



POLITECNICA DEL LITORAL  
Guayaquil - Ecuador

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA  
Y CIENCIAS DEL MAR**

**" ESTUDIO DEL IMPACTO DE LOS EVENTOS EL  
NIÑO 1991-1992 Y 1997-1998 SOBRE LOS  
RENDIMIENTOS DE CULTIVOS DE ARROZ Y  
MAÍZ EN EL LITORAL ECUATORIANO "**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del título de:  
**LICENCIADO EN OCEANOGRAFIA  
Y CIENCIAS AMBIENTALES**

Presentada por:  
**Indira Nolivos Alvarez**

**GUAYAQUIL - ECUADOR  
2002**

**TESIS ELABORADA CON EL SOPORTE DE:**



**Inter-American Institute for Global Change Research**

**PROYECTO IAI-TC3-CRN-038**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido la vida y las capacidades para llevar a buen término mi trabajo; y a mi familia, por su apoyo incondicional y su constante motivación.

Al Dr. José Luis Santos, Director de Tesis, por su valiosa ayuda y acertada orientación para la culminación del presente trabajo.

Al Proyecto TC3 IAI-CRN-038, por su auspicio.

A MSc. Pilar Cornejo por su confianza, constante apoyo y valiosa ayuda.

A la Dirección de Información de Recursos Naturales Renovables y Ordenamiento Rural (DINAREN), en la persona de su Director el Ing. Hernán Velásquez, por su colaboración y ayuda para el desarrollo del presente trabajo.

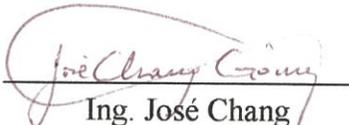
A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación de este proyecto. Un agradecimiento especial a Freddy, mi novio, y a mis amigos Verónica y Carlos, por su valiosa colaboración.

## DEDICATORIA

A mi Dios y

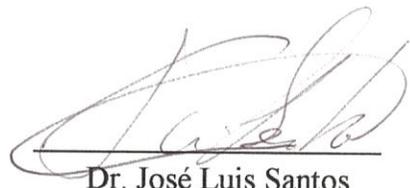
A mis padres:

José y Lupe



---

Ing. José Chang  
Presidente del Tribunal



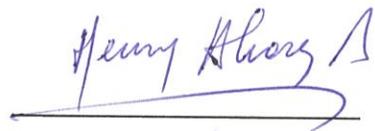
---

Dr. José Luis Santos  
Director de Tesis



---

Ing. Marcelo Espinoza  
Miembro Principal



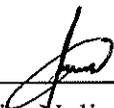
---

Ac. Henry Alvarez  
Miembro Principal

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

  
Indira Nolivos Alvarez

## RESUMEN

En el presente trabajo se han analizado series de clima mensual (1970-1999) de parámetros locales: precipitación mensual y temperatura media del aire; y regionales: Presión a nivel del Mar en Tahití (PNM), Temperatura Superficial del Mar en la zona Niño 1+2 (TSM), Índice de Oscilación Sur (IOS), Índice Multivariado El Niño Oscilación Sur (MEI); para la construcción de dos índices del clima local sobre las zonas agrícolas en estudio: Manabí y Guayas-Los Ríos, usando la técnica de Componentes Principales.

Con la información proporcionada por los índices obtenidos, se definieron los meses de más alta intensidad de los eventos El Niño 1991-92 y 1997-98 en estudio, así como el mes “normal” (menor valor positivo del índice registrado en 1990-98), y se calculó con ayuda del Sistema de Información Geográfica Arc View, la distribución espacial de excedentes de precipitación sobre las zonas agrícolas, en los meses de máxima intensidad de dichos fenómenos.

A partir de estos mapas se determinaron las áreas de riesgo agrícola en cultivos de arroz y maíz de Manabí y Guayas-Los Ríos, en función de su posición geográfica, de los máximos excedentes de precipitación registrados en cada mes pico de los Niños estudiados, y la ubicación de zonas bajas.

Los índices locales ENOS resultantes indicaron a los meses de mayo de 1992 y abril de 1998, como los de mayor intensidad de los eventos El Niño en estudio, tanto en

Manabí como en Guayas-Los Ríos; así también, definió a los meses de abril y mayo de 1994 como normales dentro del período de análisis 1990-1998.

La distribución espacial de excedentes pluviométricos sobre la zona de Guayas-Los Ríos, durante los dos meses picos de Los Niños estudiados, así como la topografía de esta, permitió definir a todas las áreas arroceras y maiceras de la zona como áreas agrícolas con riesgo de daño, durante un evento El Niño, tanto de intensidad moderada como extremo. Mientras que para Manabí la misma información descubrió focos de riesgo dentro de las áreas maiceras de la provincia.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN -----	VII
INDICE GENERAL -----	IX
INDICE DE FIGURAS -----	XIII
INDICE DE TABLAS -----	XV
INDICE DE MAPAS -----	XX
INTRODUCCION -----	22
CAPITULO 1	
1.1 Importancia de la Producción de Maíz Duro y Arroz en la	
Socioeconomía del Ecuador -----	25
1.1.1 Características de Cultivos en Estudio -----	26
1.1.1.1 Arroz -----	26
1.1.1.1.1 Incidencia del Clima sobre el Cultivo -----	27
1.1.1.1.2 El Cultivo de Arroz en Ecuador -----	30
1.1.1.2 Maíz Duro -----	31
1.1.1.2.1 Incidencia del Clima sobre el Cultivo -----	32
1.1.1.2.2 El Cultivo de Maíz Duro en Ecuador -----	33
1.1.2 Socioeconomía de la Producción -----	34
1.1.2.1 Arroz -----	34
1.1.2.2 Maíz -----	35

1.2	Definición del Area de Estudio -----	37
1.2.1	Descripción de Indicadores Ambientales Zonificados -----	41
1.2.2	Descripción de la Infraestructura -----	43
1.2.3	Sistema Fluvial -----	48
1.3	Definición de Herramientas Analíticas -----	48
1.3.1	Uso de Herramientas Estadísticas -----	49
1.3.1.1	Normalización de las Series -----	49
1.3.1.2	Funciones Empíricas Ortogonales -----	49
1.3.1.3	Promedios Móviles -----	60
1.3.1.4	Alisado Exponencial -----	61
1.3.1.5	Coefficiente de Correlación -----	61
1.3.1.6	Prueba de Hipótesis para una Media Poblacional -----	62
1.3.2	Uso de Sistemas de Información Geográfica -----	63
1.3.2.1	Definición -----	64
1.3.2.2	Tipos de Análisis -----	69
1.3.2.2.1	Análisis de Superficie -----	71

## CAPITULO 2

2.1	Eventos El Niño en Ecuador -----	77
2.1.1	Descripción del Evento El Niño 1991-92 -----	81
2.1.1.1	Impactos de El Niño 1991-92 en Ecuador -----	83
2.1.1.2	Impactos Agrícolas -----	85
2.1.1.3	Impactos Agrícolas por Otras Causas -----	88

2.1.2 Descripción del Evento El Niño 1997-98 -----	88
2.1.2.1 Impactos de El Niño 1997-98 en Ecuador -----	91
2.1.2.2 Impactos Agrícolas -----	96
2.1.2.3 Impactos Agrícolas por Otras Causas -----	104
2.1.3 Comparación de Impactos entre los Eventos	
El Niño 1991-92 y 1997-98 -----	105
 CAPITULO 3	
3.1 Construcción de Mapas de Riesgo -----	110
3.1.1 Índice Climático relevante para la Agricultura	
de los Cultivos Seleccionados -----	111
3.1.1.1 Análisis de las Series de Tiempo -----	114
3.1.1.1.1 Precipitación -----	114
3.1.1.1.2 Temperatura Atmosférica -----	120
3.1.1.1.3 Humedad Relativa -----	124
3.1.1.2 Construcción de Vectores Zonales de Clima -----	124
3.1.1.3 Construcción de Índices Locales de Clima -----	131
3.1.1.3.1 Índice MEI -----	132
3.1.2 Índices Agrícolas -----	157
3.1.2.1 Análisis Estadístico de Índices Agrícolas vs	
Índices Locales de Clima -----	159
3.1.2.1.1 Producción -----	159
3.1.2.1.2 Superficie Cosechada -----	163

3.1.2.1.3 Rendimiento -----	166
3.1.2.2 Análisis Descriptivo de Indices Agrícolas vs Indices Locales de Clima -----	170
3.1.3 Mapas de Riesgo Agrícola -----	186
3.1.3.1 Aplicación para la Utilización de los Mapas de Riesgo Agrícola -----	209
CAPITULO 4	
4.1 Discusión -----	211
4.2 Conclusiones -----	217
4.3 Recomendaciones -----	221
BIBLIOGRAFIA -----	224

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Ventana Surface (Análisis de Superficie) en Arc View -----	73
FIGURA N° 2: Ventana Output Grid Specification del Análisis de Superficie-Arc View -----	74
FIGURA N° 3: Ventana Interpolate Surface para el método de interpolación IDW del Análisis de Superficie-Arc View -----	75
FIGURA N° 4: Ventana Interpolate Surface para el método de interpolación Spline del Análisis de Superficie-Arc View -----	75
FIGURA N° 5: Eventos El Niño registrados por el MEI desde 1950 -----	106
FIGURA N° 6: Anomalías de Precipitación en Dos Estaciones Meteorológicas de Manabí -----	117
FIGURA N° 7: Anomalías de Precipitación en Cuatro Estaciones Meteorológicas de Guayas-Los Ríos -----	118
FIGURA N° 8: Anomalías de Temperatura del Aire en Dos Estaciones Meteorológicas de Manabí -----	121
FIGURA N° 9: Anomalías de Temperatura del Aire en Cuatro Estaciones Meteorológicas de Guayas-Los Ríos -----	122
FIGURA N° 10: Anomalías de Humedad Relativa en Tres Estaciones Meteorológicas de Guayas-Los Ríos -----	123
FIGURA N° 11: Índice Multivariado MEI -----	134
FIGURA N° 12: Índice MEI vs Índice ENOS Manabí -----	155
FIGURA N° 13: Índice MEI vs Índice ENOS Guayas-Los Rios -----	156

FIGURA N° 14: Indices Agrícolas de Arroz en Guayas vs	
Indice ENOS Gua-Rios -----	172
FIGURA N° 15: Indices Agrícolas de Arroz en Los Ríos vs	
Indice ENOS Gua-Rios -----	175
FIGURA N° 16: Indices Agrícolas de Maíz Duro en Guayas vs	
Indice ENOS Gua-Rios -----	178
FIGURA N° 17: Indices Agrícolas de Maíz Duro en Los Ríos vs	
Indice ENOS Gua-Rios -----	181
FIGURA N° 18: Indices Agrícolas de Maíz Duro en Manabí vs	
Indice ENOS Manabí -----	184

## INDICE DE TABLAS

Tabla I: Clasificación de Eventos El Niño ocurridos desde 1950 de acuerdo a sus anomalías de TSM -----	79
Tabla II: Principales Cultivos afectados por El Niño 1991-92 en Manabí -----	86
Tabla III: Población Ecuatoriana afectada por El Niño 1997-98 -----	92
Tabla IV: Resumen de daños ocasionados por el fenómeno El Niño en 1997-98 (Millones de Dólares de EUA) -----	93
Tabla V: Estimación de los costos del sector agropecuario causados por El Niño de 1997-98 (en millones de dólares) -----	95
Tabla VI: Superficie de los Principales Cultivos que fue afectada por El Niño de 1997-1998 (Hectáreas) -----	97
Tabla VII: Estimaciones de las Pérdidas de Producción en el sector agrícola durante El Niño 1997-1998 (Toneladas Métricas) -----	98
Tabla VIII: Pérdidas en agricultura (Ha) como consecuencia de El Niño de 1997-98, según fuentes (miles de US\$) -----	100
Tabla IX: Empleo y salarios perdidos por El Niño de 1997-98 en los cultivos de mayor superficie afectada (área rural) -----	101
Tabla X: Superficie agrícola de arroz y maíz duro afectada por El Niño de 1997-98 en Manabí, Guayas y Los Ríos -----	102
Tabla XI: Producción Perdida durante 1998 en la Costa y en las provincias en estudio, por efecto de El Niño y razón principal de la pérdida -----	103

Tabla XII: Comparación de Impactos Registrados durante los Eventos	
El Niño en Estudio -----	108
Tabla XIII: Posición de Estaciones Meteorológicas del INAMHI	
usadas en el cálculo de los índices locales de clima -----	112
Tabla XIV: Principales Propiedades Estadísticas de las Series de	
Tiempo. Período de análisis: 1970-1999 -----	113
Tabla XV: Modos Principales resultantes para cada variable climática	
en la zona de Manabí -----	127
Tabla XVI: Modos Principales resultantes para cada variable climática	
en la zona de Guayas-Los Ríos -----	128
Tabla XVII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al	
Primer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí -----	137
Tabla XVIII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al	
Primer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos -----	137
Tabla XIX: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al	
Segundo Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí -----	139
Tabla XX: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al	
Segundo Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos ----	139
Tabla XXI: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al	
Tercer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí -----	141
Tabla XXII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al	
Tercer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos -----	141

Tabla XXIII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Cuarto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí -----	144
Tabla XXIV: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Cuarto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos -----	144
Tabla XXV: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Quinto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí -----	145
Tabla XXVI: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Quinto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos -----	145
Tabla XXVII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí -----	147
Tabla XXVIII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos -----	147
Tabla XXIX: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos, Incluyendo la Variable de Humedad Relativa -----	147
Tabla XXX: Correlación lineal entre los dos vectores locales de clima encontrados y el índice patrón MEI -----	149
Tabla XXXI: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí, Incluyendo el índice MEI -----	151
Tabla XXXII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos, Incluyendo el índice MEI -----	151

Tabla XXXIII: Correlación lineal entre los vectores locales de clima preliminares y el índice patrón MEI -----	153
Tabla XXXIV: Correlación lineal máxima obtenida aplicando un filtro de promedios móviles a los índices locales ENOS -----	154
Tabla XXXV: Correlación lineal máxima obtenida aplicando un filtro exponencial a los índices locales ENOS -----	154
Tabla XXXVI: Resultados de Prueba de Hipótesis para Producción y Superficie Cosechada de Arroz -----	158
Tabla XXXVII: Resultados de Prueba de Hipótesis para Producción y Superficie Cosechada de Maíz -----	158
Tabla XXXVIII: Correlaciones entre la Producción de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes -----	161
Tabla XXXIX: Correlaciones máximas entre la Producción desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes --	161
Tabla XL: Correlaciones máximas entre la Producción desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes durante 1991-92 -----	161
Tabla XLI: Correlaciones máximas entre la Producción desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes durante 1997-98 -----	161
Tabla XLII: Correlaciones entre la Superficie Cosechada de Arroz y Maíz Duro en cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes -----	165

Tabla XLIII: Correlaciones máximas entre la Superficie Cosechada desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes -----	165
Tabla XLIV: Correlaciones máximas entre la Superficie Cosechada desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes durante 1991-92 -----	165
Tabla XLV: Correlaciones máximas entre la Superficie Cosechada desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes durante 1997-98 -----	165
Tabla XLVI: Correlaciones entre el rendimiento de Arroz y Maíz Duro en cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes -----	169
Tabla XLVII: Correlaciones máximas entre el rendimiento desfazado de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS Correspondientes -----	169
Tabla XLVIII: Correlaciones máximas entre el rendimiento desfazado de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes durante 1991-92 -----	169
Tabla XLIX: Correlaciones máximas entre el rendimiento desfazado de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Indices Locales ENOS correspondientes durante 1997-98 -----	169
Tabla L: Estaciones Meteorológicas usadas en la Construcción de Mapas de Distribución Pluviométrica sobre las Zonas de Guayas-Los Ríos y Manabí -----	189

## INDICE DE MAPAS

MAPA I: Area de Estudio -----	38
MAPA II: Areas de Influencia de Eventos El Niño en Ecuador -----	80
MAPA III: Estaciones Meteorológicas de Manabí, Guayas y Los Ríos, y Zonas Pluviométricas Homogéneas Costeras -----	115
MAPA IV: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en mayo de 1992 -----	190
MAPA V: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en abril de 1994 -----	191
MAPA VI: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en mayo de 1994 -----	192
MAPA VII: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en abril de 1998 -----	193
MAPA VIII: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en mayo de 1992 -----	194
MAPA IX: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en abril de 1994 -----	195
MAPA X: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en mayo de 1994 -----	196
MAPA XI: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en abril de 1998 -----	197

MAPA XII: Excedentes de Precipitación en Manabí durante Mayo de 1992 sobre las Zonas Maiceras en Estudio -----	199
MAPA XIII: Excedentes de Precipitación en Manabí durante Abril de 1998 sobre las Zonas Maiceras en Estudio -----	200
MAPA XIV: Excedentes de Precipitación en Guayas-Los Ríos durante Mayo de 1992 sobre las Zonas Arroceras y Maiceras en Estudio -----	201
MAPA XV: Excedentes de Precipitación en Guayas-Los Ríos durante Abril de 1998 sobre las Zonas Arroceras y Maiceras en Estudio -----	202
MAPA XVI: Zonas Bajas del Area de Estudio en Manabí -----	204
MAPA XVII: Zonas Bajas del Area de Estudio en Guayas-Los Ríos (cota menor a 40 m) -----	205
MAPA XVIII: Areas Maiceras Bajas en Riesgo por Excedentes de Precipitación, en Manabí, durante Mayo de 1992 -----	207
MAPA XIX: Areas Maiceras Bajas en Riesgo por Excedentes de Precipitación, en Manabí, durante Abril de 1998 -----	208

## INTRODUCCION

El fenómeno El Niño, como es conocido, es un fenómeno recurrente que ocasiona excedentes en las precipitaciones, principalmente sobre la región Litoral del Ecuador. Los eventos ocurridos en 1991-92 (intensidad moderada) y el más reciente en 1997-98 (extremadamente fuerte), han causado impactos negativos sobre el sector agrícola de la Costa, debido a las inundaciones que han provocado. Entre los principales productos afectados están los cultivos de ciclo corto, como el arroz y el maíz duro, que han sido los más impactados por estos fenómenos.

Informes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) realizados en 1983 y 1998; así como el realizado por Vos, Velasco y De Labastida, (SISSE y Países Bajos) en 1998 y Cornejo, 1999 (Proyecto UNEP/NCAR El Niño), señalan al sector agrícola, y a los cultivos de arroz y maíz duro, como los más afectados por las precipitaciones anómalas presentes durante eventos extremos, como el de 1982-83 y el de 1997-98. Así también, informes de prensa nacional y series de tiempo agrícolas nos permiten apreciar el impacto negativo que el evento de intensidad moderada ocurrido en 1991-92, ejerció sobre estos cultivos de ciclo corto, afectándolos puntualmente y en menor escala.

Palacios (1997), en un estudio realizado para un banco privado, describe cómo eventos El Niño de diferentes intensidades han afectado productos representativos en las diferentes regiones y provincias del Ecuador. Evalúa los eventos de 1982-83, de 1986-87 y el de 1991-92, llegando a la conclusión de que hay una alta correlación

entre la magnitud de un evento EL Niño y su impacto sobre el sector agrícola, esta es lineal, negativa y directa para un evento El Niño de intensidad fuerte. Así también indica que un evento fuerte afecta más significativamente los sectores agrícolas de la región Costa que los de la región Andina.

El presente trabajo de tesis pretende contribuir, a través de la ciencia aplicada, con los sectores agrícolas más afectados por El Niño: el arrocero y el maicero, que al momento emplean a más del 20% de la población económicamente activa agrícola (PEAagr). Siendo el Ecuador un país azotado frecuentemente por El Niño, resulta útil y aplicable la determinación de escenarios de riesgo agrícola específicos, a partir de índices de clima locales que representen el desarrollo de estos fenómenos, para prevenir y mitigar los daños que puedan sufrir los sectores agrícolas de interés durante un evento moderado o de intensidad extrema.

Para esto se procedió a trabajar por capítulos la información recabada; en el Capítulo 1 se hace referencia a la importancia de los productos agrícolas en la socioeconomía del País, se definen el área de estudio y las herramientas analíticas a ser empleadas en la construcción de los índices locales de clima y mapas de riesgo agrícola, sobre las zonas arroceras y maiceras de Manabí y Guayas-Los Ríos.

En el Capítulo 2 se hace referencia a los eventos El Niño en estudio, el ocurrido en 1991-92 y el de 1997-98; se realiza la descripción física de cada uno y se detallan los múltiples impactos causados al País y en la agricultura; además se comparan los efectos de cada Niño en Ecuador.

Es a partir del Capítulo 3 que se procede al análisis de los parámetros de clima, tanto local como regional, para la construcción de los índices de clima locales, sobre las zonas estudiadas; Luego basándose en esta información se construyen mapas de riesgo agrícola sobre Manabí y Guayas-Los Ríos.

Por último, en el Capítulo 4 se expone la discusión de los resultados obtenidos en el Capítulo 3; y a partir de esta se plantean las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Se espera que toda esta información recabada y analizada, así como los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, pueda servir de base para futuros trabajos de investigación más específicos.

## **CAPITULO 1**

### **1.1 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCION DE MAIZ DURO Y ARROZ EN LA SOCIOECONOMIA DEL ECUADOR**

El arroz en Ecuador es uno de los cultivos de ciclo corto que mayor acogida ha tenido en el País, sobre todo entre los pequeños productores de la Costa, zona principal de producción. Según datos recabados por el Proyecto SICA para Ecuador, en la actualidad el País cuenta con alrededor de 400 mil hectáreas anuales dedicadas al cultivo de arroz. Esta práctica agrícola se ha convertido en la más grande en extensión y ha convertido al País, en uno de los de mayor superficie sembrada dentro de la Comunidad Andina.

Desde 1992 hasta los datos recabados en 1995, por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el cultivo ha mantenido un crecimiento anual del 7.4%, contribuyendo con el 9% al Producto Interno Bruto Agropecuario. Debe destacarse además, que a pesar de ser un producto de consumo interno (38 Kg/persona/año) también se lo exporta, siendo su principal comprador Colombia. En promedio se tiene un volumen anual de exportaciones de 120 mil TM, con un aporte anual promedio al país de 60 millones de dólares (SICA, 2002).

De la misma manera el cultivo de maíz duro en Ecuador es sin lugar a dudas, un producto estratégico dentro de la economía nacional, pues de su práctica dependen otras actividades relacionadas, como la industria avícola y la industria de balanceados, quienes son sus principales consumidores. En la actualidad el

área dedicada a esta práctica agrícola es de 350 mil hectáreas, que representa el 4% del área agrícola del País. En 1997, su producción contribuyó con un 4% del Producto Interno Bruto Agropecuario. Ese mismo año se exportaron 150 mil TM a Colombia, su principal comprador, con un aporte de divisas de alrededor de 22 millones de dólares. Sin embargo, al momento este importante sector agrícola atraviesa problemas por baja productividad de sus cultivos.

### **1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE CULTIVOS EN ESTUDIO**

#### **1.1.1.1 ARROZ**

El arroz es una planta que se cultiva desde el ecuador hasta más allá de los 45° de latitud norte, desde el nivel del mar hasta los 1500 m y más, de altitud, en los suelos más diversos, en los más arcillosos como en los más limosos, tanto en cultivo acuático como en cultivo de secano.

Las condiciones climáticas son de especial importancia, pues su incidencia sobre el cultivo es un limitante de la producción. Así, se puede mencionar entre los parámetros climáticos relevantes a la temperatura, la cantidad de luz solar (insolación), la pluviometría, humedad relativa-evaporación, y la acción del viento.

#### **1.1.1.1.1 INCIDENCIA DEL CLIMA SOBRE EL CULTIVO**

En este contexto, es importante conocer las condiciones de clima que esta labor requiere para su óptima producción. La temperatura está determinada por la latitud y la altitud, en el planeta.

En las zonas ecuatoriales y semiecuatoriales, como el caso de Ecuador, las temperaturas medias mensuales son satisfactorias y las mínimas no son nunca suficientemente bajas como para constituir, aun en forma eventual, un factor limitante al cultivo, permitiendo así, varias campañas al año; sin embargo, se debe tomar en cuenta que en relieves irregulares la temperatura disminuye con la altitud lo que se constituye en un factor limitante para el cultivo en zonas altas.

También se conoce que el arroz reacciona de forma muy variable a la insolación que recibe; en el Ecuador esta cantidad se muestra constante. La intensidad de la iluminación juega un papel importante en el fenómeno de la fotosíntesis; las regiones arroceras muy soleadas durante el

crecimiento del arroz y después de la floración dan grandes rendimientos. Por el contrario, las zonas ecuatoriales, de gran nubosidad dan frecuentemente rendimientos mediocres.

Uno de los factores claves en la producción arrocería de secano (sin riego), sin duda, es la pluviometría. No así en los cultivos que cuentan con sistemas de riego que pueden paliar artificialmente una insuficiencia o una incorrecta repartición de lluvias. En las regiones de clima ecuatorial típico, pueden sucederse normalmente dos estaciones de cultivo sin riegos complementarios necesarios. Siendo la duración de la estación lluviosa, la que impone el tipo de manejo del cultivo.

En muchos casos el arroz sufre la sequía, especialmente en las zonas donde una estación de sequía más o menos reducida recuerda la proximidad del clima ecuatorial: una sequía al principio de la estación de lluvias, o un retraso en la llegada de la misma constituye igualmente un obstáculo o un retraso en la siembra directa sobre el terreno.

Inversamente, el exceso de lluvias puede determinar una obstrucción de la red de desagües o colectores y, con ello, una inmersión de las plantas, que resulta grave al comienzo de la vegetación.

Así como el cese de las lluvias y la desecación del arrozal constituyen las mejores condiciones para la maduración y la recolección; las lluvias tardías, frecuentes en la región ecuatorial, perjudican la recolección y no permiten el secado completo del arroz en cáscara cosechado.

Además, las variaciones diurnas de la humedad relativa son determinantes para la fijación de las horas de recolección con la cosechadora, cuya utilización es óptima cuando el grano tiene una humedad comprendida entre el 18 y el 22%. Las condiciones de humedad relativa del aire determinan igualmente los procesos de secado y de conservación del grano.

El viento también es un factor importante para la evaporación y la transpiración de las plantas. Además, puede causar el vuelco de las plantas, sobre

todo en las variedades de alto porte, provocando la deterioración de los granos sumergidos en el agua del arrozal. Vientos secos y calurosos pueden causar quemaduras en la planta y el aborto de los granos en el momento de la formación; los vientos fríos y secos producen un amarilleo de las plantas y provocan, en el momento del arranque, un elevado porcentaje de pérdidas.

#### **1.1.1.1.2 EL CULTIVO DE ARROZ EN ECUADOR**

Para el caso del cultivo de arroz en las planicies litorales de la Costa ecuatoriana, su producción está concentrada en un 95% en las provincias de Guayas y Los Ríos, que cuentan con un clima tropical “húmedo” y “muy húmedo”. El 63% de la producción anual se recoge entre los meses de abril y junio, correspondiente a la siembra de la época lluviosa, mientras que la producción restante sale a partir de septiembre hasta fines de año y se da mediante riego, durante la época seca (SICA 2002).

La producción arrocería en el País presenta una alta estacionalidad, pues las labores de siembra comienzan a partir del inicio del período de lluvias

en la Costa ecuatoriana. Así, se registra un requerimiento pluviométrico de entre 600 y 1200 mm acumulados de agua por período de cultivo, con una temperatura atmosférica promedio que debe oscilar entre 22 y 26°C y por lo menos 1000 horas de sol. Los suelos sobre los que se cultiva son generalmente franco arcillosos, con buen drenaje, fértiles y con un Ph entre 6.5 y 7.5.

Las principales variedades de arroz cultivadas en Ecuador son variedades no endémicas probadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); dichas semillas se venden a los productores, al momento las de mayor demanda son las variedades INIAP 11, INIAP 14 e INIAP 4-15 (variedad sofisticada de alto rendimiento).

#### **1.1.1.2 MAIZ DURO**

Como especie, el maíz es una de las plantas de mayor adaptación útiles al hombre; se cultiva desde el ecuador a diferentes latitudes norte y sur, desde el nivel del mar hasta más de 3.200 m. sobre el nivel del mar, en suelos y climas muy variables y con una tecnología muy diversa.

#### **1.1.1.2.1 INCIDENCIA DEL CLIMA SOBRE EL CULTIVO**

Se adapta mejor en suelos húmedos y fértiles, en regiones subtropicales templadas y en regiones tropicales altas, con temperaturas altas durante el día y bajas temperaturas nocturnas. Se requieren suelos bien drenados, con alto contenido de nitrógeno y un pH óptimo, entre 6.0-7.0. La alta producción y productividad son los efectos de las acciones e interacciones de: suelo, clima, planta y tecnologías.

Dentro del clima se tiene que los parámetros que influyen en la producción son la temperatura del aire, la humedad y las precipitaciones. Las mayores producciones se logran en aquellos climas en donde las temperaturas en los meses calurosos varían entre 21°C y 27°C, con un período libre de heladas durante el ciclo agrícola que se desarrolla entre 120 a 180 días.

Además de lo anteriormente indicado, la producción también depende de las lluvias, pues si se presentan sequías o excesos de precipitación, estos pueden malograr la producción. Además de la cantidad, es

muy importante la distribución de las lluvias durante el ciclo agrícola.

#### **1.1.1.2.2 EL CULTIVO DE MAIZ DURO EN ECUADOR**

En Ecuador, el cultivo de maíz duro se hace principalmente a partir de variedades mejoradas conocidas como híbridos, diseñados por el INIAP; dichas semillas se venden y entre las más usadas se tiene a la Brasilia, Pacific y la H551 que es una de las más usadas al momento. También se utilizan variedades criollas como el Criollo de Quevedo, Criollo Arinozo y Maíz de Gallina.

Estas variedades se adaptan a la mayoría de las condiciones de clima y suelo del Litoral ecuatoriano, y se dan principalmente en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, El Oro, y Esmeraldas; y en la Sierra, en las provincias de Pichincha (valles) y Loja (Celica).

Según información proporcionada por el proyecto SICA, la superficie anual dedicada al cultivo de maíz duro, en condiciones normales, es de 350 mil Has, de las cuales 230 mil Has se siembran en el ciclo

lluvioso y 120 mil Has en el seco. En el ciclo principal de cultivo, el 35% del área maicera se siembra en Manabí, un 27% en Los Ríos y un 23% en Guayas; en términos de rendimientos, los más altos se obtienen en Los Ríos (3.7TM/ha), seguidos por los de Guayas (3TM/ha) y Manabí con los más bajos (2TM/ha).

La productividad actual del maíz duro, en términos de rendimientos, fluctúa entre 1.5 TM/ha al nivel de pequeños agricultores con tecnología tradicional y los 3.7 TM/ha para el nivel tecnificado, en las mejores condiciones edafo-climáticas (suelo y clima) de la provincia de Los Ríos (el rendimiento promedio ponderado nacional es de 2 TM/ha); con un costo de producción estimado 660 dólares por hectárea.

## **1.1.2 SOCIOECONOMIA DE LA PRODUCCION**

### **1.1.2.1 ARROZ**

El cultivo de arroz en Ecuador es practicado en su mayor parte por pequeños productores y está concentrado en la Cuenca baja del río Guayas. La actividad arrocera ecuatoriana al momento emplea a por lo menos el 11% de la PEA agrícola y contribuye al crecimiento del país en un 9% del Producto Interno Bruto (PIB)

Agropecuario (SICA, 2002). Sin embargo sus rendimientos son considerados unos de los más bajos a escala mundial.

Esta labor agrícola se realiza principalmente para suplir la demanda interna de arroz para alimentación, exportándose los excedentes. Las exportaciones de arroz se han fortalecido durante la última década de tal forma que para 1996 las exportaciones de esta gramínea constituyeron el 15% de la producción nacional de ese año, siendo el principal comprador Colombia.

#### 1.1.2.2 MAIZ

El maíz duro es considerado uno de los productos claves dentro de lo que se conoce como Cadenas Agroindustriales. Así, la cadena agroalimentaria **maíz duro-avicultura**, cuenta con tres eslabones fundamentales:

- La producción agrícola primaria de maíz duro.
- La fabricación de alimentos balanceados
- La industria avícola de carnes y huevos.

En cuanto a la producción se conoce que el cultivo de maíz duro también precisa de gran cantidad de mano de obra, en sus diferentes etapas de producción en el País. Según el SICA, alrededor de 140 mil personas, esto es aproximadamente el 11%

de la población económicamente activa dedicada a la Agricultura (PEAagr), se dedica a su producción. La mayor parte de la gente dedicada a esta labor, son pequeños productores asociados en gremios. Sin embargo el sector al momento enfrenta problemas de competitividad, pues su productividad no es buena, por problemas en el financiamiento y la comercialización de los cultivos.

En cada uno de los mercados de productos existentes al interior de la cadena actúan comerciantes mayoristas, empresas comercializadoras, importadores, exportadores, almaceneras; y en torno a la cadena giran servicios financieros, de provisión de insumos, asesoría técnica, de investigación y de formación profesional. Cada eslabón es complementario al otro y guardan interdependencia respecto a los mercados externos e internos.

La comercialización del maíz duro en el ámbito local, se lleva a cabo a través de grandes empresas avícolas con integración vertical, de empresas medianas y pequeñas, y de los comerciantes mayoristas. En el comercio externo de importación se identifican cuatro empresas grandes y dos asociaciones, entre dos de estos se hace el 80% de las importaciones. Las exportaciones de maíz duro son en su mayor parte para el mercado colombiano y están a cargo de empresas y comerciantes

mayoristas de ese país, aunque se estima que un 50% se exporta informalmente (SICA 2002).

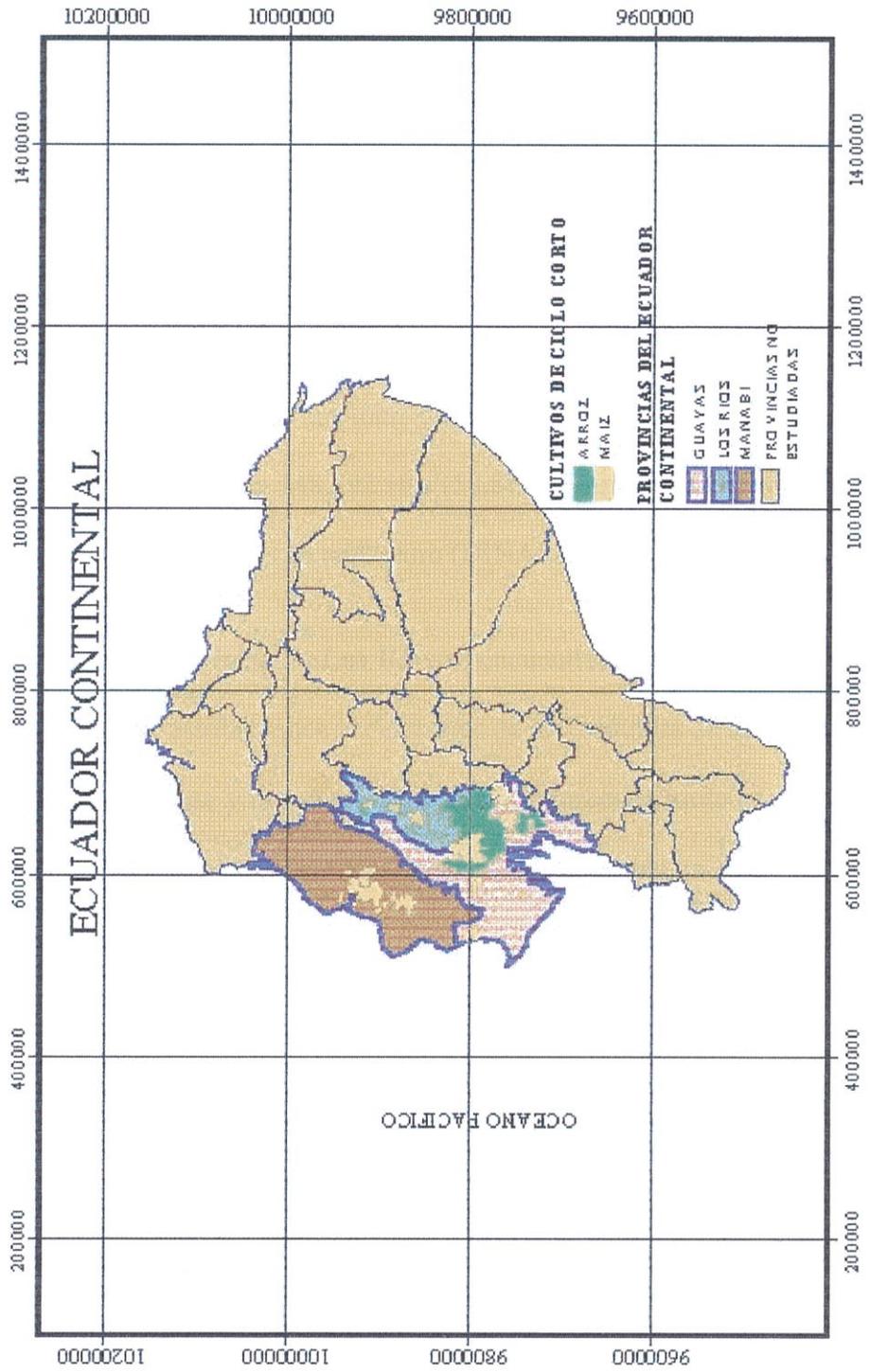
Según un informe del Ministerio de Agricultura y Ganadería de 1991, el maíz duro hasta ese entonces conformaba el 50% de los insumos para la Industria de Balanceados y el 80% de este porcentaje se destinaba a la actividad avícola; lo cual implicó que un gran porcentaje de maíz duro entrara al consumo humano a través de la industria avícola, ganado bovino y porcino y camarones en cautiverio.

## 1.2 DEFINICION DEL AREA DE ESTUDIO

Para fines del estudio se eligieron las zonas arroceras de Guayas y Los Ríos, y las zonas maiceras de Guayas, Los Ríos y Manabí, por ser estas provincias las que proveen el mayor aporte a la producción nacional para ambos productos (MAPA I).

La provincia del **Guayas** se encuentra ubicada entre el océano Pacífico al oeste, y las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes al este, en la llanura central del Litoral ecuatoriano. Su extensión es de 17.803 Km<sup>2</sup>; al noroeste provincial se encuentra la cordillera de Chongón-Colonche, en la que se destacan las pequeñas elevaciones de Chanduy, Estancia, Manglaralto y Sayá, cuya altura no sobrepasa los 800 m sobre el nivel del mar.

MAPA I: AREA DE ESTUDIO



FUENTE: DINAREN

Guayas es zona agrícola por excelencia, pues sus características climáticas y de relieve favorecen el desarrollo de diferentes tipos de cultivos. En la cuenca media y baja del río Guayas, constituida por una llanura aluvial de suelos arcillosos profundos, se encuentra una zona totalmente plana y baja de menos de 20 metros de altura, que es aprovechada esencialmente para cultivos de arroz.

Tanto las zonas de producción arroceras, como las de maíz duro, se encuentran concentradas sobre la frontera norte de la provincia con Los Ríos, en la cuenca baja del Guayas, ocupando un total de 252.803 Has (14.2% de la extensión provincial). De esta tierra 148.592 Has (58.8%) son para los cultivos de arroz y el restante (41.2%) para los de maíz duro (DINAREN, 2001).

Por otro lado, la provincia de **Los Ríos** se encuentra ubicada en la zona costera oriental, sobre las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes, que la limita por el lado este y noreste. Hacia el sur y suroeste limita con la provincia del Guayas. Su relieve es plano con pocas elevaciones que no superan los 500 m sobre el nivel del mar.

Su territorio es parte de la Cuenca del río Guayas; la Cuenca alta del río Guayas se extiende desde aproximadamente el cantón Catarama hacia el norte, y la media y baja desde este, hacia el sur. La parte norte es formada por una llanura plana, ligeramente ondulada. Sus suelos contienen un gran potencial agrícola, más las condiciones topográficas de la zona limitan su uso a cultivos de soya y maíz

duro. La parte sur, por sus características de tierras bajas, es usada principalmente para cultivos de arroz.

Su superficie territorial cuenta con 7.208 Km<sup>2</sup>, de los cuales 115.515 Has, 16% de la extensión provincial, son destinadas a la producción de arroz y maíz duro en la provincia, siendo 93.832 Has (81.2%) para arroz y 21.682 Has (18.8%) para maíz duro (DINAREN, 2001). Los cultivos de arroz se encuentran en su mayor parte ubicados sobre la frontera sur que limita con Guayas, mientras que los cultivos de maíz duro están repartidos en pequeños focos al norte de la provincia (DINAREN, 2001).

La provincia de **Manabí** limita al oeste con el océano Pacífico y por su lado este y noreste se encuentra atravesada por la cordillera Chongón y Colonche, por lo que recibe la influencia directa de la atmósfera marina. Políticamente hablando, limita con las provincias de Guayas al sur y sureste, y Esmeraldas al norte.

Esta provincia presenta niveles aluviales y terrazas en los valles que se localizan a lo largo de sus principales sistemas hidrográficos (ríos Chone y Portoviejo). Su topografía es generalmente plana y las partes bajas (terrazas bajas) son fertilizadas por el limo de desborde de los ríos durante la estación lluviosa, dando como resultado la existencia de suelos limosos bastante profundos, gravemente afectados por inundaciones.

Su territorio cuenta con 18.603 Km<sup>2</sup> de superficie, de los cuales 60.086 Has (3.2%) están destinadas al cultivo de maíz duro seco. Estas zonas maiceras están

concentradas en dos puntos sobre el centro de la provincia, alejados entre sí 35 Km aproximadamente, y bañados por los sistemas hidrográficos del Chone (hacia el norte) y del Portoviejo (hacia el sur).

### **1.2.1 DESCRIPCIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES ZONIFICADOS**

La provincia del Guayas, así como el resto de las provincias costeras, goza de un clima tropical seco; la estación lluviosa, y su red hidrográfica permiten la agricultura en la zona. En esta provincia las lluvias llegan a partir de diciembre y alcanzan su máximo valor normalmente durante el mes de febrero (en promedio 405.2 mm), finalizando esta estación en el mes de mayo; luego las precipitaciones disminuyen en intensidad hasta recomenzar el ciclo (registros INAMHI).

Su temperatura atmosférica también sufre una variación estacional, ésta alcanza su máximo valor durante marzo y se mantiene hacia abril, su valor en promedio es de 26°C para ese mes; luego tiende a disminuir y alcanza su mínimo valor durante agosto, el cual es en promedio 23.5°C (registros INAMHI).

En cuanto a su población, según los resultados del Censo Poblacional de 1990, Guayas contaba con una población de 2.515.146 habitantes, de los cuales el 76.3% eran urbanos y 23.7% vivían en zonas rurales; para 1997 su población total se había incrementado a 3.201.672 habitantes, de los

cuales 83.2% eran urbanos y 16.8% rurales (INEC). Según datos facilitados por la Dirección de Información de Recursos Naturales Renovables y Ordenamiento Rural (DINAREN) en la actualidad su población económicamente activa agrícola está constituida aproximadamente por 924.074 habitantes.

