacá (Amazonas) y Cartagena de Chairá (Caquetá).

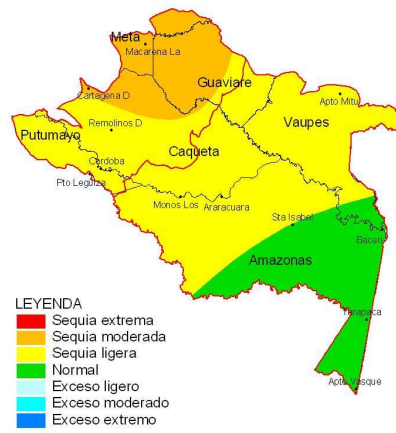
Tabla 18. Eventos de sequía en la Amazonia Central y Suroriente de Amazonia

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía de moderada a extrema
Febrero/75-Mayo/76		X	
Abril/77-Mayo/78		X	
Febrero/79-Septiembre/80		X	
Julio/83-Mayo/85		X	
Julio/95-Septiembre/96		X	

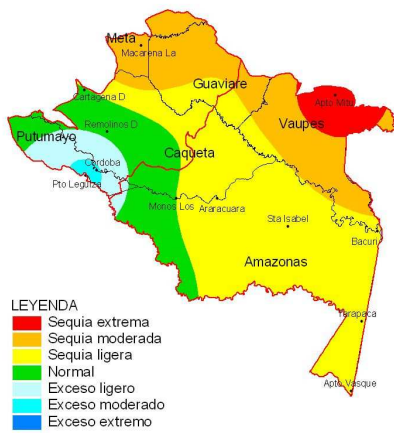
REGION SURORIENTE Y CENTRO
DEL AMAZONIA
75-76



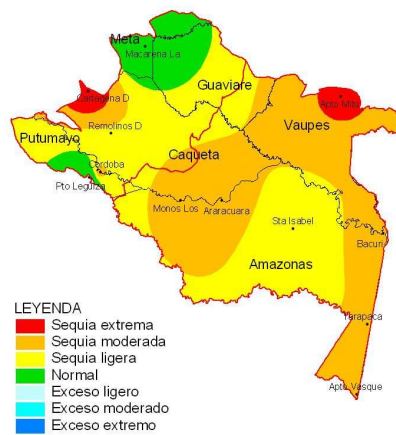
REGION SURORIENTE Y CENTRO
DEL AMAZONIA
77-78



REGION SURORIENTE Y CENTRO
DEL AMAZONIA
79-80



REGION SURORIENTE Y CENTRO
DEL AMAZONIA
83-85



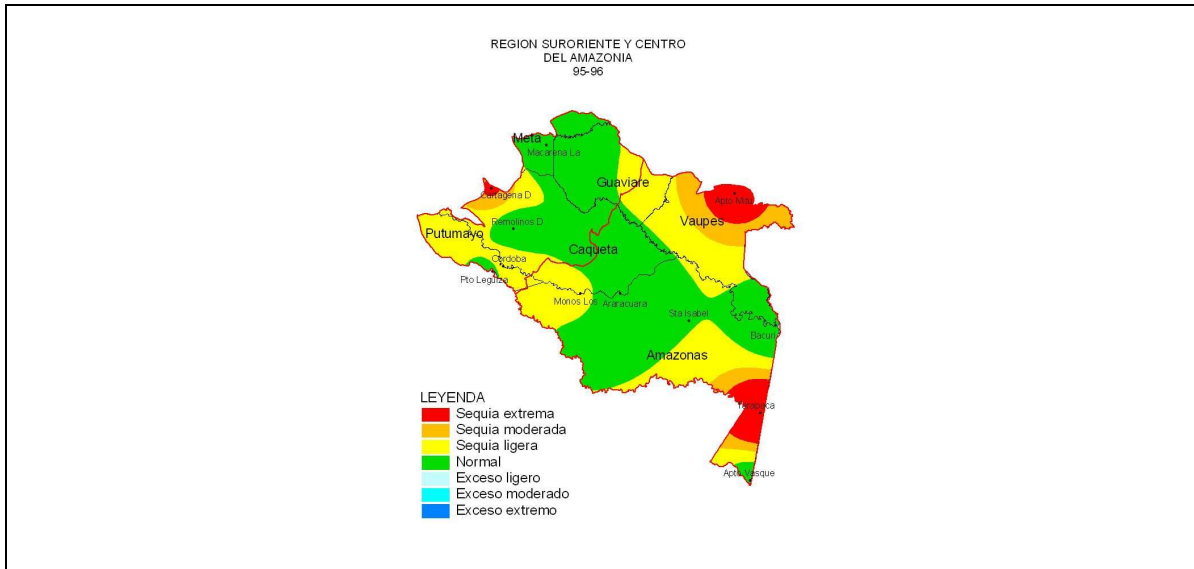


Figura 14. Distribución de los eventos de sequía en la Amazonia Central y Suroriental de Amazonia.

4. RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DE LA SEQUIA A NIVEL NACIONAL

Además del análisis por regiones en el que se elaboraron mapas regionales, se ha intentado elaborar mapas nacionales, obviando las naturales diferencias que ya se han descrito a nivel regional. Esto con el ánimo de obtener una visión general del comportamiento del fenómeno, aunque no necesariamente refleje el comportamiento detallado descrito anteriormente.

