

Análisis e incidencias de la variabilidad climática en las áreas de plantación de pino caribe al sur de los estados Monagas y Anzoátegui (Venezuela)

Analysis and effects of climate variability on Caribbean pine plantations in the south of Monagas and Anzoátegui State (Venezuela)

Rojas L. María¹, Saavedra Héctor², Márquez Jaserlis² y Torres-Lezama Armando³

Recibido: junio 2008 / Aceptado: enero, 2009

Resumen

El clima y su variabilidad afectan a toda la economía, en especial a los sectores agrícola y forestal. En este trabajo se presenta un análisis de la variabilidad climática en las áreas de plantación de pino caribe ubicadas al sur de los estados Anzoátegui y Monagas (Venezuela), y su incidencia en la mortalidad de los árboles. Se aplicó un análisis estadístico espacio-temporal de la precipitación como elemento determinante en la zona, diferenciando las áreas de mayor disponibilidad de agua precipitable y, a través de una matriz espacial, se pudo establecer la asociación de la sequía meteorológica en el área con el fenómeno de El Niño y su posible relación con la mortalidad de árboles. Los polígonos de Thiessen fueron aplicados como una herramienta para medir la intensidad del fenómeno. Al correlacionar individualmente las anomalías de precipitación con los índices de temperaturas del océano Pacífico se observó que no existe una alta probabilidad de la ocurrencia de un año seco en relación a la existencia de un año Niño en el área de las plantaciones; sin embargo, para los años 1997 y 1998, identificados como años de Niño severo, fue evidente la influencia de este fenómeno en el área de estudio.

Palabras clave: Fenómeno El Niño; mortalidad de árboles; precipitación; *Pinus caribaea*; variabilidad climática.

Abstract

The climate and its variability affect the economy as a whole; however, the agriculture and forestry sectors are the most vulnerable. In this paper, climate variability on Caribbean pine plantations in the south of Anzoátegui and Monagas states, Venezuela, and its incidences on tree mortality is analyzed. A statistical analysis in time and space of rainfall as decisive element was conducted, distinguishing the areas of higher rainfall and by means of a spatial matrix was established the association of meteorological drought in the area with El Niño

1 Universidad de Los Andes, Escuela Técnica Superior Forestal. Correo electrónico: miropo@cantv.net.ve

2 Universidad de Los Andes, Escuela de Geografía.

3 Universidad de Los Andes, Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (Grupo de Investigación Biodesus), Mérida-Venezuela. Correo electrónico: torres@ula.ve

phenomenon and its possible relation with pine mortality. The Thiessen polygons method was used as tools to measure the phenomenon intensity in relation to the influence area of each meteorological station. When individual anomalies of rainfall were correlated with Pacific Ocean Temperature Indices there was not a high probability of occurrence of a dry year in relation to the existence of a Niño year on the pine plantation area. However, in 1997 and 1998 a period identified as severe Niño event, evidences of the influence of this phenomenon were found.

Key words: ENSO; tree mortality; rainfall; *Pinus caribaea*, climate variability.

1. Introducción

El proceso de producción forestal es susceptible de ser influenciado por un gran número de factores, entre los que destacan los ambientales, básicamente el clima, la fisiografía y el suelo. En el caso del clima, las fluctuaciones de los diferentes estados de la atmósfera afectan significativamente la utilización de la energía y del agua y, por lo tanto, la producción y el rendimiento.

Las condiciones meteorológicas influyen en la sensibilidad de las plantas a la contaminación atmosférica y a los ataques de plagas y enfermedades. En muchos casos, la propagación de enfermedades, su control y erradicación dependen de agentes atmosféricos. También intervienen en la biología de los insectos y en los mismos organismos causantes de las enfermedades, por lo que afecta la naturaleza, número y actividad de las plagas y amplitud y virulencia de las enfermedades. Finalmente, ejercen su influencia en las fechas de aplicación y eficacia de las medidas de control, así como en la cantidad y toxicidad de los residuos de las fumigaciones en los cultivos cosechados (Castillo y Castellví, 1996).

En el ambiente tropical seco de los llanos orientales venezolanos, desde hace casi cuatro décadas, se han establecido cerca de 700.000 ha de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* [Sénécl.] W.H.G. Barrett & Golfari) con fines industriales; la mayor parte es administrada por la empresa Productos Forestales de Oriente CA (Proforca), filial de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG). Este proyecto ha generado un alto número de empleos directos e indirectos y, además, está suministrando al mercado una apreciable cantidad de materia prima para la elaboración de productos elaborados y semi-elaborados de madera (MPD, 2002).

Aparentemente, las plantaciones de pino caribe pueden resistir serios, pero cortos períodos de estrés fisiológico, respondiendo con un cambio en su productividad; sin embargo, períodos más largos de estrés hídrico, solos o en combinación con otros factores (Schoeneweiss, 1975) pueden conducir al colapso del sistema. En el área de plantación de CVG-Proforca, la manifestación más grave de inestabilidad del sistema ha sido la extensa mortalidad de árboles (Torres-Lezama y Díaz, 2001a). Los árboles bajo esta sintomatología se caracterizan por presentar

acículas ralas, con amarillamiento generalizado o por parches, ramas secas y desarrollo deficiente en altura y diámetro (Holmquist, 1990). El patógeno asociado con la quema del cogollo, muerte regresiva y cáncer en troncos, ramas y raíces, con pruebas de patogenicidad confirmada, ha sido *Sphaeropsis sapinea* (Cedeño *et al.*, 2001).

Este síndrome se ha manifestado con mayor frecuencia e intensidad en los últimos años, supuestamente asociado con los largos períodos de sequía que se hicieron presentes en el área de estudio a partir de la década de los 90 del siglo pasado. Al respecto, Torres-Lezama *et al.* (2001b) han planteado que la ocurrencia del fenómeno El Niño (Valverde y Trebejo, 1992; Trenberth, 1997; Alvarado y Fernández, 2001; Araya, s/f) podría influir en la variación del clima local convirtiéndose en un factor coadyuvante de la mortalidad del pino caribe en esta área de plantación.

Venezuela es el país andino que menos está influenciado por el fenómeno El Niño, principalmente debido a que su sistema promedio climático tiene una menor dependencia del océano Pacífico. Sin embargo, los eventos de 1992, 1996 y el reciente de 1997-98, han evidenciado que puede existir relación entre éstos últimos y las anomalías de precipitación y temperatura registrados, originando serios impactos socioeconómicos sobre el territorio nacional (CAF, 2000).

En el área de plantación de pino caribe ubicada al sur de los estados Monagas y Anzoátegui (8°8'27" - 9°16'17" N y 62°19'1" - 64°21'55" O), (Figura 1), así

como en su área de influencia, se han realizado varios estudios de variabilidad y distribución de la precipitación (Guerra, 1994; Ucello, 1994); algunos la han relacionado con la sobrevivencia del pino (Olivares y Quintero, 1993) o con su crecimiento y desarrollo (Visáez, 1988); sin embargo, ninguno ha realizado un análisis estadístico de la variabilidad de la precipitación y analizado, cuantitativamente, el posible efecto de las regiones del fenómeno El Niño¹ en la mortalidad del pino a gran escala.

En función de lo señalado, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar las incidencias de la variabilidad climática en la mortalidad del pino caribe, a través de un análisis estadístico del comportamiento espacio-temporal de la precipitación como elemento determinante en el área de plantación. Además, se procuró encontrar posibles relaciones entre el fenómeno El Niño y la variación interanual de la precipitación.