El clima de la provincia de Los Ríos también está regido por las lluvias, éstas comienzan en noviembre y alcanzan su máxima intensidad en febrero (501.2 mm en promedio), su estación lluviosa es más extensa y tiende a declinar por junio cuando empieza la estación seca. En cuanto a la temperatura atmosférica, ésta presenta su máximo valor durante el mes de marzo y abril, con un promedio de 26.5°C; y su mínimo valor durante julio con un promedio de 23.8°C (registros INAMHI).

En cuanto a su población, la provincia de Los Ríos para 1990 registraba una población aproximada de 527.559 habitantes, de los cuales 37.8% eran urbanos y 62.2% rurales; para 1997 su población alcanzó los 630.303 habitantes con 48.3% de población urbana y 51.7% en la rural (INEC). Su población económicamente activa dentro del área agrícola la forman aproximadamente 179.053 habitantes (DINAREN, 2000). Las principales actividades económicas que generan trabajo son: la agricultura y ganadería que emplean al 56.3% de la población.

Manabí en cambio goza de un clima tropical seco y semi-húmedo, con una influencia semiárida hacia la zona de Manta, principal puerto de la provincia. Su estación húmeda comienza en diciembre y alcanza su pico más alto en febrero con un valor promedio de lluvias para ese mes de 231.1 mm, luego las lluvias tienden a disminuir en intensidad hasta que por julio se inicia la estación seca. Su temperatura atmosférica presenta su pico más alto en marzo con un valor promedio de 26.5°C, y su punto más bajo en agosto con un valor promedio de 24.2°C (registros INAMHI).

Para 1990, Manabí tenía 1.031.927 habitantes, de los cuales el 42% eran urbanos y el 58% rurales (INEC). Para 1997 su población había crecido hasta llegar a los 1.211.064 habitantes, de los cuales el 48.4% era población urbana y el 51.6% población rural (INEC). A la fecha, su población económicamente activa dedicada a la agricultura está formada por 330.637 habitantes (DINAREN, 2000).

### **1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA**

La descripción de la infraestructura en las zonas en estudio, se ha definido en función de la estructura vial existente en cada una de las provincias y de la infraestructura agrícola usada en los cultivos en estudio dentro de cada provincia.

En lo que respecta a la estructura vial, las tres provincias en estudio cuentan con una red de carreteras principales, y puentes que les permiten interconectarse entre sí y con el resto del País; la extensión total de carreteras principales para Guayas es de 996.6 Km, para Los Ríos su extensión es de 308.03 Km, y para Manabí de 1.050.21 Km (Ministerio de Obras Públicas, 2001). Además cada provincia cuenta con una red de caminos vecinales que facilitan la salida de los productos agrícolas desde las zonas de producción hasta los centros de comercialización. Del buen estado de las vías dependen en gran medida la comercialización y los precios de los productos.

La infraestructura agrícola empleada en la producción varía de acuerdo al cultivo y a la zona en donde se esté cultivando. Tal es el caso del arroz que para su producción necesita algunas labores como nivelación del suelo, para lo cual se emplea maquinaria; también precisa de muros de contención pues es un cultivo que germina bajo agua; además de las estaciones de bombeo para el control del riego, para siembras en época seca.

Según estimaciones extraoficiales del MAG, sólo en Guayas y Los Ríos al momento se siembran aproximadamente un total de 300.000 Has durante el invierno y de éstas tan sólo 80.000 Has se vuelven a sembrar en verano. De esta extensión, sólo 50.000 Has presentan infraestructura, pues algunos productores particulares, cuyas propiedades se encuentran

cercanas a ríos, invierten en mecanización para riego; las 30.000 Has restantes se cultivan en las denominadas “pozas veraneras”, que son depresiones naturales del suelo que durante el invierno, por la acción de lluvias y la crecida de los ríos, se llenan de agua facilitando a los agricultores el cultivo de esta gramínea.

A su vez el Estado ha invertido recursos en proyectos de desarrollo agrícola para el sector arrocero, tal es el caso del Proyecto de Riego Jaime Roldós Aguilera, que beneficia a pequeños productores arroceros y que lleva en ejecución unos 20 años. Este proyecto cubre una zona de 17.000 Has en el valle del río Daule, provincia de Guayas.

Estos suelos han sido nivelados por el Estado; cuentan con muros de protección, estaciones que bombean agua del río Daule y un sistema de canales primarios, secundarios y de finca para el riego de toda el área; además cuentan con una red de drenaje que converge hacia plantas de bombeo. El proyecto es administrado actualmente por CEDEGE y tiene por objetivo incentivar la producción arrocera en la zona.

Además, el Estado mantiene el proyecto piloto de riego y drenaje Babahoyo en la provincia de Los Ríos, que actualmente está en operación y cubre 11.000 Has con riego y con infraestructura y trata de encontrar soluciones globales a los problemas de carácter topográficos, físico, hidrológico, social y económico que tiene esta área. En infraestructura,

este proyecto aporta con dos presas derivadoras, una estación de bombeo y una red de canales de drenaje sobre el área de influencia.

La represa Daule-Peripa es otra infraestructura estatal que beneficia a la agricultura en la zona baja de la cuenca del Guayas. Su función se centra en regular el flujo de agua en el río Daule para la prevención de inundaciones durante la época lluviosa y mantener un caudal mínimo de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  en el río durante los meses secos para mantener la producción agrícola de verano en la zona.

En el caso del maíz duro, las labores del cultivo son distintas, pues este no precisa el agua en la misma cantidad y en la misma forma en que lo hace el arroz. En la provincia del Guayas el cultivo de maíz duro se hace en su mayor parte sobre laderas, por lo que no presenta mayor infraestructura. El arado es una de las prácticas que se lleva a cabo, pero que al momento se intenta desarraigar, pues produce erosión en terrenos de este tipo. Este cultivo se maneja en su mayor parte sin riego; la mayoría de la producción está basada en las lluvias que humedecen los suelos y permiten la germinación del cultivo.

En la provincia de Los Ríos en cambio, los cultivos de maíz duro se realizan en terrenos planos y en laderas, las propiedades en promedio son más grandes que en Guayas y se utiliza mecanización en las labores de preparación de suelos, siembra, aplicación de herbicidas, fertilización y

durante la cosecha. Así también, la labor de desgranado de la mazorca es 100% mecanizada. Según estimaciones extraoficiales del MAG el 60% de los agricultores en Los Ríos emplean mecanización en la producción de maíz duro. El clima (lloviznas casi permanentes a lo largo del año) y los suelos francos ricos en humedad, que caracterizan las zonas agrícolas de esta provincia, permiten la producción de maíz duro en el verano sin riego.

En cuanto a la siembra de maíz duro en Manabí, ésta se da en su mayor parte en invierno, debido a que está regida por la estacionalidad de las lluvias y es practicada por pequeños productores que no hacen mayor uso de infraestructura, como en el caso de Guayas, pues este cultivo es poco rentable aquí y no se cuenta con recursos para implementarla, por esto a pesar de que Manabí tiene la mayor producción de maíz duro en el País, es también la que presenta el más bajo rendimiento en este cultivo.

Algunas zonas de valles en Manabí cuentan con embalses que almacenan agua durante el invierno y garantizan la producción de maíz duro en verano a través del riego. Tal es el caso de los embalses de Poza Honda y Esperanza alrededor de los cuales se desarrollan gran cantidad de tierras agrícolas, muchas de ellas productoras de maíz duro.

### **1.2.3 SISTEMA FLUVIAL**

La zona arrocerma-maicera de Guayas y Los Ríos forma parte del gran sistema del río Guayas, cuya extensa cuenca abarca unos 30.000 Km<sup>2</sup>. Sus mayores afluentes son el Daule, con sus tributarios Colimes y Pula, y el Babahoyo, constituido a su vez por el Vines, el Pueblviejo, el Zapotal y el Yaguachi, que forman la red fluvial más densa e intrincada de la Costa, a la vez que la más útil para la navegación y para el desarrollo agrícola. Estos ríos corren de norte a sur hasta confundirse en el lecho de esa gran arteria fluvial ecuatoriana que desemboca frente a la isla Puná.

La zona maicera de Manabí, está bañada transversalmente por los ríos Chone y Portoviejo, que se originan en las elevaciones de la cordillera Chongón, al este de la provincia. El río Chone es formado aguas arriba por los ríos Grande y Santo, y es alimentado aguas abajo por el río Carrizal, antes de llegar a su desembocadura al océano Pacífico, convirtiéndose en estuario. Mientras que al río Portoviejo lo forman los ríos Pata de Pájaro y Mineral, pero sus afluentes, el río Chico y el Naranjal, se le unen aguas abajo.

### **1.3 DEFINICION DE HERRAMIENTAS ANALITICAS**

Para llevar a cabo la presente investigación se requirió el análisis de varias series de tiempo a través de métodos estadísticos básicos y otros más complejos para el análisis de multivariabes; así como de sistemas de información

geográfica para mostrar diferentes escenarios de interés. Diferentes herramientas analíticas y gráficas fueron empleadas en el tratamiento de los datos, la obtención del índice de clima (uno de los objetivos de este trabajo), y la elaboración de los mapas de riesgo agrícola. A continuación se presentan las diferentes herramientas usadas dentro de este trabajo de tesis.

### **1.3.1 USO DE HERRAMIENTAS ESTADISTICAS**

#### **1.3.1.1 NORMALIZACION DE LAS SERIES**

Las series de tiempo en análisis, tuvieron que ser normalizadas para poder utilizarlas como datos de entrada en el cálculo del índice de clima. Así se las normalizó aplicando la fórmula:

$$Z = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma}$$

Donde  $X_i$  es cada valor de la serie a lo largo del tiempo,  $\bar{X}$  es su media y  $\sigma$  la desviación estándar de la serie.

#### **1.3.1.2 FUNCIONES EMPIRICAS ORTOGONALES**

El análisis de componentes principales se usó para la obtención del índice de clima. Como se conoce las funciones empíricas ortogonales ó análisis de componentes principales es un método estadístico de multivariables empleado para simplificar el análisis, cuando varios parámetros de interés están participando en un estudio. Esta técnica extrae la covariabilidad entre los diferentes registros de tiempo, de tal forma que el número

original de variables se reduce o transforma en un conjunto más pequeño de combinaciones lineales que explican la mayor parte de la varianza total de las series en estudio (Silva, 1992).

El análisis de componentes principales, como se había indicado, arroja modos o componentes que se ordenan en función de la cantidad de varianza explicada por cada uno de ellos. Esto significa que el primer modo presenta la mayor cantidad de varianza de la serie, la segunda componente el segundo valor en importancia, y así sucesivamente. Generalmente las primeras Componentes o modos son las que contienen la varianza significativa, es decir la mayor cantidad de varianza, lo que permite descartar, según el tipo de análisis que se requiera, las componentes restantes. Además de los modos el análisis calcula el factor de ponderancia que indica la medida de importancia de cada variable dentro de cada modo.

### **FORMULACION GENERAL**

Algebraicamente, las componentes principales son combinaciones lineales particulares de las  $p$  variables aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Geométricamente, estas combinaciones lineales representan la selección de un nuevo sistema de coordenadas, obtenido rotando el sistema original (es decir  $X_1, X_2, \dots, X_p$ ). Los nuevos ejes representan las direcciones con máxima

variabilidad y proveen una descripción más simple de la estructura de covarianza.

Como se verá a continuación, las componentes principales dependen solamente de la matriz de covarianza  $\Sigma$  (o de la matriz de correlación  $\rho$ ) de las variables aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Su desarrollo no requiere una asunción de normalidad de las variables.

Se emplea un vector al azar  $\mathbf{X}' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$  que tiene la matriz de covarianza  $\Sigma$  con valores propios  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ . Considere las combinaciones lineales:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \mathbf{a}_1' \mathbf{X} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= \mathbf{a}_2' \mathbf{X} = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\cdot \\ &\cdot \\ Y_p &= \mathbf{a}_p' \mathbf{X} = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned} \quad (1)$$

y se obtiene

$$\text{Var}(Y_i) = \mathbf{a}_i' \Sigma \mathbf{a}_i \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

$$\text{Cov}(Y_i, Y_k) = \mathbf{a}_i' \Sigma \mathbf{a}_k \quad i, k = 1, 2, \dots, p \quad (3)$$

Las componentes principales son las combinaciones lineales no correlacionadas  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  cuyas varianzas en (2) son tan grandes como es posible.

La primera componente principal es una combinación lineal que tiene varianza máxima. Esto significa que la primera componente maximiza la ecuación  $\text{Var}(\mathbf{Y}_1) = \mathbf{a}_1' \Sigma \mathbf{a}_1$ . Es claro que esta ecuación puede ser incrementada multiplicando  $\mathbf{a}_1$  por una constante. Para eliminar esta indeterminación, es conveniente restringir la atención a los vectores coeficientes de unidad de longitud. Por lo tanto se define:

**Primera Componente Principal** = combinación lineal  $\mathbf{a}_1' \mathbf{X}$  que maximiza  $\text{Var}(\mathbf{a}_1' \mathbf{X})$  sujeta a  $\mathbf{a}_1' \mathbf{a}_1 = 1$

**Segunda Componente Principal** = combinación lineal  $\mathbf{a}_2' \mathbf{X}$  que maximiza  $\text{Var}(\mathbf{a}_2' \mathbf{X})$  sujeta a  $\mathbf{a}_2' \mathbf{a}_2 = 1$  y  $\text{Cov}(\mathbf{a}_1' \mathbf{X}, \mathbf{a}_2' \mathbf{X}) = 0$

En el  $i$ -ésimo paso,

**$i$ -ésima Componente Principal** = combinación lineal  $\mathbf{a}_i' \mathbf{X}$  que maximiza  $\text{Var}(\mathbf{a}_i' \mathbf{X})$  sujeta a  $\mathbf{a}_i' \mathbf{a}_i = 1$  y  $\text{Cov}(\mathbf{a}_i' \mathbf{X}, \mathbf{a}_k' \mathbf{X}) = 0$  para  $k < i$

**Resultado 1** Siendo  $\Sigma$  la matriz de covarianza asociada al vector aleatorio  $\mathbf{X}' = [\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p]$ , esta tiene los pares valores-vectores propios  $(\lambda_1, \mathbf{e}_1), (\lambda_2, \mathbf{e}_2), \dots, (\lambda_p, \mathbf{e}_p)$ , donde  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ . Así, la  $i$ -ésima componente principal está dada por:

$$\mathbf{Y}_i = \mathbf{e}_i' \mathbf{X} = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + \dots + e_{ip}X_p, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (4)$$

Con estas elecciones,

$$\begin{aligned} \text{Var}(Y_i) &= \mathbf{e}_i' \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{e}_i = \lambda_i & i = 1, 2, \dots, p \\ \text{Cov}(Y_i, Y_k) &= \mathbf{e}_i' \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{e}_k = 0 & i \neq k \end{aligned} \quad (5)$$

Si algunos  $\lambda_i$  son iguales, las elecciones de los correspondientes vectores coeficientes  $\mathbf{e}_i$ , y por lo tanto  $Y_i$ , no son únicas. Desde el **Resultado 1**, las componentes principales no están correlacionadas y tienen varianzas iguales a los valores propios de  $\boldsymbol{\Sigma}$ .

**Resultado 2** Se ve ahora  $\mathbf{X}' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$  que tiene matriz de covarianza  $\boldsymbol{\Sigma}$ , con pares de valores-vectores propios  $(\lambda_1, \mathbf{e}_1)$ ,  $(\lambda_2, \mathbf{e}_2)$ ,  $\dots$ ,  $(\lambda_p, \mathbf{e}_p)$  donde  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ ;  $Y_1 = \mathbf{e}_1' \mathbf{X}$ ,  $Y_2 = \mathbf{e}_2' \mathbf{X}$ ,  $\dots$ ,  $Y_p = \mathbf{e}_p' \mathbf{X}$  son las componentes principales.

Así

$$\sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{pp} = \sum_{i=1}^p \text{Var}(X_i) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = \sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i)$$

Lo que significa

$$\begin{aligned} \text{Total de la varianza poblacional} &= \sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{pp} \\ &= \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p \end{aligned} \quad (6)$$

y consecuentemente, la proporción de la varianza total debido a la  $k$ -ésima componente principal (ponderancia) es

$$\left( \begin{array}{l} \text{Proporción de la varianza} \\ \text{poblacional total debida a la} \\ \text{k-ésima componente principal} \end{array} \right) = \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

Si la mayor parte de la varianza poblacional total (80 a 90 %), para una longitud  $p$ , puede ser atribuida a las primeras dos o tres componentes, estas componentes pueden reemplazar a las  $p$  variables originales sin perder mucha información.

Cada componente del vector coeficiente  $\mathbf{e}_i = [e_{i1}, \dots, e_{ik}, \dots, e_{ip}]$  también merece revisión. La magnitud de  $e_{ik}$  mide la importancia de la variable  $k$ -ésima en la  $i$ -ésima componente principal, sin consideración de las otras variables. En particular,  $e_{ik}$  es proporcional al coeficiente de correlación entre  $Y_i$  y  $X_k$ .

**Resultado 3** Si  $Y_1 = \mathbf{e}_1' \mathbf{X}$ ,  $Y_2 = \mathbf{e}_2' \mathbf{X}$ , .....,  $Y_p = \mathbf{e}_p' \mathbf{X}$  son las componentes principales obtenidas desde la matriz de covarianza  $\Sigma$ , así

$$\rho_{Y_i, X_k} = \frac{e_{ik} (\lambda_i)^{1/2}}{(\sigma_{kk})^{1/2}} \quad i, k = 1, 2, \dots, p \quad (8)$$

son los coeficientes de correlación entre las componentes  $Y_i$  y las variables  $X_k$ . Aquí  $(\lambda_1, \mathbf{e}_1)$ ,  $(\lambda_2, \mathbf{e}_2)$ , .....,  $(\lambda_p, \mathbf{e}_p)$  son los pares de valores-vectores propios para  $\Sigma$ .

Es necesario considerar que aunque las correlaciones de las variables con las componentes principales frecuentemente ayudan a interpretar las componentes, ellas miden solamente la

contribución univariada de una variable  $\mathbf{X}$  individual en una componente  $\mathbf{Y}$ .

### **Componentes Principales obtenidas desde Variables Estandarizadas**

Las Componentes Principales pueden también ser obtenidas para variables estandarizadas:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{(X_1 - \mu_1)}{\sigma_{11}} \\ Z_2 &= \frac{(X_2 - \mu_2)}{\sigma_{22}} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ Z_p &= \frac{(X_p - \mu_p)}{\sigma_{pp}} \end{aligned} \tag{9}$$

en notación matricial,

$$\mathbf{Z} = (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} (\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu}) \tag{10}$$

Donde  $\mathbf{V}^{1/2}$  es la matriz diagonal desviación estándar.

Claramente,  $\mathbf{E}(\mathbf{Z}) = \mathbf{0}$  y

$$\text{Cov}(\mathbf{Z}) = (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} \boldsymbol{\Sigma} (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} = \boldsymbol{\rho}$$

Las componentes principales de  $\mathbf{Z}$  pueden ser obtenidas de los vectores propios de la matriz de correlación  $\boldsymbol{\rho}$  de  $\mathbf{X}$ . Todos los

resultados anteriores aplicados con algunas simplificaciones, partiendo de que la varianza de cada  $Z_i$  es la unidad.

**Resultado 4** La componente principal de variables estandarizadas  $\mathbf{Z}' = [Z_1, Z_2, \dots, Z_p]$  con  $\text{Cov}(\mathbf{Z}) = \boldsymbol{\rho}$ , es dada por:

$$Y_i = \mathbf{e}_i' \mathbf{Z} = \mathbf{e}_i' (\mathbf{V}^{1/2})^{-1} (\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu}), \quad i = 1, 2, \dots, p$$

Además,

$$\sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i) = \sum_{i=1}^p \text{Var}(Z_i) = p \quad (11)$$

y

$$\rho_{Y_i, Z_k} = \mathbf{e}_{ik} (\lambda_i)^{1/2} \quad i, k = 1, 2, \dots, p$$

En este caso,  $(\lambda_1, \mathbf{e}_1), (\lambda_2, \mathbf{e}_2), \dots, (\lambda_p, \mathbf{e}_p)$  son los pares valores-vectores propios para  $\boldsymbol{\rho}$ , con  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ .

Se observa desde (11) que la varianza poblacional total (variables estandarizadas) es simplemente  $p$ , es decir la suma de los elementos de la diagonal de la matriz  $\boldsymbol{\rho}$ . Usando (7) con  $Z$  en lugar de  $X$ , se encuentra que la proporción de la varianza total explicada por la  $k$ -ésima componente principal de  $\mathbf{Z}$  (ponderancia) es

$$\left( \begin{array}{l} \text{Parte de la varianza poblacional} \\ \text{(estandarizada) debida a la} \\ \text{k-ésima Componente Principal} \end{array} \right) = \frac{\lambda_k}{p}, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (12)$$

Donde las  $\lambda_k$ 's son los valores propios de  $\rho$

### **RUTINA EOF DE MATLAB**

El uso del método de Componentes Principales requiere cálculos que resultan difíciles de manejar cuando se trabaja con gran cantidad de información; en este caso se habla de por lo menos 360 datos por variable. Debido a esto se procedió a hacer uso de una rutina computacional desarrollada dentro del programa interactivo Matlab. Este programa fue diseñado para trabajar con matrices y cuenta con herramientas para realizar análisis de sistemas lineales de ecuaciones.

Una de estas herramientas es la rutina EOF.m, que permite el cálculo de las componentes principales de una matriz de variables. A continuación se presenta la descripción de la herramienta de software utilizada.

*Función [lam,ev,vem,tc,sc] = eof(X,C,minpct)*

*Cálculo de Funciones Empíricas Ortogonales (EOFs siglas en inglés) o Análisis de Componentes Principales.*

*Los datos entran como un arreglo (X) de M variables arregladas en columnas de n tiempos. Vem y E son*

*matrices de salida con  $M$  variables arregladas en columnas de  $P$  modos o componentes, donde  $M-P =$  número de variables removidas.*

*Tratamiento de datos de entrada: Se remueve la media de los datos y se los estandariza si  $C \neq 0$ . Las columnas (variables, estaciones) en las cuales los valores existentes no exceden el minpct (%) de la longitud de la columna son excluidas del análisis y valores NaNs son reinsertados en los vectores propios de salida. Una cantidad aceptable de faltantes son manejados excluyendo los huecos en el cálculo de la matriz de covarianza.*

*VARIABLES DE ENTRADA:*

*MINPCT = 100 excluye todas las columnas que tengan algún dato perdido.*

*$X(N,M)$  = matriz con datos originales.*

*$C = 0$  si los datos no están normalizados (matriz de covarianza)*

*$C \neq 0$  si los datos están normalizados (matriz de correlación)*

*VARIABLES DE SALIDA:*

*LAM = matriz de valores propios (modo#, e-value, %var. expl, %acum.var)*

*EV = matriz de vectores propios. Las filas son modos, mientras que las columnas corresponden a los datos.*

*VEM = porcentaje de varianza explicada para la columna  $i$  por la componente  $j$ .*

*TC = los coeficientes temporales de los  $n$  modos. (Columnas de  $Y$  son modos, su importancia decrece hacia la derecha).*

*SC = prueba de covarianza de la variable  $i$  con la componente  $j=S*Ej$ . Si la matriz  $E$  es usada, cada columna corresponde a un vector.*

*METODO:  $[E,D]=\text{eig}(\text{cov}(XM))$ ; %  $D$  es la columna "e-value" de  $LAM$ .*

*NOTA: El método es tomado desde "Métodos Estadísticos Multivariados". Donald F. Morrison, McGraw-Hill Book Company, Chapter 7, 1967.*

### 1.3.1.3 PROMEDIOS MOVILES

Los promedios móviles fueron usados en el presente trabajo como un filtro para alisar los índices de clima obtenidos en el capítulo 3, pues muchas de estas series son formadas por componentes que pueden ser seculares, cíclicas y/o estacionales. Estas componentes pueden ser descubiertas al alisar o regularizar la serie, cancelando los efectos de la variación aleatoria mediante promedios, es lo que se conoce como promedios móviles.

**Definición:** Un promedio móvil de  $k$  puntos  $M_t$  en un momento  $t$  se calcula promediando  $k$  valores en secuencia de  $Y_t$ . El tiempo  $t$  se toma como el punto medio de estos intervalos.

Así, se presenta el cálculo para un promedio móvil de cuatro puntos para una serie de tiempo  $Y_t$ :

$$S_1 = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$$

$$S_2 = Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$$

$$S_3 = Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6$$

Donde  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots$ , son los valores de  $Y_t$  que se observan en el primer, el segundo, el tercer..... punto de tiempo respectivamente. Luego se calculan los promedios móviles correspondientes  $M_1 = S_1/4$ ,  $M_2 = S_2/4$ .... y así sucesivamente;

estos nuevos valores  $M_t$  se grafican en los puntos medios de sus intervalos respectivos (cuatro puntos  $Y_t$ ).

#### 1.3.1.4 ALISADO EXPONENCIAL

Este es un método efectivo para regularizar una serie de tiempo y fue empleado como un filtro, para alisar el índice de clima obtenido en el capítulo tres y eliminar variaciones no representativas al estudio.

**Definición:** Un valor alisado exponencialmente  $E_t$  para una serie de tiempo  $Y_t$  es

$$E_t = wY_t + (1-w)E_{(t-1)}$$

Donde  $E_1=Y_1$  y  $w$  es un peso que puede tomar valores entre 0 y 1. De tal forma que valores pequeños de  $w$  dan menor peso al valor actual de  $Y_t$  y tienden a producir una serie más regular, mientras que valores grandes de  $w$  dan mayor peso al valor actual de  $Y_t$  y tienden a producir valores de  $E_t$  cercanos a los valores de  $Y_t$ .

#### 1.3.1.5 COEFICIENTE DE CORRELACION

El coeficiente de correlación se utilizó en la construcción del índice de clima y para establecer la relación existente entre el comportamiento del índice y el comportamiento de los parámetros de producción agrícola. Para esto se empleó la

función creada en el programa de aplicación EXCELL, que calcula el coeficiente de correlación de dos conjuntos de datos.

La ecuación usada para el cálculo del coeficiente de correlación entre dos series X y Y es:

$$r = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

donde  $-1 \leq r \leq 1$ ; y

$$\text{Cov}(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \mu_x)(Y_j - \mu_y)$$

$X_j$  y  $Y_j$  son cada uno de los valores de las series X y Y respectivamente; n es la cantidad de datos existentes en cada una de las series;  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$  son las desviaciones estándar de las series X y Y; y  $\mu_x$  y  $\mu_y$  son las medias de cada una de las series X y Y.

### **1.3.1.6 PRUEBA DE HIPOTESIS PARA UNA MEDIA POBLACIONAL**

Esta herramienta estadística ha sido usada en el presente trabajo para probar igualdad de medias entre las series agrícolas completadas en el capítulo 3. La hipótesis nula ( $H_0$ ) es la que se quiere probar aplicando una estadística de prueba, mientras que  $H_a$  es la hipótesis alternativa.

El planteamiento que se hizo fue el siguiente:

**Hipótesis nula:**  $H_0: u=u_0$

**Hipótesis alternativa para una prueba de dos extremidades:**

$H_a: u \neq u_0$

Estadística de Prueba: 
$$Z = \frac{\bar{X} - u_0}{\sigma / (n)^{1/2}}$$

Donde  $u$  y  $u_0$  son las medias que se comparan,  $n$  es el número de datos de la muestra que para esta prueba debe ser mayor a 30,  $\bar{X}$  es la media muestral, y  $\sigma / (n)^{1/2}$  la desviación estándar muestral ( $\sigma$  es la desviación estándar poblacional). Si no se conoce  $\sigma$ , se sustituye por la desviación estándar muestral  $S$ .

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si la estadística de prueba  $Z$  es mayor al valor tabulado de  $Z\alpha/2$  o menor al valor tabulado de  $-Z\alpha/2$ . Los valores de  $\alpha$  pueden ser entre 0 y 1. Los valores de  $Z$  para un valor de  $\alpha$  específico, han sido calculados y están disponibles en las tablas de valores de distribución normal.

### 1.3.2 USO DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

En el presente trabajo se ha empleado el sistema de información geográfico ArcView, para elaborar mapas de riesgo de inundaciones, sobre la base de la topografía y pluviometría de las zonas arroceras y maiceras en estudio, durante los picos de intensidad de los fenómenos El

Niño ocurridos en 1991-92 y 1997-98 (determinados sobre la base del índice de clima); así como, para una época considerada normal.

### **1.3.2.1 DEFINICION**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como ArcView, permiten almacenar, manipular, analizar y mostrar datos con su respectiva información geográfica. En estos sistemas los objetos del mundo real se describen por medio de entidades geográficas, las cuales se componen de datos espaciales, también llamados geográficos o de situación, y sus atributos. Las entidades geográficas ayudan, por tanto a describir los objetos del mundo real en términos de:

- a) Su posición con respecto a un sistema de coordenadas conocido,
- b) Sus atributos o características que no tienen relación necesaria con la posición (como el color, coste, pH, etc.), y
- c) Sus interrelaciones espaciales (topología) que describen cómo están ligados entre sí o cómo se puede viajar entre ellos.

Debido a la diversidad de las fuentes de las que proceden los datos que se utilizan en un SIG (mapas, bibliografía, fotografías aéreas, imágenes de satélite, trabajo de campo, etc.), el volumen de información que es necesario procesar es muy importante. El

almacenamiento de esta información, en base de datos, proporciona la posibilidad de ejecutar un conjunto de operaciones que son necesarias para la manipulación de los atributos, como la creación de nuevas bases de datos a partir de las existentes, adición de nuevos datos a un conjunto ya existente; actualización y/o transformación, marcación o señalización y eliminación de datos, etc.

La base de datos de un Sistema de Información Geográfica contiene la información sobre la posición y las características de las entidades geográficas con las que se trabaja. En función de esta distinción, se habla comunmente de dos tipos de bases de datos:

**Base de datos gráfica (o de datos de situación).**- la información espacial gráfica incluye a los atributos de la localización espacial, extensión o configuración. Estos atributos geométricos (espaciales) pueden ser de tipo métrico o topológico.

**Base de datos alfanumérica (o de atributos).**- engloba a aquellas propiedades que pertenecen a una entidad espacial pero que no tienen carácter espacial por sí solas (pH, color, densidad, etc.).

Para que un SIG pueda ser funcional, su característica más importante debe ser la capacidad de mantener los nexos de unión existentes entre la base de datos gráfica y alfanumérica. Para conseguirlo, es necesario que exista un método de organización de las mismas. Basándose en el tipo de estructuras que se utiliza, se pueden diferenciar tres clases principales de sistemas de organización de bases de datos:

**Jerárquicos:** Se utilizan cuando entre los datos existe una o varias relaciones. Los datos se organizan siguiendo una estructura de árbol. En los modelos jerárquicos cada elemento solamente tiene uno de rango superior

**En Red:** Cuando se puede establecer relaciones entre distintos tipos de datos, y no sólo se puede ir hacia arriba o hacia abajo dentro de los caminos establecidos, como es el caso de los jerárquicos.

**Relacionales:** Cuando los datos se almacenan en series de tablas conocidas como relaciones. Cada relación es un archivo bidimensional compuesto de filas o tuples y columnas o atributos. Se pueden manejar utilizando operadores matemáticos y lógica Booleana, creándose nuevas relaciones a partir de las existentes. Este es el tipo de estructuras que comúnmente

utilizan los SIG, y con las que se ha trabajado en Arc View para la construcción de mapas en el capítulo 3 del presente trabajo.

### **Formato de Almacenamiento para la Base de Datos Gráfica en un SIG**

Los datos espaciales se pueden incorporar al SIG utilizando dos tipos de estructuras de almacenamiento diferentes: modo ráster y modo vector.

#### **Almacenamiento en Modo Ráster o en Grid**

Las estructuras ráster más sencillas consisten en una formación de celdas dispuestas en forma de red (llamadas píxeles o picture elements). En ellas, cada celda está referenciada por un número de línea y columna y contiene un valor que representa el atributo que está cartografiando.

En las estructuras ráster un punto está representado por una celda, una línea por un número de celdas adyacentes que se disponen en una dirección determinada y un área por una aglomeración de celdas adyacentes. Este tipo de estructura de datos es fácil de manejar en el ordenador por la facilidad con la que series de líneas y columnas se pueden almacenar, manejar y desplegar.

Esta estructura implica que la superficie bidimensional sobre la que se representa los datos geográficos no es continua, sino que discreta, lo que puede tener un efecto importante en la estimación de longitudes y áreas cuando los tamaños de celda son grandes con respecto a los objetos que representan.

El modelo ráster asume que el espacio geográfico se puede tratar como si fuera una superficie Cartesiana plana. Cada píxel o celda se asocia entonces con una parcela cuadrada de tierra. La resolución o escala de los datos ráster es por tanto la relación entre el tamaño de celda en la base de datos y el tamaño de la celda en la superficie.

### **Almacenamiento en Modo Vector**

El modelo vectorial de un objeto es un intento de representarlo tan exactamente como sea posible. El espacio de coordenadas se supone que es continuo, no discretizado, permitiendo que se puedan definir todas las posiciones, longitudes y dimensiones de forma precisa. De hecho, esto no es exactamente posible debido a limitaciones que presentan los ordenadores y las pantallas, pero con el tiempo se va mejorando.

### 1.3.2.2 TIPOS DE ANALISIS

Por otro lado una de las particularidades del SIG es su facultad para realizar análisis que pueden ser de tres tipos: a) de atributos, llamado también consulta no espacial, b) espacial y c) la que genera nueva información a partir de la original.

El análisis puede ir desde una sencilla consulta acerca de un atributo o fenómeno determinado, hasta la combinación de diferentes parámetros para la ejecución del mismo. Los procedimientos operacionales y las tareas analíticas incluyen desde operaciones en una sola capa, hasta la combinación de múltiples de ellas:

**Análisis de Capa:** Son procedimientos que corresponden a consultas de atributos, datos espaciales y cambios o actualizaciones de información que dependen de la información de una sola capa.

**Operaciones con Múltiples Capas:** Se clasifican en tres categorías: superposición, proximidad y correlación.

Las de **superposición**, conocida también como operaciones verticales, está basada en relaciones lógicas de múltiples capas de información. Estas operaciones permiten combinar elementos diferentes, con sus respectivas características, para luego

construir o predecir modelos. Las operaciones más comunes entre capas son las de unión, intersección y las operaciones de identidad.

En la **unión**, el resultado es la suma de la información de las capas originales es equivalente a la operación Booleana “ $\vee$ ” (O); la **intersección** es equivalente a la operación Booleana “ $\wedge$ ” (I), y el resultado es el producto de la información de las capas que se encuentra en el mismo espacio; en el procedimiento de **identidad** la capa o cobertura de salida contiene la información que se encuentra dentro de la capa de identidad teniendo como límite la capa de entrada, más la información de la capa de entrada.

El análisis de **proximidad** trata con las relaciones de las distancias espaciales de los diferentes objetos que intervienen en el SIG.

El análisis de **correlación** revela las relaciones entre diferentes tipos de características espaciales. Este análisis determina si la distribución de un tipo de característica, organizada en un tipo particular de capa está relacionada a la distribución de elementos organizadas en otras capas.

### 1.3.2.2.1 ANALISIS DE SUPERFICIE

Entre los análisis de capa se ubica el análisis de superficie, que a través del programa “Interpolate Surface” permite dar un valor estimado a celdas que se encuentran entre puntos circundantes de datos, interpolando valores en un tema de puntos, de acuerdo a los parámetros que se analicen en este.

El análisis utiliza dos métodos de interpolación específicos, el IDW o el Spline. **IDW** (Inverse Distance Weighted) es un método de interpolación que asume que cada punto de entrada tiene una influencia local que disminuye con la distancia, de tal modo que pesan los puntos más cercanos a la celda de procesamiento. Un específico número de puntos, o opcionalmente todos los puntos dentro de un radio específico, puede ser usado para determinar los valores de salida para cada lugar.

El parámetro de poder en los controles de interpolación IDW es la significancia de los puntos circundantes sobre el valor interpolado. Un poder más alto resulta en menos influencia desde puntos distantes. Una elección de No. Barreras usará todos

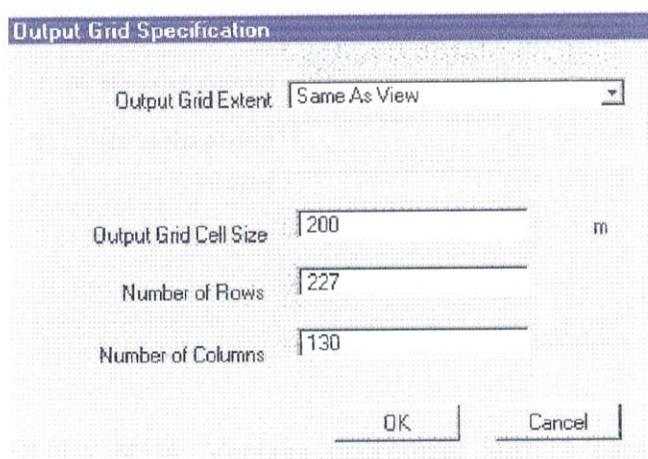
los puntos especificados por el número de vecinos o con los radios identificados.

Por otro lado **Spline** es un método de interpolación de propósito general que ajusta una superficie curva a los puntos de entrada. Este interpolador ajusta a una función matemática, un específico número de puntos de entrada más cercanos, mientras pasa por los puntos de muestra, pero no debe ser aplicado en caso de grandes variaciones a corta distancia, porque el método arrojaría valores sobrestimados. El método Spline Regularizado produce una superficie lisa, mientras que el de Tensión afina la dureza de la superficie acorde al carácter del fenómeno modelado. Cuando tu eliges Regularizado, el parámetro de peso define el peso de la tercera derivada de la superficie, en la expresión de la minimización de la curvatura. Si tu eliges Tensión, el parámetro de peso define el peso de tensión. El número de puntos por parámetro identifica el número de puntos por región usado para la aproximación local.



multipunto es usado para cada punto en esa característica.

FIGURA N° 2: Ventana Output Grid Specification del Análisis de Superficie-Arc View



Se especifican los parámetros del método de interpolación usado. Si se elige el método IDW, se deberá especificar si este usará los puntos vecinos más cercanos o un radio arreglado para la interpolación; si se elige los puntos vecinos más cercanos, se debe ingresar el número de puntos a usar. En cambio para radios arreglados, se ingresan los radios para que el método utilice los puntos dentro de estos. Luego se especifica un poder, y se elige un tema barrera.

FIGURA N° 3: Ventana Interpolate Surface para el método de interpolación IDW del Análisis de Superficie-Arc View

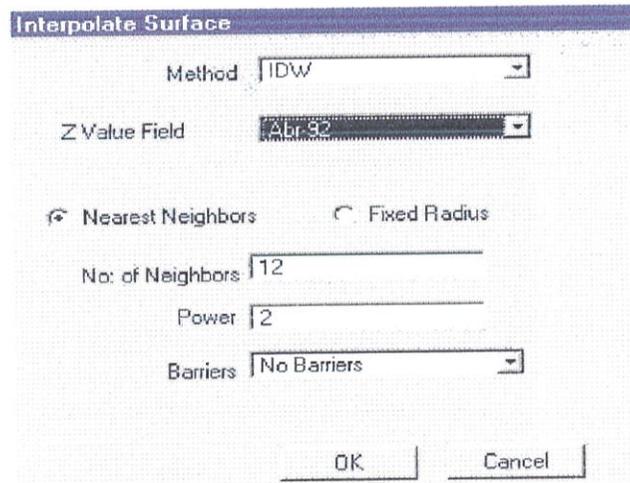
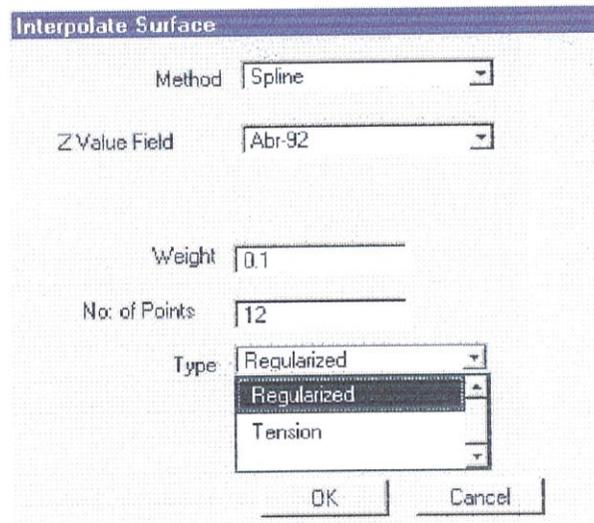


FIGURA N° 4: Ventana Interpolate Surface para el método de interpolación Spline del Análisis de Superficie-Arc View



Si se elige el **método** de interpolación Spline desde la lista de métodos desplegada, se ingresa un factor de peso, se especifica el número de puntos para usar por

región, y se elige entre las opciones Regularizado o Tensión; luego se presiona OK.

## CAPITULO 2

### 2.1 EVENTOS EL NIÑO EN ECUADOR

Ecuador por su ubicación ecuatorial, así como por su límite occidental con el océano Pacífico que baña sus costas, se encuentra directamente influenciado por el desarrollo de un evento ENOS (El Niño Oscilación Sur). Este fenómeno es recurrente y aperiódico, pues su intervalo de ocurrencia es muy variable, fluctúa entre 2 y 10 años, y está asociado con impactos climáticos y económicos alrededor de todo el mundo (Enfield, 1988).

La intensidad de su desarrollo es variable, pueden presentarse eventos débiles o moderados (El Niño 1991-92), así como eventos fuertes o extremadamente fuertes; los eventos ocurridos en 1982-83 y 1997-98 son un ejemplo de eventos extremos (este último es parte del estudio en desarrollo).

Según la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el Niño es definido como una ruptura del sistema océano-atmósfera en el Pacífico Tropical, que tiene importantes consecuencias en el clima global. La mayoría de estas están relacionadas con el incremento en las precipitaciones sobre el Pacífico Este, desde California (USA) hasta el Perú.

Las causas que originan la ruptura del sistema, aún no están totalmente establecidas por la ciencia, sin embargo, en la actualidad se llevan a cabo varias

investigaciones sobre la formación y desarrollo del fenómeno. Una de las teorías establecidas es la de Wyrтки (1979), quien expresa:

El Niño constituye una respuesta del Océano Pacífico ecuatorial al incremento prolongado de la fuerza de arrastre de los vientos. Fuertes Alisios del sudeste soplan más de 18 meses, causando una acumulación de agua caliente en el Pacífico oeste, una elevación del nivel del mar y un hundimiento de la termoclina (gradiente térmico). En cuanto los vientos se debilitan, el agua acumulada tiende a retornar hacia el Pacífico Este, provocando con ello una elevación del nivel del mar y un descenso de la termoclina a lo largo de las costas sudamericanas. Esta llegada de agua caliente a lo largo de las costas marca el comienzo de un Niño.

Adicionalmente a este, se encuentra el parecer de otro investigador, Barston (1994), quien afirma que “no existe al momento ninguna explicación satisfactoria; los resultados obtenidos de las investigaciones que se llevan a cabo tan solo indican con certeza que el origen del fenómeno es complejo, pues aún no se logra una interpretación global de las escalas espaciales y temporales que caracterizan la ocurrencia de un Niño”.