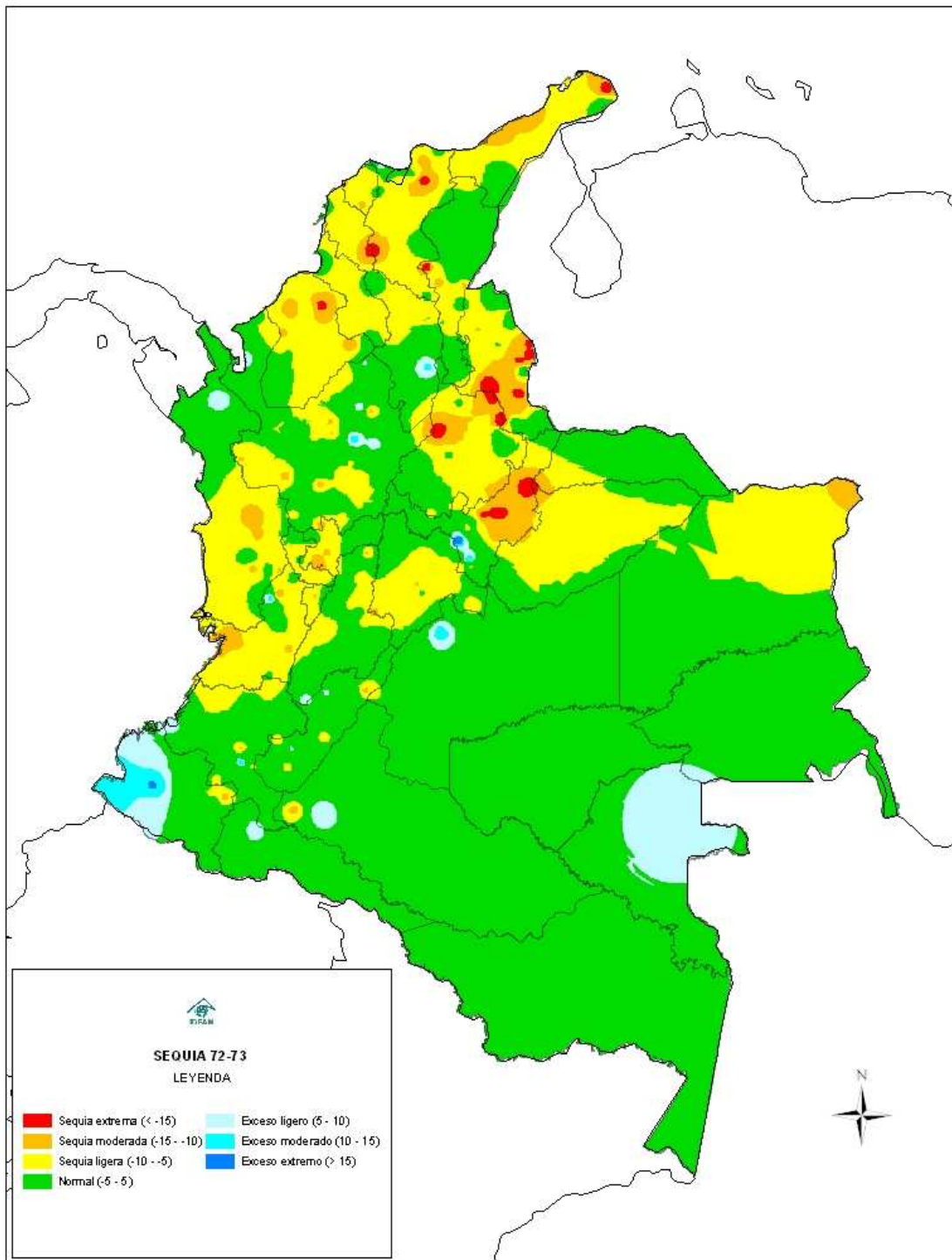
De acuerdo con los resultados obtenidos, los eventos de sequía más importantes ocurridos en el periodo entre 1970 y el 2000 que ocupan una buena extensión del territorio nacional, teniendo en cuenta el índice de precipitación estandarizada SPI3 son: julio/72-agosto/73, abril/76-julio/77, julio/82-diciembre/83, agosto/91-diciembre/92 y abril/97-marzo/98 (ver mapas Nos. 2, 3, 4, 5 y 6).

De los 5 periodos de sequía, los más significativos tanto en intensidad como en extensión territorial, fueron agosto/91-diciembre/92 y abril/97-marzo/98, como se observa en los mapas de Colombia y los regionales del capítulo anterior. El evento del periodo 91-92 representa la sequía más importante ocurrida en el país, ya que se constituye en la sequía más severa (sequía extrema) y que mayor extensión territorial afectó, especialmente los valles de los ríos Magdalena y Cauca, cuenca del río Sogamoso y San Andrés y Providencia. La sequía moderada se distribuyó por amplias zonas de la región Andina, particularmente en los departamentos de Nariño, oriente de Cauca, Valle, Huila, el Eje Cafetero, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, los santanderes y Antioquia. Además en el norte y centro de la región Pacífica. Eventos de sequía ligera se encontró en el resto de la región Pacífica, región Andina, piedemontes Llanero y Amazónico y algunos puntos de la región Caribe.