2. Metodología

2.1 Comportamiento espacio-temporal de la precipitación

Para la descripción del comportamiento general de la precipitación en el área de estudio se seleccionaron 13 estaciones con un período de registro comprendido entre 1970 y 2002, estimando, tanto a nivel mensual como anual, la media, la desviación estándar, los máximos y mínimos, correspondientes al período de registro seleccionado; así como las ano-

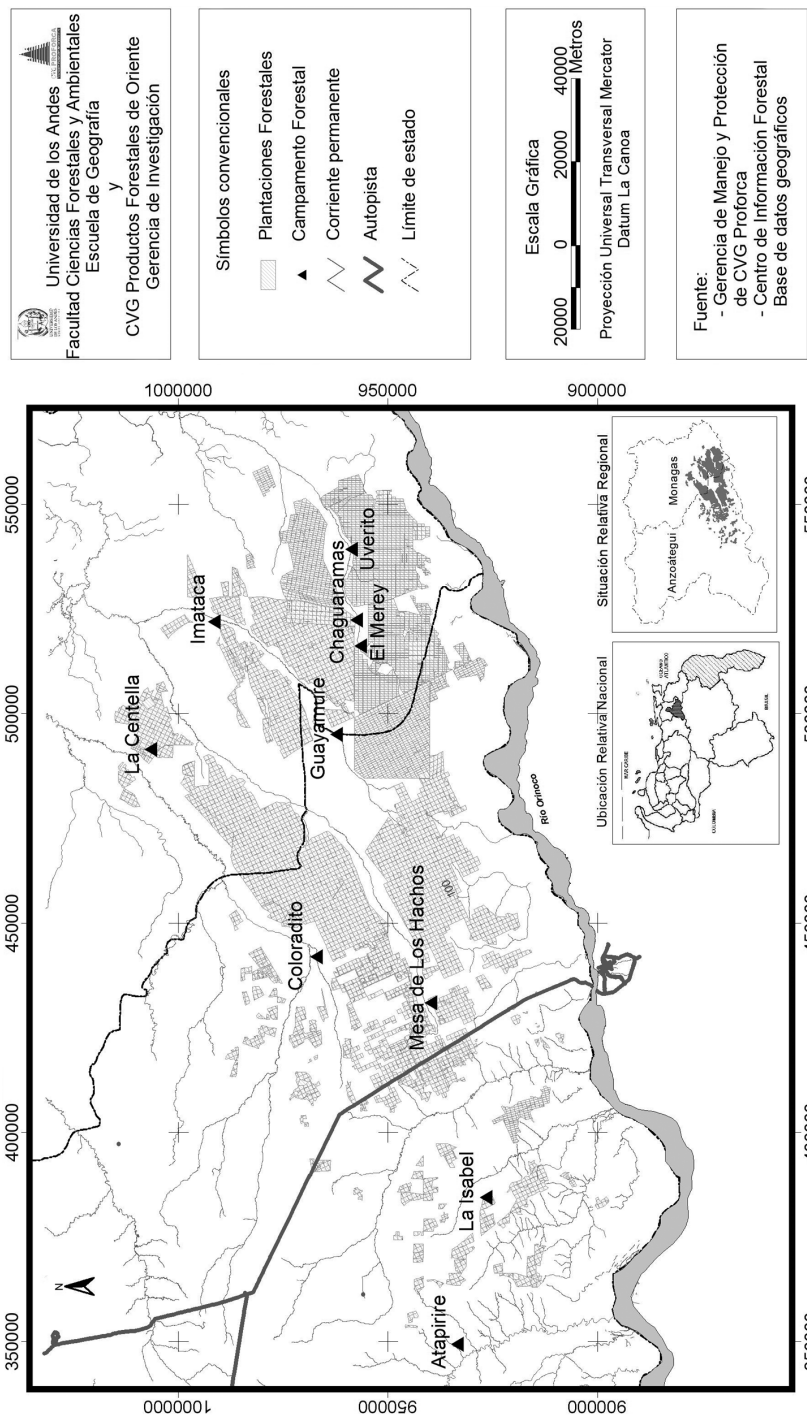


Figura 1. Localización de las plantaciones forestales de la empresa CVG-Proforca

malías estandarizadas (Hasterath, 1990) para identificar los años húmedos y secos según el patrón establecido, dependiendo del valor normal registrado en la zona. Mayores detalles sobre la selección de estaciones, validación de datos y procesamiento de los mismos se encuentran en Márquez y Saavedra (2006).

A fin de identificar gráficamente los patrones en el comportamiento de la precipitación y establecer posibles relaciones espaciales con la acción del fenómeno El Niño, se formó una matriz espacio-tiempo de las estaciones meteorológicas en sentido este-oeste, con sus correspondientes anomalías anuales durante el período seleccionado, codificadas con una variable dicotómica, donde el valor 1 fue asignado a años húmedos y el 0 a los secos.

2.2 Relación entre el fenómeno El Niño y la variación interanual de la precipitación

A objeto de conocer la posible correlación de los eventos de El Niño en el comportamiento de la precipitación, haciendo énfasis especial en lo que respecta a la ocurrencia de los períodos secos, se empleó un análisis de correlación canónica (Contreras y Letelier, 2006) entre la precipitación mensual registrada en el área y los índices de temperatura del océano Pacífico (CPPS, 2005). Para el análisis estadístico se tomaron en consideración las series de anomalías anuales de precipitación de cada estación y de las temperaturas de las regiones del océano Pacífico,

empleando el paquete STATGRAPHICS Plus para Windows Versión 4.1.

En vista de que la mayoría de las estaciones meteorológicas no contaban con un registro continuo de los valores de las anomalías de precipitación, fue necesario crear una base de datos para la estación o el grupo de estaciones en función de los años faltantes. De igual manera, al anexar a cada base de datos los valores de las anomalías correspondientes a las cuatro regiones de El Niño se eliminaron estos años a fin de comparar series homogéneas y evitar así un posible sesgo por la ausencia de estos valores

2.3 Distribución espacial de la mortalidad del pino caribe

Empleando la base de datos suministrada por la Gerencia de Manejo y Protección, Centro de Información Forestal (CIF), de la empresa CVG-Proforca, se procedió a la elaboración de un mapa donde se representó la distribución espacial de la mortalidad en las plantaciones de pino caribe. Esta base de datos cuenta con la evaluación de las plantaciones afectadas por sequía para el año 1998; esta información se procesó a través de la interpretación de imágenes de satélites, fotografías aéreas y reconocimiento aéreo. Los porcentajes de afectación registrados no son el producto de mediciones reales, sino el resultado de la observación de los pequeños y grandes grupos de árboles muertos en cada rodal, estableciéndose los porcentajes en función de una apreciación visual.

La información presenta entre otros parámetros el número de rodal, la superficie en hectáreas de cada rodal, el año de plantación, el proyecto y los diferentes grados de intensidad de afectación medidos en porcentaje. Es importante destacar, que el procesamiento y análisis de los datos se ajustó a la clasificación que emplea la empresa para la identificación de sus plantaciones como son Profor1 y Profor2, ubicadas al este y oeste respectivamente. La estimación de las áreas afectadas por mortalidad es el resultado del producto de la superficie en hectáreas y el grado de afectación. Para el año de 1998 se preservó la clasificación establecida por la empresa en cuanto a la intensidad en un 10, 30, 35, 40 y 60% del grado de afectación de cada rodal.