Estas dos definiciones dan una noción bastante clara de lo que al momento se conoce del desarrollo de un evento El Niño; no se profundizará más en la definición de este fenómeno pues no es tema central del presente trabajo.

A continuación se presenta una clasificación hecha por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que separa de acuerdo a su intensidad diferentes fenómenos El Niño, ocurridos desde 1951 hasta la fecha; dentro de esta clasificación se puede ver con claridad en que lugar de intensidad, se ubican los dos fenómenos en estudio (Tabla I).

Tabla I: Clasificación de Eventos El Niño ocurridos desde 1950

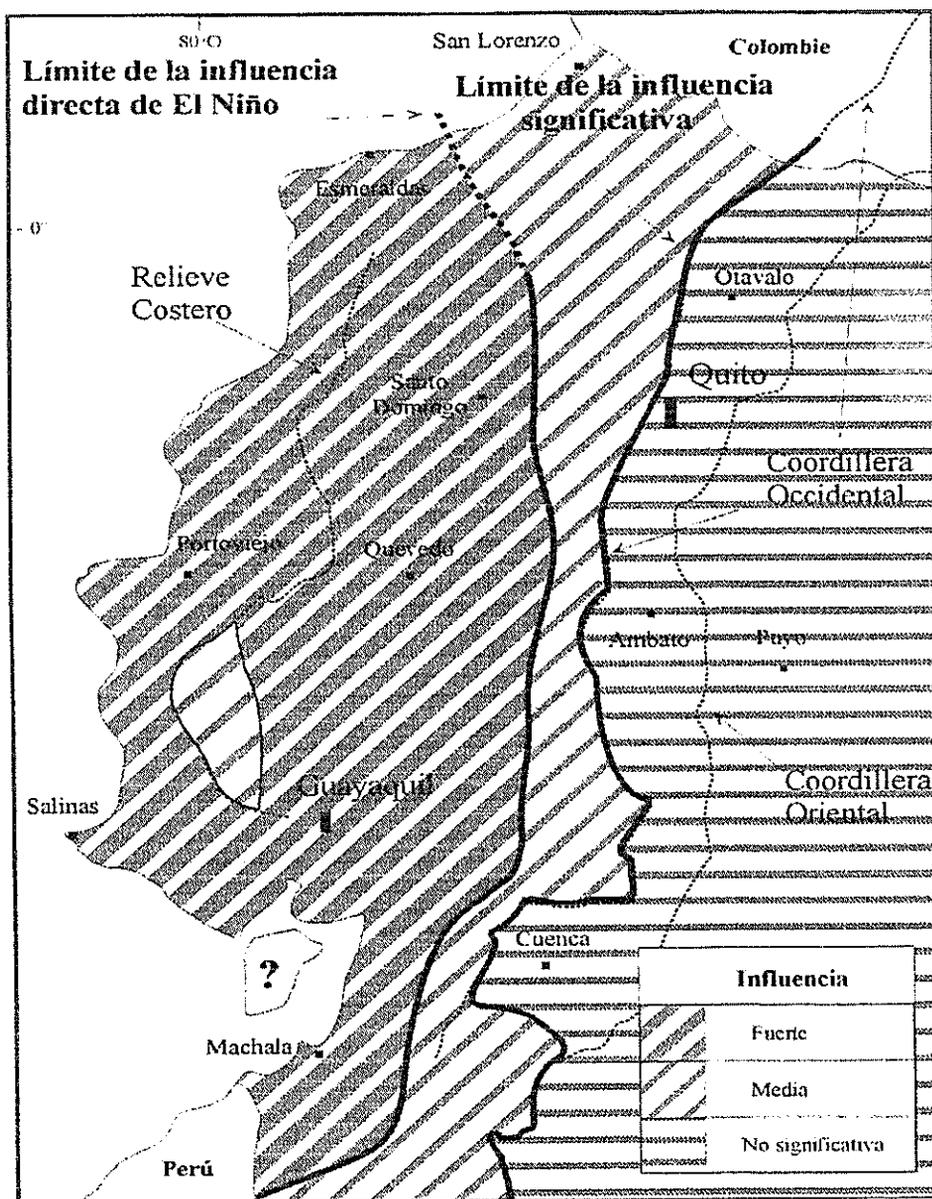
<b>DEBIL</b> Anomalía: <5.5°C	<b>MODERADO</b> Anomalía: 5.6°C-10°C	<b>FUERTE</b> Anomalía: 10.1°C-20°C	<b>EXTREMADAMENTE FUERTE</b> Anomalía: >20.1°C
1953	1951-1952	1957-1958	1982-1983
1969-1970	1965-1966	1972-1973	1997-1998
1976-1977	1986-1987		
1993	1991-1992		
1994-1995			

Fuente: INAMHI

Esta clasificación la estableció el INAMHI, sobre anomalías acumuladas de temperatura superficial del mar (TSM). Al revisar la tabla se puede observar que las fases cálidas de El Niño se están presentando con mayor frecuencia al finalizar el Siglo XX; si a esto se une la afectación que estos eventos ocasionan en los sectores agrícolas de interés, se puede visualizar mejor la importancia del presente estudio.

En el País los mayores impactos por la ocurrencia de un evento El Niño, están relacionados con el incremento de las precipitaciones. En 1997, Rossel realizó un estudio de la influencia que El Niño tiene sobre los regímenes hidroluviométricos en Ecuador y encontró un patrón de influencia del fenómeno, definiendo tres zonas de influencia: 1) fuerte; 2) media y 3) no significativa; que corresponden a las planicies litorales; la parte norte de la Costa y las estribaciones de la cordillera de los Andes; y la región Andina, respectivamente (MAPA II).

MAPA II: Areas de Influencia de Eventos El Niño en Ecuador



Fuente: Rossel, 1997-INAMHI

Como se puede apreciar en el MAPA II, los mayores perjuicios por la ocurrencia de un evento ENOS en Ecuador se dan sobre la región costera, que es impactada de forma directa, con la pérdida de cultivos sobre todo los de ciclo corto, como los de maíz duro y arroz (CEPAL, 1998 e infórmenes de prensa, 1992 y 1998).

Las pérdidas se dan, en la mayoría de los casos, debido a las excesivas precipitaciones que se registran en el Litoral ecuatoriano, que provocan inundaciones. Otras actividades como la ganadería, la pesca artesanal, la acuicultura, el comercio, la industria y el turismo también son afectadas, pero en menor grado (CEPAL, 1983 y 1998; y Vos, Velasco, De Labastida, 1998).

A continuación se hará un breve recuento de lo ocurrido, tanto en las condiciones climáticas como en la economía del País, en los períodos El Niño 1991-92 y 1997-98.

### **2.1.1 DESCRIPCION DEL EVENTO EL NIÑO 1991-92**

El evento ocurrido durante 1991 y 1992 es clasificado como un fenómeno de intensidad moderada, además de haber sido uno de los de mayor tiempo de duración de la década.

Diferentes instituciones de investigación en Ecuador, lo detectaron monitoreando parámetros oceánicos y meteorológicos desde estaciones terrenas y costeras, antes y durante el evento, y realizaron la siguiente descripción física de su desarrollo (Informe Grupo ERFEN, 1992):

**Temperatura Media Mensual del Aire:** En la Costa ecuatoriana las anomalías positivas de temperatura del aire se registraron desde marzo/91. En Portoviejo el valor máximo se registró sólo en noviembre/91. Al sur, en la Libertad, Guayaquil y Machala, se registraron anomalías positivas de temperatura del aire desde comienzos de 1991 y aunque en septiembre del mismo año se presentaron anomalías negativas en los dos últimos puntos, las anomalías positivas alcanzaron sus valores máximos en mayo/92, los cuales fueron del orden de los 2.2 °C en La Libertad y de 1°C en Guayaquil.

**Presión atmosférica a nivel del mar:** En San Cristóbal (Islas Galápagos) la presión atmosférica estuvo por debajo de lo normal a partir de septiembre/91, en tanto que los registros de Portoviejo mostraron anomalías negativas desde comienzos de 1991. Los valores mínimos de presión en estos dos lugares se registraron en marzo, abril y mayo de 1992, con anomalías negativas que en Portoviejo fueron del orden de -2.0 hPa.

**Precipitación:** En el norte del litoral ecuatoriano durante la mayor parte de 1991 los volúmenes de precipitación estuvieron por debajo de lo normal. Las lluvias se incrementaron y se ubicaron por encima de lo normal, a partir de noviembre/91 en Portoviejo, de febrero/92 en Machala y de marzo/92 en Guayaquil, pero las precipitaciones más altas se registraron en el período de marzo a mayo, siendo mayores en el sector de Guayaquil en el mes de abril/92.

**Parámetros Oceánicos:** Las características regionales y locales de El Niño 91-92 se manifestaron en el Pacífico Sudeste a partir del segundo semestre del 1991, cuando aparecieron las primeras anomalías asociadas con este fenómeno.

Las primeras anomalías de temperatura y salinidad en el mar ecuatoriano aparecieron a partir de agosto/91. Entre marzo y abril/92 se registraron los valores máximos, con anomalías de temperatura superficial del mar de +3 °C, en la zona costera ecuatoriana. La salinidad presentó anomalías negativas que alcanzaron las dos décimas. La estructura térmica vertical presentó una termoclina que se profundizó entre 80 a 100 m en los meses de enero a marzo/92. Cabe señalar que durante este período anómalo la isoterma de 15°C, característica de la base de la termoclina en condiciones normales, presentó una profundización de 140 m.

### **2.1.1.1 IMPACTOS DE EL NIÑO 1991-92 EN ECUADOR**

Este evento empezó su formación alrededor de abril de 1991 y para julio de 1991 la Defensa Civil declaró la ALERTA AMARILLA. Algunas zonas de las Provincias de Guayas y Los Ríos fueron consideradas como susceptibles a inundación, por el posible desbordamiento de sus ríos, a causa del exceso de las precipitaciones que se avecinaban.

Cuando el fenómeno alcanzó su pleno desarrollo (durante la estación lluviosa de 1992), se sucedieron las torrenciales lluvias que se esperaban en la Costa, con el consiguiente desbordamiento de ríos, destrucción de carreteras y cultivos, y aislamiento de poblaciones. Los datos oficiales sobre los daños no se pudieron obtener, pero a través de la información de prensa recopilada, se puede tener una idea de los efectos que el fenómeno tuvo sobre la Costa ecuatoriana.

En Los Ríos, la red vial quedó afectada en un 70%; la principal vía de acceso a Machala, capital de la provincia de El Oro, quedó destruída; en tanto que la carretera marginal de la Costa resultó bloqueada por desmoronamientos de su tramo. Además se conoció que Portoviejo y Guayaquil fueron las dos ciudades más afectadas por inundaciones.

Para marzo de 1992, varios cantones de la provincia de Guayas se encontraban inundados. Quinientas nueve familias fueron afectadas por las inundaciones en las provincias de Guayas y Manabí. Se destruyeron caminos y se perdieron viviendas en las zonas rurales de Manabí, El Oro, Los Ríos y Guayas. La Defensa Civil evacuó alrededor de 300 damnificados en Manabí y 200 en la parte baja de la cuenca del Guayas.

Para abril de 1992, los ríos Esmeraldas en la provincia de Esmeraldas; Portoviejo, Burro, Chone en la provincia de Manabí; Bulubulu en la provincia de Guayas; y Pagua, Zarumilla y Sta. Rosa en la provincia de El Oro; se encontraban desbordados. El saldo en vidas humanas hasta este mes fue de:

- 28 personas muertas
- 22.000 familias afectadas
- 6.000 personas evacuadas

Durante enero y febrero de 1992 la región interandina soportó fuertes sequías. Las provincias de Cañar y Cuenca fueron las más afectadas con un 7% del valor normal de precipitaciones para la época (valor único en 30 años, según INAMHI).

Fuertes marejadas afectaron las costas, al norte del País, siendo las provincias de Esmeraldas y Manabí las más afectadas, con la pérdida de casas que fueron arrasadas por el mar, dejando en la indigencia a numerosas familias.

La actividad camaronera también fue afectada, registrando piscinas camaroneras dañadas y el cierre de laboratorios de larvas, por la abundancia de larva salvaje en las costas, durante el invierno; todo esto producto del evento El Niño, que para abril de 1992 se encontraba en su pico más alto (según índice MEI, NOAA).

#### **2.1.1.2 IMPACTOS AGRICOLAS**

Según reportes de prensa, las provincias que sufrieron los mayores perjuicios por causa del fenómeno fueron Guayas, Manabí y El Oro; las demás provincias de la Costa, así como las provincias Australes de la Sierra fueron afectadas también, pero en menor intensidad.

A este respecto la Subsecretaría de Agricultura del Litoral señaló que las intensas lluvias ocurridas durante el invierno de 1992 dañaron cerca de 30.000 Has. de cultivos de arroz, maíz duro, banano y algodón en las diferentes zonas productivas, y que otras 11.840 Has. de estos cultivos fueron afectadas.

Sólo en Manabí, una de las provincias de mayor afectación, las lluvias intensas que originó la presencia de El Niño durante el invierno del 92, dañaron alrededor de 10.000 Has. de cultivos de arroz, maíz duro, y algodón, según la Subsecretaría del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Manabí (Tabla II). Sin embargo, debe considerarse que las superficies agrícolas afectadas por inundaciones solo constituyeron el 10% de las 320.000 Has. sembradas durante la estación lluviosa de 1992, según datos de prensa.

Tabla II: Principales Cultivos afectados por El Niño 1991-92 en Manabí

CULTIVOS	SUPERFICIE SEMBRADA (HAS)	SUPERFICIE PERDIDA (HAS)	PORCENTAJE DE PÉRDIDA
Maíz duro	73.000	6.168	8.5%
Algodón	26.006	1.400	5.4%
Arroz	8.500	2.500	29.4%

Fuente: Diario El Universo, 27/jun/92

De acuerdo a encuestas realizadas por el gobierno al sector agropecuario, se pudo conocer que para el invierno del 92 los cultivos de arroz en las zonas bajas de la Costa ecuatoriana fueron azotados por el exceso de lluvias, mientras que en las zonas altas la productividad mejoró en razón del incremento en la humedad de los suelos. El exceso de lluvias afectó básicamente a la calidad del arroz, incrementándose el grado de humedad y el porcentaje de

impurezas, lo que había determinado la caída de los precios. Sin embargo se evidenciaron fugas de arroz a los países vecinos, como consecuencia de los mayores precios pagados en éstos.

Una de las zonas en donde se presentaron mayores problemas fue en la de influencia de la represa Daule-Peripa, en la que, según los informantes, se provocaron desfogues no programados que empeoraron las condiciones de las zonas arroceras.

Así también, el maíz duro de invierno del 92 vió aumentada su superficie de siembra en un 6% con respecto al año anterior, pero el exceso de lluvias hizo que el volumen de producción esperada se mantuviera con respecto al del año anterior. Las zonas menos afectadas en este sentido fueron las de Los Ríos y Guayas, en razón de que el maíz duro en estas provincias era cultivado en las partes altas. No así en algunos sitios del Cantón El Empalme, y de la provincia de Manabí, donde los rendimientos se redujeron alrededor del 50%.

Como consecuencia el mayor afectado fue el pequeño agricultor, que se vió obligado a vender su producto a intermediarios a precios bajos con relación a los de venta, dado que no hubo intervención del estado a través de los departamentos respectivos para regularizar precios.

### **2.1.1.3 IMPACTOS AGRICOLAS POR OTRAS CAUSAS**

Si bien es cierto las pérdidas agrícolas en arroz y maíz duro sufridas por el sector, durante 1991-92, se debieron en su mayor parte a las adversas condiciones de clima causadas por el evento El Niño en desarrollo; es necesario considerar las siguientes como causales secundarias de las pérdidas sufridas:

- Dificultades para la comercialización de la producción de arroz y maíz duro, éste último debido a una demanda insuficiente y precios de venta del grano poco rentables.
- Altos costos de producción, por el encarecimiento de los insumos y la mano de obra.
- La falta de obras básicas de infraestructura, que encarecieron la producción.
- Presencia de plagas y enfermedades.
- Falta de apoyo del gobierno central con políticas favorables al sector agrícola, especialmente a cultivos de ciclo corto como el maíz duro y el arroz.

### **2.1.2 DESCRIPCION DEL EVENTO EL NIÑO 1997-98**

El evento El Niño ocurrido durante 1997-1998 es considerado un fenómeno extremadamente fuerte, pues superó en intensidad, anomalías e impactos (Santos, 1998) al registrado en 1982-83.

Durante su desarrollo el nivel medio del mar sufrió un incremento de 45 cm, y las anomalías de la temperatura media del mar estuvieron en el orden de los +3°C. A partir de septiembre de 1997, los vientos alisios colapsaron, disminuyendo su intensidad y tendiendo a girar 180°. Lo que implicó el flujo de vientos anómalos del oeste, y daba un claro indicio de la presencia e intensidad del fenómeno.

Las primeras anomalías se detectaron en marzo de 1997, con ligeras anomalías de la temperatura media del aire, y con precipitaciones excedentes sobre la Región Litoral. Las precipitaciones afectaron con mayor intensidad la parte central y hacia el sur de las provincias de Los Ríos y El Oro, en donde se produjeron excedentes de precipitación de hasta 250 mm (1mm equivale a 1litro de agua por m<sup>2</sup>). Estas condiciones se mantuvieron durante abril.

Para mayo las lluvias sufrieron una ligera atenuación en la región Litoral, mientras que las temperaturas medias del aire se incrementaron con mayor intensidad. Durante junio, las precipitaciones aumentaron ligeramente su intensidad, pero para julio de 1997 se apreció una disminución en la intensidad de las precipitaciones con respecto a los meses anteriores y esta situación se mantuvo así hasta septiembre del 97, en que se produce un repunte en la intensidad de las precipitaciones sobre el litoral ecuatoriano.

La temperatura atmosférica se mantuvo con tendencia al incremento durante todo el desarrollo del evento, alcanzando las mayores anomalías en julio del 97 con valores entre 2.6 °C en Portoviejo y 4.7 °C en Machala. Durante el invierno del 98 las anomalías de temperatura fueron positivas y tuvieron un repunte en mayo continuando su crecimiento en junio y julio.

Es a partir de noviembre del 97 que se generalizan las precipitaciones con fuertes intensidades sobre la región Litoral y se mantienen las condiciones para los meses siguientes, pero acentuándose las fuertes lluvias sobre el centro y sur de la región. Para abril del 98, las precipitaciones disminuyeron espacialmente en la región y se concentraron en la parte central del litoral, con un núcleo de fuertes precipitaciones sobre los 700 mm del valor normal.

En mayo hubo un repunte en el exceso de las precipitaciones, presentándose un núcleo principal sobre la provincia de Los Ríos con valores superiores a 450 mm sobre lo normal. Para junio las lluvias tuvieron una tendencia a la normalidad, y aunque se presentaron anomalías positivas sobre todo el litoral, estas no tuvieron la intensidad de meses anteriores.

Las condiciones El Niño alcanzaron sus picos máximos durante la estación húmeda de 1997-98, empezando a debilitarse a partir de abril de 1998, en

que las condiciones atmosféricas y oceánicas tendieron a la normalización (Santos, 1998).

#### **2.1.2.1 IMPACTOS DE EL NIÑO 1997-98 EN ECUADOR**

Varios indicadores oceánico-atmosféricos señalaron la presencia del evento desde marzo de 1997, pero fue recién en mayo cuando se habló en Ecuador sobre el posible desarrollo de un fenómeno El Niño de duración e intensidad desconocidas.

En julio se declaró oficialmente el Estado de Emergencia en el País y se inició el Plan de Contingencia para reducir los impactos; pero no fue hasta noviembre que se tramitaron préstamos al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Corporación Andina de Fomento (CAF) y Banco Mundial (BM), para la ejecución de acciones emergentes.

La Defensa Civil señaló un total de 105 cantones (6.5 millones de personas) en potencial riesgo de afectación, por la ocurrencia de El Niño; de estos, 77 pertenecían a la Costa. Tras su desarrollo más de un 50% de la población del Ecuador fue afectada en mayor o menor grado (Tabla III), del cual el 35% era menor de 15 años (INEC, 1998). Las provincias más afectadas fueron Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, Azuay y El Oro, que constituyen aproximadamente el 40% del territorio nacional.

Tabla III: Población Ecuatoriana afectada por El Niño 1997-98

AÑO	POBLACION NACIONAL	POBLACION AFECTADA	PORCENTAJE
1997	11.936.858	6.059.458	50.76%
1998	12.174.628	6.185.331	50.81%

Fuente: INEC

Tomado de Informe Ecuador: Proyecto UNEP/NCAR El Niño

Un estudio realizado por el Instituto de Estudios Sociales de los Países Bajos y el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE), titulado Los efectos económicos y sociales de El Niño de 1997-98 (Vos, Velasco, De Labastidas, 1998), señala que:

.....los principales grupos afectados en cuanto a pérdidas por ingresos, fueron los pequeños agricultores de arroz y maíz duro en las zonas inundables; y los trabajadores agrícolas en la producción de caña de azúcar y banano.....la población más vulnerable y afectada se estima en cerca de 900 mil personas dependientes de la producción agrícola y en 2.5 millones de personas con alto riesgo sanitario.

Según CEPAL (1998), los daños directos totales al sector productivo sumaron 583 millones de dólares, con daños a la infraestructura y pérdida de cosechas listas. Los daños indirectos por disminución de ventas y producción en agricultura, pesca, avicultura, comercial, industrial y turismo, sumaron 709 millones de dólares (Tabla IV).

El total de los daños ascendió a 1.292 millones de dólares para los sectores productivos, mientras que el total de los daños País fue de 2.645.5 millones.

Tabla IV: Resumen de daños ocasionados por el fenómeno El Niño en 1997-98  
(Millones de Dólares de EUA)

SECTOR Y SUBSECTORES	DAÑOS TOTALES	DAÑOS DIRECTOS	DAÑOS INDIRECTOS	COMPONENTE DE IMPORT. O EXPORT.
<b>Total Nacional</b>	<b>2.645.5</b>	<b>769.3</b>	<b>1545.1</b>	<b>721.0</b>
<b>Sectores Sociales</b>	<b>192.2</b>	<b>63.1</b>	<b>129.1</b>	<b>29.2</b>
Vivienda	152.6	43.4	109.2	17.1
Salud	19.5	4.2	15.3	6.7
Educación	20.1	15.5	4.6	5.4
Pérdida de Ingresos*	17.8*	--	17.8*	--
<b>Infraestructura</b>	<b>830.3</b>	<b>123.3</b>	<b>707.0</b>	<b>80.2</b>
Agua y Alcantarillado	16.7	5.5	11.2	9.6
Energía y Electricidad	19	15.7	3.2	15.8
T r a n s p o r t e y Telecomunicaciones	786.8	99.1	687.7	53.2
Infraestructura Urbana	7.8	3.0	4.8	1.6
<b>Sectores Productivos</b>	<b>1.291.9</b>	<b>582.9</b>	<b>709.0</b>	<b>545.4</b>
Agropecuaria y pesca	1.019.9	533.8	486.1	450.2
Industria, Comercio y turismo	272.0	49.1	222.9	95.2
<b>Otros: gastos de emergenc., prevención y mitigación</b>	<b>331.1</b>	<b>--</b>	<b>331.1</b>	<b>66.2</b>

\*Estas pérdidas en ingresos personales están recogidas bajo el rubro de los sectores productivos; para evitar doble contabilidad no se suman dichos daños.

Fuente: Estimaciones de la CEPAL

El fenómeno de El Niño 1997-98 causó inundaciones, por exceso de precipitación que ocasionó la crecida y desborde de los ríos; estas afectaron a un total de 88.590 ecuatorianos en la Costa, sobre todo en las zonas bajas; alrededor de 20.000 se alojaron en albergues provisionales implementados por el gobierno central, pues perdieron todas sus pertenencias (CEPAL, 1998).

A esto se sumó diversas epidemias como el cólera, leptospirosis, paludismo y dengue que afectaron a la población como consecuencia de los críticos problemas de agua y saneamiento en las zonas de desastre, causando la muerte a aproximadamente 9.500 personas (CEPAL, 1998). Según el estudio de impacto de El Niño en Ecuador, elaborado por el SIISE y los países bajos (1998), las poblaciones más perjudicadas fueron las de menor acceso a infraestructura sanitaria (agua, alcantarillado) y en condiciones pobres del hogar (bajo nivel educacional y hacinamiento).

En las zonas costeras las marejadas dañaron embarcaciones, arrastraron casas y vidas en casi todas las poblaciones, dejando en la indigencia a numerosas familias. Así también, la pesca artesanal fue afectada negativamente por El Niño, pues muchas especies comerciales desaparecieron de las zonas costeras, debido

a las altas temperaturas del mar. La actividad camaronera fue afectada de manera negativa pero también positiva; pues aunque aproximadamente 300 laboratorios de larvas fueron cerrados, dejando 6.000 familias sin trabajo, la producción camaronera se incrementó debido a las condiciones ambientales favorables (Tabla V); así durante 1997 las exportaciones de camarón se incrementaron en un 40% (Cornejo, 1998).

Tabla V: Estimación de los costos del sector agropecuario causados por El Niño de 1997-98 (en millones de dólares)

SUB-SECTORES	1997-98 (A JUNIO 1998)		
	DAÑOS	BENEFICIOS	DAÑOS NETOS
<b>Agrícola</b>	<b>182.3</b>	<b>15.3</b>	<b>167</b>
Agricultores propietarios	50.8	6.7	44.1
Trabajadores agrícolas	73.9		73.9
Comerciantes internos	57.6	8.6	49
<b>Ganadería</b>	<b>7.7</b>		<b>7.7</b>
Ganaderos propietarios	2.4		2.4
Trabajadores ganaderos	2.7		2.7
<b>Camarón</b>	<b>7.5</b>	<b>75.5</b>	<b>-68.1</b>
<b>Pesca</b>	<b>12.4</b>	<b>6.7</b>	<b>5.7</b>
Pesca artesanal	12.4		12.4
Pesca industrial		6.7	-6.7
<b>Total agropecuario</b>	<b>209.9</b>	<b>97.6</b>	<b>112.3</b>
(% del PIB agrícola)	(8.8%)	(4.1%)	(4.7%)
(% del PIB total)	(1.1%)	(0.5%)	(0.6%)

Fuente: Estimaciones estudio SIISE y Países Bajos basados en MAG, Banco Central, INEC, CLIRSEN, FAO, Cámaras de Agricultura, trabajo de campo

\*Tomado de resultados del estudio "Los efectos económicos y sociales de El Niño de 1997-98" (Vos, Velasco, De Labastidas, 1998).

Las inundaciones, marejadas y deslizamientos produjeron además cambios geomorfológicos en la Costa, erosión en los suelos y playas, sedimentación de cauces y tierras agrícolas, contaminación de fuentes de agua, desborde de aguas servidas, y cambios en la fauna y flora de la costa continental e insular.

Los daños en la red vial costera se produjeron en carreteras principales, puentes, y caminos vecinales, y representaron un alto porcentaje de la red de caminos que alimenta la economía de las seis provincias afectadas directamente. Es preciso reconocer, sin embargo, que el estado de conservación de la infraestructura vial ya era bastante deficiente antes de producirse el desastre.

El informe presentado por la CEPAL sobre los efectos de El Niño 1997-98 señala que los daños originados por dicho evento sobre la región costera ecuatoriana (cuatro veces más que en 1982, según sus estimaciones), no sólo dependieron de la intensidad de este fenómeno, sino también de la susceptibilidad del sistema costero, así como de la utilización inadecuada de la tierra para albergar asentamientos humanos en zonas de alto riesgo.

#### **2.1.2.2 IMPACTOS AGRICOLAS**

Algunos estudios realizados hacia el final del evento El Niño, en 1998, coincidieron en señalar al sector agrícola de la Costa

ecuatoriana, como el más perjudicado por el fenómeno, conjuntamente con el sector vial y el de transporte.

Así, el informe de la Cepal, sobre los daños en los sectores productivos ocasionados por El Niño 1997-98, señala al sector agrícola como el más afectado, con el 74.77% de las pérdidas totales. Este porcentaje estuvo repartido, casi en igualdad, entre daños directos (daño a la infraestructura y cosechas listas) e indirectos (menor producción, no siembra y bajas ventas).

Tabla VI: Superficie de los Principales Cultivos que fue afectada por El Niño de 1997-1998 (Hectáreas)

CULTIVO	SUPERFICIE TOTAL	SUPERFICIE CON PERDIDA TOTAL DE LA COSECHA	SUPERFICIE NO SEMBRADA POR INUNDACION
<b>Total</b>	<b>613.306</b>	<b>325.145</b>	<b>288.161</b>
Arroz	170.819	82.321	88.498
Maíz duro	167.820	39.817	128.003
Soja	53.304	8.000	45.304
Fréjol	14.592	8.753	5.839
Caña de azúcar	43.502	23.452	20.050
Café	57.004	56.926	78
Cacao	49.727	49.624	103
Banano	56.538	56.252	286

Fuente: Estimaciones de la CEPAL

La superficie que se afectó representa aproximadamente el 15% del total de las tierras agrícolas disponibles en la zona de la Costa; parte de ella sufrió doble impacto, pues no solo se perdieron los cultivos inundados por las intensas lluvias, sino que estas

inundaciones imposibilitaron la siembra de la cosecha inicial de 1998 (Tabla VI).

Los cultivos de ciclo corto (arroz y maíz duro) fueron los más afectados, pues presentaron la mayor cantidad de superficie afectada, por lo que las mayores pérdidas de producción las registraron estos cultivos (Tabla VII).

Tabla VII: Estimaciones de las Pérdidas de Producción en el sector agrícola durante El Niño 1997-1998 (Toneladas Métricas)

<b>CULTIVO</b>	<b>PRODUCCION ESPERADA ANTES DEL FENOMENO</b>	<b>PRODUCCION OBTENIDA EN EL CICLO AGRICOLA 1997-1998</b>	<b>PERDIDAS ESTIMADAS A CAUSA DE EL NIÑO</b>
Banano	6.299.282	6.614.246	-314.964
Arroz	1.158.399	541.080	617.319
Maíz duro	787.900	587.600	200.300
Café	115.500	97.020	18.480
Cacao	107.703	50.620	57.083
Caña de azúcar	186.262	126.123	60.139
Soja	101.384	3.000	98.384
Fréjol	56.411	38.924	17.487

Fuente: Estimaciones de la CEPAL

Los demás cultivos de ciclo corto como fréjol, yuca, hortalizas en general, y fruta (cítricos, mangos, etc.), fueron afectados casi en su totalidad, ya sea porque no resistieron la inundación durante largos períodos, ó porque las lluvias afectaron la floración y la producción se redujo o desapareció totalmente (CEPAL, 1998).

Los cultivos comerciales que resultaron afectados fueron la caña de azúcar, el banano, el café y el cacao. El cultivo de caña fue dañado por las inundaciones en las plantaciones; en el caso del café y el cacao, las lluvias se presentaron durante la floración, con lo que se redujeron los rendimientos esperados. Mientras que las principales pérdidas en el sector bananero se debieron a que hubo fruta que no pudo llegar a puerto por la rotura de caminos y puentes.

Así, se puede inferir la magnitud de las pérdidas económicas que acarrió El Niño al sector agrícola; diferentes estudios realizados por algunas entidades (MAG-DISPLASEDE, MAG-FAO, CEPAL, PAISES BAJOS-SIISE) estimaron estas pérdidas en dólares (Tabla VIII). La disparidad entre fuentes, en las cantidades presentadas para un mismo rubro, obedece a diferentes criterios de estimación.

Los cultivos de arroz, usado para alimentación humana interna, y de maíz duro, materia prima de la industria de balanceados, fueron los cultivos de ciclo corto que presentaron las más altas pérdidas, casi en todas las fuentes de la Tabla VIII. La pérdida de los cultivos de maíz duro en la Costa afectó además el desempeño de las industrias avícolas.

Por lo que para 1998 se tuvieron que importar 356.000 toneladas a un costo superior a los 35 millones de dólares. Los costos de importación del maíz duro fueron más altos en un 7% sobre los precios del maíz duro nacional por lo que la actividad avícola se encareció.

Tabla VIII: Pérdidas en agricultura (Ha) como consecuencia de El Niño de 1997-98, según fuentes (miles de US\$)

CULTIVO/RUBRO	MAG-DIPLASEDE	MAG-FAO	CEPAL	PAISES BAJOS-SIISE
Arroz	37.036	99.336	66.666	39.527
Banano	179.335	247.037	78.660	82.485
Maíz Duro	8.455	67.292	11.700	36.318
Cacao	34.860	15.544	37.000	16.736
Café	147.812	21.035	52.560	30.070
Caña de azúcar	120.300	50.597	188.800	32.965
Pastos	29.213	42.312		17.995
Otros	156.630	45.367	89.114	17.740
<b>Pérdidas directas</b>	<b>713.641</b>	<b>588.520</b>	<b>524.500</b>	<b>273.836</b>
Pérdidas no producción	296.579			
Pérdidas no exportación	203.663			
Decrecim. Producción	306.000			
Crédito, otros		413.336		
Daños indirectos			441.000	
<b>Pérdidas indirectas</b>	<b>806.242</b>	<b>413.336</b>	<b>441.000</b>	
<b>Total</b>	<b>1.519.883</b>	<b>1.001.856</b>	<b>965.500</b>	<b>273.836</b>

\*Tomado de resultados del estudio "Los efectos económicos y sociales de El Niño de 1997-98" (Vos, Velasco, De Labastidas, 1998), Cuadro A.1C.

Uno de los impactos indirectos de El Niño sobre el sector agrícola es el desempleo en el ámbito rural que causan las pérdidas agrícolas. Así la mayor cantidad de desempleo a causa de El Niño en 1997-98 fue de trabajadores dedicados al cultivo de arroz,

seguidos por el número de los involucrados en las actividades maiceras, como se puede apreciar en la Tabla IX.

Tabla IX: Empleo y salarios perdidos por El Niño de 1997-98 en los cultivos de mayor superficie afectada (área rural)

CULTIVO	SUPERFICIE AFECTADA Ha	EMPLEOS DIRECTOS PERDIDOS (TRABAJADORES AFECTADOS)	SALARIOS PERDIDOS US\$ MILLONES
Pastos	82.487	4.126	2.7
Arroz	105.336	43.716	28.4
Maíz	130.676	20.228	13.1
Banano	25.380	3.427	3.6

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería; MAG-ORSTOM

\*Tomado de resultados del estudio "Los efectos económicos y sociales de El Niño de 1997-98" (Vos, Velasco, De Labastidas, 1998), Cuadro 9.

Hablando en términos de porcentaje la CEPAL estima que el 60% de la mano de obra que trabaja normalmente en la cosecha de arroz de invierno no pudo ser contratada debido al mal estado de los caminos vecinales con graves efectos sociales en las familias de los trabajadores agrícolas.

De acuerdo a las estimaciones realizadas por los países bajos y el SIISE (Tabla X), el mayor porcentaje de superficie maicera afectada se registró en Manabí, pues del 12.5% de superficie afectada el 54.5% era área maicera; Guayas resultó la segunda provincia con mayor afectación para maíz duro. El mayor porcentaje de área arrocería afectada por El Niño en 1997-98 se

registró en Los Ríos (31.3% del 27% de la superficie provincial afectada).

Tabla X: Superficie agrícola de arroz y maíz duro afectada por El Niño de 1997-98 en Manabí, Guayas y Los Ríos

CULTIVOS/ PROVINCIA	SUPERFICIE SEP-97 (HA)	SUPERFICIE AFECTADA	
		(HA)	%
<b>MANABI (todos los cultivos)</b>	<b>1.342.610</b>	<b>168.000</b>	<b>12.5</b>
Maíz Duro	90.430	49.300	54.5
<b>LOS RIOS (todos los cultivos)</b>	<b>693.240</b>	<b>186.970</b>	<b>27</b>
Arroz	170.600	53.320	31.3
Maíz Duro	134.370	48.560	36.1
<b>GUAYAS (todos los cultivos)</b>	<b>1.022.850</b>	<b>140.140</b>	<b>13.7</b>
Arroz	152.300	42.640	28
Maíz Duro	61.400	27.900	45.4

Fuente: Estimaciones Países Bajos y SIISE

\*Tomado de resultados del estudio "Los efectos económicos y sociales de El Niño de 1997-98" (Vos, Velasco, De Labastidas, 1998)

Estas pérdidas en la producción se dieron por diversas causas; la Tabla XI muestra las pérdidas para Guayas, Los Ríos y Manabí, cuantificadas de acuerdo a su causa, para los cultivos de arroz y maíz duro en estudio. Las inundaciones fueron el principal motivo de pérdida de estos cultivos, seguido de otras causas no relacionadas a factores de desastre; y en mínima parte por deslaves que afectaron a los cultivos de maíz duro en las provincias de Manabí y Los Ríos. Según estas estimaciones la falta de vías no

afectó ni a la producción de maíz duro ni a la de arroz, pero sí a otras clases de cultivos como el banano, por ejemplo.

Tabla XI: Producción Perdida durante 1998 en la Costa y en las provincias en estudio, por efecto de El Niño y razón principal de la pérdida

PRODUCTOS	PRODUCCION (TM)				TOTAL
	INUNDACIONES	FALTA DE VIAS	DESLAVES	OTRAS CAUSAS	
<b>COSTA</b> (todos los cultivos)	1.628.705.06	2.373.85	11.891.85	408.407.66	2.051.378.41
Arroz (en cáscara)	355.740.71	0	90.77	51.038.36	406.869.84
Maíz Duro Seco (en grano)	141.123.76	0	664.50	14.554.05	156.342.30
<b>MANABI</b> (todos los cultivos)	252.176.08	2.373.85	8.298.34	52.156.64	315.004.91
Maíz Duro Seco (en grano)	44.129.86	0	627.12	3.716.45	48.473.42
<b>LOS RIOS</b> (todos los cultivos)	724.849.70	0	40.72	76.486.48	801.376.90
Arroz (en cáscara)	185.911.52	0	0	13.550.86	199.462.38
Maíz Duro Seco (en grano)	67.773.48	0	37.38	4.481.91	72.292.77
<b>GUAYAS</b> (todos los cultivos)	586.717.48	0	809.98	211.145.86	798.673.32
Arroz (en cáscara)	137.045.86	0	0	33.403.67	170.449.53
Maíz Duro Seco (en grano)	28.760.79	0	0	5.061.72	33.822.51

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) SICA - 1998

### 2.1.2.3 IMPACTOS AGRICOLAS POR OTRAS CAUSAS

Otros factores inmersos en el impacto, que la ocurrencia del evento ENOS 1997-98 causó en las zonas afectadas, fueron:

- Mal uso del suelo, ya que muchas de las tierras en las zonas afectadas son en su mayoría arcillosas, poco dúctiles y de difícil drenaje, por lo que son propensas a inundaciones aún sin la ocurrencia de fenómenos dramáticos como El Niño.
- La suspensión de los créditos del Banco Nacional de Fomento desde el mes de febrero de 1998, al mismo tiempo que las altas tasas de interés de los préstamos.
- La elevación de los precios de los insumos y agroquímicos.
- La destrucción de los caminos vecinales y de la infraestructura vial por el desborde de los ríos dificultó la movilización de la producción, aumentando los costos de transportación y de comercialización del arroz.
- Las empresas que normalmente apoyan al productor maicero, con híbridos de alto rendimiento, asistencia técnica y compra anticipada de la cosecha, tuvieron serias restricciones en este ciclo, dirigiendo su ayuda casi exclusivamente a los agricultores que sembraron en las partes altas.

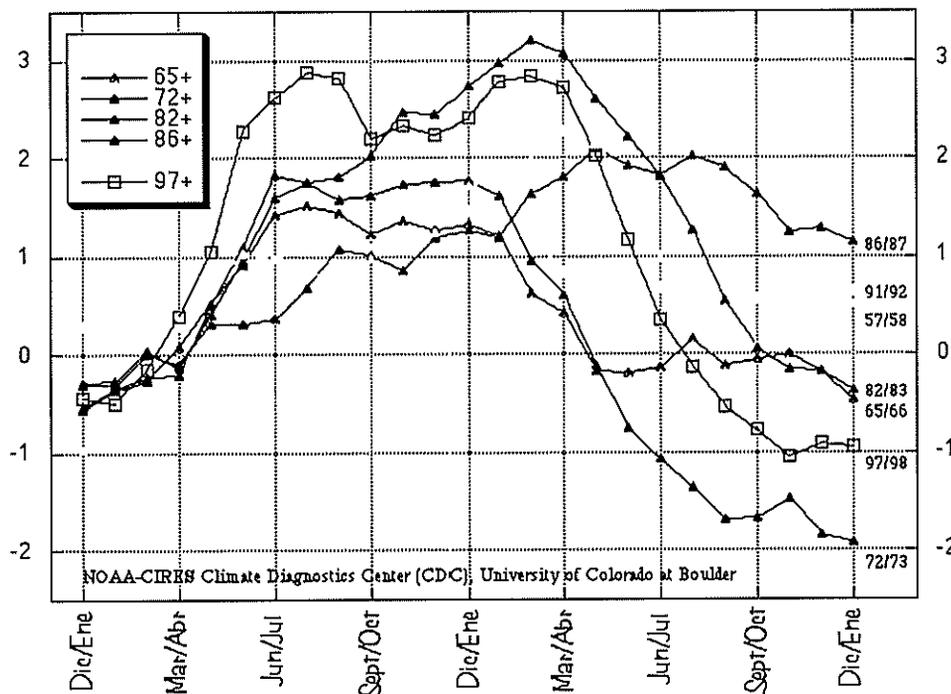
### **2.1.3 COMPARACION DE IMPACTOS ENTRE LOS EVENTOS EL NIÑO 1991-92 Y 1997-98**

Los eventos El Niño en estudio fueron escogidos en función de la disponibilidad de datos agrícolas en el País. Estos se ubican dentro de la década de mayor información agrícola disponible; sin embargo estos fenómenos presentan grandes diferencias tanto en su intensidad como en su comportamiento.

El evento El Niño de 1991-92, uno de los más largos de la década, fue catalogado como un evento de intensidad moderada, que causó severos impactos en algunos sectores de la economía ecuatoriana; mientras que el evento ocurrido en 1997-98 es considerado un fenómeno de extrema intensidad, que provocó grandes destrozos en casi todos los sectores económicos del País.

En la FIGURA N° 5 se muestra el comportamiento de diferentes fenómenos ENOS ocurridos desde 1950 hasta la fecha. Su intensidad ha sido cuantificada por un índice multivariado, llamado MEI, construido por la NOAA que ha representado bastante bien el desarrollo de estos eventos en el tiempo.

FIGURA N° 5: Eventos El Niño registrados por el MEI desde 1950



\*Tomado de la página web de la NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/~Kew/MEI/>)

Se puede observar que durante el último Niño se registraron dos valores altos o picos en el índice, superados sólo por el del Niño 1982-83, cuyos impactos también fueron cuantiosos. Los picos de intensidad máxima descritos por el MEI han coincidido con la época lluviosa, tanto en El Niño 1991-92 como en el de 1997-98. A esto principalmente se deben los impactos, pues estos eventos han intensificado la actividad convectiva normal de la época.