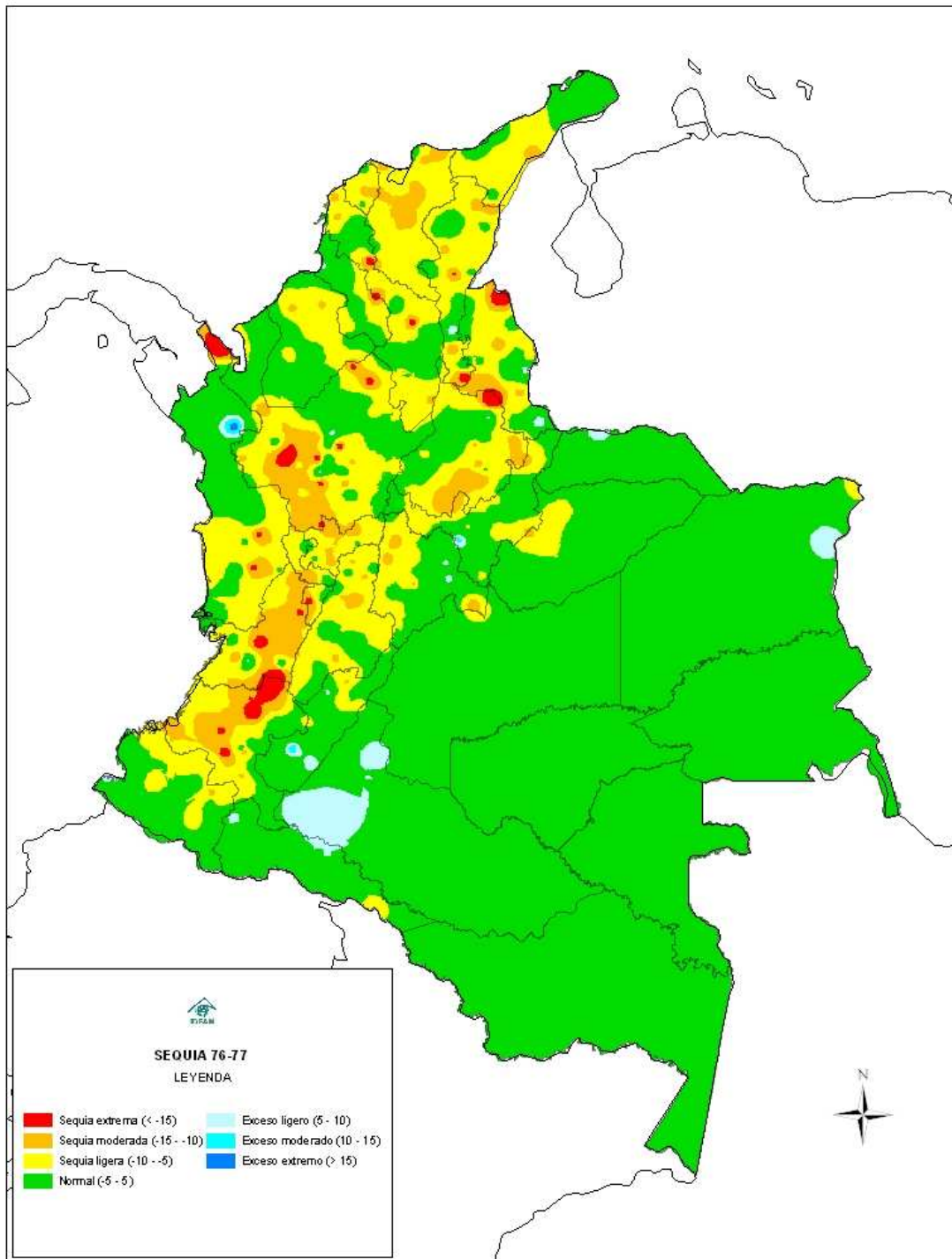
En el periodo de abril/97-marzo/98, se muestran núcleos de sequía extrema o severa, especialmente en el valle Alto del Magdalena, entre los departamentos de Huila y Tolima, en la cuenca del río Sogamoso y la Sabana de Bogotá; así mismo, eventos de sequía moderada se presentaron en sectores del centro y sur de Chocó. Finalmente, en extensos sectores de la región Caribe y la Andina se observó una sequía ligera.

Los otros periodos de sequía analizados se caracterizan por ser eventos frecuentes en una amplia extensión de las regiones Caribe, Andina, Orinoquia y Pacífica, aunque con la diferencia en que la sequía extrema se presentó en pequeñas áreas y predominaron los eventos de intensidades menores, es decir, los calificados como sequía entre moderada y ligera. La sequía entre moderada y extrema se concentró principalmente en Norte de Santander, San Andrés y Providencia; mientras que los eventos de sequía ligera predominaron en los Valles interandinos y en algunas sitios de la región Caribe (Sierra Nevada de Santa Marta), centro de la Pacífica (Cauca); así mismo, sequías aisladas se han presentado en el medio Cauca y Alto Nechí, Altiplano Nariñense y piedemonte Amazónico, en la época comprendida entre Julio/82-diciembre/83.