2.4 Incidencias de las regiones del fenómeno de El Niño sobre la precipitación 1997-98

Se incluyeron en este análisis aquellas estaciones que fueron eliminadas en la primera etapa del trabajo de investigación por no contar con el número óptimo de años de registros (30 años) establecido por la Organización Mundial de Meteorología (OMM), siempre y cuando cumplieran con los siguientes criterios: que estuvieran localizadas dentro del área de las plantaciones y que tuvieran registrados por lo menos uno de los dos años considerados para este análisis. Esto se hizo con la finalidad de asumir o descartar que la mortalidad del pino caribe fuese producto de la variabilidad climática como consecuencia de la influencia de variables

externas. De esta forma fueron incorporadas las siguientes estaciones: El Merey, Coloradito, los Hachos, Chaguaramas 90, el Aceital, la Belleza y el Patillo.

Es importante destacar que a pesar de los esfuerzos realizados para encontrar una respuesta relacionada con el grave problema de la mortalidad, en esta etapa de la investigación se resalta nuevamente el inconveniente que encierra la falta de datos en las estaciones meteorológicas. Así se tiene, por ejemplo, que las estaciones administradas por el Ministerio del Ambiente no cuentan con un registro continuo de los datos de precipitación para 1998, siendo registrados sólo los primeros cuatro meses de ese año. En vista de esta situación, se optó por eliminar estas estaciones por no resultar confiable la estimación de los datos faltantes, ya que lo único que se lograría sería incrementar el error en la medida en que éstos sean estimados.

2.5 Determinación del área de influencia de las regiones del fenómeno El Niño

Se usó la metodología de los polígonos de Thiessen como una herramienta para determinar las áreas de influencia de las temperaturas del océano Pacífico, según su correlación con los valores de precipitación registrados en las plantaciones de pino caribe del área de estudio. Este método es aplicable a zonas con una distribución irregular de estaciones y donde las acciones del relieve no juegan un papel importante en la distribución de las precipitaciones. Para el trazado de los

polígonos se empleó el programa Arc-view versión 3.2 con la ayuda de la extensión 'Create Thiessen polygons v2.6'.

3. Resultados y discusión

3.1 Distribución espacial de la precipitación

En el cuadro 1 se muestra la estadística descriptiva de la precipitación correspondiente a cada una de las estaciones meteorológicas que se consideraron dentro del área de estudio, en función de la calidad de sus registros, para el análisis e interpretación del comportamiento de la precipitación. La estación que presenta el mayor valor observado es 'Maturín-Aeropuerto' con 1361,7 mm de precipitación anual, la cual se localiza al norte del área

de estudio y forma parte del grupo de estaciones que sirvieron de apoyo para la estimación de datos faltantes, por encontrarse fuera del límite de las plantaciones forestales.

Por el contrario, la media anual de precipitación más baja es de 865,3 mm y corresponde a las estaciones meteorológicas La Viuda y Santo Tomás; la primera se localiza al noroeste de las plantaciones, mientras que la segunda está al norte, pero fuera del límite del área de estudio. En general, las áreas más secas se encuentran ubicadas al oeste (Figura 2).

3.2 Análisis de la variabilidad interanual

A partir de la matriz espacio-tiempo de anomalías de precipitación (Cuadro 2), se pudo detectar que para la región, durante

Cuadro 1. Análisis descriptivo de la precipitación en las estaciones meteorológicas en el área de influencia de CVG-PROFORCA

Estación*	Precipitación Media Anual (mm)	Desv. Estándar (mm)	Valor Máximo (mm)	Valor Mínimo (mm)
Uverito 1	1159,5	207,5	1567,2	779,6
La Viuda	865,3	176,4	1217,8	459,8
Santo Tomás	865,3	227,7	1437,3	480,9
Santa Clara	905,1	269,4	1469,4	517,7
San Diego	907,4	261,2	1467,6	525,0
Pariaguán	938,5	297,0	1714,0	465,5
El Manguito	939,9	236,5	1453,2	295,8
Los Yopales	941,4	271,3	1420	482,3
Zuata	980,8	261,1	1667,5	604,6
Santa Rita	1044,0	168,3	1331,5	633,8
El Silencio	1138,9	179,0	1509,4	775,8
La Centella	1183,2	237,9	1815,3	730,1
Maturín	1361,7	240,0	1949,7	838,3

*Todas estas estaciones son administradas por el Ministerio del Ambiente, a excepción de Uverito 1

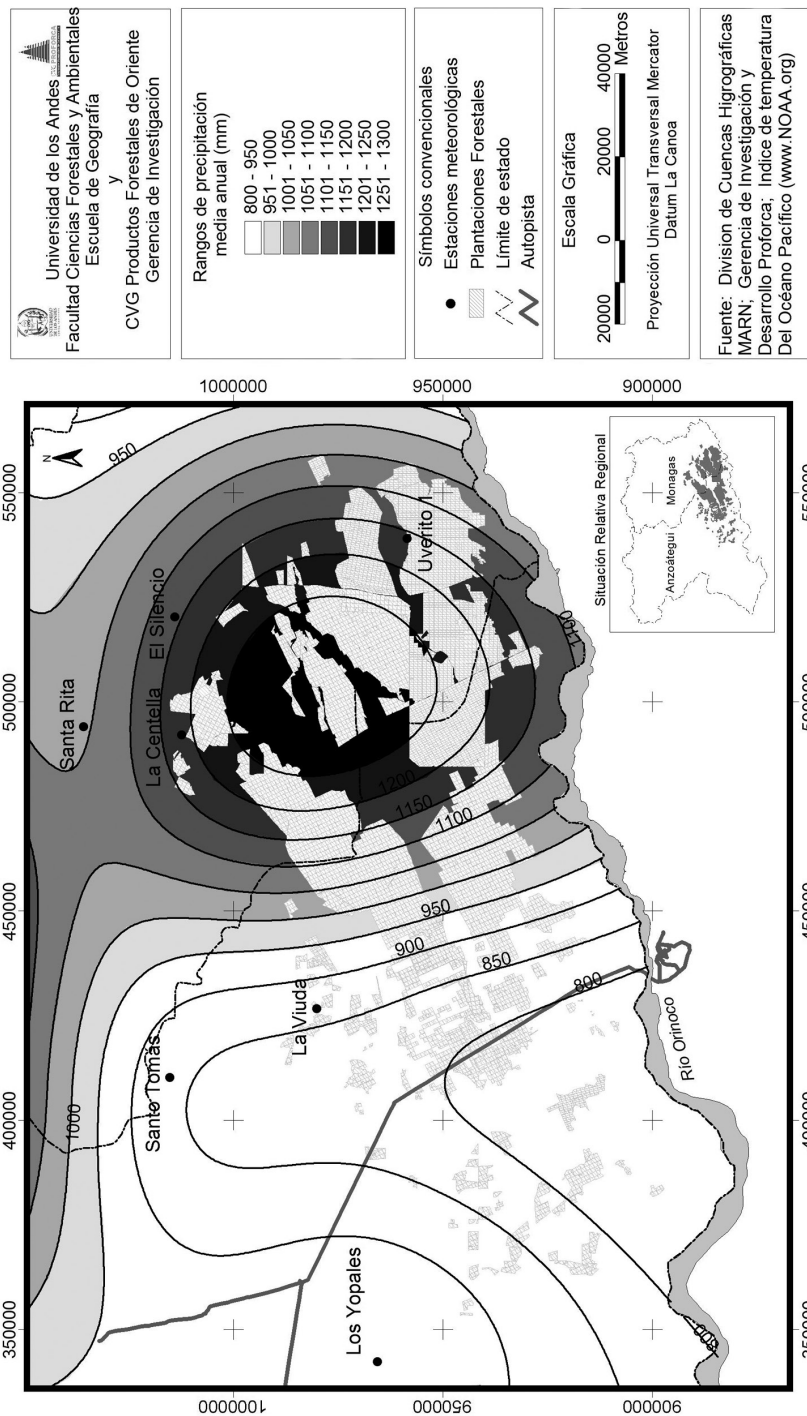


Figura 2. Distribución espacial de la precipitación media anual en las áreas de plantación forestal de la empresa CVG Proforca