Otros índices, como la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona Niño1+2 (franja costera que va desde las costas al sur del Ecuador hasta las costas ubicadas frente a la zona norte del Perú), son evaluados para estudiar

El Niño. Durante el evento 1991-92 la máxima anomalía de TSM se dio en abril de 1992, alcanzando un valor de  $+2.3^{\circ}\text{C}$ , mientras que para 1997-98 ésta se dio durante diciembre de 1997 con un valor de  $+4.1^{\circ}\text{C}$ ; siendo el valor de 1997 casi el doble que el alcanzado en 1992.

Un indicador de la intensidad de estos eventos son los vientos que en condiciones normales soplan del sudeste en la estación lluviosa; durante un evento El Niño estos vientos se debilitan, permitiendo el retorno de aguas cálidas desde el Pacífico Tropical oeste; esto sucedió en 1991-92 y en 1997-98, pero durante éste último los vientos no sólo se debilitaron sino que para septiembre del 97 habían cambiado su dirección  $180^{\circ}$ , registrándose vientos anómalos del oeste.

Una comparación entre los impactos ocasionados por los eventos El Niño ocurridos durante 1991-92 y 1997-98 en Ecuador, se presenta en la Tabla XII; esta se encuentra un poco limitada por la falta de registros de los daños ocurridos durante 1992.

Tabla XII: Comparación de Impactos Registrados durante los Eventos El Niño en Estudio

EVENTO EL NIÑO 1991-92	EVENTO EL NIÑO 1997-98
<p><b>Daños en la red vial:</b> 70% de la red vial en Los Ríos fue dañada. Varios tramos de la carretera marginal de la Costa y la principal vía de acceso a Machala (El Oro) fueron dañados. Se destruyeron caminos en las zonas rurales de Manabí, El Oro, Los Ríos y Guayas.</p>	<p><b>Daños en la red vial:</b> Un alto porcentaje de la red vial costera, constituida por puentes, carreteras, y caminos vecinales, fue destruido.</p>
<p><b>Población afectada:</b> Las provincias mayormente afectadas por este evento fueron Guayas, Manabí y El Oro. Alrededor de 22.000 familias fueron afectadas por el evento; 509 familias fueron afectadas por inundaciones en Guayas y Manabí. El saldo en vidas humanas fue alrededor de 28 personas. Aproximadamente 6.000 personas fueron evacuadas a causa de El Niño.</p>	<p><b>Población afectada:</b> Las provincias afectadas por este Niño constituyeron el 40% del territorio nacional y fueron Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, Azuay y El Oro. Alrededor del 50% de la población total del Ecuador fue afectada. Las inundaciones afectaron aproximadamente a 88.590 ecuatorianos en las zonas bajas de la Costa. El saldo en vidas humanas fue alrededor de 286 personas. Además 9.500 ecuatorianos murieron por epidemias (cólera, leptospirosis, paludismo y dengue). Alrededor de 20.000 personas fueron evacuadas a causa de El Niño. El Niño en 1997-98 causó desempleo principalmente en el sector agrícola arrocerero y el maicero. Según CEPAL, el 60% de la mano de obra en arroz no pudo ser contratada.</p>
<p><b>Daños en poblaciones costeras:</b> Las marejadas ocurridas durante el invierno del 92 afectaron en mayor grado a las provincias de Esmeraldas y Manabí, destruyendo viviendas y dejando en la indigencia a numerosas familias.</p>	<p><b>Daños en poblaciones costeras:</b> En el invierno de 1998 las marejadas dañaron embarcaciones, arrastraron casas y vidas en casi todas las poblaciones costeras, dejando en la indigencia a numerosas familias.</p>
<p><b>Impactos sobre el sector camaronero:</b> La actividad camaronera fue afectada; piscinas camaroneras resultaron dañadas y numerosos laboratorios de larvas cerraron, debido a la abundancia de larva silvestre.</p>	<p><b>Impactos sobre el sector camaronero:</b> 300 laboratorios de larvas fueron cerrados dejando 6.000 familias sin trabajo. Sin embargo la producción de camarón aumentó debido a las favorables condiciones ambientales, así también lo hicieron las exportaciones de camarón que se incrementaron en un 40% en 1997. Pero hubo dificultades en la transportación del producto debido a los daños y pérdidas en infraestructura.</p>

EVENTO EL NIÑO 1991-92	EVENTO EL NIÑO 1997-98
<p><b>Impactos sobre el sector agrícola:</b></p> <p>Los principales productos agrícolas afectados fueron banano, algodón, arroz y maíz duro, 30.000 Has de estos cultivos se dañaron y 11.840 Has fueron afectadas parcialmente.</p> <p>La superficie agrícola dañada representó el 10% de la superficie sembrada durante la época lluviosa de 1992.</p> <p>Sólo en Manabí, 10.000 Has de maíz duro, arroz y algodón se dañaron</p>	<p><b>Impactos sobre el sector agrícola:</b></p> <p>Los daños sobre el sector agrícola representaron aproximadamente el 74.8% de las pérdidas totales de los sectores productivos (CEPAL, 1998).</p> <p>Los cultivos más afectados fueron la caña de azúcar, banano, café, cacao, arroz y maíz duro.</p> <p>La superficie de los principales cultivos afectada por El Niño fue de 613.306 Has. De esta superficie CEPAL señala que el 55% corresponde a tierras arroceras y maiceras (maíz duro).</p> <p>La superficie agrícola afectada representó aproximadamente el 15% del total de las tierras agrícolas disponibles en la Costa ecuatoriana.</p> <p>La mayor cantidad de áreas arroceras afectadas por El Niño se registró en Los Ríos, mientras que para maíz duro esta se registró en Manabí (SIISE, 1998). La principal causa de afectación fueron las inundaciones.</p> <p>En Manabí 49.300 Has se afectaron, las cuales representaron el 54.5% de la superficie sembrada en esa provincia.</p>

## CAPITULO 3

### 3.1 CONSTRUCCION DE MAPAS DE RIESGO AGRICOLA

Uno de los objetivos de esta investigación fue el de poder construir mapas de riesgo agrícola para condiciones El Niño, sobre las zonas arroceras y maiceras en estudio, a partir de condiciones específicas de parámetros de clima directamente relacionados con estas labores agrícolas en la Costa y afectados intensamente por el desarrollo de este evento, causando destrozos sobre el Litoral ecuatoriano.

Dentro de este marco es necesario definir riesgo como la posibilidad de ocurrencia de daños agrícolas asociados con la presencia de un evento El Niño, debido a los grandes excedentes de lluvias que se registran durante estos fenómenos, en las zonas de interés. Así, la construcción de mapas de riesgo, permitirá identificar las zonas agrícolas que podrían ser potencialmente afectadas por la rigurosidad de las lluvias.

A partir de la identificación de las áreas maiceras y arroceras en riesgo, se pueden llevar a cabo estudios más especializados para determinar las áreas más vulnerables, es decir aquellas que por sus carencias, ya sea de infraestructura o altos niveles de pobreza y desempleo, pueden ser más afectadas; para que reciban una atención prioritaria y focalizada dentro de los planes de desarrollo agrícola del Estado, y se reduzcan de esta manera los impactos de El Niño sobre estos cultivos.

Para esto, se pensó trabajar con un índice multivariado que incluyera condiciones climáticas específicas para cada zona. Así el método a usarse debía arrojar un índice local que permitiera modelar el comportamiento del clima sobre cada zona y reconocer con cierto margen de confianza eventos El Niño en formación.

De esta forma al tener el índice se procedería a trabajar los mapas de riesgo para condiciones extremas dentro de los dos tipos de fenómenos, extremadamente fuerte (1997-98) y moderado (1991-92), relacionando en estos los excedentes de precipitación y la topografía de las zonas en estudio. A continuación se hace una descripción más detallada de los pasos que se siguieron para lograr dichos objetivos.

### **3.1.1 INDICE CLIMATICO RELEVANTE PARA LA AGRICULTURA DE LOS CULTIVOS SELECCIONADOS**

En el presente estudio se analizan y correlacionan series de tiempo de clima, para un período de 29 años (desde 1970 hasta 1999), obtenidas de registros meteorológicos hechos por estaciones climatológicas del INAMHI cercanas a las zonas productoras en las provincias del Guayas, Los Ríos y Manabí. Estas zonas han sido escogidas por ser las de mayor producción agrícola de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador, como se explicó en el Capítulo I.

Las variables de clima utilizadas fueron precipitación acumulada mensual, temperatura atmosférica y humedad relativa media mensual,

excepto para las estaciones ubicadas en Manabí, pues no se obtuvieron registros de humedad relativa suficientes para incluir este parámetro dentro del análisis provincial, así que sólo se trabajó con la precipitación acumulada mensual y la temperatura atmosférica media. La principal razón para haber elegido estos parámetros ha sido su disponibilidad, antigüedad (29 años) y continuidad del registro en cada una de las estaciones escogidas.

Tabla XIII: Posición de Estaciones Meteorológicas del INAMHI usadas en el cálculo de los índices locales de clima

ESTACION	PROVINCIA	POSICION X (UTM)	POSICION Y (UTM)
Chone	Manabí	606641	9927346
Portoviejo	Manabí	560391	9885472
Guayaquil Aeropuerto Simón Bolívar	Guayas	642257	9761929
Milagro	Guayas	648378	9766085
Ingenio Azucarero San Carlos	Guayas	673150	9756740
Bucay	Guayas	707607	9757192
Pichilingue	Los Ríos	671174	9878371

Se procedió a extraer las medias y desviaciones estándar de cada parámetro climático registrado por cada una de las estaciones meteorológicas en estudio. Luego se normalizaron las series de tiempo, para trabajar con las anomalías correspondientes. Los datos faltantes en las series normalizadas fueron reemplazados con valor cero para no afectar la varianza de estas.

Tabla XIV: Principales Propiedades Estadísticas de las Series de Tiempo  
Período de análisis: 1970-1999

ESTACION	PARAMETRO	MEDIA	DESVIACION STANDAR	MAX	MIN
<b>CHONE</b>	Precipitación acumulada (mm)	116.2	150.9	681.6	0
	Temperatura atmosférica media (°C)	25.5	1.1	28.3	22.8
<b>PORTOVIEJO</b>	Precipitación acumulada (mm)	46.7	76.5	460.2	0
	Temperatura atmosférica media (°C)	25.3	1.1	27.8	22.7
<b>GUAYAQUIL AEROPUERTO</b>	Precipitación acumulada (mm)	113.9	183.8	1158.7	0
	Temperatura atmosférica media (°C)	25.8	1.4	29.2	22.5
	Humedad Relativa media (%)	74.7	4.7	88.0	63.0
<b>MILAGRO</b>	Precipitación acumulada (mm)	124.7	192.9	966.4	0
	Temperatura atmosférica media (°C)	25.4	1.2	27.7	22.7
	Humedad Relativa media (%)	80.2	3.9	90.0	68.0
<b>ING. SAN CARLOS</b>	Temperatura atmosférica media (°C)	25.1	1.2	27.9	22.4
<b>BUCAY</b>	Precipitación acumulada (mm)	212.3	235	1057.3	6.4
<b>PICHILINGUE</b>	Precipitación acumulada (mm)	189.3	227.8	1134.8	0
	Temperatura atmosférica media (°C)	25	1	27.4	22.3
	Humedad Relativa media (%)	83.3	3.9	89.0	70.0

### **3.1.1.1 ANALISIS DE LAS SERIES DE TIEMPO**

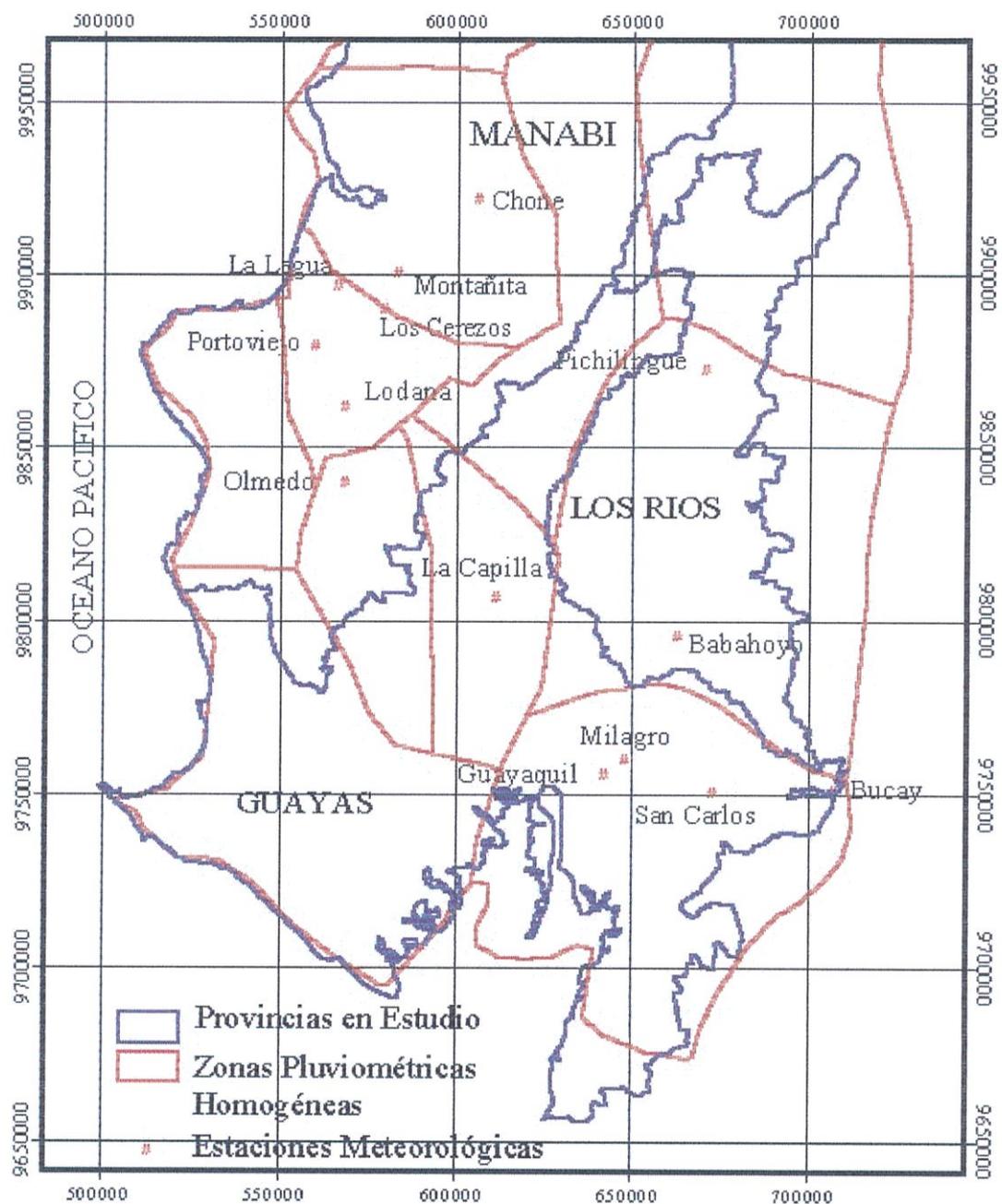
#### **3.1.1.1.1 PRECIPITACION**

Como se vio en el capítulo II, Rossel clasificó al Ecuador en diferentes zonas de acuerdo a la precipitación que estas reciben; de este estudio se definieron nueve zonas homogéneas, dos de las cuales cubren el área de estudio en Guayas y Los Ríos, y dos más cubren el área de interés en Manabí (MAPA III).

No todas las estaciones meteorológicas en estudio ubicadas sobre Manabí, Guayas y Los Ríos, se encuentran dentro de una misma zona pluviométrica homogénea, tal es el caso de la estación de Pichilingue ubicada sola, en una de las dos zonas, en la provincia de Los Ríos, y de las únicas dos estaciones meteorológicas utilizadas en Manabí, que se encuentran en cada una de las dos zonas homogéneas contiguas que cubren el área (MAPA III).

Las estaciones meteorológicas del INAMHI usadas para modelar precipitación en Guayas y Los Ríos fueron Bucay, Guayaquil aeropuerto, Milagro y Pichilingue; estas son series casi continuas con 29 años de registros, que se encuentran ubicadas casi

MAPA III: Estaciones Meteorológicas de Manabí, Guayas y Los Ríos y Zonas Pluviométricas Homogéneas Costeras



Fuente: INAMHI-DINAREN

todas dentro de una sola zona pluviométrica, con excepción de Pichilingue que se encuentra en una zona homogénea diferente, sin embargo estas dos zonas son contiguas y presentan una alta correlación de 0.95 entre sí, lo que permite trabajar con todas estas estaciones en la obtención del vector zonal.

En Manabí, las únicas dos estaciones utilizadas están ubicadas en dos zonas pluviométricas diferentes, pero contiguas. El estudio climatológico de Rossel (INAMHI, 1997), no indica la correlación existente entre estas zonas, sin embargo el coeficiente de correlación entre las dos series pluviométricas es de 0,8; por lo que se decidió trabajar con ambas estaciones sin hacer mayor reparo en la zonificación pluviométrica de esta región, pues la falta de información meteorológica histórica en Manabí fue un gran limitante del estudio.

En los gráficos de anomalías pluviométricas de las series de Manabí (FIGURA N° 6), Guayas y Los Ríos (FIGURA N° 7), se observa la presencia del ciclo anual que consiste en la variación estacional (cada 6

FIGURA N° 6: Anomalías de Precipitación en dos Estaciones Meteorológicas de Manabí

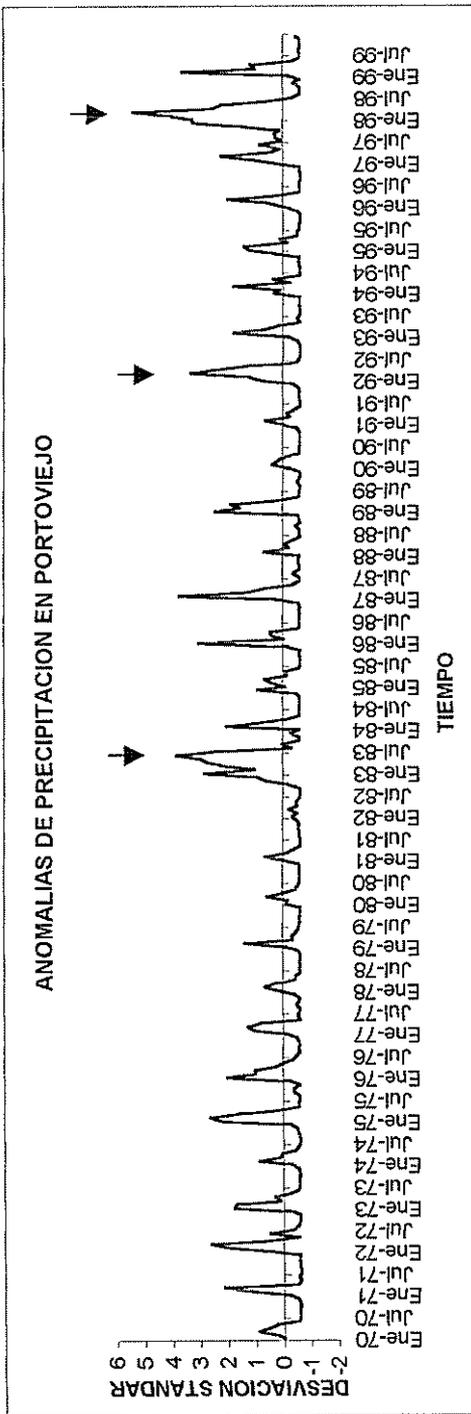
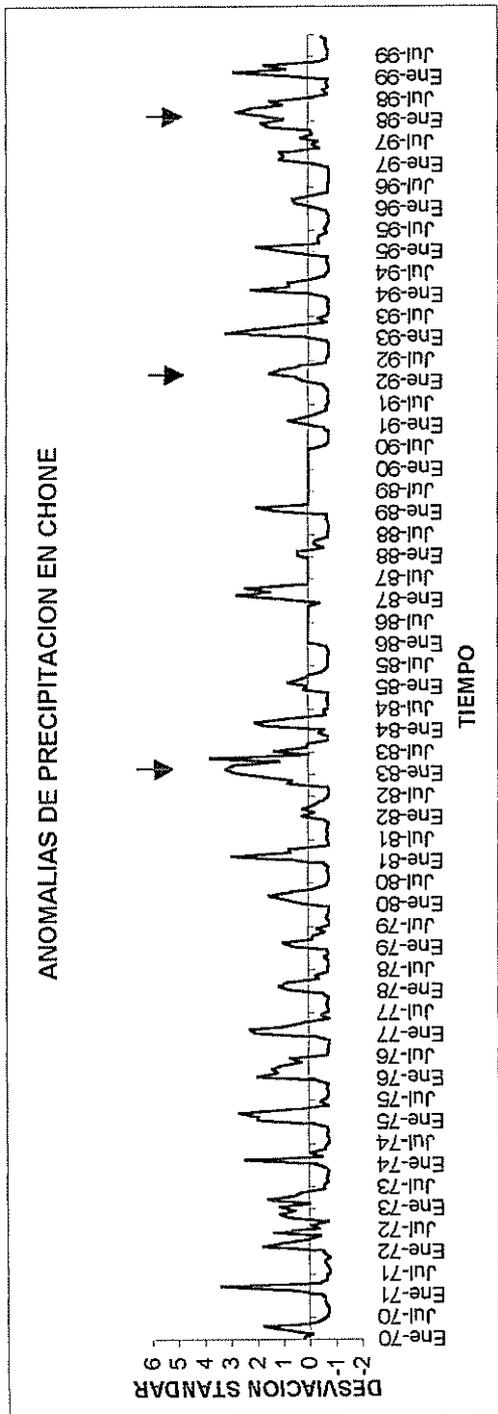
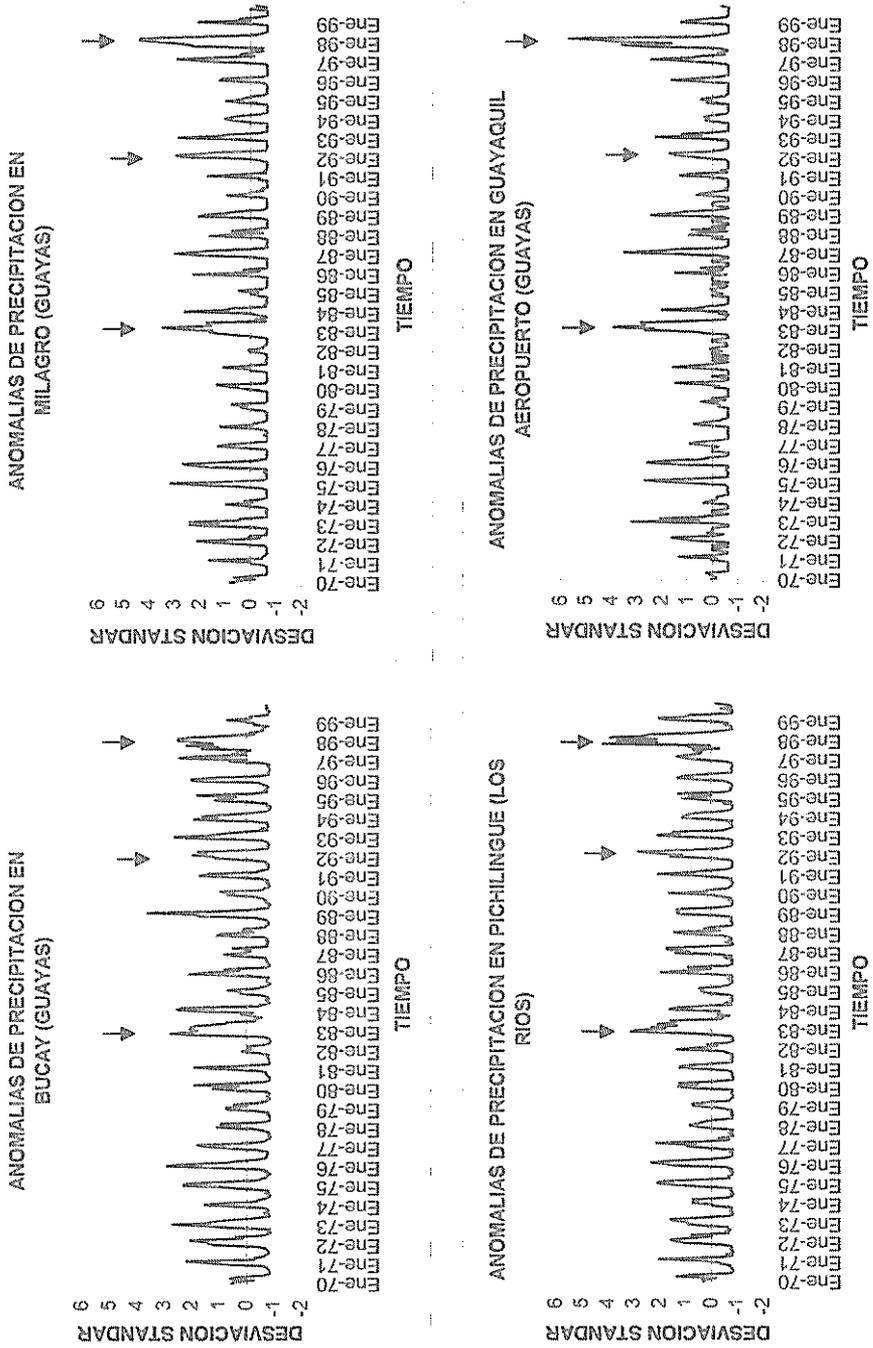


FIGURA N° 7: Anomalías de Precipitación en cuatro Estaciones Meteorológicas de Guayas-Los Ríos



meses) de la precipitación en cada zona dentro de la Región.

La región Litoral está regida por dos estaciones definidas, una húmeda que empieza en diciembre y finaliza en mayo, y otra seca que se inicia en junio extendiéndose hasta noviembre. Esto ocurre normalmente gracias a la influencia de las corrientes marinas de El Niño (aguas cálidas) y Humbolt (aguas frías), que definen el clima de la región.

Además, se puede observar la influencia que los fenómenos El Niño registrados dentro de este período, han ejercido sobre este parámetro causando incrementos en las precipitaciones en cada una de las áreas en estudio. Sin embargo, debe mencionarse que la influencia del evento no es igual para todas las estaciones, pues fenómenos tan fuertes como el ocurrido en 1982-83 o 97-98, o moderados como el ocurrido en 1986-87 o 1992-93, no han incrementado de igual manera los valores de precipitación registrados en Guayas y Los Ríos, en las cuatro estaciones meteorológicas analizadas, como se puede observar en la FIGURA N° 7. Esto quizá se deba a la

ubicación de las estaciones, pues tanto la estación de Pichilingue como la de Bucay se encuentran cerca a las estribaciones de la cordillera de Los Andes, mientras que Milagro y Guayaquil, se encuentran sobre la cuenca del río Guayas, en tierras bajas y con influencia más cercana del mar. En Manabí también se puede apreciar esta diferencia entre las estaciones de Chone y Portoviejo, pues éstas están ubicadas en dos zonas homogéneas diferentes con la influencia de la cordillera Chongón Colonche (FIGURA N° 6).

#### **3.1.1.1.2 TEMPERATURA ATMOSFERICA**

La temperatura atmosférica es otro parámetro analizado dentro de éste estudio, esta tiene una variación estacional también en cada una de las estaciones analizadas y su pico máximo ocurre alrededor del mes de marzo, cada año. En estas series también se aprecian los eventos El Niño ocurridos, sin embargo su incidencia sobre este parámetro no es tan fuerte como para precipitación, pues su variación está por debajo de 2.5 desviaciones positivas y se observa relativamente similar en todas las estaciones de las dos

FIGURA N° 8: Anomalías de Temperatura del Aire en dos Estaciones Meteorológicas de Manabí

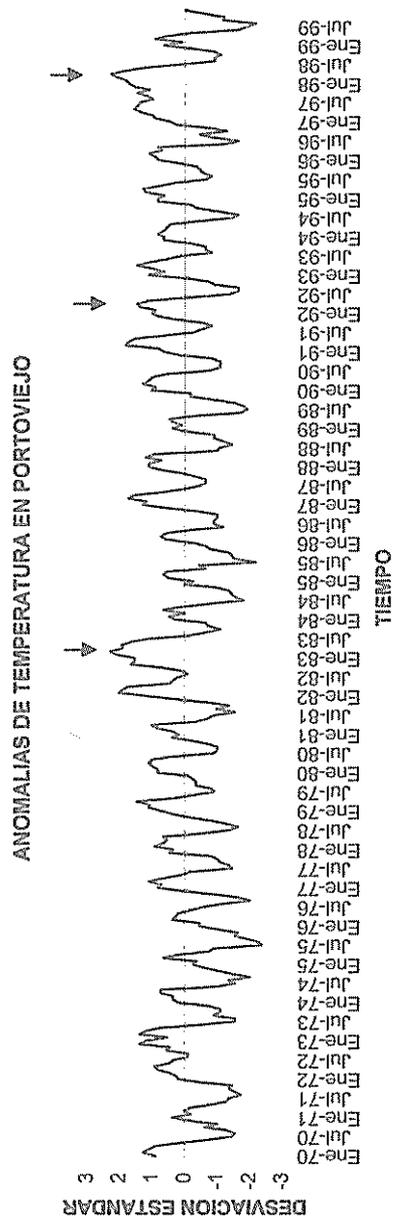
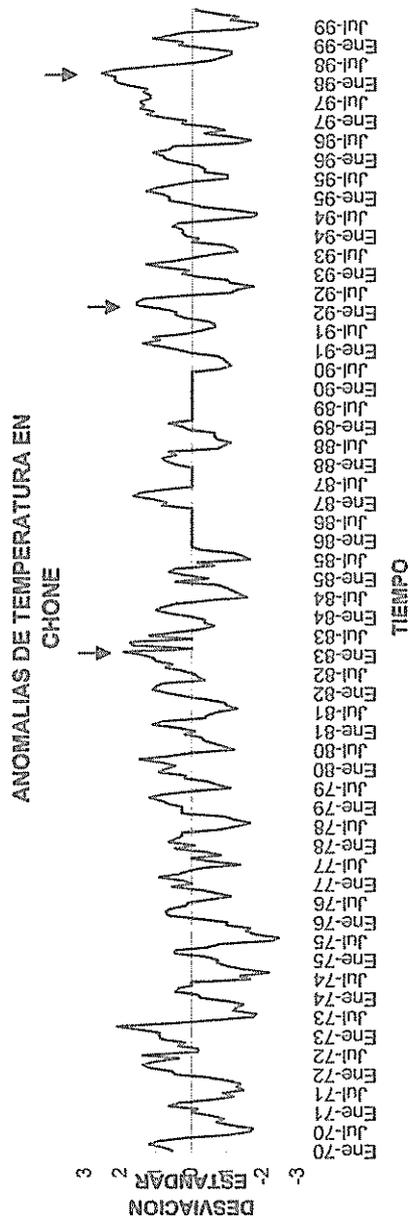


FIGURA N° 9: Anomalías de Temperatura del Aire en cuatro Estaciones Meteorológicas de Guayas-Los Ríos

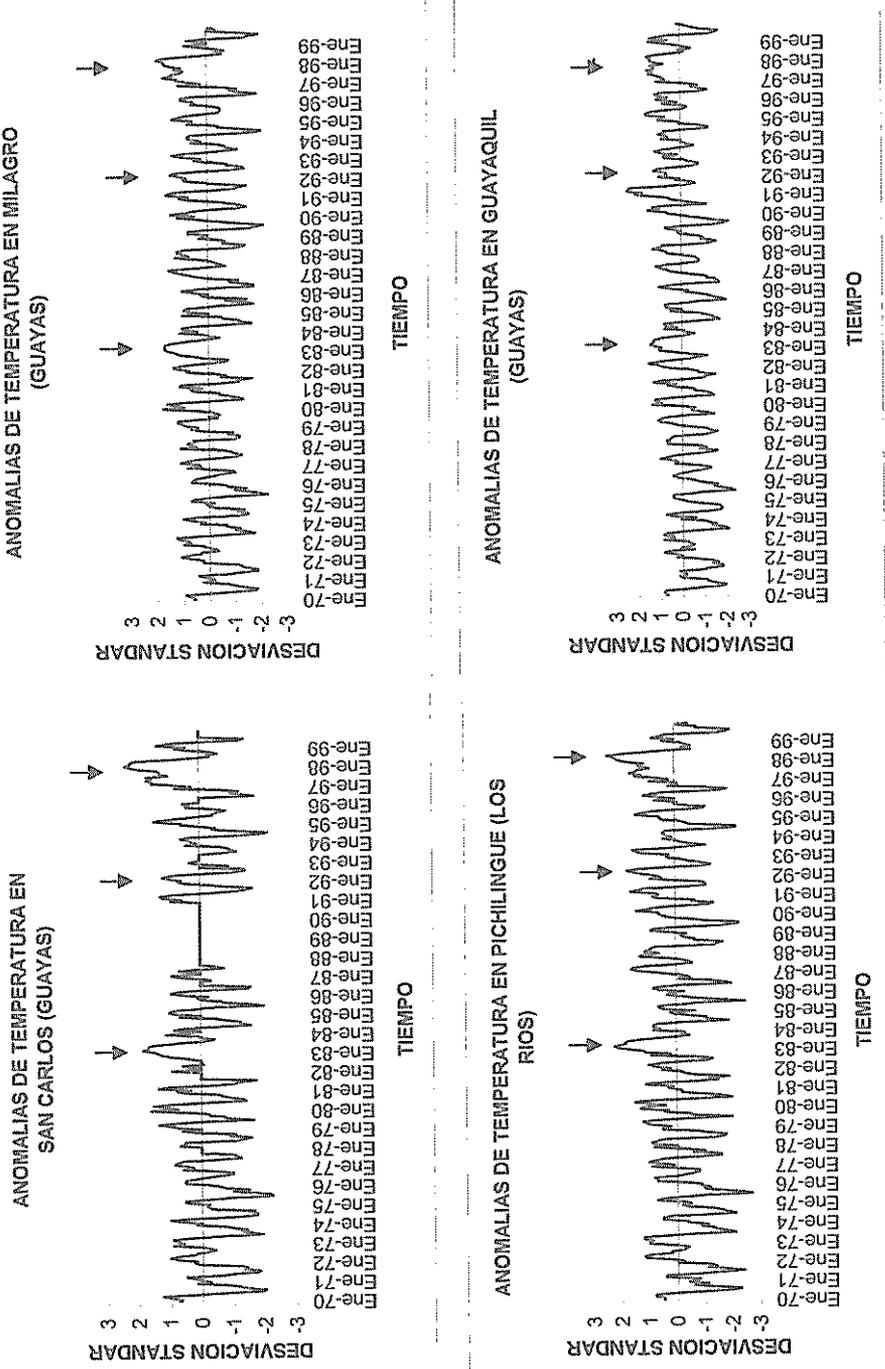
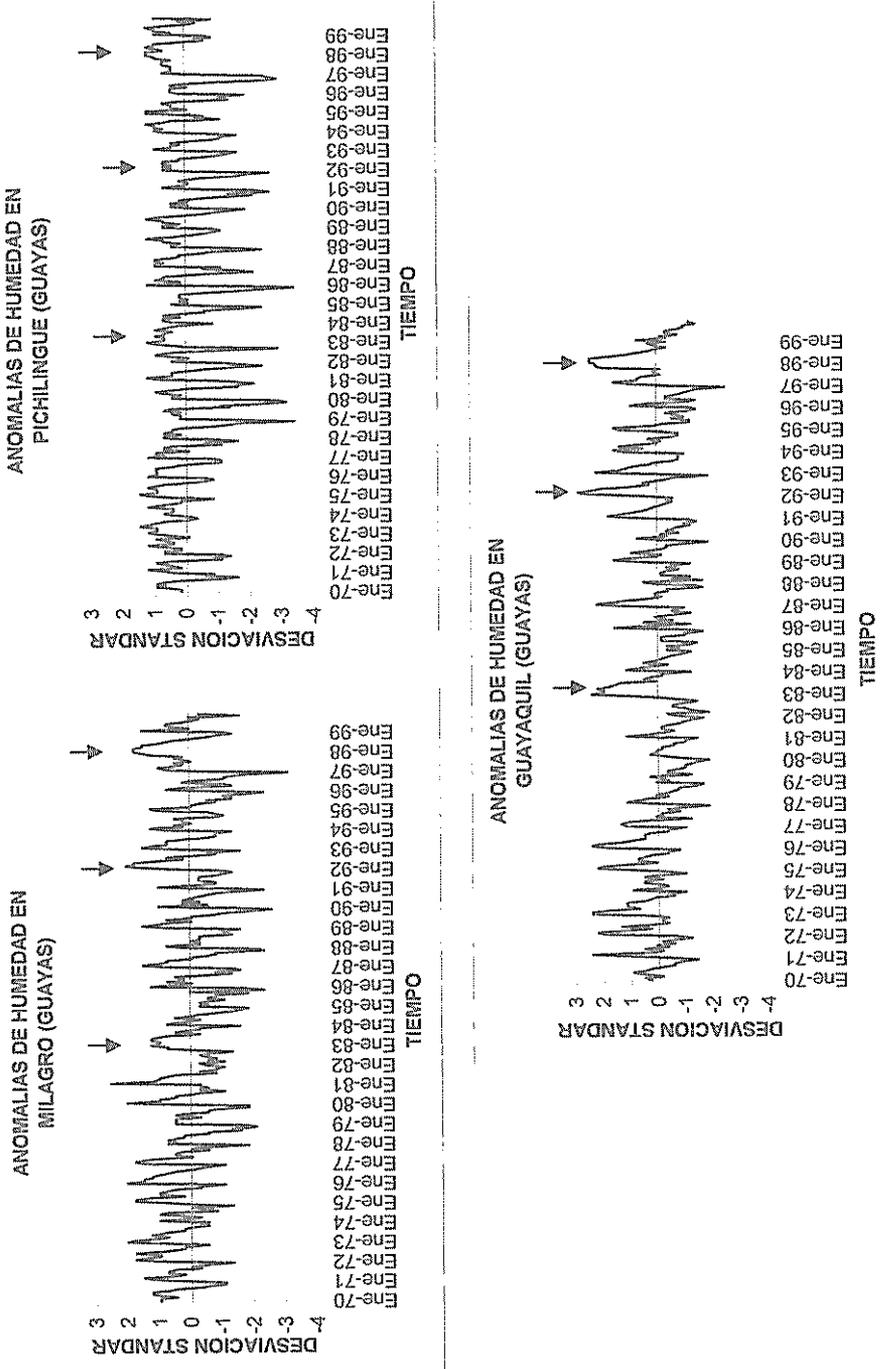


FIGURA N° 10: Anomalías de Humedad Relativa en Tres Estaciones Meteorológicas de Guayas-Los Ríos



zonas (Manabí y Guayas-Los Ríos), como se puede ver en las FIGURAS N° 8 y N° 9.

### **3.1.1.1.3 HUMEDAD RELATIVA**

Este parámetro es uno de los usados en agricultura en la prevención y el manejo de plagas. En las tres series de tiempo de Guayas y Los Ríos, se puede apreciar una variación estacional del parámetro cuyo máximo valor anual se da al mismo tiempo que el pico de temperatura atmosférica, es decir alrededor de marzo y esto se debe principalmente a la evaporación del agua caída durante el invierno. También se puede observar en estas series la influencia de El Niño, esta se ve representada con anomalías positivas sostenidas, es decir sin un pico negativo contiguo significativo, como se puede observar en la FIGURA N° 10.

### **3.1.1.2 CONSTRUCCION DE VECTORES ZONALES DE CLIMA**

Se crearon diversas matrices con los datos normalizados; cada matriz contenía información por parámetro de todas las estaciones. A este respecto es importante mencionar que el estudio considera dos zonas climáticas diferentes: una es la zona de Manabí y la otra es la zona formada por Guayas y Los Ríos; la diferencia básica radica en la distancia que hay entre ellas y en la

influencia climática que por su posición y topografía reciben del mar.

Sobre la zona de Manabí las estaciones de Chone y Portoviejo fueron las empleadas en la construcción de un índice multivariado del clima local para esa zona, y sobre la zona de Guayas y Los Ríos las estaciones de Guayaquil, Bucay, Milagro, Ing. San Carlos, Pichilingue tuvieron similar tarea. Es importante tener esto presente pues más adelante se hablará de un vector de precipitación para Manabí y otro para Guayas-Los Ríos, de igual manera para temperatura atmosférica y un solo vector de humedad relativa para Guayas-Los Ríos.

De acuerdo a lo anterior, se formaron matrices por parámetro de todas las estaciones, para cada zona definida. Luego se procedió a trabajarlas mediante componentes principales para la construcción de los vectores de clima de cada parámetro, en cada zona. Así, se obtuvieron dos vectores de precipitación, dos de temperatura atmosférica, uno por zona, y uno de humedad relativa en Guayas-Los Ríos, que fueron el resultado de la combinación lineal de varias series de tiempo de un mismo parámetro registrado en diferentes puntos o estaciones. En las Tablas XV y XVI se muestran los resultados obtenidos en cada combinación, en función de la varianza explicada por cada uno

de los modos o vectores, y de la ponderancia o medida de importancia de cada estación con respecto a cada uno de los modos.

Para Manabí se obtuvieron cuatro vectores o modos, dos de precipitación y dos de temperatura atmosférica (Tabla XV). En precipitación se obtuvieron dos modos resultantes de las dos series de tiempo de precipitación usadas (estaciones Chone y Portoviejo). El primer modo explicó el mayor porcentaje de la varianza total (88.41%), mientras que el segundo explicó la varianza restante (11.59%). Si se analiza la ponderancia, se ve que tanto la estación de Chone como la de Portoviejo, se ve representada en buen porcentaje por el primer modo (88.41%), en el cual alcanza su mayor grado de importancia.

El mismo análisis se hizo para temperatura, obteniéndose de igual manera dos modos resultantes para las dos series de tiempo de temperatura usadas (estaciones Chone y Portoviejo). El primer modo explicó el mayor porcentaje de varianza total (94.47%), que fue mayor que el explicado por el primer modo de precipitación, mientras que el segundo explicó la varianza restante (5.53%). Analizando la ponderancia, se ve que tanto la estación de Chone como la de Portoviejo se ven representadas en

Tabla XV: Modos Principales resultantes para cada Variable Climática en la zona de Manabí

PARAMETRO	MODO	E-VALUE	% VAR EXPLICADA	VARIANZA ACUMULADA	CHONE	PORTOVIEJO
Precipitación	1	1.77	88.41	88.41	88.41	88.41
	2	0.23	11.59	100	11.59	11.59
					100	100
Temperatura atmosférica	1	1.89	94.47	94.47	94.47	94.47
	2	0.11	5.53	100	5.53	5.53
					100	100

Tabla XVI: Modos Principales resultantes para cada Variable Climática en la zona de Guayas-Los Ríos

PARAMETRO	MODO	E- VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	BUCAY	MILAGRO	PICHILINGUE	ING. SAN CARLOS	GUAYAQUIL
Precipitación	1	3.53	88.28	88.28	84.64	93.41	90.48	-	84.58
	2	0.29	7.33	95.61	11.44	2.00	2.77	-	13.10
	3	0.11	2.67	98.28	3.84	0.00	6.40	-	0.46
	4	0.07	1.72	100	0.08	4.59	0.35	-	1.86
					100	100	100	-	100
Temperatura atmosférica	1	3.65	91.24	91.24	-	95.31	93.66	85.71	90.30
	2	0.19	4.82	96.06	-	0.61	0.48	13.76	4.43
	3	0.10	2.62	98.68	-	0.71	4.18	0.51	5.07
	4	0.05	1.32	100	-	3.36	1.68	0.01	0.21
					-	100	100	100	100
Humedad relativa	1	2.52	83.84	83.84	-	90.26	78.90	-	82.37
	2	0.34	11.20	95.04	-	0.36	19.54	-	13.68
	3	0.15	4.96	100	-	9.38	1.55	-	3.94
					-	100	100	-	100

su mayor parte por el primer modo (94.47%) en el cual tienen su mayor grado de importancia.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se eligió el primer modo en cada uno de los dos parámetros, ya que se requería obtener un único vector representativo por parámetro para trabajar con éste la construcción del índice local de El Niño.