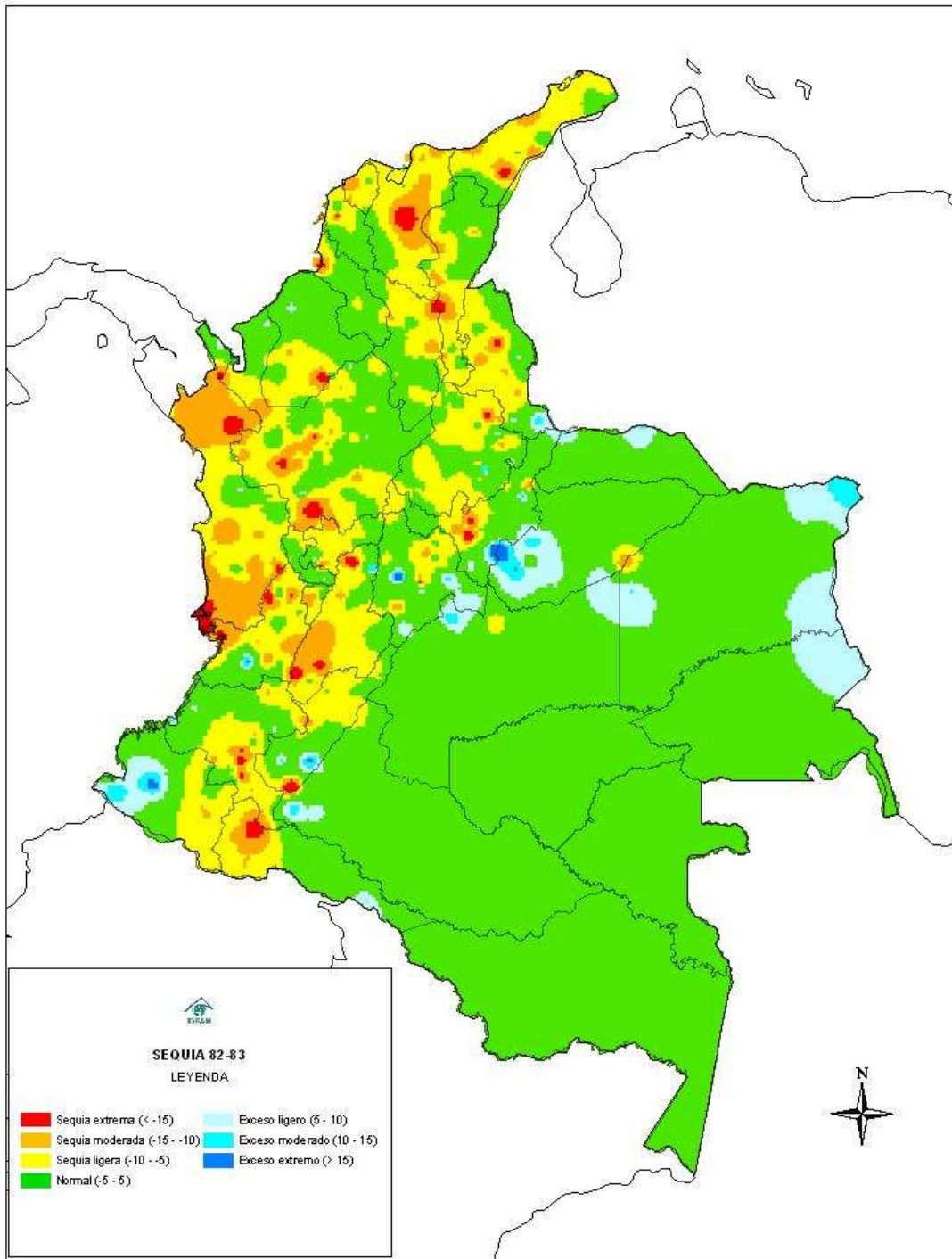
Eventos de sequía parcial, es decir, característicos de algunas áreas del país, se han presentado en febrero/80-enero/81, febrero/85-enero/86 y julio/86-agosto/87, en las que se puede mencionar la presencia de eventos severos en el norte y centro de la región Pacífica (Chocó, principalmente) y en el piedemonte Amazónico, oeste de Putumayo y Caquetá.