Cuadro 2. Matriz espacio temporal de anomalías de precipitación en el área de plantación de pino caribe

Estacion	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02		
Uverito N°1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0		
El Silencio	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
Santa Rita	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1		
La Centella	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		
Maturin	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	
La Viuda	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	
Santo Tomás	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	
Los Yopales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
Santa Clara	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	
Pariaguán	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
El Manguito	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
San Diego de C.	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
Zuata	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	

el lapso 1970-1986, se presentaron ciclos alternos de períodos secos y húmedos de aproximadamente seis años. A partir del año 1987, se observó que en la zona este de la plantación, en su variabilidad, prevalecen los años húmedos, lo cual caracteriza a esta zona con relativamente altas precipitaciones. Sin embargo, en el área oeste, y a partir de 1984, se registró una mayor variabilidad en lo que respecta a los años húmedos y secos, prevaleciendo en los últimos años del período seleccionado una precipitación por debajo de la media anual; lo cual hace a esta área una zona seca.

Así mismo, estableciendo una relación gráfica entre la situación de años secos y húmedos comparados con la clasificación de eventos Niños según Trenberth (1997), se observa que para la década de los años setenta del siglo pasado, el patrón de sequía correspondía más espa-

cialmente que con los eventos de El Niño ocurridos en los años noventa. Los eventos Niños para este período fueron: 1972-73; 1976-77; 1977-78; 1982-83; 1986-88; 1991-92; 1994-95 y 1997-98.

3.3 Correlación entre las regiones del fenómeno El Niño y la precipitación

Al correlacionar a nivel mensual la variable dependiente precipitación, con las variables independientes temperaturas del océano Pacífico (regiones Niños: 1+2, 3, 3-4, 4), no se encontró una evidencia clara de la ocurrencia de un año seco en relación a la existencia de una situación Niño con las estaciones que se localizan dentro del límite de las plantaciones. Sin embargo, hacia el oeste del área de estudio, se pudo encontrar algunas estaciones que si presentaron una relación

estadísticamente significativa, las cuales están localizadas en el área proyectada de expansión de las plantaciones (Cuadro 3). Estos resultados se obtuvieron con un nivel de confianza entre el 90% y 99%.

Esto hizo evidente que la influencia de El Niño no es espacialmente uniforme en el área, lo cual está de acuerdo con las conclusiones obtenidas en trabajos previos realizados para Venezuela, y en particular para el área de estudio, por la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2000). No obstante, cuando El Niño adquiere una categoría de severo, como ocurrió en los años 1997-1998, calificado con ocho meses como críticos, de los 13 que duró el evento, la relación espacial

puede cambiar como se analiza más adelante.

3.4 Distribución espacial de la mortalidad de pino caribe

Durante el período 1997-1998, la mortalidad del pino ocurrió en un total estimado de 11.625,8 ha (Figura 3). Se observa que la mayor superficie afectada (7.908 ha) se encuentra en las plantaciones ubicadas al oeste (identificadas como Profor2): de ellas, 3.225 ha se clasifican con un 40% de afectación del rodal y se localizan al sur del área de estudio. Hacia el norte de Profor2 también se observan 1.546 ha con un grado de afectación del 35%.

Cuadro 3. Análisis de correlación entre la precipitación en el área de plantación de pino caribe y las regiones del fenómeno El Niño 1-2 (1), 3 (2), 3-4 (3) y 4 (4)

Estación	1		2		3		4	
	r	Signif. estadística	r	Signif. estadística	r	Signif. estadística	r	Signif. estadística
Zuata	-0,22	ns	-0,29	ns	-0,23	ns	-0,25	ns
San Diego de C	-0,16	ns	-0,17	ns	-0,15	ns	-0,19	ns
El Manguito	-0,49	***	-0,53	***	-0,37	**	-0,37	**
Pariaguán	-0,3	ns	-0,3	ns	-0,28	ns	-0,19	ns
Santa Clara	-0,27	ns	-0,35	*	-0,31	*	-0,4	**
Los Yopales	-0,33	*	-0,32	*	-0,31	ns	-0,24	ns
Santo Tomás	0,07	ns	0,09	ns	0,04	ns	0,18	ns
La Viuda	0,15	ns	0,08	ns	0	ns	-0,03	ns
Maturín	0,025	ns	0,25	ns	0,11	ns	0,1	ns
La Centella	-0,05	ns	0,01	ns	0,04	ns	0,08	ns
Santa Rita	-0,18	ns	-0,21	ns	-0,24	ns	-0,15	ns
El Silencio	-0,05	ns	-0,06	ns	-0,09	ns	0	ns
Uvero Nº 1	-0,14	ns	-0,05	ns	0,06	ns	0,04	ns

* $P < 0.1$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$. ns = no significativa