En la Tabla XVI se muestran los resultados obtenidos del análisis de componentes principales para precipitación, temperatura del aire y humedad relativa, en las cinco diferentes estaciones ubicadas en Guayas y Los Ríos. La tabla describe los modos obtenidos para cada uno de los tres parámetros, en función de la varianza explicada por cada uno de los vectores, y de la ponderancia o medida de importancia de cada estación con respecto a cada uno de los modos.

Para Guayas-Los Ríos se obtuvieron once vectores, cuatro de precipitación, cuatro de temperatura atmosférica y tres de humedad relativa. En precipitación se obtuvieron cuatro modos resultantes de las cuatro series de tiempo de precipitación usadas (estaciones Bucay, Pichilingue, Milagro y Guayaquil).

El primer modo de este arreglo explicó el mayor porcentaje de la varianza total (88.28%), mientras que los otros tres aportaron muy poco a la varianza total explicando el 11.72% restante. Si se analiza la ponderancia, se observa que todas las estaciones se ven representadas en buen porcentaje por el primer modo; Bucay y Guayaquil en un 84%, mientras que Milagro y Pichilingue con más del 90%.

Para temperatura atmosférica se obtuvieron también cuatro modos resultantes, igual número de modos como estaciones fueron analizadas. El primer modo explicó el mayor porcentaje de la varianza total (91.24%), los otros tres explicaron sólo el 8.76%. Analizando los valores de ponderancia de las estaciones en cada modo, se observa que el primer modo es importante para todas las estaciones, presentando porcentajes mayores a 90% en tres de las cuatro estaciones, sólo el Ingenio San Carlos presenta un porcentaje menor (85.71%).

Por último para humedad relativa el análisis de componentes principales arrojó tres vectores o modos principales. El primer modo explicó el 83.84%, siendo el vector más representativo, pues entre los dos últimos se explicó el 15% restante. Al analizar los valores de ponderancia se puede observar que el primer modo, aparte de ser el más representativo, es el más

importante para cada una de las tres estaciones participantes, pues en todas presenta valores mayores al 75%, siendo el más bajo el de Pichilingue (78.9%). Por esto se concluye que el modo 1 puede ser considerado como un vector homogéneo a todas las variables, y representar al comportamiento de la variable de clima local.

Así también de acuerdo a los análisis previos para precipitación y temperatura del aire, se concluye que el primer modo, para ambas variables atmosféricas, es un vector homogéneo, es decir que siendo el modo que explica el mayor porcentaje de la varianza de estos arreglos, también representa un alto valor de importancia para cada una de las estaciones participantes; por lo que se los escogió para utilizarlos en la construcción del índice El Niño Local.

### **3.1.1.3 CONSTRUCCION DE INDICES LOCALES DE CLIMA**

Una vez obtenidos los vectores de precipitación, temperatura atmosférica y humedad relativa (solo Guayas-Los Ríos), para cada una de las dos zonas (Manabí y Guayas-Los Ríos), se procedió a relacionarlos, mediante el uso de componentes principales, con índices y variables de clima regionales usados en el monitoreo de fenómenos ENOS, como el Índice de Oscilación Sur (IOS), la Presión al Nivel del Mar (PNM) en Tahití, la

Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la zona Niño 1+2, para la construcción de un índice local multivariado para eventos ENOS.

Estas variables e índices regionales permiten evaluar el comportamiento climático, a escala interanual en el Pacífico Tropical, que es en donde se desarrollan los eventos ENSO, pues cuentan con registros mensuales históricos (>30 años) disponibles en la página Web de la NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/index.html>).

#### **3.1.1.3.1 INDICE MEI**

Además del IOS, el índice multivariado ENOS (MEI por sus siglas en inglés), ha sido usado también en la construcción del índice local como índice patrón, pues ha demostrado ser uno de los índices más representativos del desarrollo de un evento El Niño.

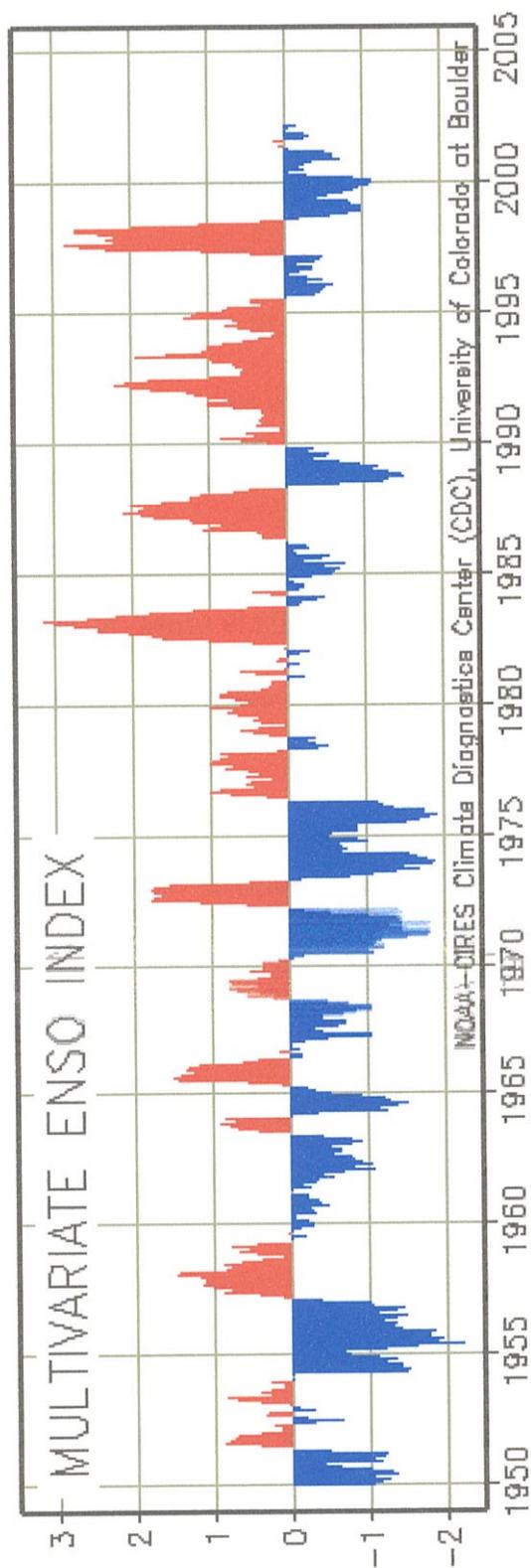
El MEI ha sido diseñado por la NOAA para monitorear eventos ENSO a partir de seis variables principales monitoreadas en el Pacífico Tropical: Presión a nivel del mar, componentes zonal (U) y meridional (V) de los vientos superficiales, temperatura superficial del mar, temperatura del aire

cercano a la superficie, y fracción de nubosidad del cielo. Estas observaciones han sido registradas y publicadas por muchos años.

El índice es calculado por separado para cada uno de los doce variables períodos bimensuales (dic/ene, ene/feb, ..., nov/dic). Después, filtrando espacialmente los campos (variables) individuales en grupos (Wolter, 1987), el MEI es calculado como la primera componente principal de todas las seis variables combinadas. Esto es logrado mediante el uso del método de componentes principales, que extrae las componentes principales de la matriz de covarianza entre campos o variables combinados (Wolter y Timlin, 1993).

Para poder comparar el índice con cualquier otra variable, todos los valores periódicos son estandarizados con respecto a cada período bimensual y al período de referencia 1950-93. Valores negativos del MEI representan fases frías del ENSO, conocidas como La Niña; mientras que valores positivos representan las fases calientes del ENSO (FIGURA N° 11) (Traducción, Página Web del índice MEI).

FIGURA N° 11: Índice Multivariado MEI



\*Tomado de la página web de la NOAA (<http://www.cdc.noaa.gov/~Kew/MEI/>)

Se dispusieron arreglos combinando parámetros del clima local, tanto de precipitación como de temperatura atmosférica para cada zona, con índices y parámetros regionales de clima. Estos arreglos estuvieron formados para todos los casos, por variables normalizadas, y fueron las matrices de entrada para los análisis con componentes principales, que se realizaron mediante la rutina EOF.m de Matlab. De estas operaciones se obtuvieron diferentes vectores o modos para cada corrida. Para el análisis de estos resultados es necesario anotar que se ha definido como vectores o modos representativos aquellos que expliquen, en suma, al menos el 80% de la varianza total de cada arreglo, esto en función de obtener un único vector representativo para cada zona.

Los primeros arreglos se hicieron con todas las variables tanto locales como regionales, en cada zona, excepto el índice MEI y el único vector de humedad relativa obtenido para Guayas-Los Ríos, que se lo incluye solo en el último arreglo obtenido, para el cálculo final del índice local ENOS, para Guayas-Los Ríos.

Al aplicárseles el método de componentes principales, se obtuvieron cinco modos principales, de los cuales los tres primeros explicaron alrededor del 87% de la varianza total, tanto para Manabí (Tabla XVII) como para Guayas-Los Ríos (Tabla

XVIII). Para Manabí, el primer modo explicó el 53.3% de la varianza, el segundo el 22.6% y el tercero el 11.1%, no pudiéndose determinar un único vector representativo. Lo mismo aconteció para Guayas-Los Ríos, pues el primer modo explicó sólo un 52%, el segundo un 23.8% y el tercero un 11.5%.

Al revisar la ponderancia en los modos representativos de Manabí, se observa que en el modo 1 tres variables registran valores de ponderancia mayores al 54%: Temperatura (60.5%), TSM (68.2%) y el índice IOS (54.2%); sin embargo la ponderancia en precipitación (43.7%) y PNM (39.6%) es menor al 45%, por lo que no se puede considerar al primer modo como un vector homogéneo.

En el modo 2 todas las variables presentan valores menores al 40%, debiéndose destacar que la variable precipitación tiene repartido su grado de importancia entre el modo 1 y el 2 principalmente, y que la TSM registra una ponderancia de 0 en el segundo modo. En el modo 3 solo dos variables presentan valores mayores al 20%, estas son TSM (21.1%) y PNM (23.9%), esta última tiene su importancia repartida casi de igual modo entre las tres primeras componentes. Si se analiza la ponderancia de los tres primeros modos representativos en

Tabla XVII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Primer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE MANABI MODO 1	TSM NIÑ O 1+2	IOS (PACIFICO ECUATORIAL ESTE)	PNM TAHITI
1	2.7	53.3	53.3	43.7	60.5	68.2	54.2	39.6
2	1.1	22.6	75.8	36.1	17.7	0	26.2	32.7
3	0.6	11.1	86.9	3.6	2	21.1	4.9	23.9
4	0.4	7.4	94.3	16	14	1.6	5.2	0.4
5	0.3	5.7	100	0.6	5.8	9.1	9.5	3.4
				100	100	100	100	100

Tabla XVIII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Primer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	TSM NIÑ O 1+2	IOS (PACIFICO ECUATORIAL ESTE)	PNM TAHITI
1	2.6	52	52	44.9	56.3	67.9	51.1	39.7
2	1.2	23.8	75.8	35.8	22.7	0	31	29.6
3	0.6	11.5	87.3	2.3	1.9	21.8	4.3	27
4	0.3	7	94.3	16.8	17	0.1	0.9	0
5	0.3	5.7	100	0.1	2.1	10.2	12.7	3.7
				100	100	100	100	100

Guayas-Los Ríos, se observa un comportamiento semejante al de Manabí, variando un poco en los valores.

Por lo anteriormente expuesto se decidió realizar otras corridas alternando las variables regionales en los grupos, hasta reunir los parámetros que mejor registren en conjunto la variabilidad asociada a un evento ENOS. Así se dispuso otro arreglo sin el índice de oscilación sur (IOS), es decir solo con la participación de precipitación, temperatura, para Manabí y Guayas-Los Ríos, TSM y PNM.

A estas dos matrices se les aplicó la técnica de componentes principales y se obtuvieron cuatro modos de cada una; en cada caso las tres primeras componentes en conjunto explicaron el 91.4% de la varianza total del arreglo. Para Manabí (Tabla XIX), el primer vector explicó el 56.4%, el segundo el 22.2% y el tercero el 12.8%; en Guayas-Los Ríos (Tabla XX), la situación fue similar, el primer vector explicó el 55.8%, el segundo el 22.5% y el tercero el 13.1%.

Analizando la ponderancia de las variables en los modos, se ve que para Manabí el primer modo es importante para casi todas los parámetros, con valores mayores al 60%, pero no para PNM (27.1%) que se ve representada de mejor manera por el segundo

Tabla XIX: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Segundo Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE MANABI MODO 1	TSM NIÑ O 1+2	PNM TAHITI
1	2.3	56.4	56.4	60	74.7	63.9	27.1
2	0.9	22.2	78.7	18.7	3.5	0.8	66
3	0.5	12.8	91.4	10.3	0.8	33.3	6.6
4	0.3	8.6	100	11	21	1.9	0.3
				100	100	100	100

Tabla XX: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Segundo Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	TSM NIÑ O 1+2	PNM TAHITI
1	2.2	55.8	55.8	63.4	72.3	61.6	26.1
2	0.9	22.5	78.3	15.7	5.8	1.7	66.6
3	0.5	13.1	91.4	6.6	2.4	36.3	7.2
4	0.3	8.6	100	14.3	19.5	0.5	0.2
				100	100	100	100

modo con un 66%. La TSM registra además un segundo valor importante en el tercer modo (36.3%), la temperatura lo hace en el cuarto modo (21%), que no es representativo, y la precipitación en el segundo (18.7%). Si se analizan los valores de ponderancia en Guayas-Los Ríos, se puede ver un comportamiento bastante similar al de Manabí. Así el vector homogéneo aún no se obtuvo.

Se hizo un nuevo arreglo, esta vez el índice IOS sustituyó a la variable PNM. Se corrió la rutina EOF.m con esta matriz de entrada, obteniéndose cuatro modos principales, los dos primeros explicaron en conjunto el 82% de la varianza en cada zona, el primero con el 59.6% para Manabí y el segundo con el 22.8% (Tabla XXI); en la zona de Guayas-Los Ríos el primero explicó el 58.1% de la varianza del arreglo y el segundo el 24.7% (Tabla XXII).

Al revisar los resultados de la ponderancia en Manabí, se puede ver que precipitación (55.1%), temperatura (68.5%) y TSM (71.6%) se ven representadas principalmente por el primer modo, mientras que el índice IOS se ve representado casi con el mismo porcentaje por los dos primeros modos (42.9% y 45.6%). La precipitación ubica su segundo valor en importancia en el modo

Tabla XXI: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Tercer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE MANABI MODO 1	TSM NIÑ O 1+2	IOS (PACIFICO ECUATORIAL ESTE)
1	2.4	59.6	59.6	55.1	68.5	71.6	42.9
2	0.9	22.8	82.3	27.6	11	6.9	45.6
3	0.4	9.4	91.8	15	7.8	7.6	7.4
4	0.3	8.2	100	2.3	12.7	13.9	4.1
				100	100	100	100

Tabla XXII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Tercer Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	TSM NIÑ O 1+2	IOS (PACIFICO ECUATORIAL ESTE)
1	2.3	58.1	58.1	57	66.1	70.7	38.4
2	1	24.7	82.8	25.7	14	8.6	50.5
3	0.3	8.7	91.5	17.2	14.4	1.2	2
4	0.3	8.5	100	0	5.5	19.5	9
				100	100	100	100

2 (27.6%), la temperatura lo hace en el cuarto (12.7%) que no es representativo, así como la TSM (13.9%).

En Guayas-Los Ríos al analizar los valores de ponderancia se encontró también que las variables de precipitación (57%), temperatura (66.1%) y TSM (70.7%) se vieron representadas por el primer modo; sin embargo el IOS se vió mejor representado por el segundo modo con el 50.5%, mientras que en el primero obtuvo su segundo valor en importancia (38.4%). La precipitación obtuvo su segundo valor de importancia en el modo 2 (25.7%), la temperatura lo registró en el tercer modo (14.4%) que no resultó representativo, y lo mismo ocurrió para TSM que lo registró en el cuarto modo no representativo (19.5%)

Los resultados anteriores dieron la pauta para creer que tanto el índice IOS como la variable PNM tahití no se ajustaban a las escalas temporales y espaciales de la variabilidad registrada por los parámetros locales de precipitación y temperatura, y de la TSM Niño 1+2. Para comprobar esto, se dispusieron dos arreglos por zona, en los que se involucró a las variables locales, con el índice IOS en uno y con el parámetro de presión PNM Tahití en otro. Al correr la rutina para el cálculo de las funciones empíricas ortogonales con estos arreglos, el método arrojó tres modos principales por cada uno.

Si se analiza lo que sucedió, al combinar los parámetros locales con el índice IOS, se puede observar que tanto para Manabí como para Guayas-Los Ríos, los primeros dos modos explicaron alrededor del 88% de la varianza, siendo estos representativos. En Manabí el primero explicó casi el 60% y el segundo el 28% (Tabla XXIII). Mientras que en Guayas-Los Ríos el primero explicó alrededor del 59% y el segundo alrededor del 30% de la varianza total del arreglo (Tabla XXIV).

Si se revisan los valores de ponderancia de esta combinación, tanto precipitación (70.2%) como temperatura (77.7%) en Manabí están representadas por el primer modo, mientras que para el índice IOS el modo 2 es más importante (67.4%); su segundo valor en importancia se ubica en el modo 1 (31.9%). En Guayas-Los Ríos se puede observar el mismo comportamiento, de lo que se concluye que el índice regional IOS no puede ser combinado con las variables locales, en el diseño de los índices ENOS locales.

Si ahora se analiza la combinación de las variables zonales locales con la variable regional PNM Tahití, se ve que el comportamiento tanto de los modos representativos, como de la distribución de las ponderancias de cada variable en cada modo, es muy semejante al que se obtuvo en la combinación con

Tabla XXIII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Cuarto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE MANABI MODO 1	IOS (PACIFICO ECUATORIAL ESTE)
1	1.8	59.9	59.9	70.2	77.7	31.9
2	0.8	28	87.9	13.5	3.1	67.4
3	0.4	12.1	100	16.2	19.2	0.7
				100	100	100

Tabla XXIV: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Cuarto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	IOS (PACIFICO ECUATORIAL ESTE)
1	1.8	58.7	58.7	73.6	79	23.4
2	0.9	29.7	88.4	10	2.9	76.2
3	0.3	11.6	100	16.4	18.1	0.4
				100	100	100

Tabla XXV: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Quinto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE MANABI MODO 1	PNM TAHITI
1	1.8	58.7	58.7	70.2	79.3	26.6
2	0.9	29.5	88.2	14.1	1.9	72.3
3	0.4	11.8	100	15.7	18.8	1.1
				100	100	100

Tabla XXVI: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Quinto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	PNM TAHITI
1	1.8	58.8	58.8	73.4	79	24.1
2	0.9	29.6	88.4	10.3	2.9	75.5
3	0.3	11.6	100	16.3	18.1	0.4
				100	100	100

el índice regional IOS. Los dos primeros modos resultaron representativos, tanto en Manabí (Tabla XXV) como en Guayas-Los Ríos (Tabla XXVI), explicando en conjunto el 88% de la varianza total de los arreglos, 58% el modo 1 y 29% el modo 2 en las dos zonas. Al revisar las ponderancias tanto el parámetro de precipitación como el de temperatura se vieron representados por el primer modo mientras que para la variable regional PNM Tahití el segundo modo era más importante, tanto en Manabí como en Guayas-Los Ríos. Por lo que también se descartó esta variable regional del cálculo de los índices ENOS locales.

Ya eliminados el índice IOS y la variable PNM Tahití del cálculo del índice ENOS, se trabajó con la combinación entre variables locales (precipitación y temperatura) y el parámetro TSM de la zona costera Niño 1+2. Se formaron 2 arreglos, uno para Manabí y otro para Guayas-Los Ríos, conteniendo estas tres variables y se aplicó la rutina EOF.m a estas matrices para obtener las componentes principales de cada una. Los resultados fueron 3 modos principales para cada zona, de los cuales los dos primeros explicaron el 88.4% de la varianza total, siendo el primer modo el dominante pues explicó el 69% de la varianza total en cada arreglo.

Tabla XXVII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE MANABI MODO 1	TSM NIÑO 1+2
1	2.1	69.6	69.6	68.6	77.9	62.2
2	0.6	18.9	88.4	21	0.9	34.8
3	0.3	11.6	100	10.4	21.2	3.1
				100	100	100

Tabla XXVIII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	TSM NIÑO 1+2
1	2.1	69	69	71.4	76.7	59.1
2	0.6	19.4	88.4	14.6	3.5	40
3	0.3	11.6	100	14	19.8	0.9
				100	100	100

Tabla XXIX: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos, Incluyendo la Variable de Humedad Relativa

MODO	E-VALUE	% VAR	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	HUMEDAD RELATIVA GUARIOS MODO 1	TSM NIÑO O 1+2
1	2.5	61.3	61.3	81.3	61	51.9	50.8
2	0.8	20.6	81.8	4.2	18.8	40.8	18.5
3	0.5	13.7	95.5	5.1	16.1	3	30.5
4	0.2	4.5	100	9.4	4.1	4.3	0.2
				100	100	100	100

Al revisar los valores de ponderancia se observa que el primer modo fue representativo para todas las variables, pues el mayor porcentaje de ponderancia de cada una recayó sobre este. Para el caso de Manabí (Tabla XXVII), precipitación marcó el 68.6% de importancia en el modo 1, temperatura el 77.9% y TSM el 62.2%. Mientras que en Guayas-Los Ríos (Tabla XXVIII) precipitación registró un 71.4% de importancia en el modo 1, temperatura un 76.7% y TSM un 59.1%. Es importante recalcar que tanto en el primer arreglo como en el segundo TSM marcó un segundo valor significativo de importancia en el modo 2 (Manabí: 34.78%, Guayas-Los Ríos: 40%).

De todas las combinaciones que fueron analizadas con componentes principales, aquella que arrojó un vector principal en el cual estuvieran representadas cada una de las variables participantes, fue la formada por TSM Niño 1+2, temperatura atmosférica y precipitación. Esto sucedió para cada una de las zonas en estudio (Manabí, Guayas-Los Ríos).

Una vez obtenidas las variables del vector representativo para Guayas-Los Ríos, se procedió a incluir la variable de humedad relativa en el cálculo de un nuevo vector representativo mejorado, obteniéndose cuatro modos principales; el primero explicó el 61.3% mientras que el segundo el 20.6%, siendo los

dos representativos pues explican en conjunto más del 80% de la varianza del arreglo (Tabla XXIX).

Observando los valores de ponderancia, se ve que todas las variables se encuentran bien representadas por el modo 1 en más del 50%; sin embargo, tanto el parámetro de humedad relativa como para TSM Niño 1+2 presentan ponderancias mayores al 30%, en el modo 2 y en el modo 3 (no representativo) respectivamente. Por lo que se tomará el modo 1 como homogéneo, para efectos de comparación con el obtenido en la combinación previa (sin el parámetro de humedad relativa).

Una vez obtenidos los tres vectores locales representativos, había que validar su funcionalidad en la representación de eventos ENOS; para esto se utilizó el índice multivariado MEI, del cual se habló anteriormente, y se procedió a extraer el coeficiente de correlación entre los valores de los vectores locales y los del índice patrón (Tabla XXX).

Tabla XXX: Correlación lineal entre los vectores locales de clima encontrados y el índice patrón MEI

	<b>Índice Multivariado MEI</b>
<b>Vector de clima Manabí</b>	0.64
<b>Vector de clima Guayas-Los Ríos (sin el parámetro de humedad relativa)</b>	0.61
<b>Vector de clima Guayas-Los Ríos (con el parámetro de humedad relativa)</b>	0.54

El coeficiente de correlación entre el vector de clima en Manabí y el MEI fue de 0.64, mientras que para Guayas-Los Ríos de los dos vectores de clima obtenidos (uno sin y otro con humedad relativa), el que mayor coeficiente de correlación con el MEI presentó, fue el vector de clima que se construyó sin la participación del parámetro de humedad relativa (0.61). Por lo que se pensó en trabajar con el vector de clima de Manabí y con el de mayor correlación para la zona de Guayas-Los Ríos; así como mejorar estos vectores, incluyendo el índice MEI para obtener los índices locales ENOS definitivos.

Para esto se formaron dos nuevos arreglos con los parámetros de precipitación, temperatura atmosférica, TSM Niño 1+2 y el índice multivariado MEI, uno para cada zona. Se aplicó la rutina EOF.m para obtener las componentes principales de cada matriz, siendo cuatro los modos principales calculados, de los cuales los dos primeros explicaron el 86% de la variabilidad de los registros. En el arreglo para Manabí, el primer modo explicó el 65.9% de la varianza, y el segundo el 21% (Tabla XXXI). En el arreglo para Guayas-Los Ríos ocurrió algo similar, el primer modo explicó el 64.7% y el segundo el 22% (Tabla XXXII).

Tabla XXXI: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Manabí, Incluyendo el índice MEI

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION MANABI MODO 1	TEMPERATURA DE AIRE MANABI MODO 1	TSM NIÑO 1+2	Indice MEI
1	2.6	65.9	65.9	49	70.1	76.2	67.7
2	0.8	21	86.7	40	8.5	10.9	23.8
3	0.3	8.7	95.4	9.2	20.8	4.7	0.1
4	0.2	4.6	100	1.2	0.6	8.1	8.3
				100	100	100	100

Tabla XXXII: Resultado de la Aplicación de Componentes Principales al Sexto Arreglo de Variables Locales y Regionales para Guayas-Los Ríos, Incluyendo el índice MEI

MODO	E-VALUE	% VAR EXPLIC	VAR ACUM	PRECIPITACION GUA-RIOS MODO 1	TEMPERATURA DEL AIRE GUA-RIOS MODO 1	TSM NIÑO 1+2	Indice MEI
1	2.6	64.7	64.7	52	66.2	75.2	65.2
2	0.9	22	86.6	35	13.5	12.8	26.5
3	0.4	8.8	95.4	11.7	19.9	3.3	0.3
4	0.2	4.6	100	1.2	0.5	8.6	8.1
				100	100	100	100

Al revisar los valores de ponderancia se ve que para las variables de Manabí, el primer modo es representativo, precipitación presentó un 49%, temperatura un 70.1%, TSM un 76.2% y el MEI un 67.7%. Sin embargo es de notar que para la precipitación, tanto el modo 1 (49%) como el 2 (40%) son importantes, pues presenta valores de importancia semejantes en los dos. La temperatura atmosférica presentó un segundo valor de importancia en el tercer modo (20.8%), que no es representativo, y el MEI tuvo su segundo valor en importancia en el modo 2 (23.8%).

Para Guayas-Los Ríos los mayores valores de ponderancia de cada una de las variables recayeron en el primer modo; así la precipitación tuvo un 52%, la temperatura un 66.2%, la TSM un 75.2% y el MEI un 65.2%. Tan solo precipitación (35%) y MEI (26.5%) presentaron un segundo valor en importancia en el segundo modo (>20%).

Luego de obtener estos nuevos vectores se procedió a correlacionarlos con los valores del índice patrón (Tabla XXXIII). Como era de esperarse las correlaciones aumentaron; para el vector de clima en Manabí el valor de correlación con el MEI llegó a 0.82 y en Guayas-Los Ríos llegó a 0.81.

Tabla XXXIII: Correlación lineal entre los vectores locales de clima preliminares y el índice patrón MEI

	<b>Índice Multivariado MEI</b>
<b>Vector de clima Manabí (2)</b>	0.82
<b>Vector de clima Guayas-Los Ríos (2)</b>	0.81

Estos vectores constituyen los índices locales buscados para la representación de fenómenos ENOS a escala local, pues están bien correlacionados con el índice regional patrón MEI. Más adelante al obtener los gráficos de las series de tiempo de cada uno de los índices locales se puede observar variaciones cíclicas interanuales (eventos ENSO), cuya intensidad es medida por valores positivos o negativos (FIGURAS N° 12 y N° 13).

Se aplicaron filtros para suavizar las curvas de los índices; uno fue el de medias móviles, que se trabajó con un desfase de tres y seis meses, y el otro fue un filtro exponencial con un factor de multiplicación  $w$ , entre 0 y 1; según las fórmulas expuestas en el capítulo 1. Se validó el resultado del filtro en función del máximo índice de correlación obtenido entre el MEI y el índice local filtrado; obteniéndose, para el caso de medias móviles, un filtrado óptimo con una media móvil de 6 meses tanto para Manabí como para Guayas-Los Ríos (Tabla XXXIV); y para el caso del filtro exponencial, un filtrado óptimo con un  $w=0.4$ ,

valor con el cual las series filtradas presentaba la máxima correlación con el índice patrón (Tabla XXXV).

Tabla XXXIV: Correlación lineal máxima obtenida aplicando un filtro de promedios móviles a los índices locales ENOS

	<b>Índice Multivariado MEI</b>
<b>Índice Local ENOS Manabí (3 meses)</b>	0.84
<b>Índice Local ENOS Guayas-Los Ríos (3 meses)</b>	0.83
<b>Índice Local ENOS Manabí (6 meses)</b>	0.87
<b>Índice Local ENOS Guayas-Los Ríos (6 meses)</b>	0.86

Tabla XXXV: Correlación lineal máxima obtenida aplicando un filtro exponencial a los índices locales ENOS.

<b>CORRELACIÓN LINEAL MAXIMA W=0.4</b>	<b>Índice Multivariado MEI</b>
<b>Índice Local ENOS Manabí</b>	0.85
<b>Índice Local ENOS Guayas-Los Ríos</b>	0.84

Como se puede apreciar en las Tablas XXXIV y XXXV, las correlaciones máximas se dieron al usar el filtro de medias móviles con un desfase de 6 meses, sin embargo no fue recomendable usarlo, pues los dos meses últimos de las series resultantes debían reajustarse con los dos meses siguientes, siendo ineficaz para aplicarlo en agricultura; por esto se optó por trabajar con las series resultantes de la aplicación del filtro exponencial, segundo en importancia de correlación.

En las FIGURAS N° 12 y N° 13 se puede apreciar la representación gráfica de los índices locales hallados, antes y

FIGURA N° 12: Índice MEI vs Índice ENOS Manabí

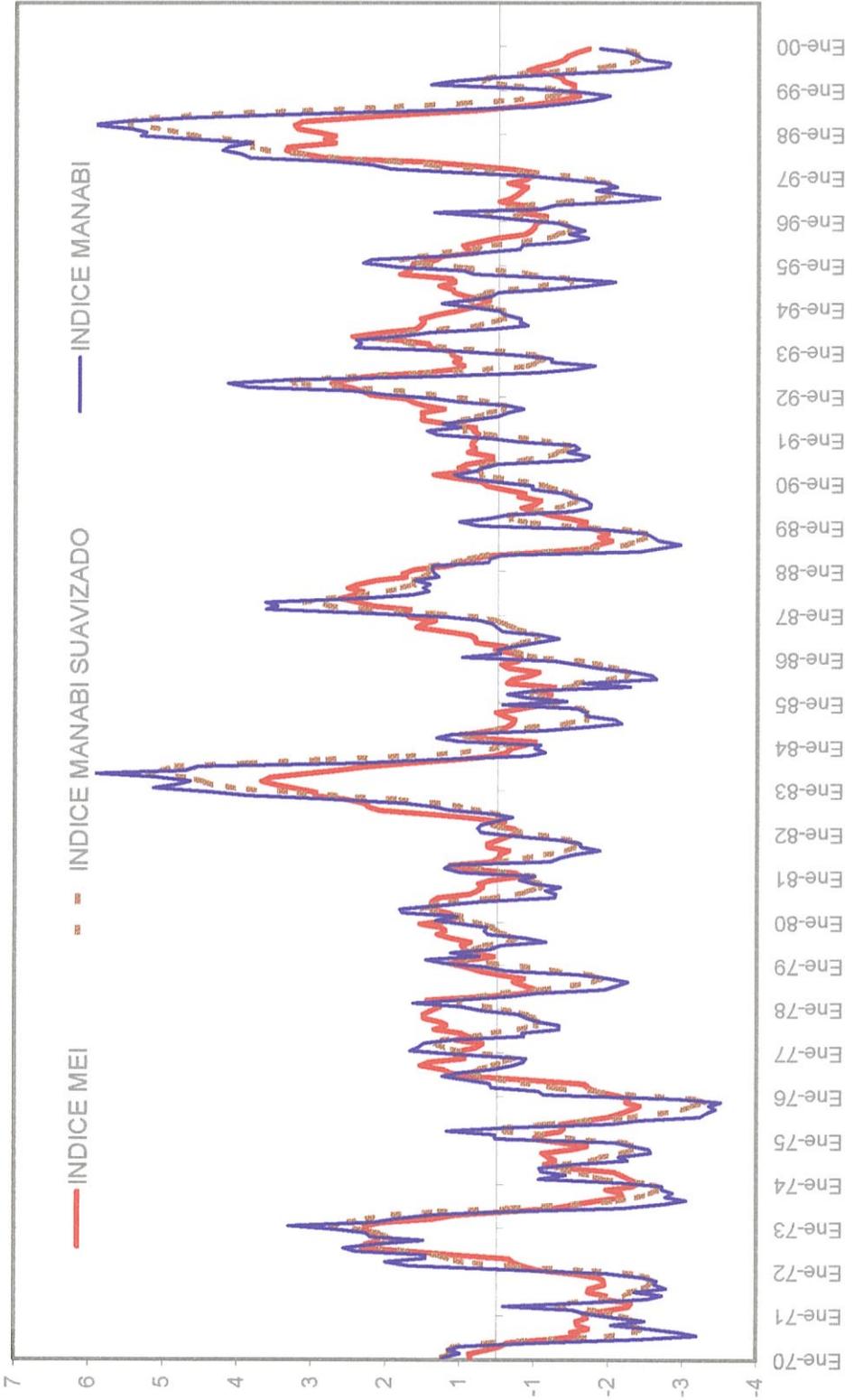
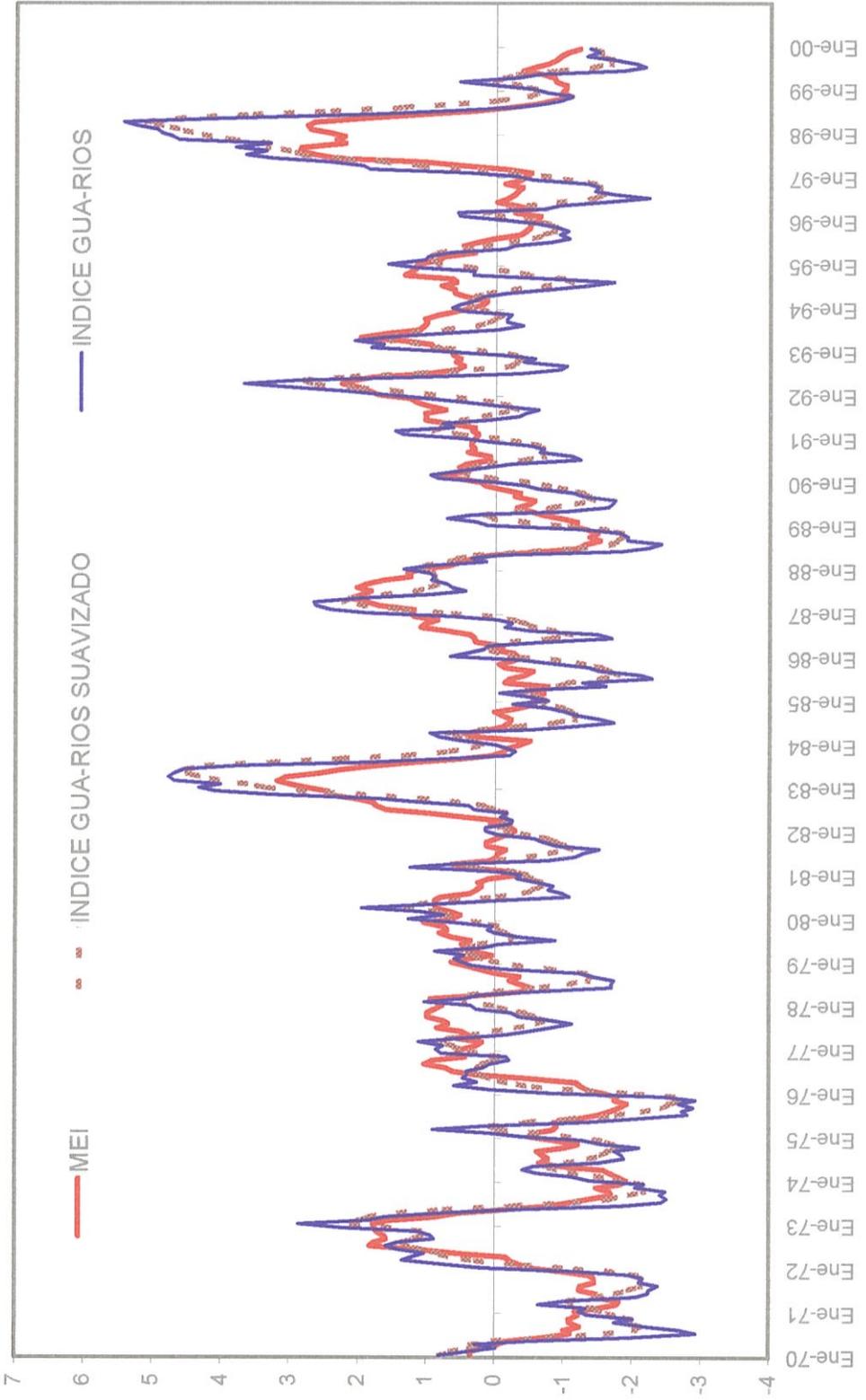


FIGURA N.º 13: Índice MEI vs Índice ENOS Guayas-Los Rios



después de la aplicación del filtro exponencial, con relación al índice regional patrón MEI.

### **3.1.2 INDICES AGRICOLAS**

Los índices agrícolas analizados son series de datos mensuales recopilados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) a través de encuestas muestrales, efectuadas durante el período 1990-1995 y 1998; estas últimas se hicieron para registrar las pérdidas agrícolas en la Costa ocasionadas por el evento ENSO ocurrido ese año.

Los indicadores que se escogieron para el estudio fueron: la producción (TM), las hectáreas cosechadas (Has) y el rendimiento en función de la producción por hectárea cosechada (TM/Ha), que estuvieron disponibles por provincia.

La información agrícola presentó datos faltantes en los años 1996 y 1997, en los cuales no se realizaron encuestas agrícolas y solo se contaba con datos de producción anual. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) hizo estimaciones mensuales para esos años a partir de la producción anual y del comportamiento agrícola promedio por mes calculado sobre el período 1990-1995.

Los faltantes para 1996 y 1997 fueron llenados con datos estimados en las series de producción y superficie cosechada, para cada provincia. Esta inserción se validó mediante una prueba estadística de igualdad de

medias, que demostró que la media de las series originales no fue afectada (Tablas XXXVI y XXXVII). Estas pruebas se realizaron para los parámetros de producción y superficie cosechada de arroz y maíz de cada provincia en estudio, con un  $\alpha=0.05$ , que arrojó un valor de  $Z(0.025)=1.96$ .

Tabla XXXVI: Resultados de Prueba de Hipótesis para Producción y Superficie Cosechada de Arroz

<b>Ho: <math>u = u_0</math></b>		<b>Ha: <math>u \neq u_0</math></b>		
<b>Ho se rechaza si <math>Z &gt; 1.96</math> ó <math>Z &lt; -1.96</math></b>	Prod. Arroz Guayas	Sup. Cos. Arroz Guayas	Prod. Arroz Los Ríos	Sup. Cos. Arroz Los Ríos
<b>Z</b>	0.08	0.06	-0.20	-0.05

Tabla XXXVII: Resultados de Prueba de Hipótesis para Producción y Superficie Cosechada de Maíz

<b>Ho: <math>u = u_0</math></b>			<b>Ha: <math>u \neq u_0</math></b>			
<b>Ho se rechaza si <math>Z &gt; 1.96</math> ó <math>Z &lt; -1.96</math></b>	Prod. Maíz Man	Sup. Cos. Maíz Man	Prod. Maíz Guay	Sup. Cos. Maíz Guay	Prod. Maíz Ríos	Sup. Cos. Maíz Ríos
<b>Z</b>	0.16	-0.20	0.44	0.10	0.35	-0.19

El parámetro de rendimiento ha sido calculado a partir de las series agrícolas completadas con estimados, pues no se contaba con información agrícola de superficie sembrada. Es necesario indicar que el período de datos agrícolas analizado ha estado caracterizado por eventos climáticos anómalos (seis de los nueve años en estudio han sido eventos cálidos El Niño), sin embargo solo algunos de estos han influenciado de manera negativa el comportamiento de las variables agrícolas.

### **3.1.2.1 ANALISIS ESTADISTICO DE INDICES AGRICOLAS VS INDICES LOCALES DE CLIMA**

A continuación se presenta el análisis de cada una de las variables en cada provincia, observándose la presencia del ciclo anual y variaciones interanuales en cada una de ellas. Debe recordarse que tanto el arroz como el maíz, son cultivos de ciclo corto (4 meses) estacionales, es decir se siembran durante la estación lluviosa, y en estación seca en áreas con riego.

#### **3.1.2.1.1 PRODUCCION**

La producción de arroz en Guayas es bianual (dos cosechas por año), pero el pico principal ocurre durante la estación lluviosa. En Los Ríos, la producción de arroz se da principalmente en la época lluviosa, con una producción mucho menor para época seca. Para maíz la producción tanto en Guayas, Los Ríos como en Manabí, depende de las lluvias, siendo de poca importancia su producción durante la época seca en comparación a la obtenida en época lluviosa.

Además del régimen estacional de producción, se observa la influencia fuertemente negativa del fenómeno El Niño ocurrido en 1997-1998, que disminuyó considerablemente la producción de estos

dos cultivos durante 1998, en casi todas las provincias en estudio.

Se correlacionaron los índices locales ENOS de Manabí y Guayas-Los Ríos, con la producción provincial de arroz y maíz correspondiente, para encontrar una relación en sus comportamientos. Este análisis requirió normalizar las series agrícolas para efectos de poder compararlas con los índices, y solo se tomó el período 1990-1995, pues tanto 1996 como 1997 son años con valores estimados y 1998 es un año de déficit de producción extremo que podría distorsionar los resultados; además se usaron anomalías de producción, tanto para arroz como para maíz, para poderlas comparar con los índices locales hallados. A pesar de esto, los valores de correlación resultaron bajos.