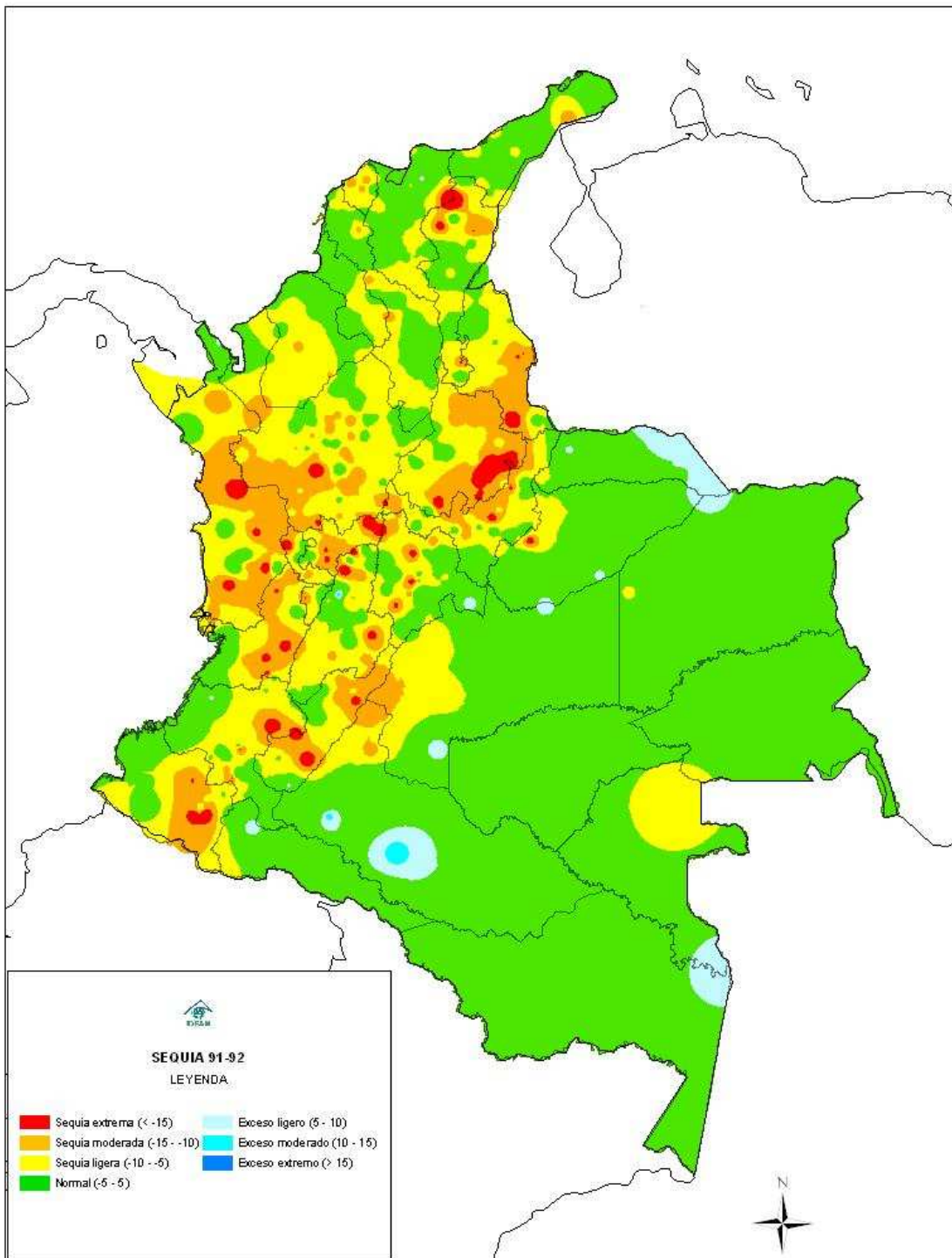
Mapa 2. Distribución de la sequía en Colombia, durante el periodo de 1972-1973.



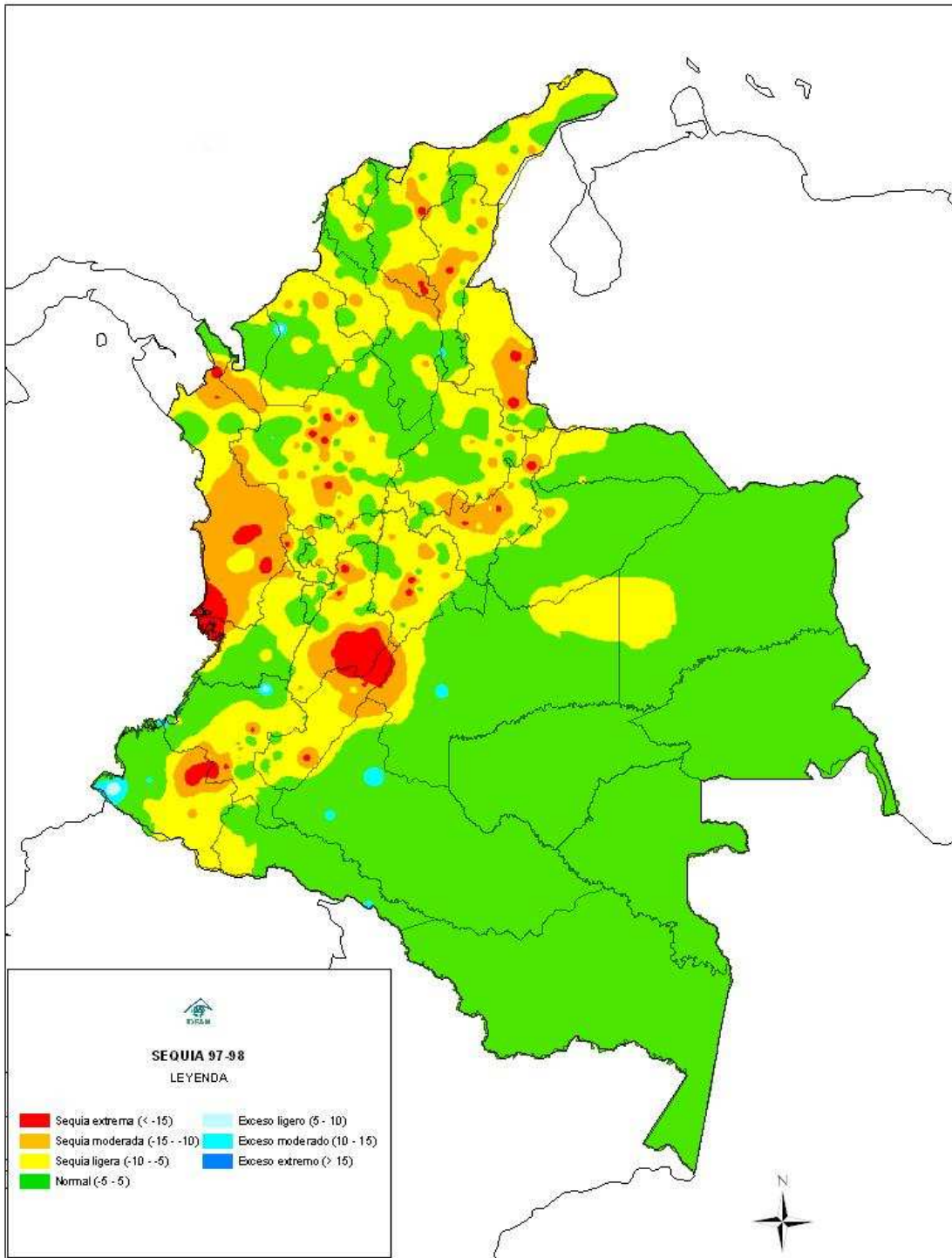
Mapa 3. Distribución de la sequía en Colombia, durante el periodo de 1976-1977.