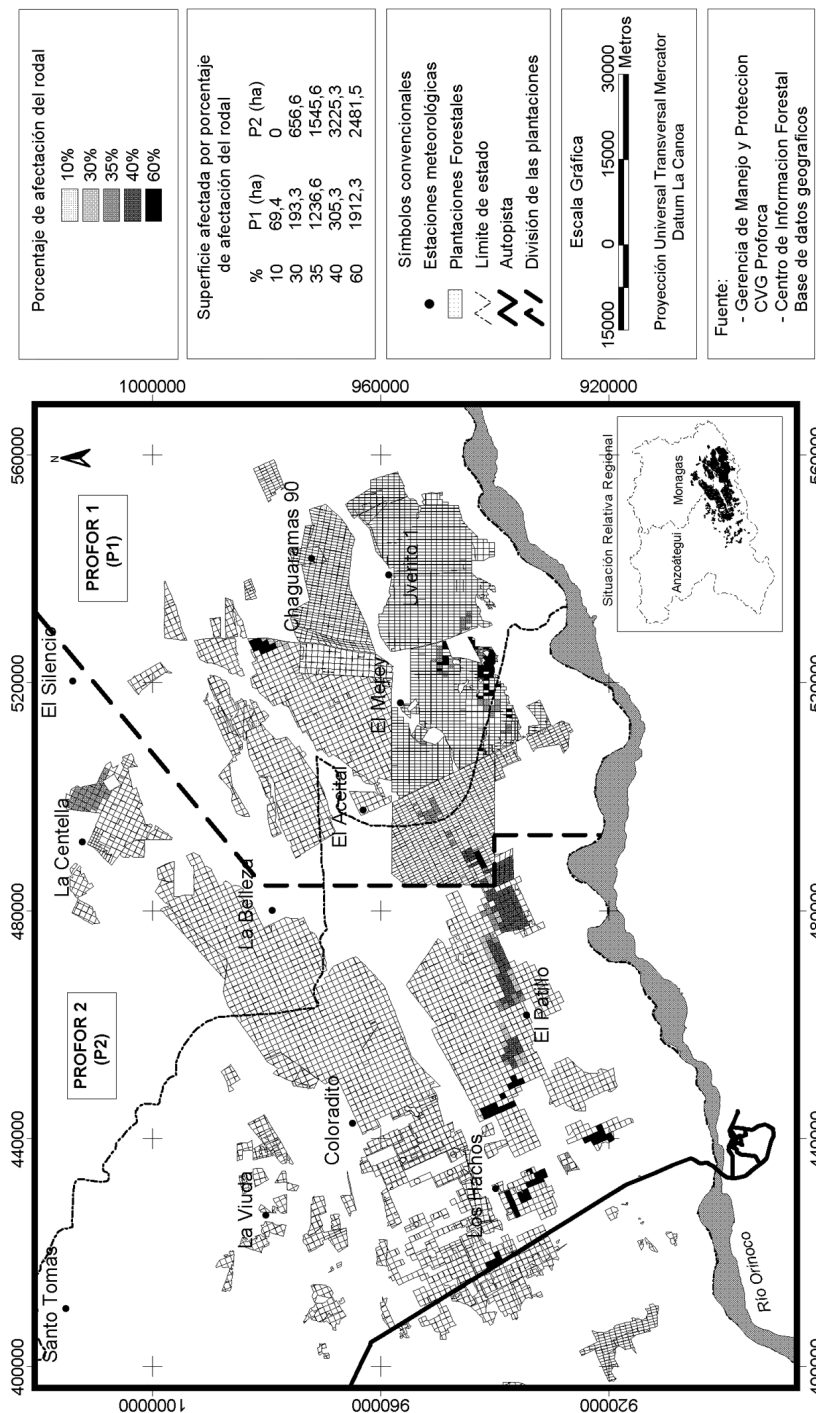


Figura 3. Distribución espacial de la mortalidad en plantaciones de pino caribe de la empresa CVG-Proforca. Año 1998

En contraste, en las plantaciones ubicadas al este (identificadas como Profor1), se observa una mayor dispersión de los rodales afectados, siendo el área más significativa unas 1.912 ha con rodales que presentan un 60% de mortalidad del pino, localizados tanto al norte como al sur del área de plantación. Seguidamente, 1.237 ha muestran un 35% de afectación y se ubican al sur.

3.5 Relación entre las regiones del fenómeno El Niño y la variación del clima local

En las figuras 4 y 5 se representan las influencias que presentaron las diferentes regiones del Niño (identificadas a través de puntos, acompañadas con el nivel de significancia que estableció la relación medida en porcentaje), en las estaciones localizadas en el área de estudio para los años 1997 y 1998 respectivamente. El área de afectación, que en la figura 3 está representada por una variación de tramas en función del grado de afectación, es superpuesta en esas figuras por coloración grisácea; así se obtiene una visión mucho más clara de la influencia del fenómeno en cada estación con las áreas afectadas por mortalidad del pino.

Al examinar estos resultados se puede verificar que a diferencia de los análisis anteriores, los mismos sugieren la existencia de una relación entre los eventos Niño y el largo período de sequía que tuvo lugar en el área de las plantaciones y que condujeron, inevitablemente, a la pérdida de miles de árboles, con un nivel de confianza entre el 90% y 99%. Este

período se caracterizó por presentar en el área 144 y 168 días continuos con lluvias menores a 4 y 10 mm respectivamente. Lo que se traduce en un déficit de humedad muy marcado durante extensos períodos, un limitado proceso de recarga y utilización de humedad del suelo, en los cuales durante cinco meses la evapotranspiración superó los 200 cm/mes, pudiendo ser esto desfavorable para el desarrollo de las plantas (Torres-Lezama y Díaz, 2001).

En el mapa de 1997 (Figura 4) se puede apreciar que la mayoría de las estaciones meteorológicas se ven influenciadas por el fenómeno climático El Niño en sus cuatro regiones (Niño 1+2; Niño 3; Niño 3-4; Niño 4); lo cual se traduce en una disminución en la cantidad de agua precipitada, un aumento en la temperatura y una disminución de la humedad relativa en el área de estudio. Este déficit ocasiona en el pino un estrés hídrico, causando una disminución en la tasa de muchos procesos fisiológicos debido al cierre de sus estomas (Blodgett *et al.*, 1997), condición que aumenta la vulnerabilidad del pino al ataque de plagas y enfermedades, afectando la rapidez con que ocurre y se desarrolla la respuesta defensiva a estos procesos adversos.

Es importante destacar que, aun cuando en toda el área de estudio se registraron precipitaciones por debajo de la media mensual, siendo considerado así como un año seco, en algunos puntos de observación más cercanos al fenómeno de mortalidad, no se observó una alta correlación; tal es el caso de las estaciones La Viuda, Coloradito y El Patillo.

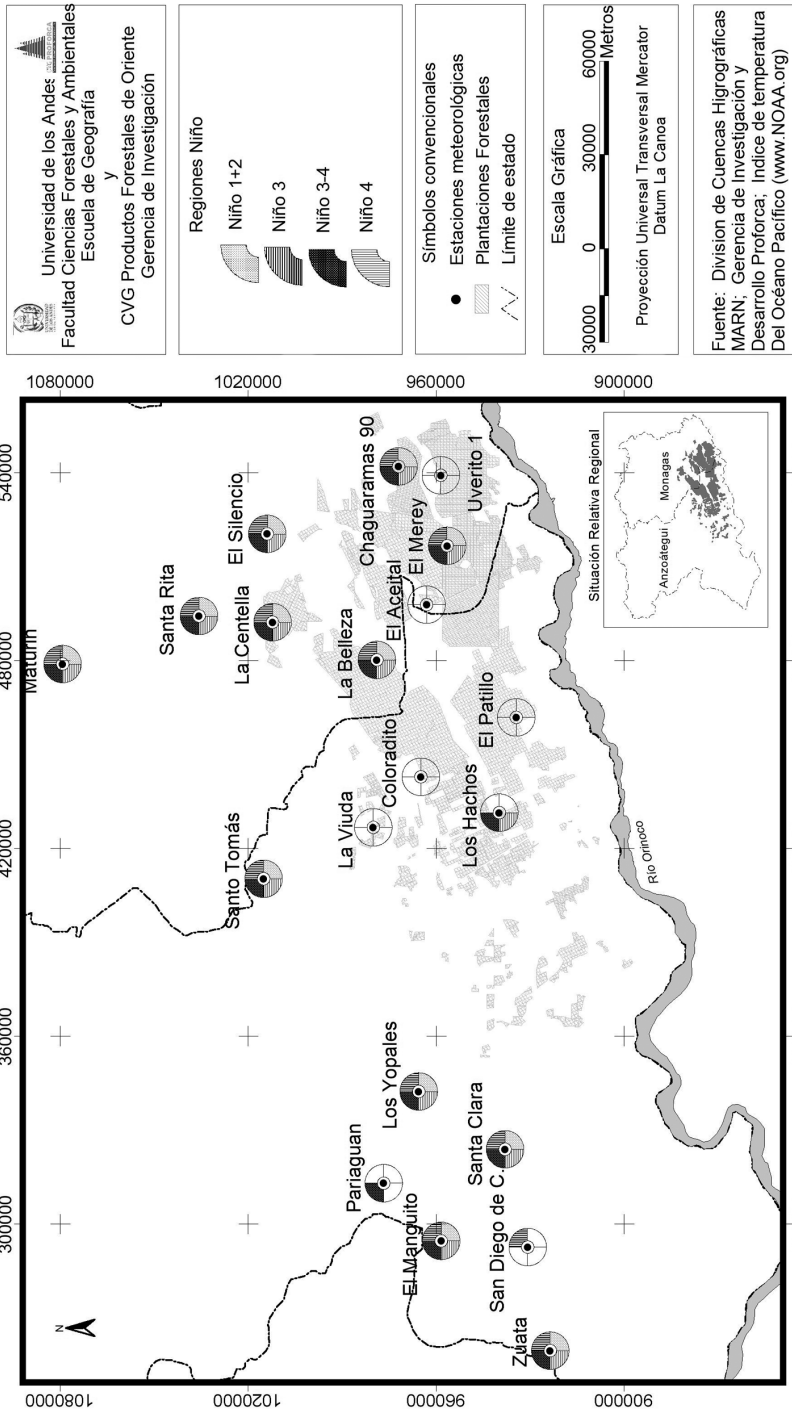


Figura 4. Influencia de las regiones de El Niño en el área de plantación de pino caribe durante el año 1997