En la Tabla XXXVIII se puede observar que la más alta correlación ocurre entre la producción de maíz en Los Ríos y el índice local ENOS Gua-Ríos. Sin embargo este valor es de 0.30 y no resulta relevante al estudio. Por esto se decidió desfazar las series agrícolas de producción un mes cada vez con respecto

Tabla XXXVIII: Correlaciones entre la Producción de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes

<b>Correlación (r)</b>	Producción Arroz Guayas	Producción Arroz Los Ríos	Producción Maíz Manabí	Producción Maíz Guayas	Producción Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.12	0.24		0.14	0.30
Índice Local ENOS Manabí			0.21		

Tabla N° XXXIX: Correlaciones máximas entre la Producción desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes

<b>Correlación (r)</b>	Producción Arroz Guayas	Producción Arroz Los Ríos	Producción Maíz Manabí	Producción Maíz Guayas	Producción Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	0.18 (6 meses)	0.27 (1 mes)		0.34 (2 meses)	0.33 (1 mes)
Índice Local ENOS Manabí			0.32 (2 meses)		

Tabla N° XL: Correlaciones máximas entre la Producción desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes durante 1991-92

<b>Correlación (r) 1991-1992</b>	Producción Arroz Guayas	Producción Arroz Los Ríos	Producción Maíz Manabí	Producción Maíz Guayas	Producción Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.23 (3 meses)	0.39 (0 mes)		0.45 (2 meses)	(0 mes)
Índice Local ENOS Manabí			0.42 (1 mes)		

Tabla N° XLI: Correlaciones máximas entre la Producción desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes durante 1997-98

<b>Correlación (r) 1997-1998</b>	Producción Arroz Guayas	Producción Arroz Los Ríos	Producción Maíz Manabí	Producción Maíz Guayas	Producción Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.46 (2 meses)	-0.37 (3 mes)		-0.73 (4 meses)	-0.58 (3 meses)
Índice Local ENOS Manabí			-0.71 (4 meses)		

a los índices locales ENOS, para hallar el desfase de óptima correlación. Se obtuvieron correlaciones un poco más altas pero no significativas (Tabla XXXIX).

También se efectuó el análisis de correlación para los años Niño en estudio (1991-92 y 1997-98), obteniéndose mejores correlaciones con datos agrícolas desfasados con respecto a los índices locales (Tablas XL y XLI).

En el período 1991-92 la máxima correlación sucede entre la producción de maíz en Guayas y el índice local ENOS Gua-Rios ( $r=0.45$ ) con dos meses de desfase, siendo una relación directa (positiva). El resto de variables de producción presentan correlaciones absolutas mayores a 0.38, excepto la producción de arroz en Guayas vs el índice Gua-Rios que presenta una correlación de  $-0.23$  con un desfase de tres meses.

Para 1997-98 la máxima correlación se presenta también entre la producción de maíz en Guayas y el índice local ENOS Gua-Rios, pero con cuatro meses de desfase y con un valor representativo negativo para

r de -0.73, lo cual implica una relación inversa, es decir a mayores valores del índice, menor producción de maíz en Guayas. El resto de variables agrícolas de producción presentan correlaciones absolutas mayores a 0.36 y negativas, presentando solo Guayas y Los Ríos en producción de arroz, valores absolutos menores a 0.50.

#### **3.1.2.1.2 SUPERFICIE COSECHADA**

Este parámetro presenta el mismo comportamiento bianual que la producción, pues son dos parámetros que se registran al mismo tiempo en todas las provincias estudiadas. Sin embargo sus niveles difieren, así se encuentran años de baja superficie cosechada pero de mayor producción y viceversa, lo cual se ve reflejado en los rendimientos. También en este parámetro se observa la influencia negativa del fenómeno El Niño 1997-98, sobre su comportamiento en 1998.

Para evaluar la relación que existe entre este parámetro y los efectos del clima se procedió a realizar un análisis de correlación entre las series agrícolas y los índices locales ENOS. Esto se llevó a cabo utilizando

el mismo período de datos que para producción, es decir desde 1990 hasta 1995, descartándose 1996, 1997 y 1998 por las razones explicadas anteriormente; además las series agrícolas de superficie cosechada debieron ser normalizadas para poder relacionarlas con los índices (Tabla XLII).

De las correlaciones obtenidas el valor más alto se encontró nuevamente entre la superficie de maíz cosechada en Los Ríos y el índice local ENOS Guarinos, y aunque este fue de 0.31, no resultó significativo. Por lo que se procedió a desfazar las series agrícolas un mes cada vez para relacionarlas con los índices locales en busca de mejores correlaciones, lo cual se logró, pero sin llegar a valores significativos (Tabla XLIII).

También se correlacionaron estos parámetros solo para los años 1991-1992 y 1997-98, para evaluar la influencia de los eventos El Niño en estudio sobre las cosechas durante su desarrollo (Tablas XLIV y XLV). Estos análisis se hicieron con datos agrícolas desfasados para encontrar el desfase de máxima correlación.

Tabla N° XLII: Correlaciones entre la Superficie Cosechada de Arroz y Maíz Duro en cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes

<b>Correlación (r)</b>	Superficie Cosechada Arroz Guayas	Superficie Cosechada Arroz Los Ríos	Superficie Cosechada Maíz Manabí	Superficie Cosechada Maíz Guayas	Superficie Cosechada Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.02	0.25		0.19	0.31
Índice Local ENOS Manabí			0.24		

Tabla N° XLIII: Correlaciones máximas entre la Superficie Cosechada desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes

<b>Correlación (r)</b>	Superficie Cosechada Arroz Guayas	Superficie Cosechada Arroz Los Ríos	Superficie Cosechada Maíz Manabí	Superficie Cosechada Maíz Guayas	Superficie Cosechada Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.14 (9 meses)	0.28 (1 mes)		0.40 (2 meses)	0.35 (1 mes)
Índice Local ENOS Manabí			0.35 (2 meses)		

Tabla N° XLIV: Correlaciones máximas entre la Superficie Cosechada desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes durante 1991-92

<b>Correlación (r) 1991-1992</b>	Superficie Cosechada Arroz Guayas	Superficie Cosechada Arroz Los Ríos	Superficie Cosechada Maíz Manabí	Superficie Cosechada Maíz Guayas	Superficie Cosechada Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	0.40 (7 meses)	0.40 (0 mes)		0.48 (2 meses)	0.45 (0 mes)
Índice Local ENOS Manabí			0.53 (1 mes)		

Tabla N° XLV: Correlaciones máximas entre la Superficie Cosechada desfazada de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes durante 1997-98

<b>Correlación (r) 1997-1998</b>	Superficie Cosechada Arroz Guayas	Superficie Cosechada Arroz Los Ríos	Superficie Cosechada Maíz Manabí	Superficie Cosechada Maíz Guayas	Superficie Cosechada Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.44 (2 meses)	0.52 (6 meses)		-0.66 (4 meses)	-0.43 (3 meses)
Índice Local ENOS Manabí			-0.56 (4 meses)		

En las Tablas de resultados XLIV y XLV se puede observar que para 1991-92 la máxima correlación se dió entre la superficie cosechada de maíz en Manabí y el índice local ENOS Manabí, con un valor de 0.53, con un mes de desfase; Esta correlación es positiva, es decir implica una relación directa. Las demás variables de superficie cosechada presentan correlaciones por sobre los 0.40 con los índices respectivos; estos valores son mejorados pero no significativos.

Para 1997-98 se encuentra un valor significativo de máxima correlación entre la superficie cosechada de maíz en Los Ríos y el índice local ENOS Gua-Ríos, con un  $-0.66$  que indica una relación inversa entre los dos parámetros. Al igual que para 1991-92 los demás parámetros registran correlaciones absolutas mayores a 0.40 y negativas, excepto con arroz en Los Ríos.

### **3.1.2.1.3 RENDIMIENTO**

Este parámetro no presenta un ciclo estacional definido como en el caso de producción y superficie cosechada, sin embargo presenta picos que a simple vista parecen responder a eventos de períodos

interanuales. Se ven reflejados en estos picos algunos de los eventos El Niño ocurridos durante el período de estudio, sin embargo el único evento que se ve reflejado claramente en cada una de las series agrícolas es El Niño 1997-98, que influenció negativamente los rendimientos obtenidos durante este último año.

Se procedió a relacionar las series agrícolas con los índices locales ENOS correspondientes, para el período 1990-1995, mediante el análisis de correlación, como se hiciera con los parámetros agrícolas anteriores.

Estos cálculos arrojaron correlaciones bajas, no significativas, de tal forma que la más alta se dio entre el rendimiento de maíz en Manabí y el índice local para la zona, y fue de  $-0.29$ , un valor negativo que podría evidenciar una relación inversa existente entre el comportamiento de estas dos variables de haber sido significativo (Tabla XLVI).

Se desfasaron las series agrícolas para este período, un mes cada vez para obtener los valores máximos de

correlación para cada parámetro, en relación con el índice correspondiente (Tabla XLVII).

Pero los desfases no presentaron valores significativos tampoco; la más alta correlación se dio entre el parámetro de rendimiento de arroz en Guayas y el índice local ENOS Gua-Rios, y fue de 0.47 con un desfase de 9 meses; el segundo valor en importancia fue de  $-0.38$  y se registró entre el rendimiento de maíz en Manabí y el índice local para la zona con un desfase de un mes.

Se realizaron análisis de correlación entre las variables de clima y el rendimiento agrícola en cada zona, para los años Niño en estudio (1991-92 y 1997-98); efectuando desfases entre estos parámetros para encontrar el tiempo de respuesta de las variables agrícolas a los cambios extremos del clima (Tablas XLVIII y XLIX).

Como se puede observar en la Tabla XLVIII, para el período 1991-92 la correlación más alta se detecta entre el rendimiento de maíz en Manabí y el índice local ENOS Manabí, esta es de  $-0.56$  y se obtuvo con

Tabla N° XLVI: Correlaciones entre el rendimiento de Arroz y Maíz Duro en cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes

<b>Correlación (r)</b>	Rendim Arroz Guayas	Rendim Arroz Los Ríos	Rendim Maíz Manabí	Rendim Maíz Guayas	Rendim Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.19	-0.06		-0.02	0.18
Índice Local ENOS Manabí			-0.29		

Tabla N° XLVII: Correlaciones máximas entre el rendimiento desfazado de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes

<b>Correlación (r)</b>	Rendim Arroz Guayas	Rendim Arroz Los Ríos	Rendim Maíz Manabí	Rendim Maíz Guayas	Rendim Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	0.47 (9 meses)	0.27 (9 meses)		0.25 (10 meses)	0.18 (0 mes)
Índice Local ENOS Manabí			-0.38 (1 mes)		

Tabla N° XLVIII: Correlaciones máximas entre el rendimiento desfazado de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes durante 1991-92

<b>Correlación (r) 1991-1992</b>	Rendim Arroz Guayas	Rendim Arroz Los Ríos	Rendim Maíz Manabí	Rendim Maíz Guayas	Rendim Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	0.35 (7 meses)	0.45 (6 meses)		0.32 (6 meses)	-0.18 (3 meses)
Índice Local ENOS Manabí			-0.56 (1 mes)		

Tabla N° XLIX: Correlaciones máximas entre el rendimiento desfazado de Arroz y Maíz Duro de cada Provincia y los Índices Locales ENOS correspondientes durante 1997-98

<b>Correlación (r) 1997-1998</b>	Rendim Arroz Guayas	Rendim Arroz Los Ríos	Rendim Maíz Manabí	Rendim Maíz Guayas	Rendim Maíz Los Ríos
Índice Local ENOS Gua-Ríos	-0.52 (1 mes)	-0.57 (5 meses)		-0.81 (3 meses)	-0.77 (4 meses)
Índice Local ENOS Manabí			-0.60 (7 meses)		

un mes de desfase; no es significativa, pero revela una relación inversa entre parámetros. Luego las demás correlaciones son menores y positivas.

Para el período 1997-98 (Tabla XLIX) en cambio sí se encuentran al menos dos correlaciones significativas, estas suceden entre el rendimiento de maíz en Guayas y en Los Ríos, y el índice local ENOS Gua-Ríos. Sus valores son de  $-0.81$  y  $-0.77$  respectivamente, estos indican una relación inversa entre los parámetros correlacionados; en el caso de Guayas el rendimiento de maíz presentó un tiempo de respuesta al desarrollo del ENOS de tres meses, mientras que para Los Ríos fue de 4 meses. Las correlaciones restantes presentaron todas valores negativos y mayores a 0.50 (valor absoluto).

### **3.1.2.2 ANALISIS DESCRIPTIVO DE INDICES AGRICOLAS VS INDICES LOCALES DE CLIMA**

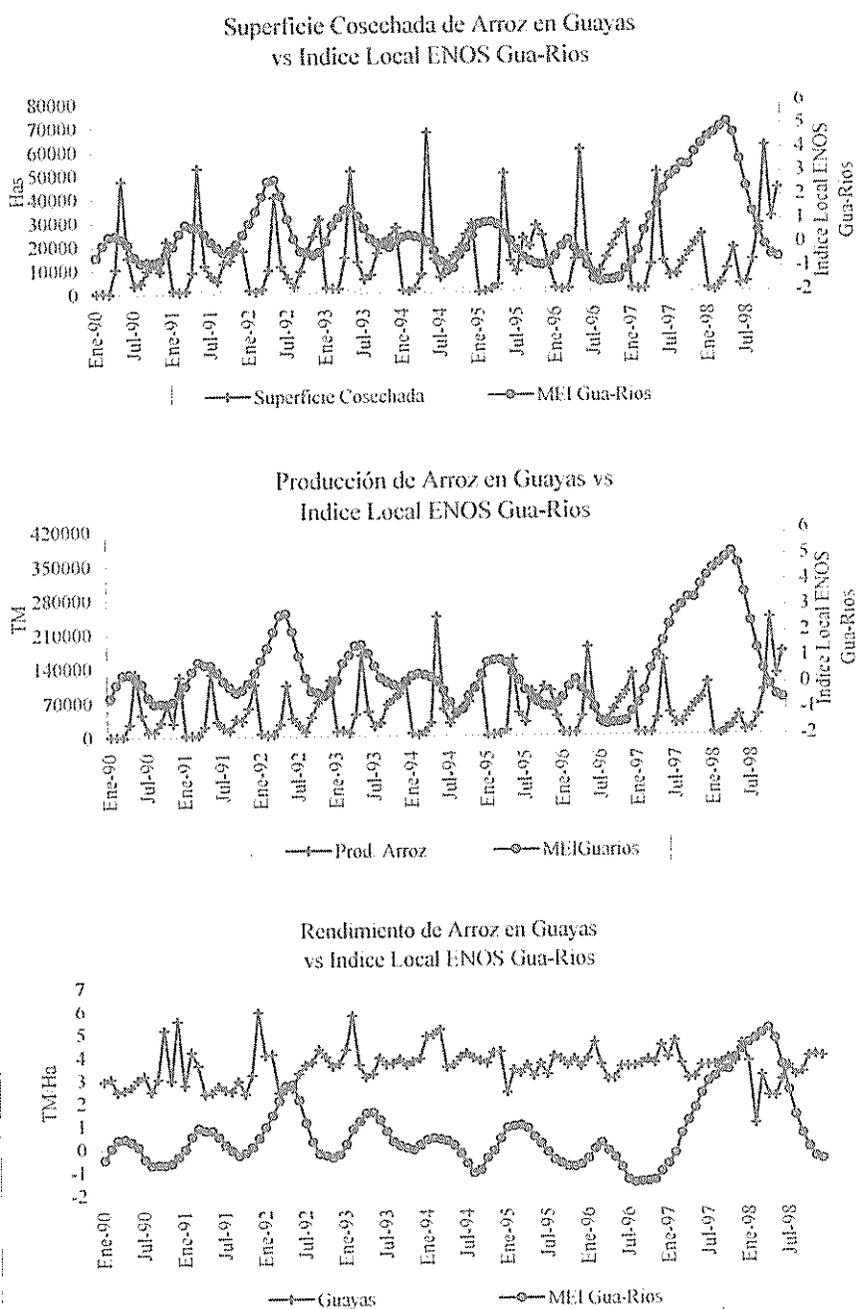
Además del análisis estadístico de correlación, las series agrícolas fueron analizadas cualitativamente comparándolas con los índices de clima locales correspondientes, a través de gráficos que abarcaron su desarrollo durante 1990-1998.

La descripción que se hará a continuación será por producto (arroz y maíz) en cada provincia productora, de tal modo que el comportamiento de cada parámetro agrícola (producción, superficie cosechada y rendimiento) permita visualizar la influencia que fenómenos como El Niño ejercen sobre el comportamiento del cultivo. Se analizarán los tres parámetros agrícolas en conjunto, para descubrir el comportamiento de cada cultivo en función del clima.

Empezando por la producción de **arroz en Guayas** (FIGURA N° 14); se observa en los gráficos de superficie cosechada y producción que a cada pico del índice Gua-Rios le sigue un pico agrícola. Además es evidente que un ascenso del índice local de clima provoca un descenso en los valores de los índices agrícolas; sin embargo esta relación no se reflejó en los análisis de correlación.

Durante el desarrollo de El Niño 1991-92 se produjo el segundo pico más alto del índice Gua-Rios, que se mantuvo en la época húmeda de 1992. En la época lluviosa de 1991 hubo un pico alto de superficie cosechada (igual que durante la época lluviosa del 90), sin embargo los niveles de producción se mantuvieron bajos como desde el inicio del período. La segunda cosecha anual de

FIGURA N° 14: Índices Agrícolas de Arroz en Guayas vs Índice ENOS Gua-Rios



arroz del 91 fue un poco más baja que en la estación seca anterior, lo mismo se reflejó en el parámetro de producción.

Pero fue durante la época lluviosa de 1992 que se suscitó una baja significativa de la superficie cosechada, fenómeno que no se reflejó en igual grado en producción, pues esta venía siendo baja desde años anteriores. En la época seca siguiente el pico del índice se encontraba en descenso y se nota un incremento significativo de la superficie cosechada de arroz para la época seca (mucho mayor que todas las anteriores) y esto se reflejó también, aunque en menor grado, en el gráfico de producción.

El rendimiento del cultivo reflejó el comportamiento descrito anteriormente y es así que en Guayas presenta un pico agrícola alto para la época seca del 91; un descenso considerable en los rendimientos durante la época lluviosa del 92 y una recuperación para la segunda cosecha del 92, seguido de un pico alto durante la primera cosecha del 93.

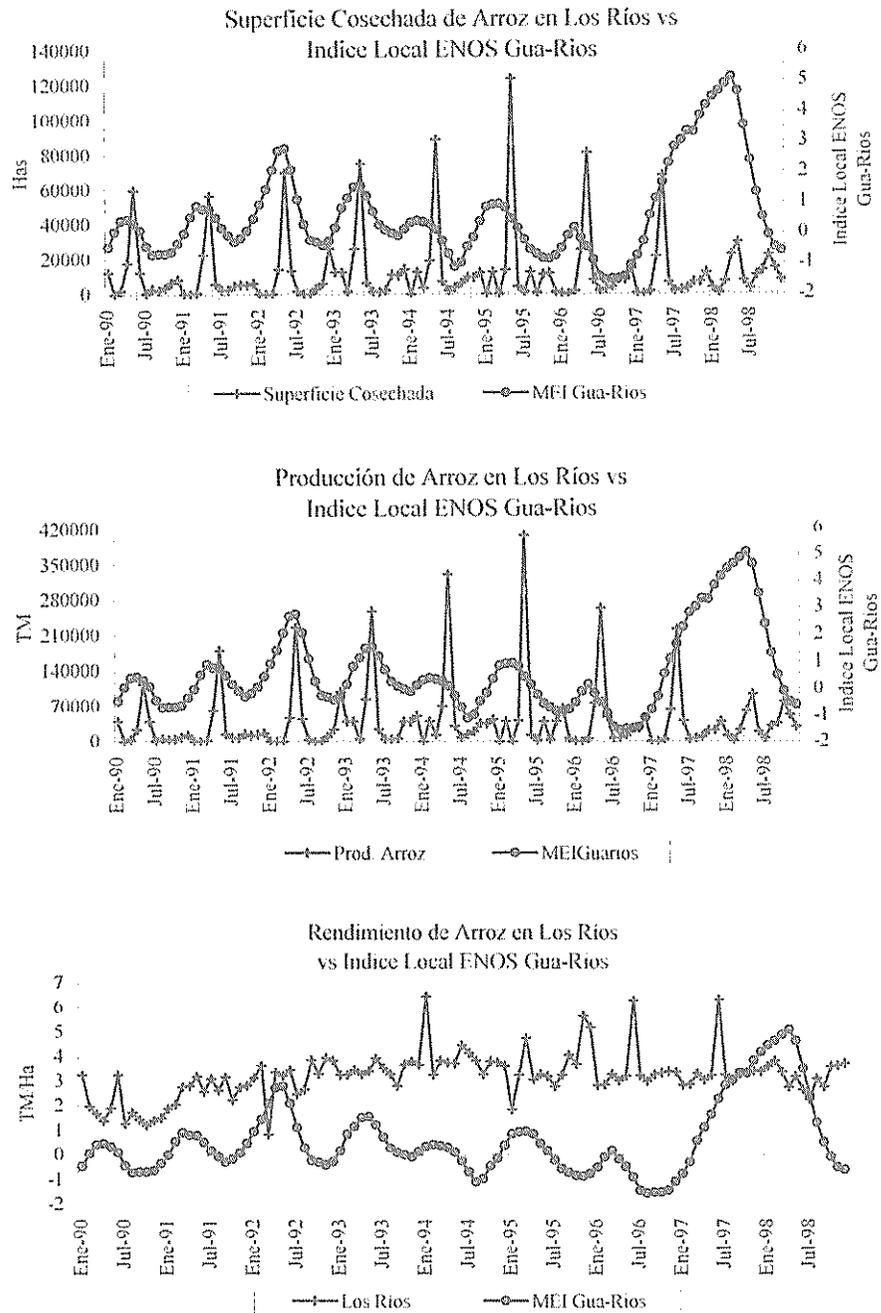
El pico más alto del índice local ENOS Gua-Rios se registró en el desarrollo del evento El Niño 1997-98 que abarcó casi dos años de duración. Su influencia sobre los cultivos de arroz en Guayas se evidencia en los gráficos de producción, superficie cosechada y rendimiento. Durante el invierno de 1997 la

superficie cosechada de arroz fue menor que durante la estación húmeda de 1996, lo mismo ocurrió con la producción. Esta tendencia se mantuvo en la estación seca de 1997.

Para el invierno de 1998 la superficie cosechada seguía en descenso, pero no reflejó el impacto del fenómeno El Niño como el parámetro de producción, que decayó a niveles más bajos que los registrados en época seca. A pesar de esto, tanto la superficie cosechada como la producción se recuperaron en la época seca de 1998, donde ambos índices agrícolas alcanzaron valores tan altos como en el invierno de 1994 (mejor año de producción agrícola de la serie). El parámetro de rendimiento evidenció el comportamiento descrito, pues presentó un pico negativo durante el invierno de 1998, recuperándose para la época seca del mismo año.

El cultivo de **arroz en Los Ríos** (FIGURA N° 15) presenta un comportamiento peculiar, pues sus parámetros de producción, superficie cosechada y rendimiento presentan picos que coinciden con picos del índice local Gua-Ríos, pero su producción aparentemente se comporta de forma independiente a las variaciones del índice. Al ver el comportamiento del parámetro de producción de arroz en el invierno de 1991

FIGURA N° 15: Índices Agrícolas de Arroz en Los Ríos vs Índice ENOS Gua-Ríos



se puede detectar que este aumentó con respecto al año anterior, a pesar de que la superficie cosechada había disminuido.

Luego en el invierno siguiente (1992) se registra que la tendencia de ascenso se mantuvo, tanto en producción como en superficie cosechada, a pesar de que se suscitó el segundo pico más alto del índice local Gua-Rios (evento El Niño 1991-92); este pico de clima parece haber afectado positivamente la producción de la época seca de 1992, que fue evidentemente mayor a otras, ocurridas en esta época, en años anteriores.

La tendencia al incremento en estos parámetros agrícolas continuó en los siguientes inviernos, hasta el invierno de 1995 donde se registró el pico máximo de toda la serie en ambos parámetros: producción y superficie cosechada; pero este fue un año con un invierno anómalo, pues presentó un atraso de dos meses en la llegada de las lluvias, y lluvias tardías que se sucedieron en la época de cosecha lo que afectó el volumen de producción esperado, bajando el rendimiento.

A partir de ese máximo continuó una tendencia al decremento, tanto de superficie cosechada como de producción de arroz, durante los inviernos siguientes, hasta que alcanzó su nivel más

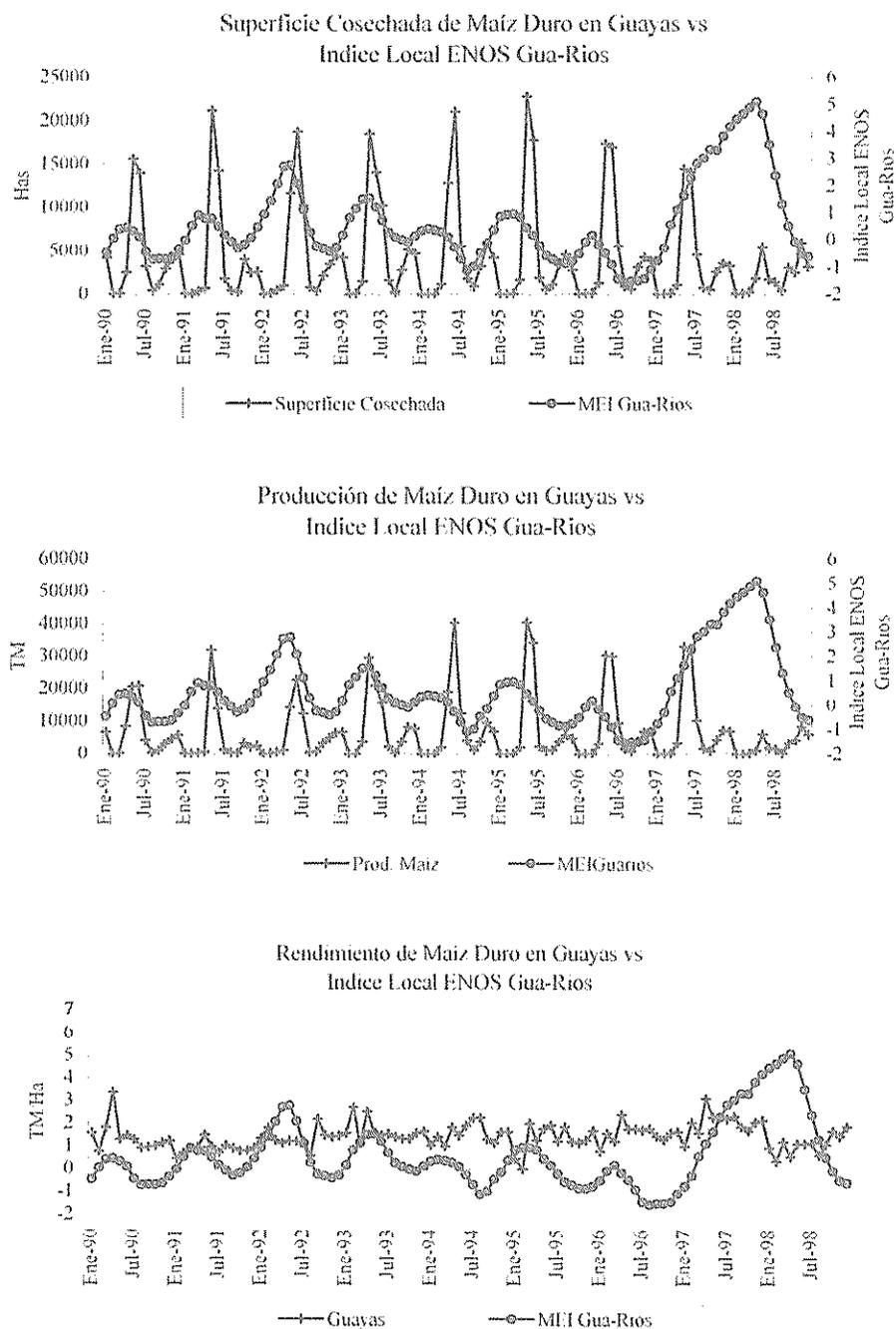
bajo durante la estación húmeda de 1998, en que se encontraba en pleno desarrollo el evento El Niño más fuerte de la centuria.

El rendimiento de arroz en Los Ríos resultó un buen parámetro de evidencia del efecto negativo que los fenómenos El Niño ocurridos, han dejado sobre la producción de este cultivo. Se detectaron picos negativos de rendimiento en los inviernos de los años 1992, 1995 y 1998, siendo el más fuerte el de 1992. Así también los mayores rendimientos se registraron durante el invierno de 1994, de 1996, y de 1997 (evento ENOS en formación) así como en el verano de 1995.

Al observar el comportamiento de los parámetros agrícolas del cultivo de **maíz duro en Guayas** versus el índice local Gua-Ríos, se puede percibir la influencia que los eventos El Niño en estudio han ejercido sobre la producción (FIGURA N° 16). A cada pico positivo del índice Gua-Ríos le sigue un pico ya sea de producción o de superficie cosechada, pues el rendimiento no sigue un patrón periódico. Sin embargo una subida del índice de clima no necesariamente produce un bajón en la producción o afecta el rendimiento de maíz dur en esta provincia.

Durante el invierno de 1991 tanto la producción como la superficie cosechada de maíz duro fueron mayores que en el

FIGURA N° 16: Índices Agrícolas de Maíz Duro en Guayas vs Índice ENOS Gua-Rios



invierno del 90; sin embargo al suscitarse el primer pico del índice Gua-Rios, en el invierno del 92, ambos parámetros agrícolas fueron afectados negativamente, disminuyendo su nivel. El rendimiento registró una variación negativa para finales del invierno de 1992; pero estas variaciones fueron siempre pequeñas a lo largo del todo el período en estudio.

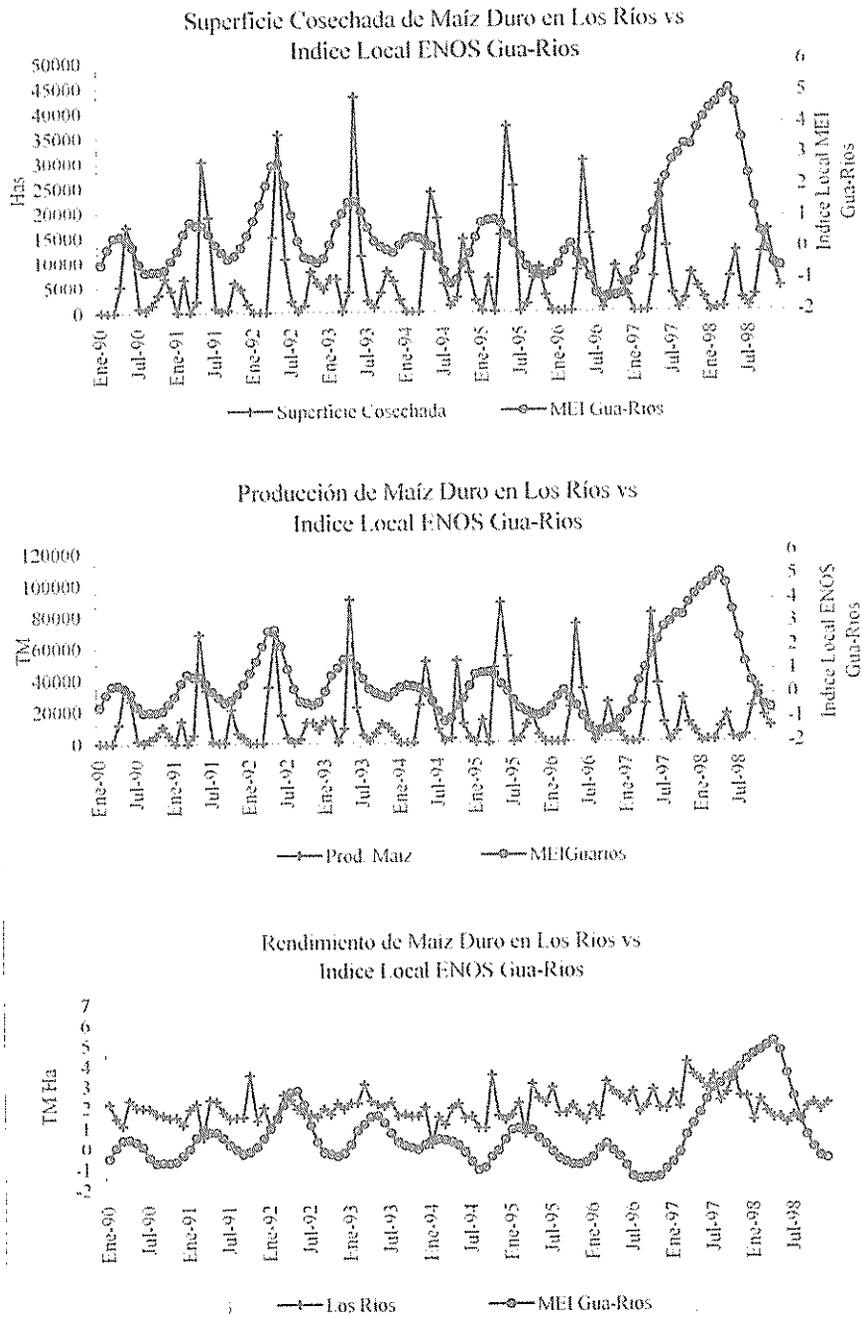
Para el invierno de 1993 el pico del índice de clima había descendido lo cual permitió una recuperación de la producción del cultivo, pero la superficie cosechada se mantuvo igual a la del 92, por lo que el rendimiento registró variaciones positivas para ese período. Durante el 94 las tendencias se mantuvieron como en 1993, tanto para el índice Gua-Rios como para producción, aunque la superficie cosechada fue mayor para ese año. En 1995 la superficie cosechada fue mayor que en el 94, sin embargo un nuevo aumento positivo del índice de clima, que reflejó el retraso de la estación lluviosa ese año, parece haber afectado la producción que se mantuvo en los niveles del invierno de 1994. Para 1996 el índice había disminuido, pero tanto la superficie cosechada como la producción se mantuvieron mucho más bajas que en 1995. El invierno de 1997 en cambio tuvo un rendimiento alto, pues aunque la superficie cosechada fue menor que en 1996, la producción fue un poco más alta.

Para la estación lluviosa de 1998, el índice de clima se encontraba en su punto más alto pues se desarrollaba un evento El Niño de intensidad extremadamente fuerte; esto afectó al desarrollo del cultivo, pues tanto la producción como la superficie cosechada de maíz duro presentaron niveles iguales a los producidos durante la estación seca (mínimos); y el rendimiento luego de haber presentado una variación positiva para 1997, presentó una baja considerable en sus valores durante 1998.

Si ahora se estudia el desenvolvimiento del cultivo de **maíz duro en Los Ríos** (FIGURA N° 17) con respecto al comportamiento del clima, se observará que a un pico del índice Gua-Ríos le continua otro agrícola en los parámetros de producción y superficie cosechada analizados, pues rendimiento no presenta un comportamiento definido. Y como en los casos anteriores una variación negativa del índice no garantiza una producción alta y viceversa. Además se debe indicar que el parámetro de rendimiento presenta variaciones muy pequeñas a lo largo de todo el período 1990-98.

Para la estación lluviosa de 1991 tanto la producción como la superficie cosechada habían aumentado en gran medida con respecto al invierno anterior, pero el rendimiento reflejó una

FIGURA N° 17: Índices Agrícolas de Maíz Duro en Los Ríos vs Índice ENOS Gua-Ríos



variación negativa para ese período. En 1992 la superficie cosechada aumentó, sin embargo la producción se mantuvo un poco más baja que durante el invierno del 91, afectada sin duda por el evento El Niño en desarrollo. Pero esto no se reflejó de manera clara en el rendimiento. Cuando en el invierno de 1993 el índice de clima presentó un pico más bajo, tanto la producción y la superficie cosechada como el rendimiento de maíz en Los Ríos, presentaron un pico elevado que evidenció su recuperación.

A pesar de que 1994 fue un año bueno para la agricultura en general, pues el índice de clima presentó tendencias a la baja, se observó una disminución considerable de la superficie cosechada en el invierno de ese año, esto también ocurrió para producción, que presentó un segundo pico equivalente en el verano del 94, mientras que la superficie cosechada en el segundo semestre del año fue mayor a cualquier otra anterior; otro pequeño pico de producción se dio a inicios del 95, de tal manera que la época de verano de 1994 resultó con un pico alto en rendimiento.

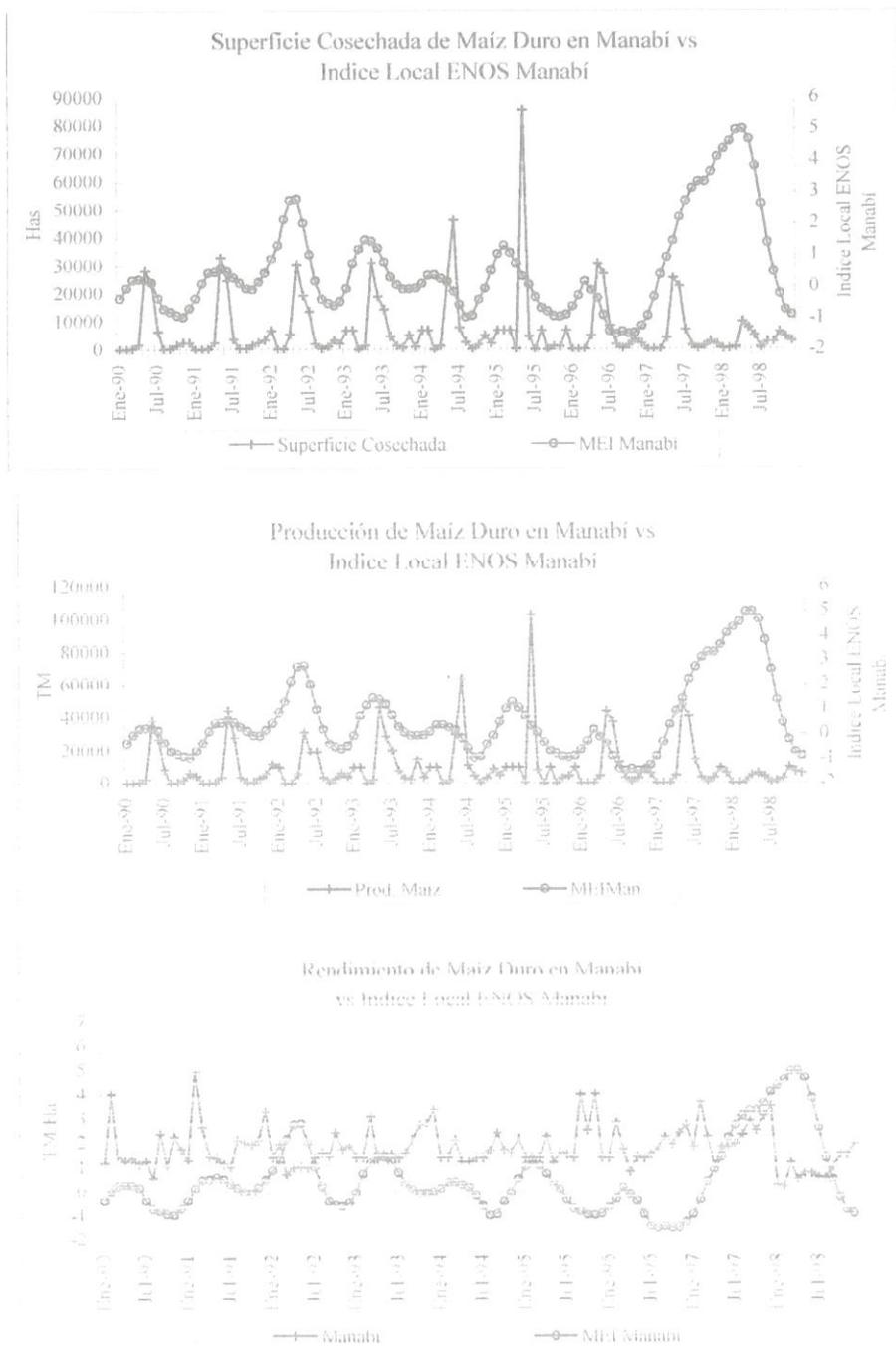
El invierno de 1995 presentó picos altos de producción y de superficie cosechada, así como un pico positivo de rendimiento, a pesar de que el índice de clima tuvo un pico un poco más alto que en 1994; sin embargo para 1996 el índice disminuyó, pero la superficie cosechada se redujo así como la producción, no así los

rendimientos que se mantuvieron altos. Durante 1997 la superficie cosechada en invierno se redujo aún más, pero la producción resultó mayor a la de 1996, a pesar de estar en formación un fenómeno de intensidad fuerte; esto se evidenció en los rendimientos que se mantuvieron altos para la primera etapa del año. Ya en el invierno de 1998, El Niño se encontraba en su fase fuerte de desarrollo lo cual afectó tanto la cantidad de superficie cosechada como la producción; estas se vieron reducidas a niveles mínimos. Para el segundo semestre de 1998 se evidencia una ligera recuperación de los parámetros agrícolas.

Si ahora se analiza el cultivo de **maíz duro en Manabí** (FIGURA N° 18) en relación con el comportamiento del índice local ENOS Manabí. A primera vista se puede notar que como en los casos anteriores, los parámetros de producción y superficie cosechada presentan sus picos luego de un pico del índice de clima, sin significar esto que sus incrementos o decrementos manejen en forma directa y única el comportamiento de los parámetros agrícolas.

Así se tiene que para el invierno de 1991 la superficie cosechada como la producción se había incrementado en un mínimo porcentaje con relación al invierno anterior, presentando su

FIGURA N° 18: Indices Agrícolas de Maíz Duro en Manabí vs Índice ENOS Manabí



rendimiento picos altos tanto para el invierno de 1990 como para el de 1991.

En el año 1992 el fenómeno El Niño estaba es pleno desarrollo, situación que se ve reflejada en el índice Manabí que presenta su primer pico alto, que provoca una decremento de los niveles de superficie cosechada y producción en este invierno, así como bajos rendimientos. Para 1993 el índice había decrecido y aunque la cantidad de superficie cosechada se mantenía en los mismos niveles que para 1992, la producción se incrementó, provocando un rendimiento positivo en esta estación.

En la estación húmeda de 1994 la superficie de cosecha aumentó, así como la producción en relacion a la época anterior, pero no hubo gran repercusión en el comportamiento del rendimiento, mientras que el índice de clima se mantenía en decremento. Para 1995, hubo el consabido retraso en las lluvias por anomalías en el clima, lo que se vio reflejado en el índice Manabí que se incrementó durante el invierno. Sin embargo en 1995 se registró la mayor cantidad de superficie cosechada, así como el mayor pico de producción, lo que no se reflejó en el rendimiento que no evidenció un crecimiento significativo.