Mapa 4. Distribución de la sequía en Colombia, durante el periodo de 1982-1983.



Mapa 5. Distribución de la sequía en Colombia, durante el periodo de 1991-1992.



Mapa 6. Distribución de la sequía en Colombia, durante el periodo de 1997-1998.

5. RELACIÓN DE LA SEQUÍA CON EL FENÓMENO DEL NIÑO

Un patrón de comparación con la ocurrencia de épocas de sequía, tomado en este estudio, ha sido el seguimiento histórico que se tiene del comportamiento del fenómeno del Niño.

Se opta por esta alternativa, porque involucra una serie de variables de mucho peso como: El IOS o Índice de oscilación del Sur, las anomalías en la temperatura superficial del mar y el ONI (Índice oceánico del Niño). Además, el seguimiento que hace el IDEAM de la ocurrencia de este fenómeno, su desarrollo y las afectaciones sobre el Océano Pacífico, así como las implicaciones que esto representa al nivel de la climatología del territorio nacional, proporciona información importante para establecer la relación del comportamiento del fenómeno, con las condiciones reflejadas (intensidad, frecuencia...) por los índices de sequía. En consecuencia, un índice que detecte, las afectaciones producidas por la presencia del Niño, será un buen indicador de las condiciones secas o húmedas de la región objeto de estudio.

5.1. Aspectos Generales

El fenómeno El Niño es un evento de interacción océano – atmósfera que generalmente se manifiesta con un debilitamiento del anticiclón del Pacífico, un aumento en la temperatura de la superficie del mar en las costas suramericanas y un aumento del nivel medio del mar en Suramérica.

Existen varios indicadores para medir este fenómeno, un indicador comúnmente utilizado es el índice de oscilación del sur (IOS). Este mide el debilitamiento del anticiclón del pacífico a partir de los cambios de presión a nivel del mar entre Tahití (Polinesia francesa) y Darwin (Australia). Por lo general existe un sistema de baja presión en la región de Indonesia y en el norte de Australia, centrado cerca de Darwin. A la vez existe un sistema de alta presión en el Pacífico sudoriental, centrado cerca a Tahití. La presión a nivel del mar en cada uno de estos puntos se relaciona una con otra. Cuando la presión a nivel del mar en Darwin es baja, generalmente la presión en Tahití es alta y viceversa. Así El Niño se relaciona con la fase negativa del IOS y el evento frío con la fase positiva (Montealegre B., J. E. & Zea M., J. A., 1988).

Otro de los factores a tener en cuenta es la modificación en la circulación Walker. Los vientos de superficie que soplan hacia el oeste a través de la cuenca del Pacífico ecuatorial se debilitan y en el oeste, esto se invierte, lo que permite que el agua de la masa cálida en el oeste se extienda hacia el este. A medida que el agua cálida se extiende hacia el este, el nivel del mar en el oeste comienza a disminuir, mientras en el este aumenta. Con la disminución de los vientos alisios, las aguas superficiales del Pacífico central y oriental se hacen más cálidas. Mientras esto se produce, la profundidad de la termoclina también comienza a cambiar, desplazándose hacia la superficie en el Pacífico occidental y profundizándose en el Pacífico ecuatorial central y oriental. A medida que la termoclina se aleja de la superficie a lo largo de la costa peruana, la surgencia

continúa, pero el agua ha sido llevada a la superficie más cálida y menos rica en nutrientes. El agua del Pacífico ecuatorial occidental se hace unos pocos grados más fría, mientras se calienta en el Pacífico central y oriental. De esta forma, otro indicador importante es la anomalía de temperatura de la superficie del mar. Generalmente, cuanto más grande es el aumento de la temperatura, mayor es el evento. En los eventos fuertes, la temperatura puede ser mayor de 3° o 5° Celsius y en los moderados, la anomalía puede llegar a los 2° o 3° Celsius. La afectación es mayor mientras más grande es la porción anormalmente cálida de agua de mar (Montealegre B., J. E. & Zea M., J. A., 1988).