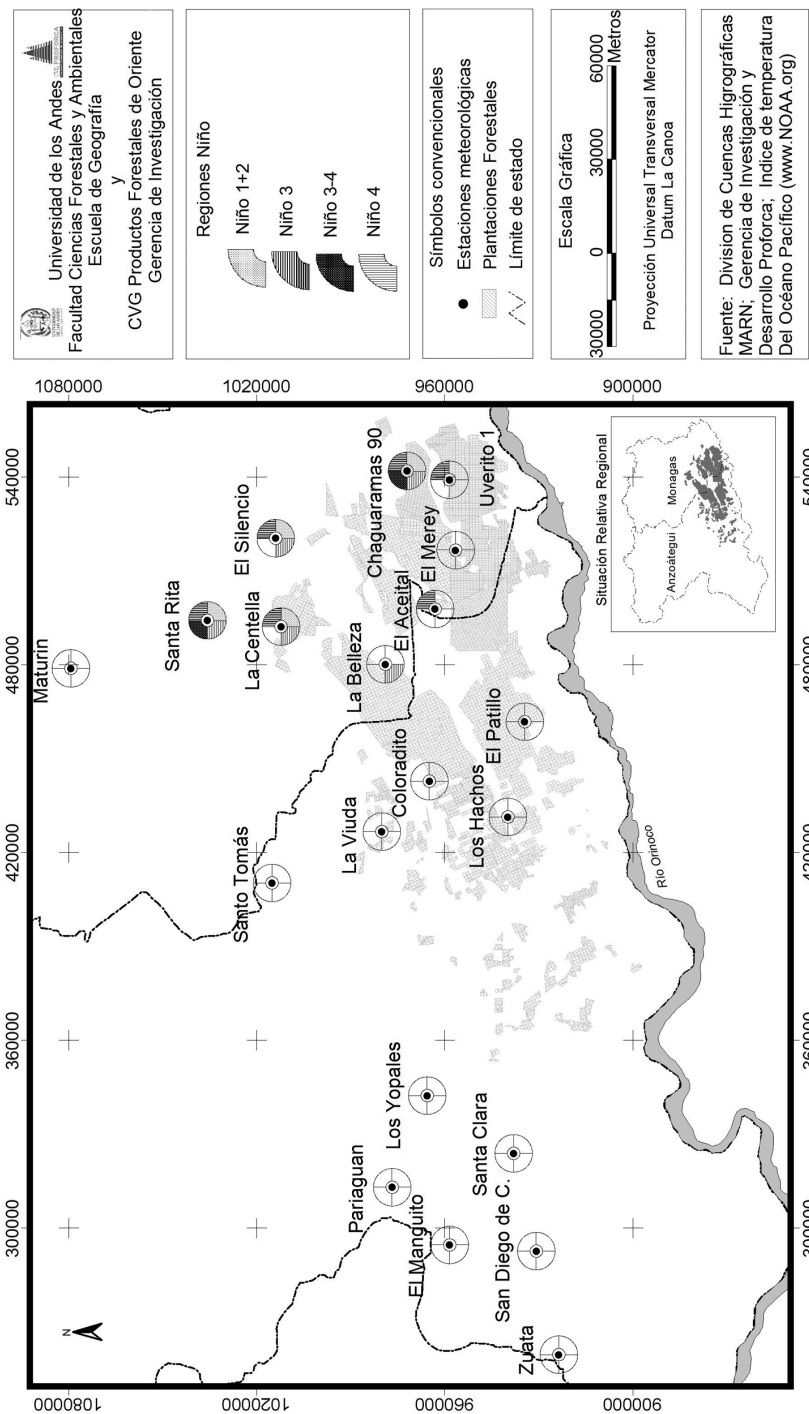


Figura 5. Influencia de las regiones de El Niño en el área de plantación de pino caribe durante el año 1998

En esta última se debe al hecho de que no contaba con un registro de datos para el año 1997, lo que impidió la aplicación del modelo de regresión. En lo que respecta a las otras dos estaciones, se debe posiblemente a la distribución espacial de la precipitación, ya que las mismas se encuentran localizadas en áreas con una precipitación media anual por encima de los 950 mm (Figura 2).

Una vez que se determinó el comportamiento espacial del fenómeno El Niño para el año 1997, se comprobó que el impacto de las regiones Niño del Océano Pacífico Tropical es diferente tanto a nivel espacial como en la intensidad de asociación entre las variables. De esta manera se tiene que las regiones Niño 3-4 y Niño 4, son las que presentan mayor incidencia en el área de estudio (Figuras 6 y 7). La degradación empleada responde a la intensidad de la influencia; dando el color más tenue al 90% de confiabilidad de darse la ocurrencia de un año Niño y una disminución de la precipitación en el área de estudio, seguido por el 95 y 99%, siendo éste último el que adquiere el color más oscuro. Por su parte, el color blanco es indicativo de que no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables.

La región Niño 3-4 es la que ejerce mayor influencia en cuanto al número de estaciones meteorológicas y, por consiguiente, en el número de hectáreas afectadas (Figura 6). Las estaciones ubicadas al norte muestran una asociación estadísticamente significativa, entre un 90% y 95% de que la disminución de la

precipitación se debe a la ocurrencia de un evento Niño. Al sur del área de estudio encontramos algunas estaciones que dibujan una línea de color blanco en dirección sur-este, que no manifiestan una relación con el fenómeno, como son la Viuda, Coloradito y el Patillo; sin embargo, se percibió un incremento de la mortalidad en el área. Este proceso posiblemente fue acelerado por otras condiciones como el tipo de suelo y la excesiva densidad del rodal.

También se puede resaltar que el área de influencia de las estaciones del Merrey, la Belleza y los Hachos, ubicadas en los extremos este y oeste de las plantaciones afectadas muestran indicios de que el evento Niño suscitado para la fecha afectó la condición pluviométrica, incidiendo en la mortalidad del pino en esas áreas.

Por su parte, la región Niño 4 revela una mayor incidencia en cuanto a la intensidad de asociación entre las variables (Figura 7). Estas estaciones se localizan al este y oeste del área de estudio, entre las que destacan la Centella, el Silencio, Chaguaramas 90 y el Merrey por estar localizadas dentro del área de las plantaciones forestales. Así mismo, se observa que el área de expansión de las plantaciones de pino caribe, representadas por las estaciones Zuata y el Manguito están igualmente afectadas por el efecto de esta región de intensidad de El Niño.