Durante los inviernos de 1996 y 1997 la superficie de cosecha bajó considerablemente, así como la producción que se mantuvo en el mismo nivel (menos de la mitad de la producción del invierno 1995) para los dos años. El rendimiento evidenció un nivel bajo para 1996 y un repunte para 1997. El índice de clima para el 96 se presentó bajo, pero a partir de 1997 empezó la formación del evento El Niño, lo cual elevó el índice por dos años al nivel más alto registrado durante este período. Durante 1998 la incidencia de El Niño se evidenció en todos los parámetros produciendo decrementos extremos en producción, superficie cosechada y rendimiento de maíz duro en Manabí, sin tendencia a la recuperación.

### **3.1.3 MAPAS DE RIESGO AGRICOLA**

La construcción de mapas de riesgo agrícola, sobre las zonas de Manabí y Guayas-Los Ríos, se llevó a cabo usando el Sistema de Información Geográfica (SIG) "Arc View". Estos mapas presentan áreas agrícolas ubicadas en zonas bajas, en potencial riesgo de pérdidas de cultivos, a causa de grandes excedentes de precipitación, dentro de cada una de las zonas estudiadas. Los mapas fueron construidos para los meses de máxima intensidad de los fenómenos El Niño de 1991-92 (moderado) y 1997-98 (extremadamente fuerte), a partir de la información pluviométrica registrada.

Las áreas agrícolas en riesgo han sido establecidas en función de la distribución espacial de los excedentes de precipitación, y a partir de la topografía de cada zona. La distribución espacial de excedentes de precipitación fue elaborada a partir de la información pluviométrica de siete estaciones meteorológicas distribuidas en Manabí y en Guayas-Los Ríos.

Los índices locales ENOS permitieron identificar los meses de máxima intensidad de cada uno de los eventos en estudio. Durante El Niño de 1991-92 el máximo valor de los dos índices locales se registró en mayo de 1992, mientras que en el evento de 1997-98 éste se dio en abril del 98. Estos picos se registraron para el mismo mes, tanto en el índice local ENOS Gua-Rios como en el índice Manabí.

Para poder establecer áreas en riesgo por excedentes “anómalos” de precipitación, se necesitaba conocer el escenario pluviométrico espacial esperado como normal en las dos zonas (Manabí y Guayas-Los Ríos); por esto y basándose en la información proporcionada por los índices locales, se identificó el mes “normal” correspondiente a un pico positivo mínimo registrado por los índices locales durante 1990-1998. Esto ocurrió en abril y mayo de 1994, que es considerado un año “normal” dentro del período en estudio.

Después de determinar estos meses, se procedió a elaborar los mapas de distribución espacial de anomalías de precipitación para Manabí y para Guayas-Los Ríos, con datos de siete estaciones meteorológicas en cada zona, para cada uno de los meses determinados anteriormente. En la Tabla L se muestran las estaciones meteorológicas utilizadas, con su respectiva posición en UTM y su fuente. Los datos pluviométricos de cuatro estaciones en Manabí son registros particulares realizados por FUNALGODON, empresa de gestión agrícola de Manabí.

Para la elaboración de los mapas de distribución espacial de anomalías de precipitación se formó una base de datos por zona, que contenía información pluviométrica por estación meteorológica, para cada una de las fechas establecidas anteriormente. La información de precipitación usada fue de anomalías sobre y bajo la media pluviométrica de los meses de abril y mayo en cada estación meteorológica; por ejemplo, al valor de la precipitación registrado en mayo de 1992, en la estación Pichilingue, se le restó la media mensual de mayo para esa estación (el promedio de todos los mayos registrados en la serie de precipitación de Pichilingue); este mismo tratamiento se hizo para los datos de precipitación de mayo del 92 en las seis estaciones restantes de Guayas-Los Ríos, y también en todas las estaciones de Manabí; lo mismo se hizo para el mes de abril de 1998 y para abril y mayo de 1994.

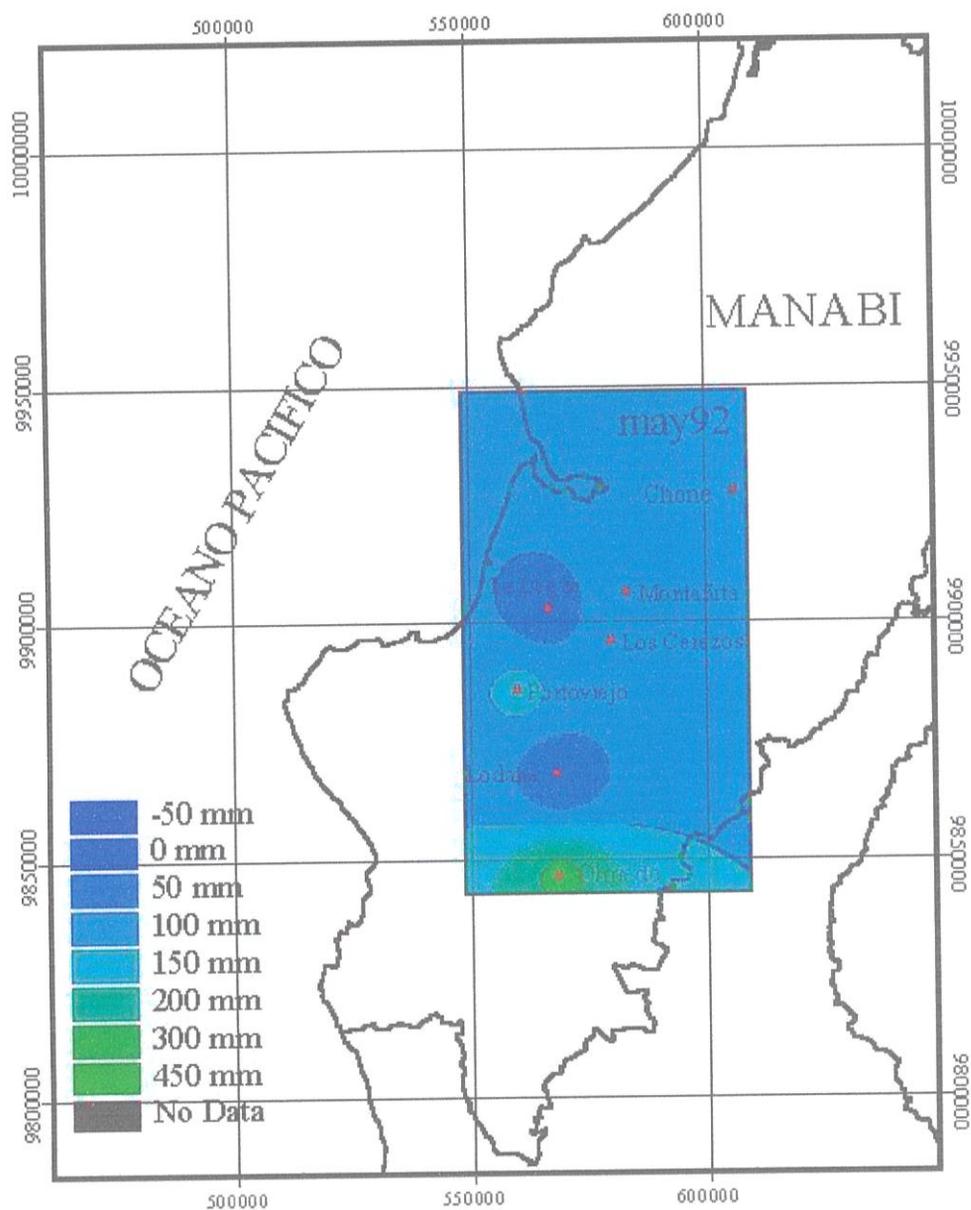
Tabla L: Estaciones Meteorológicas usadas en la Construcción de Mapas de Distribución Pluviométrica sobre las Zonas de Guayas-Los Ríos y Manabí

NOMBRE	POSICION EN UTM		FUENTE
	X	Y	
<b>Guayas-Los Ríos</b>			
Babahoyo	663148	9801315	INAMHI
San Carlos	673150	9756740	INAMHI
Milagro	648378	9766085	INAMHI
Guayaquil	642257	9761929	INAMHI
Bucay	707607	9757192	INAMHI
Pichilingue	671174	9878371	INAMHI
La Capilla	611700	9812497	INAMHI
<b>Manabí</b>			
Chone	606641	9927346	INAMHI
Portoviejo	560391	9885472	INAMHI
Olmedo	568603	9846199	INAMHI
La Legua	566966	9902834	FUNALGODON
Montañita	583851	9906376	FUNALGODON
Los Cerezos	580108	9895912	FUNALGODON
Lodana	568751	9867917	FUNALGODON

Nota: La posición de las estaciones meteorológicas pertenecientes a FUNALGODON fue tomada con GPS, respecto al elipsoide '56.

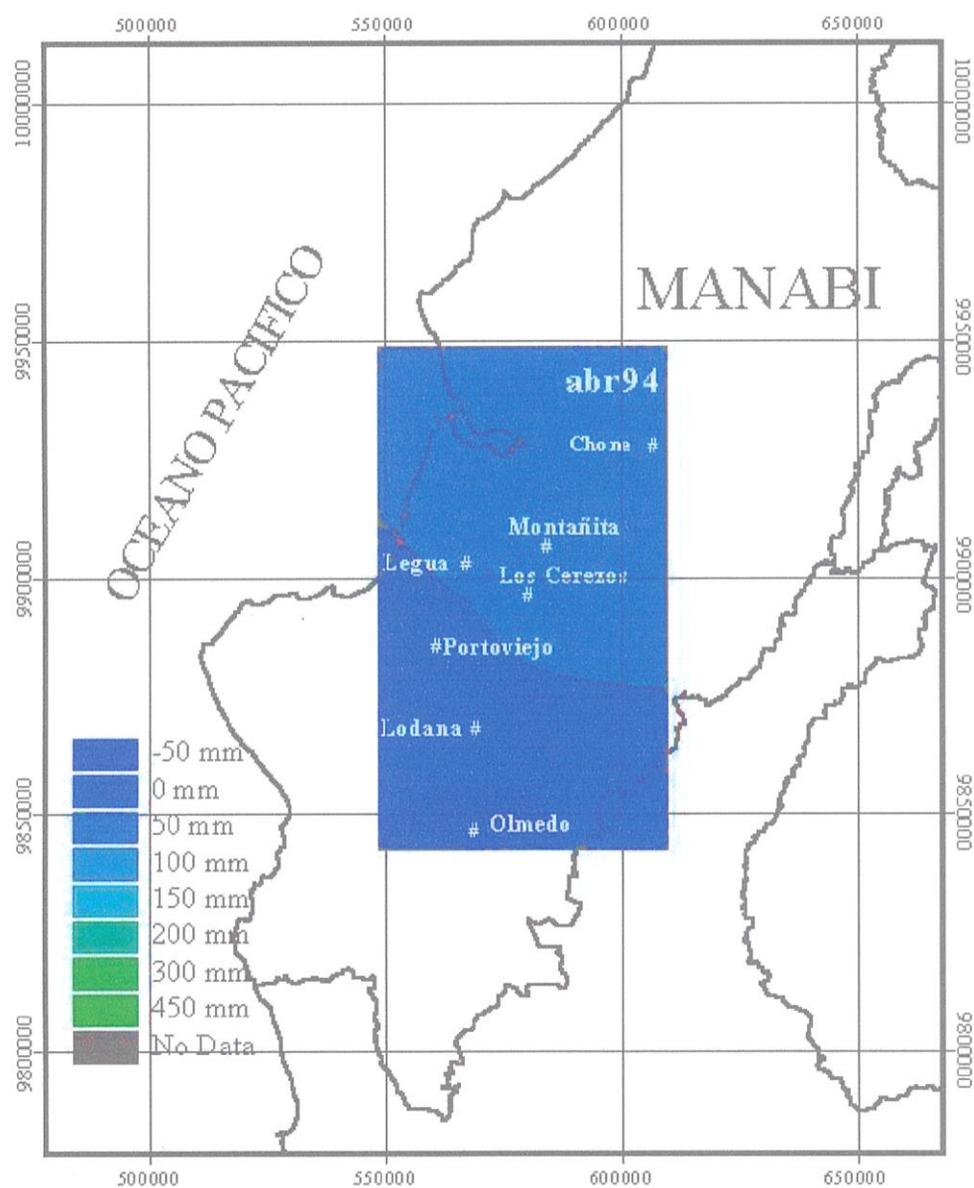
Así, las dos bases de datos elaboradas, una para Guayas-Los Ríos y otra para Manabí, se llevaron a Arc View y mediante la función Interpolate Grid, se hicieron interpolaciones entre los valores puntuales (anomalía respecto de la media en cada estación para cada mes) de las siete estaciones meteorológicas, ubicadas geográficamente dentro de cada una de las zonas, para cada uno de los cuatro meses (may92, abr94, may94, abr98); tanto en Manabí como en Guayas-Los Ríos (MAPAS N° IV - XI).

MAPA IV: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en mayo de 1992



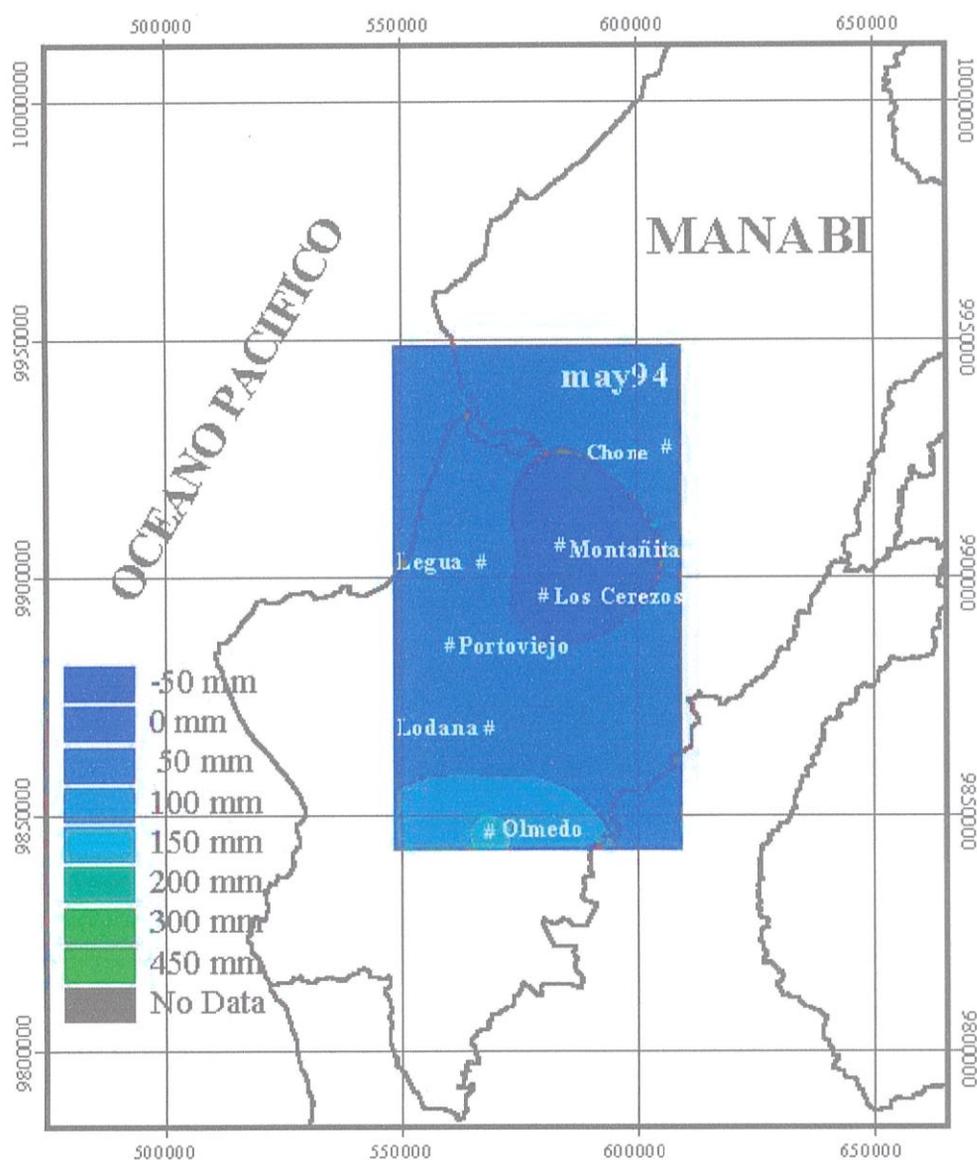
Fuente: DINAREN

MAPA V: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en abril de 1994



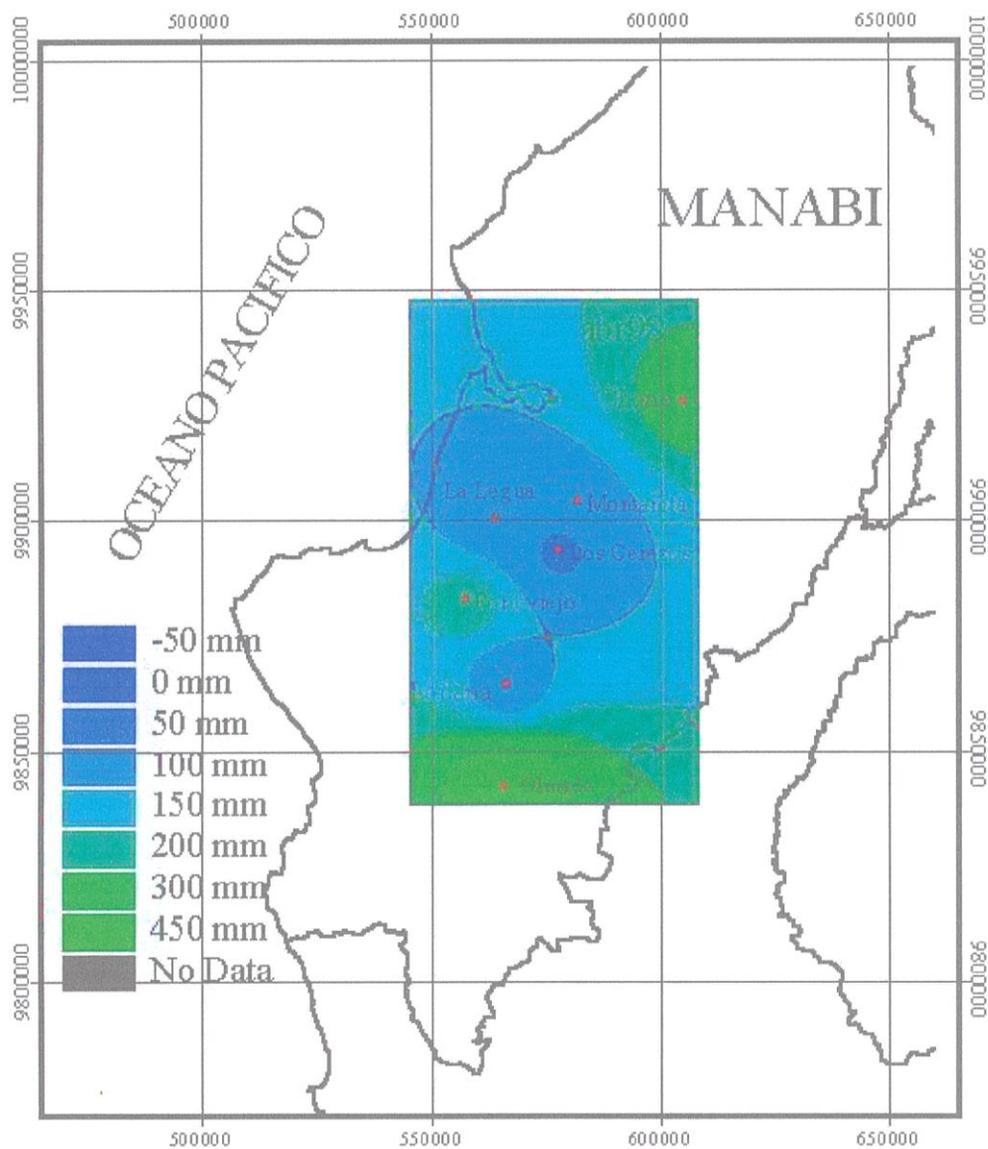
Fuente: DINAREN

MAPA VI: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en mayo de 1994



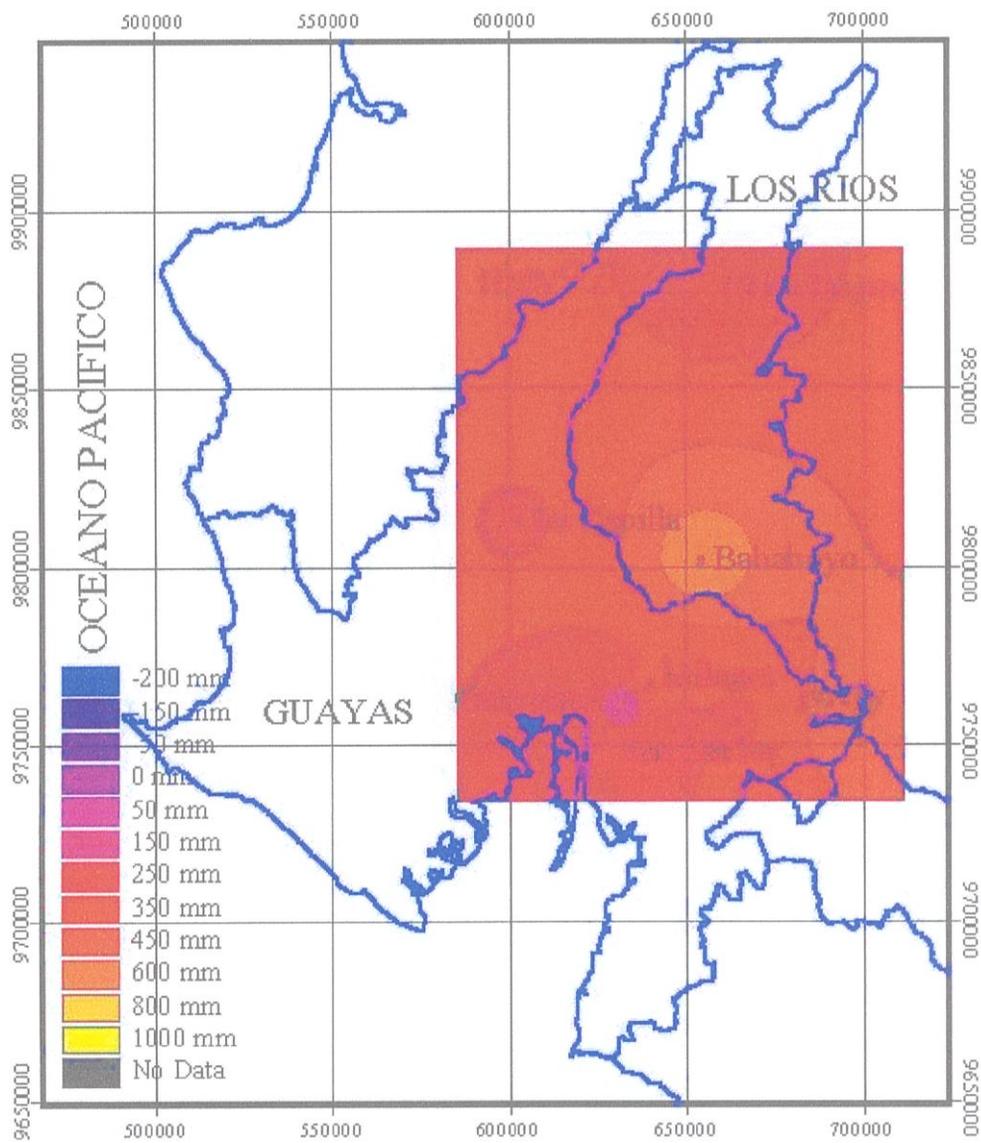
Fuente: DINAREN

MAPA VII: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Maiceras de Manabí en abril de 1998



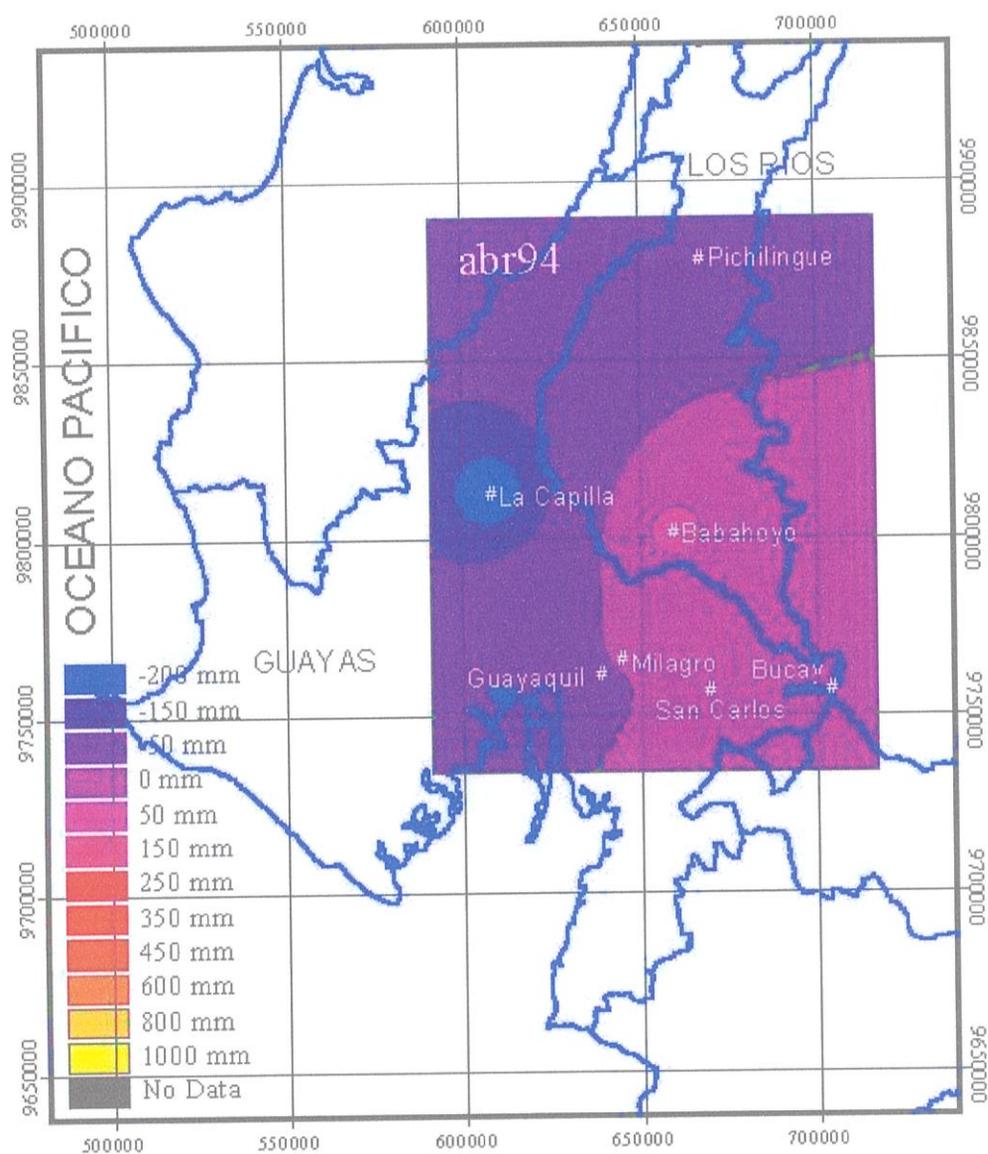
Fuente: DINAREN

MAPA VIII: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en mayo de 1992



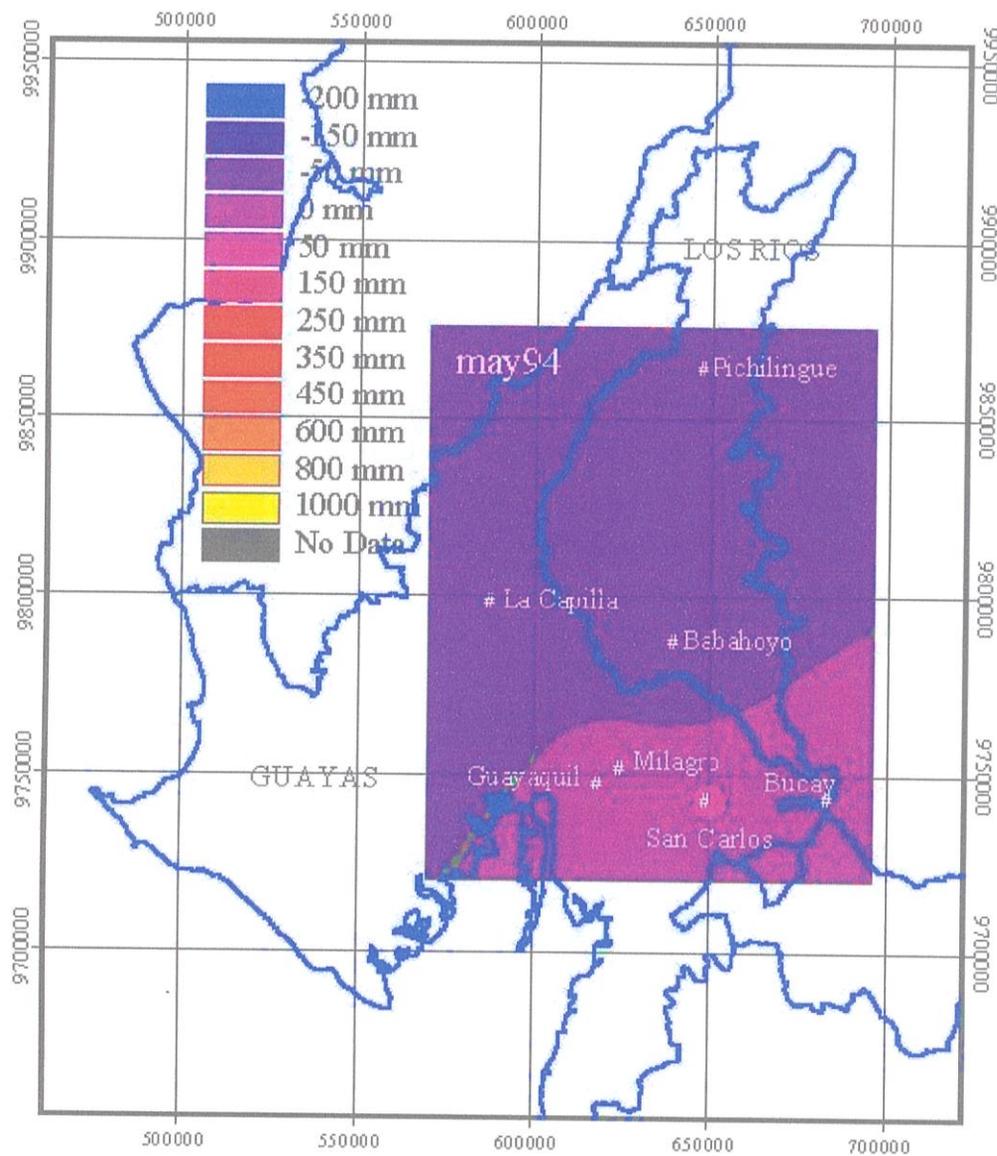
Fuente: DINAREN

MAPA IX: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en abril de 1994



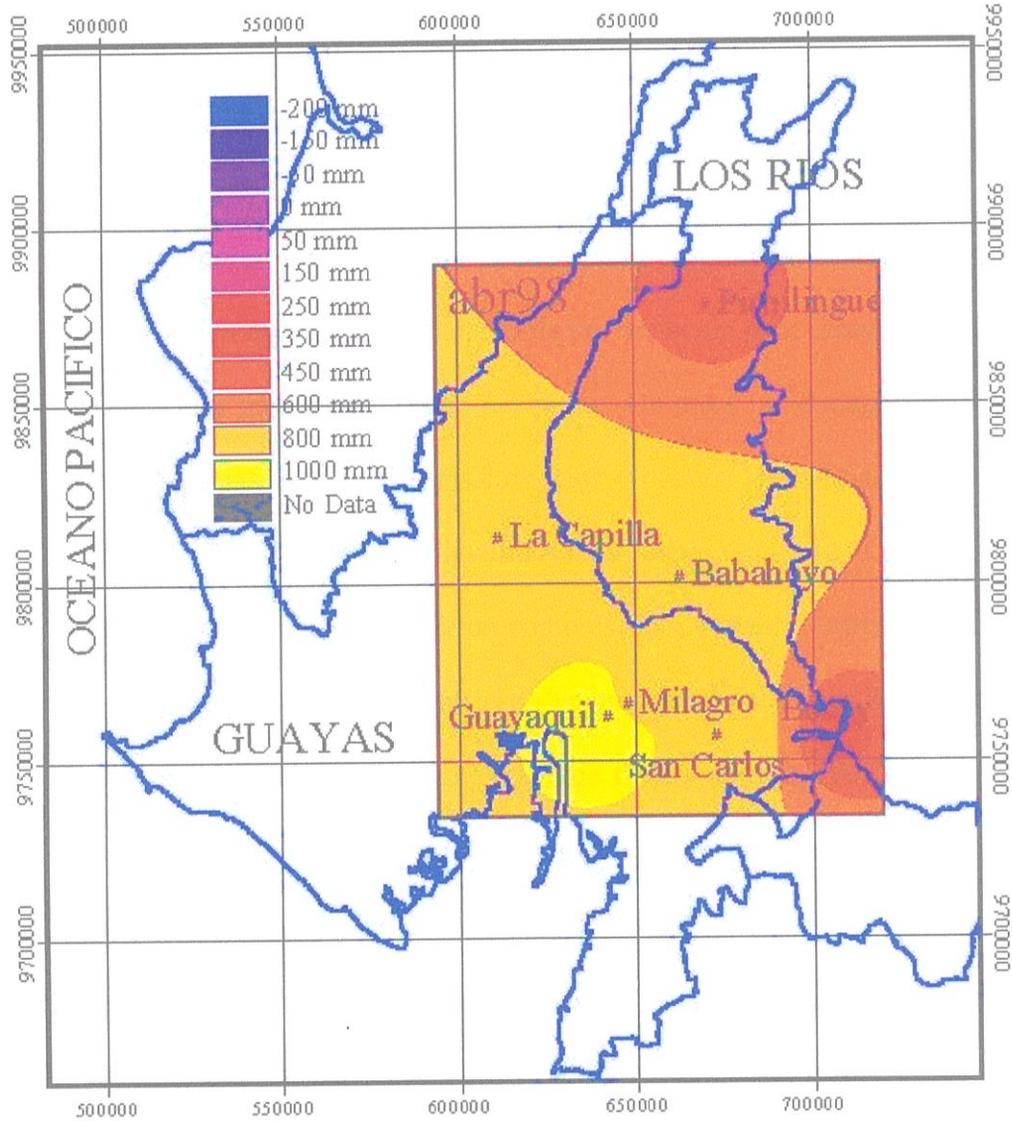
Fuente: DINAREN

MAPA X: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en mayo de 1994



Fuente: DINAREN

MAPA XI: Distribución Espacial de Anomalías de Precipitación sobre las Zonas Arroceras y Maiceras de Guayas-Los Ríos en abril de 1998



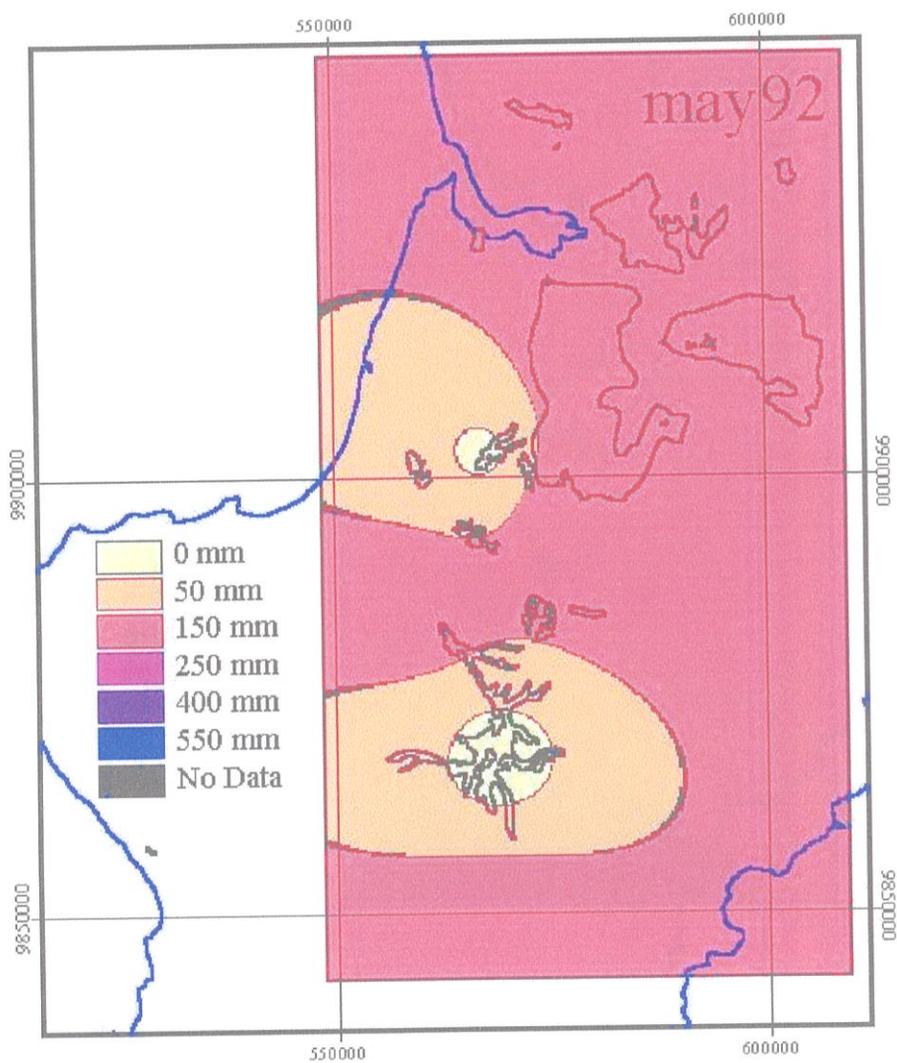
Fuente: DINAREN

Espacialmente la interpolación, entre los valores puntuales de anomalía de precipitación de las estaciones en cada zona, fue delimitada por un polígono rectangular construido en Arc View, dentro del cual se hallaban contenidas las siete estaciones meteorológicas utilizadas, así como también las principales zonas productoras de arroz y maíz de Guayas-Los Ríos y Manabí.

Se tuvo como resultantes del análisis de interpolación, cuatro mapas de distribución espacial de anomalías de precipitación para Guayas-Los Ríos y cuatro más para Manabí (uno por mes). De estos ocho mapas resultantes cuatro mapas, dos en Guayas-Los Ríos y dos en Manabí, eran de abril y mayo de 1994; estas distribuciones espaciales de anomalías de precipitación de 1994, sirvieron como escenario base “normal” para poder establecer las zonas que sufrieron un mayor impacto por excedentes de precipitación máximos durante mayo de 1992 y abril de 1998. Para esto se realizó en Arc View una operación matemática de resta entre mapas: De los valores altos de la distribución de precipitación de los meses may92 y abr98 (picos de El Niño), se restaron los meses normales correspondientes de 1994, esto es (may92-may94) y (abr98-abr94).