Debido a que una actividad convectiva sigue a las aguas cálidas en la superficie del mar, las nubes aumentan en el Pacífico central y oriental, declinando en el occidental. Este desplazamiento en la actividad de convección produce las sequías en Australia e Indonesia, los tifones en el Pacífico central y densas lluvias a lo largo de la costa normalmente árida de Perú y en la costa Pacífica colombiana.

5.2. Intensidad del Fenómeno El Niño

La intensidad de un fenómeno El Niño se refleja en la magnitud de las anomalías que se registran, tanto en el océano como en la atmósfera de la cuenca del Pacífico tropical. Hay que destacar que las anomalías que se observan en ambos fluidos, a escala local y regional, no siempre son de magnitud proporcional a la intensidad que se asigna al fenómeno. Aunque algunos autores hacen referencia a la intensidad de diferentes eventos El Niño, actualmente no existe un patrón para determinar la intensidad del fenómeno. Algunos se basan en la magnitud de las anomalías de temperatura superficial del mar, otros en el índice de oscilación del sur (IOS) y en el Índice Oceánico del Niño (ONI).

Es conveniente destacar que la intensidad del fenómeno, aunque influye, es diferente de la magnitud del efecto climático y del impacto producido por el fenómeno en las actividades humanas. El efecto climático depende de la época del año en que se presenta la fase extrema del fenómeno (por la estacionalidad o el ciclo anual de las variables físicas) y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad de los diferentes países, regiones y de los sectores socio-económicos nacionales afectados.

En este estudio se aplica el ONI para valorar el fenómeno del Niño, el cual según la NOAA (2006) se calcula como un promedio móvil (trimestral) de anomalías en la temperatura superficial del mar, respecto de su nivel promedio durante el periodo 1971-2000, en la zona denominada "región crítica del Océano Pacífico Ecuatorial", también conocida como región Niño 3.4 (entre 120W-170W, 5N-5S). La ocurrencia del fenómeno de El Niño se traduce en una anomalía positiva de la temperatura superficial de mar en la región 3.4, mayor o igual en magnitud a 0.5 °C (respecto del promedio histórico 1971-2000), considerando valores del índice ONI promediados sobre tres meses consecutivos.

De acuerdo a la NOAA (2006), valores positivos (mayores o iguales a 0.5) indican anomalías climáticas con tendencia a El Niño; mientras valores negativos (menores o iguales a -0.5) indica incremento en las lluvias por tendencia a La Niña. Para clasificar el

episodio como Niño o Niña, deben superarse estos umbrales en un periodo consecutivo de 5 meses. Según este indicador los niños se clasifican así:

NIÑO DEBIL: 0.5 < ONI < 0.9
 NIÑO MODERADO: 1.0 < ONI < 1.4
 NIÑO FUERTE: ONI > 1.4

5.3. Relación del Fenómeno El Niño con eventos de sequía en Colombia

El IDEAM adelanta el seguimiento y análisis de información nacional e internacional que le permite establecer si en el Océano Pacífico tropical se están presentando condiciones propias del fenómeno del Niño. Una de las manifestaciones de la ocurrencia de este fenómeno es la reducción de lluvias en algunas regiones y el incremento en otras. No obstante, el déficit de lluvias no necesariamente indica que se presenta una ausencia total de las mismas durante el periodo del fenómeno. El ciclo estacional de las lluvias normalmente se presenta pero acentuado o disminuido en los volúmenes de precipitación en diferentes regiones del país.

Históricamente el territorio nacional, en los últimos 50 años ha sido afectado por el fenómeno del Niño en 17 ocasiones (Tabla 19). Algunos de estos eventos han tenido un impacto importante en los diferentes sectores de la vida nacional.

Tabla 19. Fenómenos de “El Niño” ocurridos en Colombia, basados en el ONI. Fuente: NOAA, 2006.

Periodo	ONI
JUL/51 - ENE/52	0.7
MAR/57 - JUL/58	1.6
JUN/63 - FEB/64	1.0
MAY/65 - MAY/66	1.6
OCT/68 - JUN/69	1.0
AGO/69 - FEB/70	0.7
ABR/72 - ABR/73	2.1
AGO/76 - MAR/77	0.8
AGO/77 - FEB/78	0.8
ABR/82 - JUL/83	2.3
JUL/86 - MAR/87	1.6
ABR/91 - JUL/92	1.8
FEB/93 - AGO/93	0.8
MAR/94 - ABR/95	1.3
ABR/97 - MAY/98	2.5
ABR/02 - ABR/03	1.5
JUN/04 - MAR/05	0.9

Total eventos NIÑO = 17

De acuerdo con los resultados obtenidos, los periodos de sequía más importantes, teniendo en cuenta el índice de precipitación estandarizada SPI3, que estuvieron frecuentes en gran parte de las regiones del país durante periodos con fenómeno El Niño y otros parciales (registrados en algunas áreas) han sido:

Julio/72-agosto/73		(EL NIÑO)
Abril/76-julio/77		(EL NIÑO)
Febrero/80-enero/81	Parcial	
Julio/82-diciembre/83		(EL NIÑO)
Febrero/85-enero/86	Parcial	
Julio/86-agosto/87	Parcial	(EL NIÑO)
Agosto/91-diciembre/92		(EL NIÑO)
Abril/97-marzo/98		(EL NIÑO)

Si se compara estos periodos con la ocurrencia del fenómeno del Niño, se observa que los índices son sensibles y han detectado perfectamente los niños ocurridos durante el periodo entre 1951 y 2000 en 6 épocas de sequía.