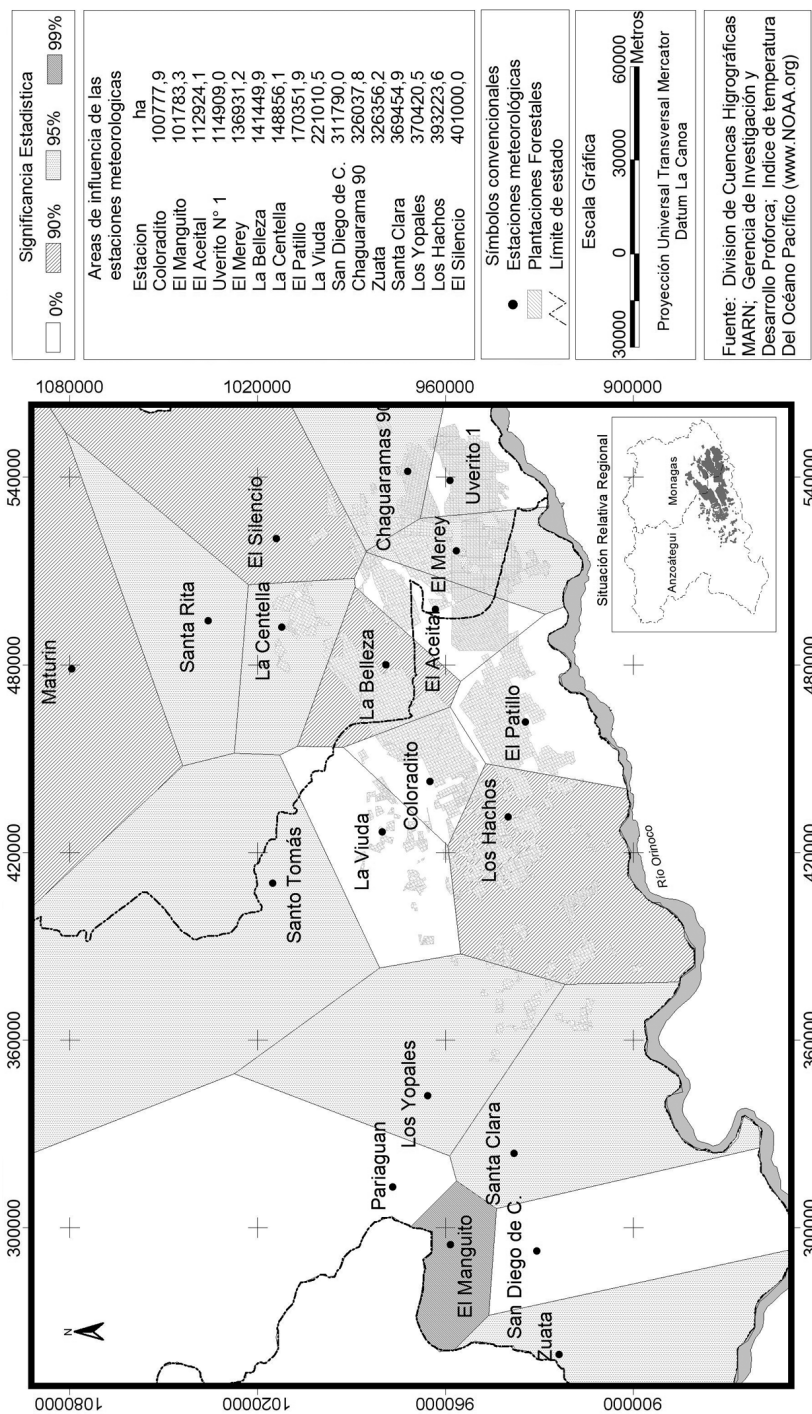


Figura 6. Incidencia espacial durante el año 1997 de la Región Niño 3-4 en el área de estudio

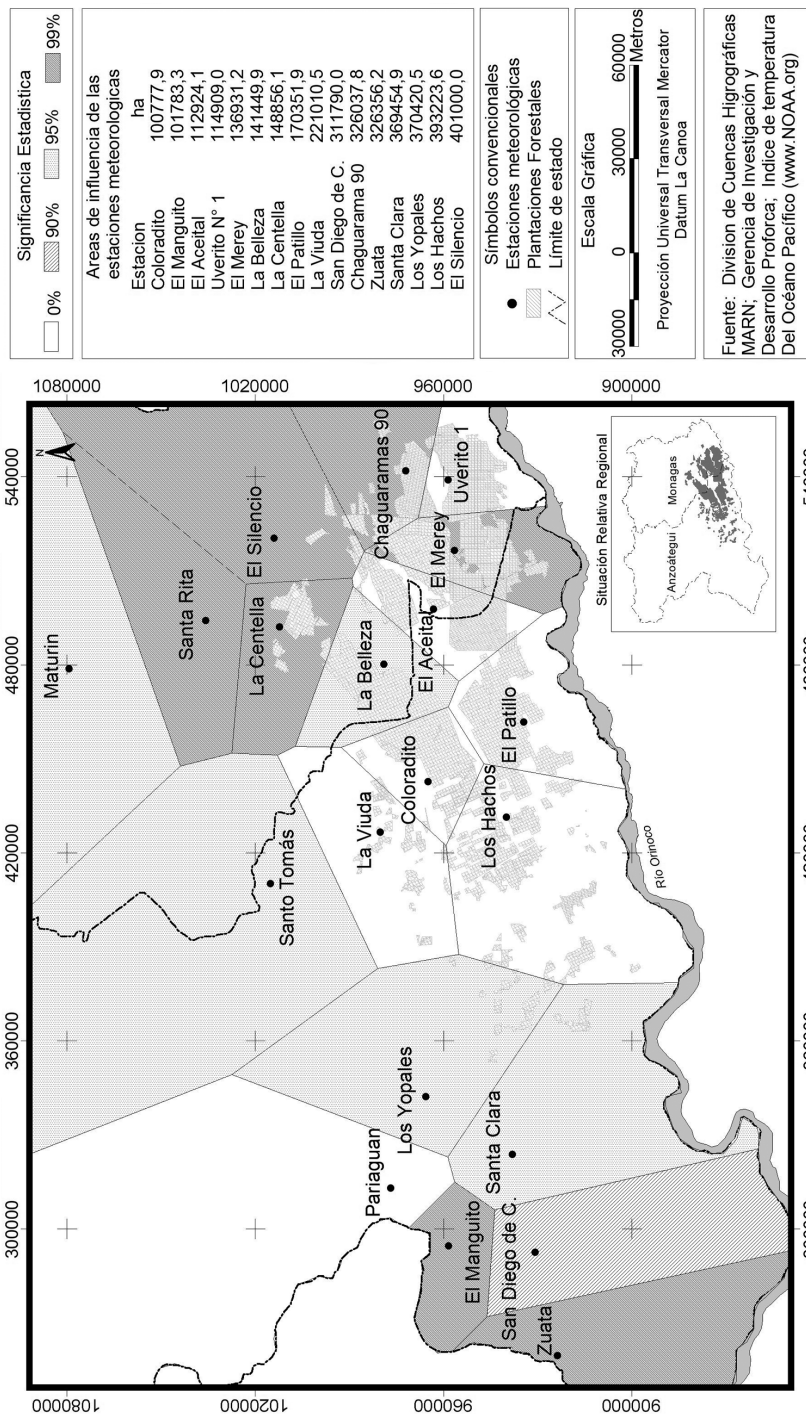


Figura 7. Incidencia espacial durante el año 1997 de la Región Niño 4 en el área de estudio

4. Conclusiones

El patrón de precipitación es más definido y cíclico al este de las plantaciones, prevaleciendo valores por encima de la media anual, lo cual permite caracterizarla como una zona relativamente húmeda; mientras que al oeste, las precipitaciones, a pesar de seguir un comportamiento similar a las registradas en las estaciones localizadas al este en sus primeros años, en los últimos 10 años se observa una mayor alternancia de los períodos secos y húmedos, con un predominio de años secos, convirtiéndola en una zona seca.