Estas operaciones arrojaron, tanto para Manabí (MAPAS XII y XIII) como para Guayas-Los Ríos (MAPAS XIV y XV), dos mapas por zona, cada uno mostraba una distribución espacial de excedentes de precipitación para cada uno de los eventos El Niño en estudio; de tal forma que se pudo

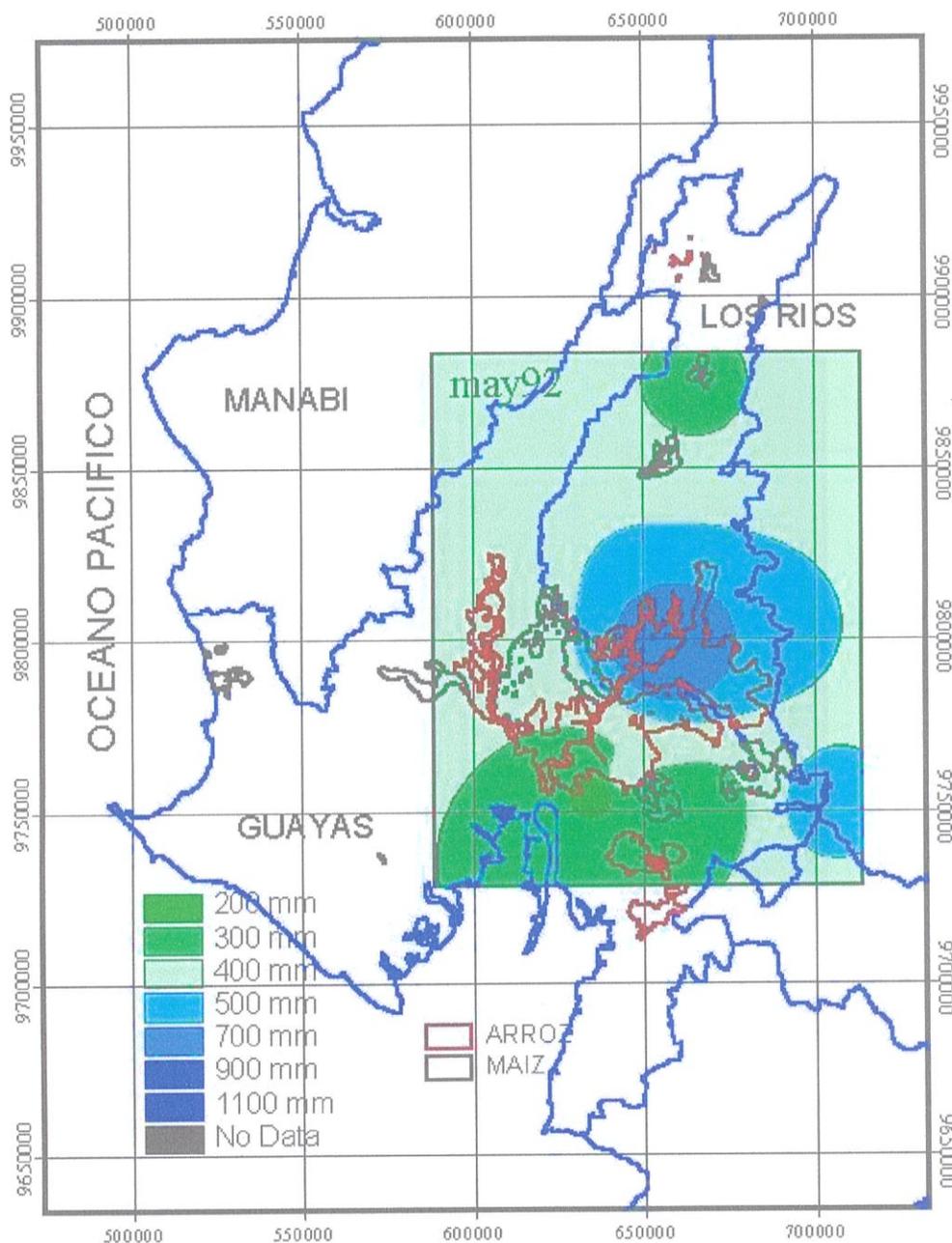
MAPA XII: Excedentes de Precipitación en Manabí durante Mayo de 1992 sobre las Zonas Maiceras en Estudio



Fuente: DINAREN

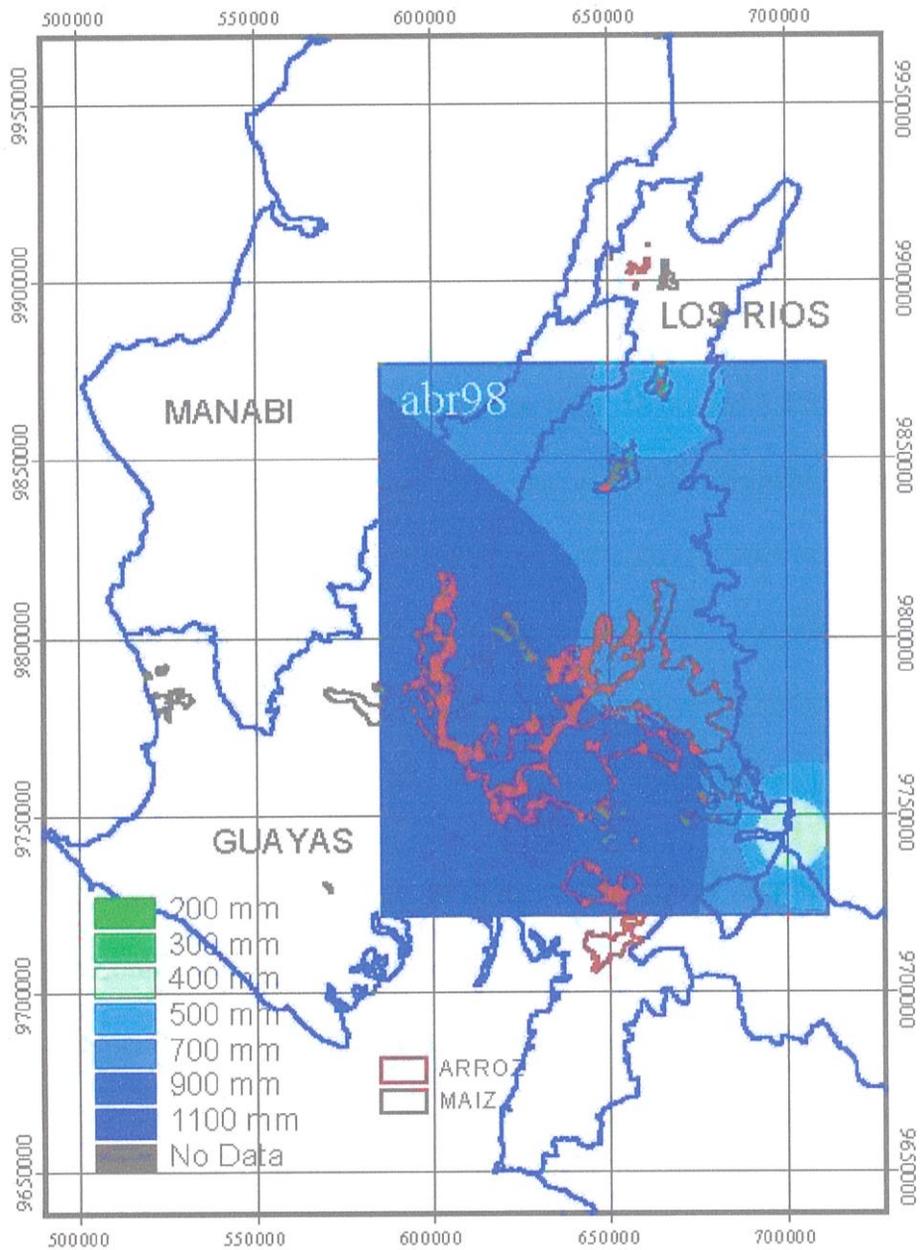


MAPA XIV: Excedentes de Precipitación en Guayas-Los Ríos durante Mayo de 1992 sobre las Zonas Arroceras y Maiceras en Estudio



Fuente: DINAREN

MAPA XV: Excedentes de Precipitación en Guayas-Los Ríos durante Abril de 1998 sobre las Zonas Arroceras y Maiceras en Estudio



Fuente: DINAREN

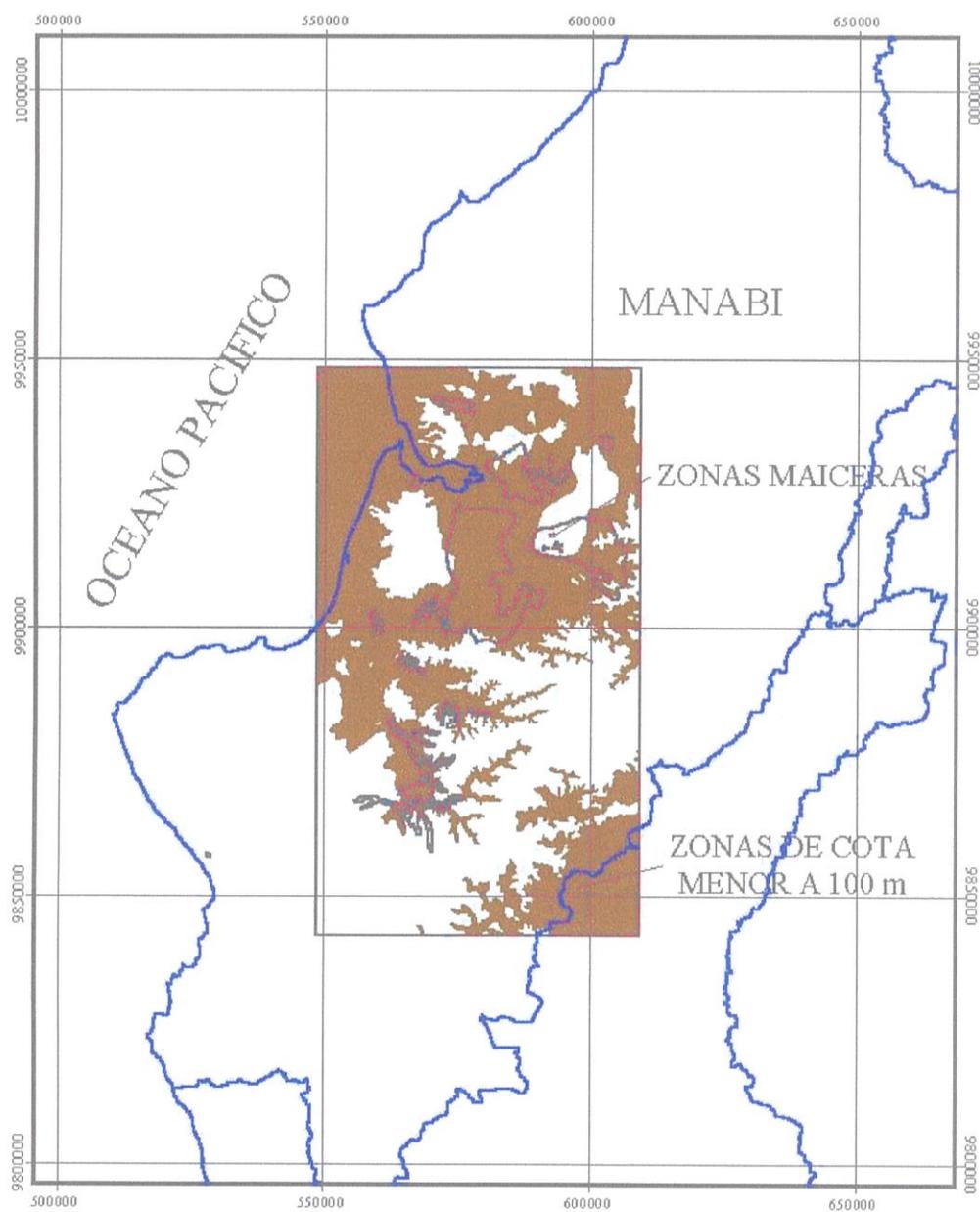
determinar áreas de mayor impacto pluviométrico, en las que la precipitación que cayó en el año 1994, sea en abril o en mayo, estuvo por debajo de la media mensual correspondiente, más en los dos años El Niño estudiados (1992-1998) estas mismas áreas recibieron valores pluviométricos mucho mayores a la media del mes.

Una vez obtenidos los mapas de distribución espacial de excedentes pluviométricos para los eventos El Niño 1991-92 y 1997-98, para las zonas de interés en Manabí y en Guayas-Los Ríos, se procedió a definir las áreas de máximos excedentes pluviométricos. Para Manabí, estas fueron establecidas como todas las áreas que presentaban valores mayores a 75 mm; este valor se tomó por ser la mitad del máximo excedente registrado en el año 92 (Niño moderado), y se trabajó con el mismo valor para 1998 (Niño extremadamente fuerte), por efectos de comparación.

En Guayas-Los Ríos no se establecieron áreas de máximos excedentes pluviométricos, pues en la distribución espacial del 92 el mínimo valor excedente registrado fue de 141 mm, mientras que para el año 98 fue de 335 mm, lo que indica que toda el área de interés fue afectada por excedentes pluviométricos altos.

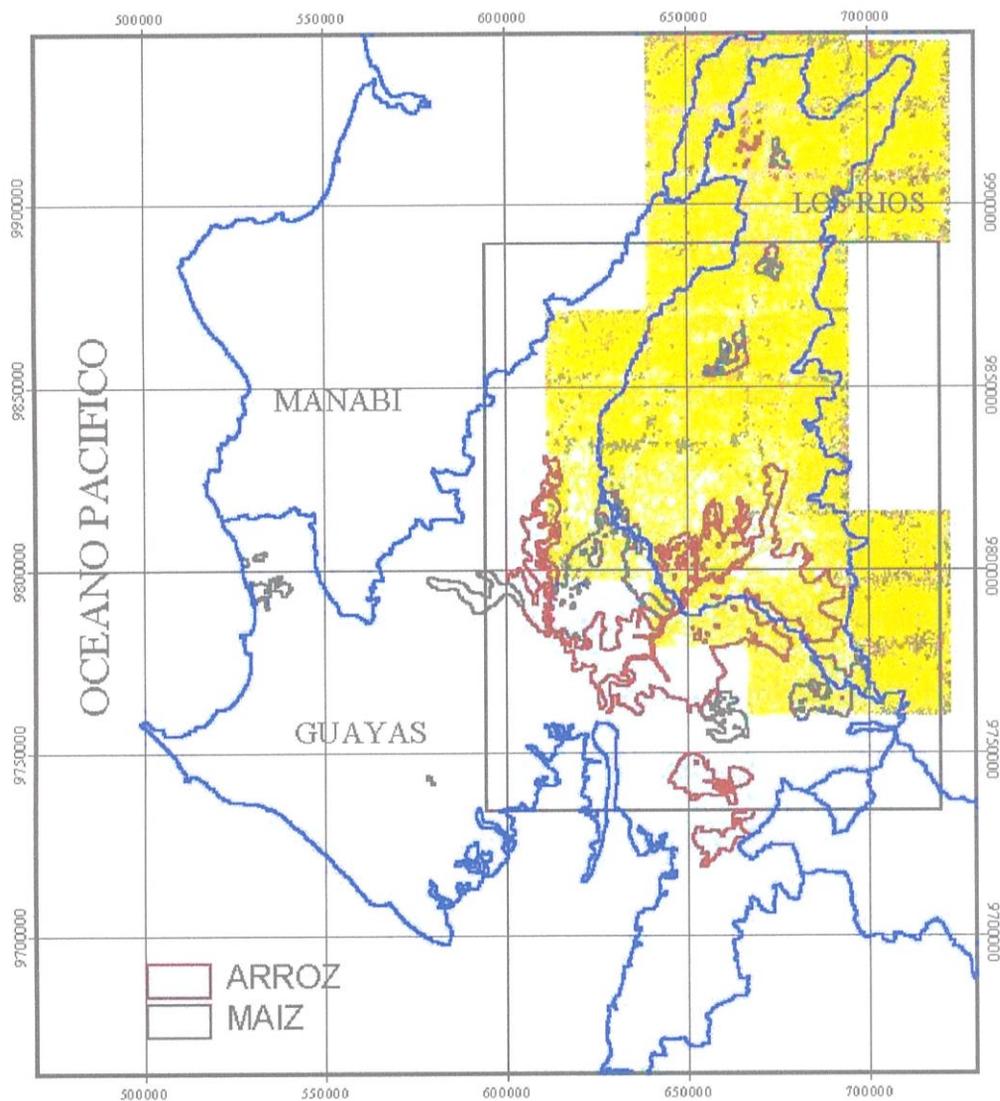
En Manabí se procedió a intersectar las áreas de máximos excedentes pluviométricos definidas para 1992 y 1998, con las zonas “bajas” de la provincia, en pos de encontrar las áreas agrícolas en riesgo potencial de

MAPA XVI: Zonas Bajas del Area de Estudio en Manabí



Fuente: DINAREN

MAPA XVII: Zonas Bajas de Area de Estudio en Guayas-Los Ríos  
(cota menor a 40 m)



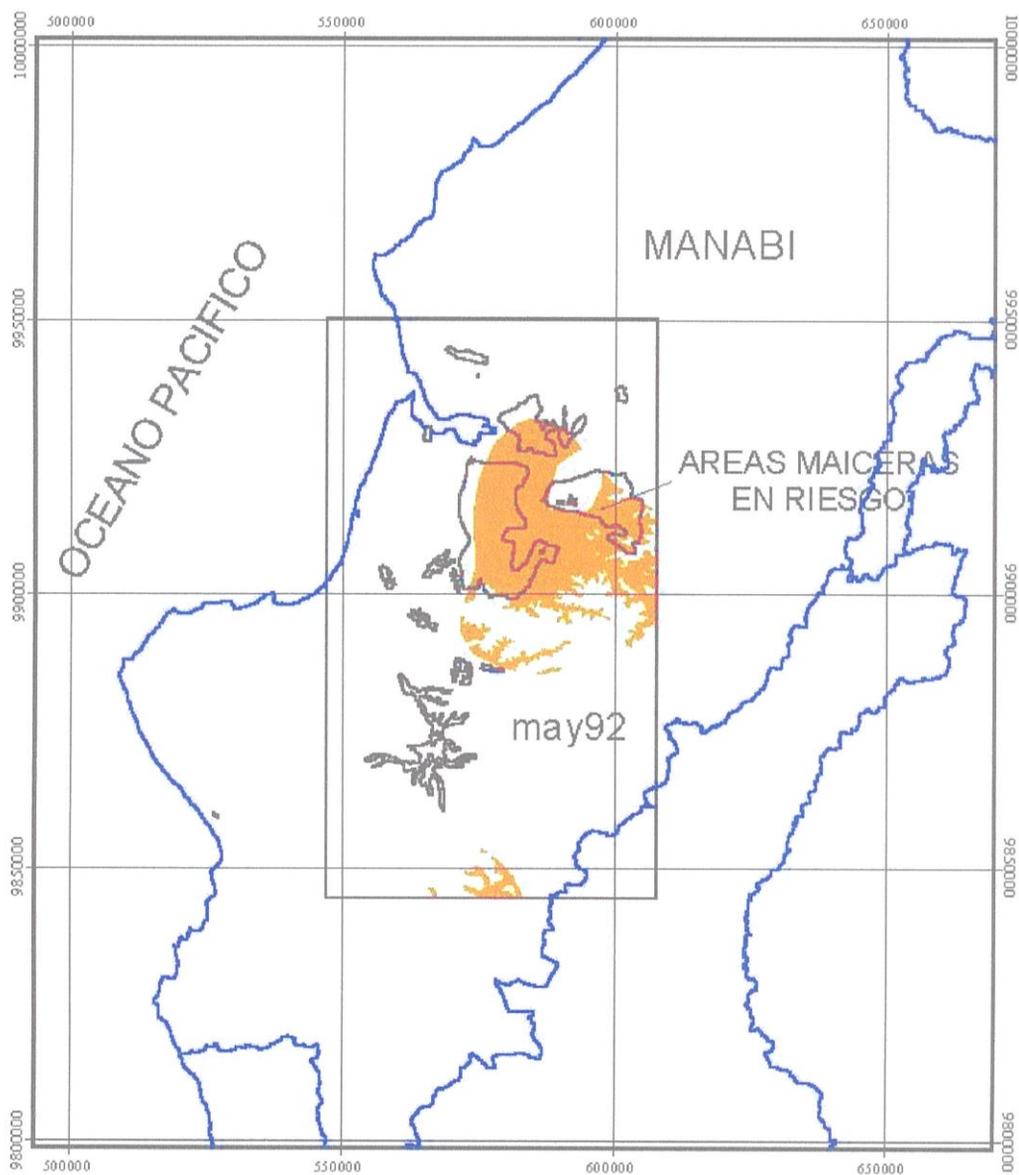
Fuente: DINAREN

sufrir pérdidas. Para esto se trabajó en la obtención de un polígono que contenga las zonas que presenten una cota menor a cien metros, dentro del área de interés; esto porque en la topografía de Manabí la cota mínima establecida era de 50 m, y la altura de 100 m. era la mínima requerida para poder obtener un polígono que representara las zonas “bajas” (MAPA XVI).

Para Guayas-Los Ríos no se pudo obtener un polígono semejante al de Manabí, pues no se contó con la topografía completa del área de interés, solo se obtuvo una parte sobre la zona norte, facilitada por el DINAREN, y esta muestra que la mayor parte de esa zona está constituida por áreas de cota menor a 40 m (MAPA XVII, isolíneas amarillas); esto solo indicó, visualmente, que parte de las zonas agrícolas de interés están ubicadas sobre zonas bajas y que corren alto riesgo de pérdidas si se presentan excedentes extremos de precipitación. Sin embargo, al evaluar los mapas de máximos excedentes para mayo de 1992 y abril de 1998 (MAPAS XIV - XV), y teniendo en cuenta que hacia el sur de la Cuenca del Guayas las tierras son más bajas, se puede notar que todas las áreas agrícolas de arroz y maíz ubicadas dentro del área de estudio reciben grandes excedentes pluviométricos tras la ocurrencia de un Niño, explicando esto la magnitud de los daños ocasionados.

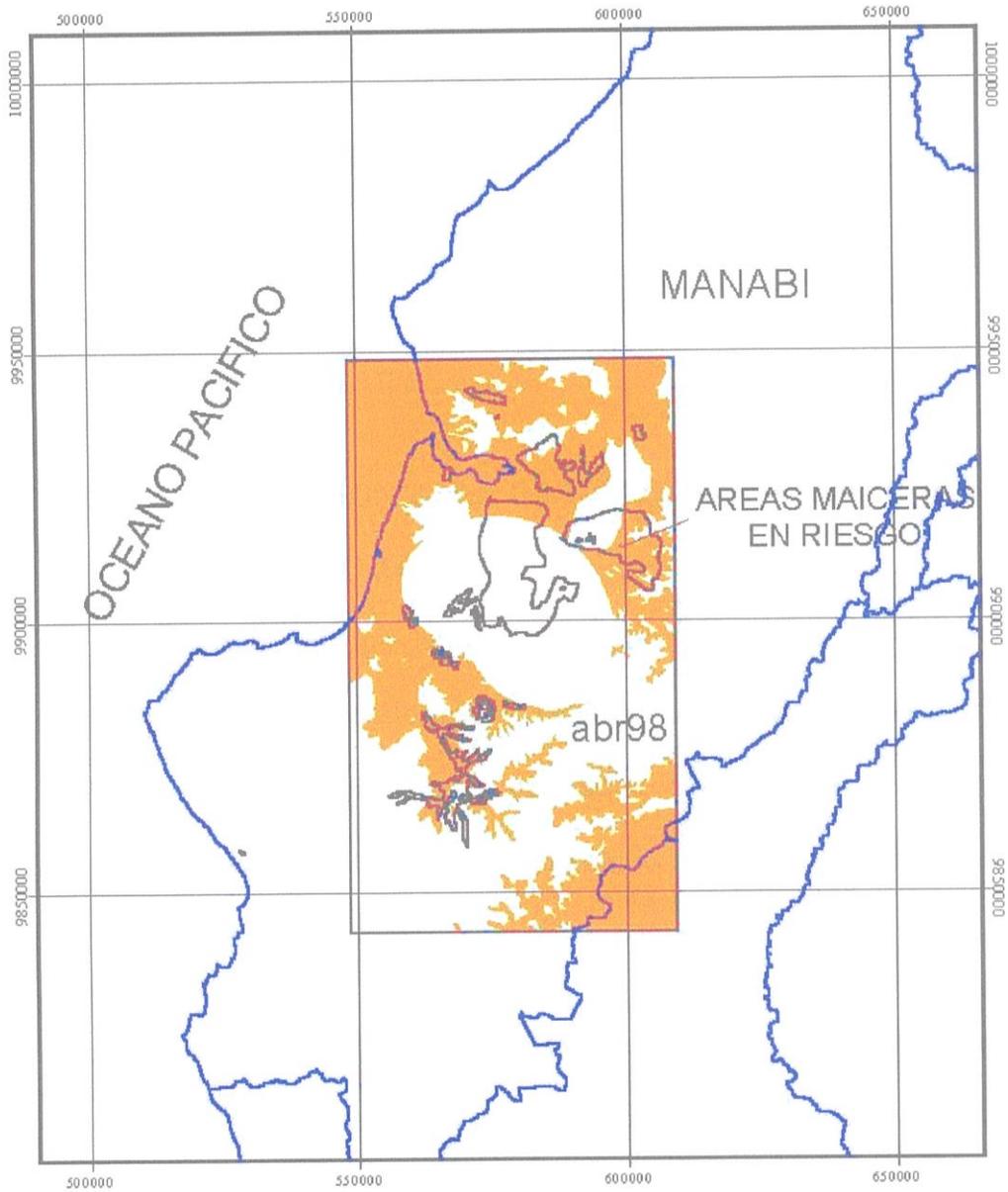
Debido a lo anteriormente expuesto, solo en Manabí se pudo llegar a definir áreas en riesgo potencial de inundarse por excedentes extremos de

MAPA XVIII: Areas Maiceras Bajas en Riesgo por Excedentes de Precipitación en Manabí durante Mayo de 1992



Fuente: DINAREN

MAPA XIX: Areas Maiceras Bajas en Riesgo por Excedentes de Precipitación en Manabí durante Abril de 1998



Fuente: DINAREN

lluvias. Esto se hizo, intersectando las zonas de cota menor a 100 m., con las áreas de máximos excedentes pluviométricos establecidas ( $> 75$  mm). Así la intersección descubrió áreas agrícolas en riesgo potencial de sufrir pérdidas de cultivos, por hallarse sobre zonas sensibles a inundaciones, durante un Niño de intensidad moderada ó extremadamente fuerte (MAPAS XVIII - XIX). Las áreas maiceras en riesgo, bajo excedentes de precipitación mayores a 75mm, que se observan durante mayo de 1992, presentan un área menor para abril de 1998, donde la afectación según lo expuesto en el capítulo II fue mayor.

### **3.1.3.1 APLICACIÓN PARA LA UTILIZACION DE LOS MAPAS DE RIESGO AGRICOLA**

Los mapas que se han construido y presentado en esta tesis, constituyen básicamente una guía, pues focalizan áreas agrícolas que podrían verse afectadas por grandes excedentes pluviométricos, tras la ocurrencia de un evento El Niño de intensidad moderada y en Niños extremos.

Sin embargo, estos son solo mapas base, pues evidencian un escenario de riesgo específico en el tiempo que no puede ser tomado como un patrón usual para ninguno de los dos tipos de eventos El Niño que se han estudiado.

Empero pueden servir de base para proyectos de investigación futuros más específicos, sobre las áreas agrícolas determinadas en el presente trabajo, que involucren otras variables físicas y socioeconómicas específicas de las áreas en riesgo, que permitan establecer el grado de vulnerabilidad de las mismas.

Mapas de vulnerabilidad elaborados a partir de la información obtenida en este trabajo de investigación, podrían ayudar al estado a focalizar la ayuda, a las áreas arroceras y maiceras más afectadas por El Niño en estas zonas, a través de los gobiernos seccionales, con obras de infraestructura y planes de desarrollo agrícola que incluyan manejo de riesgos agrícolas zonificados.

## CAPITULO 4

### 4.1 DISCUSION

Los resultados arrojados por este estudio sobre el impacto que fenómenos El Niño tienen sobre los cultivos de arroz y maíz en las principales zonas productoras, dejan ciertas inquietudes sobre las que resultante importante discernir. A primera vista se puede observar en los gráficos de distribución de producción, superficie cosechada y rendimiento vs los índices locales, que los fenómenos El Niño en estudio han ejercido una influencia negativa sobre los cultivos, aunque no en todos los casos; sin embargo esta no ha sido igual para todos los cultivos e incluso ha variado para un mismo cultivo que se produce en dos zonas diferentes.

Una de las interrogantes que salta a la vista es, por qué la necesidad de construir índices locales para ENOS, cuando ya existía un índice (MEI) que pudo ser usado directamente para establecer la relación entre clima y producción, para los dos cultivos en estudio?. A este respecto es importante conceptualizar que el índice multivariado MEI, representa la situación media de un área geográfica muy grande, mientras que los índices ENOS para Guayas-Los Ríos y Manabí, describen los cambios del clima a escala local, siendo más específicos para aplicarlos en el estudio de la influencia del clima sobre la producción en una zona.

Empero, es necesario tener en cuenta que los índices obtenidos en el presente trabajo, así como el índice MEI, no pueden ser usados para hacer pronósticos de clima, pues solo representan las variaciones del clima a tiempo real; por lo que su uso estaría orientado más bien a servir como alerta temprana a los gobiernos seccionales correspondientes, que ante la posible ocurrencia de un evento El Niño (valores positivos del índice con tendencia al incremento), ejecutarían con tiempo las acciones necesarias para la reducción de impactos.

El caso del índice ENOS Manabí es singular, pues a pesar de haber sido construido a partir de información de clima de solo dos estaciones meteorológicas (por no existir más información disponible en la zona), resultó un buen indicador local de El Niño, según indicó la buena correlación que presentó con el índice patrón MEI; de tal modo que su uso como indicador local del desarrollo de eventos El Niño para reducción de daños en la zona agrícola de Manabí, es aceptable.

Otro aspecto a recalcar aquí es la limitación en el tiempo de registro de los parámetros de clima utilizados en la construcción de los índices, pues los 29 años de información utilizada incluyen varios eventos de intensidad extrema y casi una década anómala (1990-99) que registra eventos El Niño con mayor frecuencia e intensidad que las décadas anteriores.

Pero si las series de clima se consideran insuficientes, que decir de las series agrícolas que presenta su variación dentro de un período anómalo muy corto

(1990-98), en el cual se registra demasiada variabilidad de clima asociada a El Niño (dos eventos importantes 1991-92 y 1997-98), y muy poca información agrícola disponible, que no ha podido ser filtrada (arroz y maíz), lo cual no permite determinar con claridad cuanto de su comportamiento se debe a variables económicas, como inflación, encarecimiento de insumos, disponibilidad de créditos etc.; y cuanto a la influencia del clima local. También está el hecho que se trabaja con información de producción por provincia, lo cual no permite apreciar los efectos diferenciados sobre los microclimas existentes en cada zona, es decir en la distribución espacial de la producción.

Es evidente que un registro más largo de los parámetros de clima mejoraría el margen de confianza de los índices creados, al incluir más eventos El Niño débiles o moderados que equilibren las anomalías registradas por las series. Esto permitiría estudiar de mejor manera la variabilidad climática y su influencia sobre el clima local, tanto en las fases cálidas (índice positivo) conocidas como El Niño, así como en las frías (índice negativo) conocidas como La Niña, y relacionarlos con el comportamiento de varios sectores involucrados en la economía nacional y que son afectados por estos eventos, como el agrícola, el camaronero, el hidroeléctrico, etc.

Así también se refleja la necesidad que tiene el País de mantener un registro continuo de datos agrícolas, que registren su variación espacial a microescala, para efectuar estudios más específicos, que determinen los efectos de los

microclimas afectados por El Niño sobre los cultivos, y poder usar esta información como una herramienta de manejo agrícola en Ecuador.

Repasando el análisis de los resultados en arroz, se tiene que en Guayas su producción, representada por los tres parámetros agrícolas en estudio, es dependiente de las variaciones del índice ENOS Guarios (un pico alto del índice produce una baja en la producción y viceversa), esto se entiende si se tiene en cuenta que el cultivo se desarrolla sobre zonas bajas, con alto riesgo de inundación; Empero, el tiempo de respuesta del cultivo frente a la variación del clima no es el mismo siempre, quizá por esto al relacionar las series agrícolas con el índice no se obtenga una buena correlación, a pesar de establecer desfases de tiempo.

El hecho de que la producción de arroz en Guayas sea tan vulnerable a variaciones interanuales de clima, obedece quizá al régimen de excedentes de precipitación que se presenta tras el desarrollo de un evento El Niño, como se ve en los mapas de distribución espacial de máximos excedentes para Guayas-Los Ríos, contruidos para el mes pico de los fenómenos en estudio. Si se combina uno de los escenarios anteriores con zonas “bajas”, se puede entender que un aumento de lluvias, consecuencia de El Niño, ocasione con gran facilidad inundaciones, pues muchos de los ríos que bañan esta zona se encuentran sedimentados y se desbordan con facilidad.

En Los Ríos la situación se muestra diferente, aquí la producción de arroz no parece estar supeditada a las variaciones de clima; lo que sí se observa es el impacto que los fenómenos El Niño 1991-92 y 1997-98 han ejercido sobre el cultivo, beneficiándolo durante 1992 y reduciendo al mínimo su producción para 1998. Empero esto puede entenderse debido a que las zonas productoras en Los Ríos son más “altas” que en el Guayas, lo que hace que un excedente de lluvias como el ocurrido durante 1992 (Niño de intensidad moderada), no cause inundaciones, más sea productivo para el cultivo, desde que permite mayor humedad en los suelos; esto último se vió reflejado en la producción de verano de ese año. Además debe señalarse que el pico de precipitaciones se registró en mayo, mes para el cual la mayor parte de la producción ya había sido recogida. Más para el invierno de 1998 (Niño de intensidad extrema) los excedentes de precipitación registrados (>450 mm) durante la época de cosecha, redujeron en más del 50% su producción.

Para los cultivos de maíz en cambio la relación El Niño-producción es clara al señalar impactos negativos tanto en el Niño 1991-92 como en el ocurrido en 1997-98. Es necesario indicar que las pérdidas en este tipo de cultivo no solo se dan por la inundación que arrasa los cultivos, sino también por exceso de humedad que permite la proliferación de hongos que atacan el grano. La producción de maíz presentó una reducción considerable en el invierno de 1992, tanto en Guayas como en Manabí, donde la mayor parte del área dedicada al cultivo está ubicada en tierras bajas, por lo que la afectación puede ser atribuida a

inundaciones. En Los Ríos este Niño disminuyó en poco porcentaje la producción de maíz; esto evidencia una menor afectación en las áreas cultivadas en tierras altas. La producción de maíz en las tres provincias, fue mínima para el invierno de 1998, denotándose así, el impacto que los máximos excedentes de lluvias producidas por el evento, tuvieron sobre los cultivos ubicados tanto en tierras altas (Los Ríos) como en las bajas (Guayas y Manabí).

Se observa además que la variable de rendimiento usada en este trabajo, no presenta una buena capacidad para registrar variaciones interanuales (El Niño), excepto las extremas que se registran en los cultivos de cada zona, como la del 97-98. Tan solo el rendimiento del cultivo de arroz en Guayas y Los Ríos, y el de maíz en Manabí, registran una afectación negativa por la ocurrencia de un evento moderado (El Niño 1991-92), en las otras dos zonas este parámetro no está sujeto a la variación. Además es necesario indicar que el rendimiento tal y como se ha calculado aquí, obedece a una limitante del estudio, puesto que no existe información de superficie sembrada mensual disponible, que permitiría obtener un parámetro más representativo.

Es importante indicar que las zonas de riesgo agrícola determinadas en Manabí para mayo de 1992 y abril de 1998, están basadas en un excedente mínimo de precipitación de 75 mm que es un valor empírico, que presenta un escenario tentativo de riesgo para cada fecha, en zonas menores a 100 m de altura (mínima cota registrada en la topografía de la provincia, DINAREN). Al observar el mapa obtenido para abril del 98 se observa que los máximos excedentes de

lluvias se distribuyen sobre poca parte del área maicera de la provincia, sin embargo debido a los excedentes extremos y a su distribución se puede deducir que los daños a los cultivos de maíz durante 1998 (ubicados en su mayor parte sobre zonas bajas), se produjeron por desbordes de ríos alimentados por los grandes excedentes registrados en áreas altas de la provincia.

## 4.2 CONCLUSIONES

A partir de lo tratado anteriormente y de los resultados expuestos en el capítulo III, se concluye que:

- Los índices locales ENOS construidos para las zonas Guayas-Los Ríos y Manabí, representan las variaciones a escala local provocadas por un evento ENOS regional, por lo que pueden ser usados en la prevención y mitigación de daños agrícolas por la ocurrencia de dichos eventos en cada zona.
- Los índices locales construidos, así como el índice patrón MEI, no pueden ser usados para realizar pronósticos pues ellos solo pueden registrar las variaciones del clima en tiempo presente.
- Del cálculo de los vectores de precipitación, temperatura y humedad relativa para Guayas-Los Ríos y Manabí, se concluye que los primeros modos encontrados en cada variable son homogéneos, por lo tanto representativos del comportamiento de cada parámetro en la zona.

- El parámetro de humedad relativa presentó dos modos de importancia, en la combinación de las variables locales de Guayas-Los Ríos y la TSM (regional), lo que denota que aparte de registrar la influencia de eventos ENOS, su comportamiento está ligado de manera importante a otro tipo de variabilidad de clima, no determinada aquí.
- El índice regional IOS y la variable de presión al nivel del mar de Tahití son indicadores regionales de El Niño, que registran su variabilidad climática a macroescala, tanto espacial como temporal. De tal forma que no pueden ser usadas en conjunto con parámetros locales, como temperatura del aire y precipitación, para la obtención de un índice local de clima; lo cual se vio reflejado en los resultados obtenidos en el capítulo III, tanto para el índice ENOS Manabí como para el de Guayas-Los Ríos.
- La variable regional TSM en la zona Niño 1+2 es un parámetro directamente involucrado en el comportamiento de las variables atmosféricas locales, siendo un buen indicador de El Niño tanto a escala local como regional.
- El vector de precipitación de Manabí, así como el de Guayas-Los Ríos, al combinarse con el MEI, registra dos valores de importancia; siendo el más alto, el registrado por el primer modo. Analizando este particular, se llega a la conclusión que este parámetro está fuertemente influenciado por dos tipos de variabilidad, una es la interanual (evento ENOS, modo 1) como lo

muestran los índices obtenidos, y la otra podría ser el ciclo anual, que en este parámetro local es muy marcado (estación húmeda y seca).

- El comportamiento agrícola de los cultivos de arroz y maíz en cada zona, excepto para arroz en Guayas, no se vio directamente relacionado con las variaciones interanuales del clima descritas por los índices locales construidos, durante el período 1990-98.
- El período de estudio seleccionado (década de los 90) no es representativo para obtener condiciones promedios, pues está fuertemente influenciado por la presencia de dos eventos El Niño muy particulares en el presente siglo; el de 1991-92, caracterizado por ser uno de los de mayor duración y el de 1997-98 que fue uno de los más intensos.
- La producción arroceras y maiceras de Guayas y Manabí se vio afectada negativamente tras la ocurrencia de un evento El Niño de intensidad moderada; mientras que para eventos extremos como El Niño de 1997-98, la producción en todas las áreas agrícolas estudiadas (Manabí, Guayas y Los Ríos) fue afectada.
- La producción de arroz y maíz en Los Ríos, por ser esta una zona más alta, no presenta una gran afectación tras la ocurrencia de un evento El Niño de intensidad moderada (1991-92).

- La producción de arroz en Guayas depende, en orden inverso, de las variaciones interanuales del clima representadas por el índice ENOS Guayas-Ríos.
- El que no se registre una alta correlación entre la producción de arroz en Guayas y el índice ENOS Guayas-Ríos, para el período 1990-1995, puede ser atribuido a que el tiempo de respuesta del cultivo a las variaciones del clima no sea el mismo siempre, ya que depende de otras variables externas, no determinadas en este estudio.
- Los datos de producción y rendimiento agrícola son afectados por otras variables (económicas), como inflación, encarecimiento de insumos, disponibilidad de créditos entre otras, que no han sido filtradas.
- De las altas correlaciones registradas entre los rendimientos y la producción de maíz, en relación con los índices locales durante los años 1997-98, se concluye que este cultivo fue más sensible a las variaciones extremas del clima registradas durante El Niño 1997-98; con un tiempo de respuesta, de los parámetros de producción y rendimiento, de tres a cuatro meses (el tiempo de cultivo). Siendo Guayas la provincia que presentó la más alta correlación en ambos parámetros.
- De los mapas de distribución de los excedentes máximos de precipitación sobre la zona de Guayas-Los Ríos, se concluye que éstos fueron máximos y generalizados en todo el sector en estudio, durante abril de 1998 (evento de

intensidad extrema); esto también sucedió en mayo de 1992 (fenómeno de intensidad moderada), pero con menores excedentes registrados.

- De los mapas de distribución de excedentes máximos de precipitación sobre Manabí se concluye que, durante El Niño 1991-92 (evento moderado) las precipitaciones máximas se distribuyeron sobre la mayor parte de las zonas maiceras; mientras que en 1997-98 aunque los máximos excedentes de precipitación (mucho mayores por ser un evento El Niño extremo), no se distribuyeron sobre la mayor parte de las zonas maiceras (zonas bajas), estas fueron afectadas por las inundaciones, ocasionadas por los excedentes de precipitación registrados.
- La distribución espacial de los excedentes de precipitación en las dos zonas en estudio, tanto en eventos El Niño como en años normales, muestra grandes variaciones en sus valores a corta distancia.

### **4.3 RECOMENDACIONES**

- Los índices locales ENOS construidos para las zonas Guayas-Los Ríos y Manabí, deberían ser actualizados continuamente, de tal forma que contando con mayor cantidad de datos, mejoren su capacidad de registro de eventos ENOS en formación.
- El uso principal de estos índices debería estar orientado a servir como un sistema de alerta temprana, que prevenga a los gobiernos seccionales sobre

la presencia de un evento El Niño, para que estos inicien acciones preventivas que reduzcan los riesgos de afectación de las áreas de influencia.

- Se recomienda la realización de estudios más especializados, incluyendo mayor número de variables y mayor tiempo de registro, que permitan descubrir la incidencia real del clima sobre los cultivos en estudio.
- El utilizar datos de producción por cantones podría ayudar talvez, a encontrar una mejor relación entre el clima y la producción de arroz y maíz en las zonas estudiadas.
- Se deberían elaborar a futuro mapas de riesgo, que incluyan variables como tipo de suelo, una topografía más detallada y otros parámetros hidráulicos que permitan determinar de manera más específica áreas en riesgo de inundación.
- En trabajos futuros se recomienda la generación de mapas de riesgo que incluyan escenarios de distribución de precipitación para cada mes de un evento El Niño y de los meses “normales” correspondientes para poder usar esta información como base, en el manejo de riesgos por inundaciones en el tiempo.
- Un uso atribuible a los índices locales hallados podría ser para el manejo de los desfoges en la represa Daule-Peripa, pues esta información permitiría

programar estos de manera anticipada y metódica, durante un evento El Niño en formación.

- Se requiere disponibilidad de información, tanto agrícola como de clima, además de estudios específicos en las zonas estudiadas, que permitan afinar los índices ENOS locales construídos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Angladette A., El Arroz, 1975, pp. 137-151
2. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.59 (Noviembre 1990)
3. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.61 (Julio 1991)
4. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.63 (Enero 1992)
5. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.65 (Abril 1992)
6. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.66-I (Abril 1993)
7. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.67-I (Mayo 1994)
8. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.67-III (Octubre 1994)
9. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.68-I (Abril 1995)

10. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.69-I y II (Mayo y Agosto 1996)
11. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.70-I (Abril 1997)
12. Banco Central del Ecuador y Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de Encuestas de Coyuntura, Sector Agropecuario, No.71-III (Octubre 1998)
13. Bayot B., "Variabilidad de Baja Frecuencia de Parámetros Oceano-Atmosféricos en Salinas y Galápagos, durante el período 1985-1988" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1993)
14. Benites P., "Variabilidad Climática Anual e Interanual y su Influencia en los Indicadores Socioeconómicos en el Ecuador" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001)
15. Castañeda P., El Maíz y su Cultivo (México, AGT EDITOR, 1990), pp. 291-30
16. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Ecuador: Evaluación de los Efectos Socio Económicos del Fenómeno de El Niño en 1997-1998, Junio 1998

17. Cornejo M.P., "Reducing the Impacts of Environmental Emergencies through Early Warning and Preparedness-The Case of El Niño Southern Oscillation (ENSO)", Ecuador 2000
18. Enfield D., Cornejo M.P., Smith R. y Newberger P.A., "The Equatorial Source of Propagating Variability along the Peru Coast During the 1982-1983 El Niño", *Journal of Geophysical Research*, Vol.92, No.C13, dic 1987, pp. 14.335-14.346
19. Gasparri E., Tassara C. y Velasco M., editores. El fenómeno de El Niño 1997-1999 en el Ecuador del Desastre a la Prevención, "El Niño y La Niña: una oscilación climática, por Santos J.L.", 1999, Primera Parte
20. Gasparri E., Tassara C. y Velasco M., editores. El fenómeno de El Niño 1997-1999 en el Ecuador del Desastre a la Prevención, "Los Efectos Económicos y Sociales de El Niño, 1997-1998, por Vos R., Velasco M. y De Labastida E.", 1999, Segunda Parte
21. Grijalva A., editor, "Datos Básicos de la Realidad Nacional", Corporación Editora Nacional, 1997, pp. 13-39, 87-89
22. Grupo Regional ERFEN, Resultados Oceanográficos y Meteorológicos relacionados con El Niño 1992 (Guayaquil, Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, noviembre 1992)

23. Johnson R. y Wichern D., *Applied Multivariate Statistical Analysis* (4ta. Edición, New Jersey, Prentice Hall, 1990), pp. 458-466
24. Mendenhall W., *Estadística para Administradores* (México D.F., Grupo Editorial Iberoamérica, 1990), pp. 245-247, 572-576
25. Palacios E., editor, "Fenómeno de El Niño 1997-1998, Evaluación Meteorológica" (Quito-Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, agosto 1998)
26. Palacios R., *Impacto del Fenómeno El Niño (ENOS) sobre Sectores Claves de la Economía* (Guayaquil, Banco de Guayaquil, Julio 1997)
27. Rodríguez M., *Evento "El Niño" 1991-92 en el Ecuador*, (Quito-Ecuador, 1992)
28. Rossel F., *Influencia de El Niño sobre los Regímenes Hidropluviométricos del Ecuador*, serie INSEQ N° 18 Tomo II, INAMHI-ORSTOM, 1997
29. Silva G., "Análisis de la Variabilidad Climática de la Zona Costera Ecuatoriana utilizando Componentes Principales" (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1992)
30. Unidad Ejecutora SICA-INEC, *Encuesta Agropecuaria de Evaluación del Fenómeno "El Niño" Región Costa*, noviembre 1998, pp. 56-60