Algunas sequías identificadas por los índices como la de Febrero/80-enero/81 y Febrero/85-enero/86, constituyen épocas parciales o eventos no generalizados en el país, ni persistentes. Estas últimas épocas no están relacionadas con eventos del Niño. Se podría afirmar que generalmente un periodo con la presencia del Niño presenta sequía, sin embargo la ocurrencia de una sequía no está directamente relacionada con un evento El Niño, lo que indica que una sequía puede presentarse aún en periodos normales.

De los eventos Niño que han afectado a Colombia, May/82-Ago/83 y May/97-May/98, calificados con base en la desviación estándar con intensidad fuerte; se observa la coincidencia con la presencia de sequía con intensidades entre moderadas y extremas, afectando especialmente algunos departamentos de las regiones Caribe, Andina y Pacífica, como son de norte a sur: Magdalena, Chocó, Antioquia, Norte de Santander, Boyacá, Tolima, norte de Huila y Nariño, y occidente de Putumayo

BIBLIOGRAFÍA

ADMINISTRACIÓN NACIONAL OCEÁNICA Y ATMOSFÉRICA DE EE.UU – NOAA, 2004. Drought Information Center. Disponible en: <http://www.drought.noaa.gov/>.

CADENA, M., 2005. Estudio de diversos índices de sequía para la región caribe colombiana. Tesis para optar al título de Magíster en ciencias – Meteorología. Universidad Nacional de Colombia

DIARIO OFICIAL DEL SENADO DE LA REPÚBLICA, 1998. Bogotá – Colombia. No. 43.360. Agosto 11 de 1998.

HURRELL, J.W., 1995: Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation. *Science* 269, 676-679.

HURTADO, G., 1986. Índices de Sequía y su aplicación operativa en Colombia, Bogotá. *Atmósfera*, No. 5. pp. 7-17.

HURTADO, G., 2000. La precipitación en Colombia. Nota técnica IDEAM / METEO / 006 / 2000. Bogotá. 30 p.

HURTADO, G. & CADENA, M., 2002. Aplicación de Índices de sequía en Colombia. Grupo de Investigación en Meteorología Universidad Nacional de Colombia.

METEOROLOGICAL SOCIETY, AMS. Glossary of meteorology, 1994. [citado mar 2001]. Disponible en la web: <http://amsglossary.allenpress.com/glossary>.

MONTEALEGRE B., J. E. & ZEA M., J. A., 1988. Estudio sobre el fenómeno "EL NIÑO". Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de tierras – HIMAT. 32p.

MORENO, M., 2004. Environmental Science Published for Everybody Round the Earth. Universidad politécnica de Madrid – España Disponible en: <http://www.atmosphere.mpg.de/enid/bdfdf412e2d66fdaf86d87686d2a8433,55a304092d09/1tl.html>.

NATIONAL AGRICULTURAL DECISION SUPPORT SYSTEM – NADSS, 2004. SPI User Manual. Disponible en: <http://nadss.unl.edu/downloads/spi/spimanual.pdf> .

NATIONAL AGRICULTURAL DECISION SUPPORT SYSTEM, NADSS, 2004. Código fuente programa Standardized Precipitation Index (SPI). [Online] Universidad de Nebraska-Lincoln, 2004. [Citado junio 2004] Disponible en la web: <http://nadss.unl.edu/downloads/>

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER, 2003. Understanding and Defining Drought. University of Nebraska – Lincoln. Disciplinary Perspectives on Drought. Understanding ENSO and Forecasting Drought. Understanding your Risk- Impacts of Drought. University of Nebraska – Lincoln. Disponible en: <http://ndmc.unl.edu/whatis/concept.htm>

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER, 2003. Drought Indices. University of Nebraska – Lincoln. Disponible en: <http://ndmc.unl.edu/whatis/indices.htm#spi>.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA, 2006. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.ppt

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS - ONU, 2004. Convención de las

Naciones Unidas Contra la Desertificación en Países Afectados por Sequía Grave y Desertificación. ONU. Disponible en: <http://www.unccd.int/>.

UMAÑA JIMÉNEZ MANUEL, 2001. Reducción de la vulnerabilidad del sector agropecuario ante alteraciones climáticas" VULSAC". Coordinador Proyecto República de China Secretaría del CAC. Disponible en: http://rds.org.hn/alerta-ambiental/docs/cambio_climatico/documentos/perpectivas_climas.html. Agosto 27 de 2001.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, WMO, 1975. Definition of drought. Drought and Agriculture. Vol. 392, Technical Note No 138. 127 p.