En cuanto a la distribución espacial de la mortalidad, ésta se puede localizar hacia el este y sur de las plantaciones, tanto para las áreas que se ubican por debajo de los 950 mm anuales como para aquellas que presentan mayores valores de precipitación.

Si se consideran las anomalías de precipitación con las anomalías de las temperaturas del océano Pacífico para el período de estudio (1970-2002), no existe una relación entre la ocurrencia de años húmedos y secos en el área de plantación con el acontecimiento del fenómeno El Niño, excepto al oeste donde se tiene prevista el área de expansión de las plantaciones. Sin embargo, cuando los eventos adquieren una intensidad severa, como la que tuvo lugar en el período 1997/98, se encuentra una mayor correlación con el comportamiento presentado en el Pacífico.

Por lo tanto, se puede inferir que el evento de El Niño 1997/98 actuó como

factor incidente en el incremento del proceso de mortalidad del pino caribe, ya que ocasionó un descenso en la precipitación y una prolongación de la estación seca. A nivel de mesoescala se aprecia que efectivamente existe una correlación entre la ocurrencia de un año seco con un año Niño. A microescala se pudo observar puntos en los cuales no se detectó relación. Esto apoya la hipótesis de que en Venezuela la influencia del fenómeno El Niño no es absolutamente representativa.

La región Niño 3-4 presenta una mayor incidencia en cuanto a la superficie afectada, ocasionando una disminución de la precipitación y una prolongación del período seco dentro del área de estudio. La región Niño 4 es la que muestra el mayor número de estaciones afectadas, localizadas al este y oeste del área de estudio, con el porcentaje más alto de correlación equivalente al 99 %.

Finalmente, se resalta que un fenómeno meteorológico como El Niño 1997-98, que tuvo manifestaciones extremas en cuanto a precipitaciones y sequías, nos muestra la importancia de incorporar en los programas de desarrollo CVG-PROFORCA, los estudios y pronósticos meteorológicos que cada día son más precisos y sobre todo obtenibles con detalle y rapidez en todo el mundo. A través de un pronóstico acertado de un evento Niño en función del comportamiento estimado en la región Niño 4, se pueden planificar las actividades que enmarca el proceso productivo y estimar el rendimiento futuro de la especie.

5. Agradecimientos

A la empresa CVG-PROFORCA, por apoyar la realización de este trabajo y suministrar información. Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico, de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela. Proyecto FO-6210601F.

6. Nota

- 1 Niño1+2 (0-10S; 80-90W); Niño 3 (5S-5N; 150W-90W); Niño 3-4 (5S-5N; 170W-120W); Niño 4 (5S-5N; 160E-150W).

7. Referencias citadas

- ALVARADO L. F. y W. FERNÁNDEZ. 2001. *Variabilidad interanual y estacional de la atmósfera libre sobre Costa Rica durante eventos del Niño. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 8(2): 89 - 115. [On line]: <http://www.imn.ac.cr/publicaciones/revista/Luis%20Fer%201%20Fin1201.pdf> (24-04-2008).
- ARAYA BARCKHAHN, R. s/f. *El fenómeno El Niño y su influencia en el clima*. [On line]: http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed433/fenomeno_el_nino.htm
- BLODGETT J. T.; E. L. KRUGER y G. R. STANOSZ. 1997. *Sphaeropsis sapinea and water stress in a red pine plantation in Central Wisconsin. Phytopathology*, 87: 429-434.
- COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR (CPPS). 2005. *Estudio regional del Fenómeno El Niño. Boletín de Alerta Climático. BAC N° 184*. Secretaría General. Guayaquil-Ecuador. [On line]: <http://www.naylamp.dhn.mil.pe/Noticias/Espanol/BoletinAlertaClimatico/bac184.pdf> (26-04-2008).
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (CAF). 2000. *Las lecciones de El Niño: Memorias del fenómeno El Niño 1997-1998: Retos y propuestas para la región Andina: Venezuela*. Caracas-Venezuela. [On line]: <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15908/doc15908.htm> (24-04-2008).
- CASTILLO, F. E. y F. CASTELLVÍS. 1996. *Agrometeorología*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Mundi-Prensa. Madrid-España. 517 p.
- CEDEÑO, L.; CARRERO, C.; FRANCO, W. y A. TORRES-LEZAMA. 2001. *Sphaeropsis sapinea asociado con quema del cogollo, muerte regresiva y cáncer en troncos, ramas y raíces del pino caribe en Venezuela. Interciencia*, 26(5): 210-215.
- CONTRERAS, P. y P. LETELIER. 2006. *Correlación canónica*. [On line]: <http://estadisticas2006.hostingweb.us/index/id115.htm> (24-04-2008).
- GUERRA, T. 1994. *Variabilidad y distribución de la precipitación en el estado Anzoátegui*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 39 p. (Inédito).
- HASTERATH, S. 1990. *Prediction of Northeast Brazil Rainfall Anomalies. Journal of Climate*, 3(8): 893-904.
- HOLMQUIST, O. 1990. *El síndrome de muerte súbita del pino caribe. Celulosa y papel de Venezuela*. 3: 9-12.

- MARQUEZ, J. y H. SAAVEDRA. 2006. *Análisis e incidencias de la variabilidad climática en las áreas de plantación de Pino Caribe var. hondurensis, al sur de los estados Monagas y Anzoátegui*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 125 p.
- MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO (MPD). 2002. *Plan Nacional de Desarrollo Forestal (Propuesta)*. República Bolivariana de Venezuela. Caracas-Venezuela. [On line]: <http://www.eumed.net/oe-ve/b3/PLAN%20NACIONAL%20FORESTAL.pdf> (24-04-2008).
- OLIVARES, L. y J. QUINTERO. 1993. *Estudio comparativo de la sobrevivencia del pino caribe asociado a diferentes ambientes edafoclimáticos en el sur de los estados Monagas y Anzoátegui*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 57 p. (Inédito).
- SCHOENEWEISS, D. F. 1975. *Predisposition, stress and plant disease*. **Annals Review of Phytopathology**, 13: 193-211.
- TORRES-LEZAMA, A. y M. DÍAZ (eds). 2001a. *Estudio diagnóstico y presentación de posibles soluciones al problema de mortalidad en las plantaciones de pino caribe de la empresa CVG-PROFORCA*. Informe Final de proyecto ejecutado por el Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal de la Universidad de los Andes en cooperación con el Centro de Investigaciones en Ecología y Zonas Áridas (CIEZA) de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). Mérida-Venezuela. 232 p.
- TORRES-LEZAMA, A.; DÍAZ, M.; RAMÍREZ A. H.; ANDRESSEN, R.; LUGO, L.; CARREIRO, C. y L. CEDEÑO. 2001b. Natural hazard assessment and management in Caribbean pine plantations of eastern Venezuela. En: *Memorias de Reunión: The economics of natural hazards in forestry*. 21-30. Solsona (Cataluña)-España. Padua University Press. IUFRO 4.04.02, 4.13.00. (Junio 7-10).
- TRENBERTH, K. E. 1997. *The definition of El Niño*. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 78(12): 2771-2777-
- UCELLO, D. 1994. *Variabilidad y distribución de la precipitación en los estados Monagas y Delta Amacuro*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 53 p. (Inédito).
- VALVERDE, M. e I. TREBEJO. 1992. *Fenómeno 'El Niño' en los últimos setenta años*. Dirección General de Meteorología, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima-Perú.
- VISAEZ, F. 1988. *Influencia de los factores climáticos y edáficos sobre el crecimiento y desarrollo del *Pinus caribaea* en el sur de los estados Monagas y Anzoátegui*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 121 p. (Inédito)