



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

TESIS DE MAGISTEREN CIENCIAS AGRARIAS

EVOLUCION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION AGROPECUARIA EN LA REGION ORIENTAL DE  
LA PROVINCIA DE LA PAMPA EN RELACION AL CAMBIO EN EL REGIMEN PLUVIOMETRICO 1971-  
2000

GRACIELA T. VERGARA

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2008

**PREFACIO**

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magister en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Agronomía durante el período comprendido entre Diciembre de 2002 y Noviembre de 2008, bajo la dirección del Dr. Roberto E. Brevedad y del Ing. Agr. Eduardo Sierra (UBA)

Graciela T. Vergara



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el ....../....../..... , mereciendo la calificación de  
.....(.....)

## **RESUMEN**

La región oriental de La Pampa se caracterizó históricamente por una estructura productiva agropecuaria mixta. A partir de la década del 60 comienza a expandirse el área de cultivos de verano con relación a los de invierno y a las pasturas perennes.

Existen estudios que demuestran variaciones en el régimen hídrico durante el mismo período. Esto induce a pensar que existiría una relación causal entre el cambio en el régimen de precipitaciones y los cambios observados en los sistemas productivos. Por las razones expuestas se llevó a cabo un estudio de la modificación en el régimen de precipitaciones, a fin de evaluar su influencia en el proceso de expansión de la frontera agropecuaria en La Pampa.

El análisis se realizó para la región ubicada al este de la isoyeta de 700 mm de la provincia y la misma se trabajó dividida en tres zonas: norte, centro y sur. A fin de estudiar si en cada una de las zonas todas las localidades consideradas responden al mismo régimen pluviométrico, lo cual justificaría su evaluación conjunta, se calculó la matriz de correlación del conjunto de localidades para cada zona por campaña agrícola (julio a junio del año siguiente) y por trimestre. Se obtuvieron coeficientes de correlación altamente significativos, lo que indicó que las localidades de cada zona responden al mismo régimen.

Se evaluaron estadísticamente las tendencias de las lluvias (promedio zonal) en función del tiempo por campaña agrícola y por trimestre para cada una de las zonas con un modelo de regresión polinomial. Se estudió asimismo la existencia de un ciclo de precipitaciones correlacionando las series de precipitaciones observadas con un ciclo externo basado en la función seno. Para el análisis de la modificación en la estructura productiva se trabajó con las mismas zonas que se consideraron para estudiar el cambio en el régimen pluviométrico. Se analizó el área sembrada y cosechada de los cultivos de trigo, maíz, soja, girasol y sorgo granífero.

Las tendencias de las precipitaciones fueron positivas en todas las zonas tanto por campaña agrícola como por trimestre. El trimestre estival (EFM) concentró en todas

las zonas la mayor proporción del aumento de lluvias, en tanto que la menor se ubicó en el trimestre invernal (JAS). Los trimestres otoñal (AMJ) y primaveral (OND) mostraron aumentos de menor magnitud en las precipitaciones. El comportamiento de las precipitaciones parece ser parte de un ciclo de larga duración con fases secas y húmedas separadas por fases de transición, durante las cuales la frontera agrícola avanza o retrocede. Los cambios pluviométricos observados en toda el área este de la provincia de la Pampa corroboran que la difusión de los cultivos de cosecha gruesa fue facilitada considerablemente por este factor.

La expansión agrícola fue liderada por el cultivo de girasol que manifestó un crecimiento explosivo en toda el área sembrada. La superficie sembrada con maíz, aumentó en menor grado en las tres zonas, con incrementos porcentuales mayores en la zona centro y sur, respecto de la norte. A mediados del período estudiado comenzó a difundirse la soja. En las zonas centro y sur aumentó la siembra del cultivo de sorgo. La superficie sembrada con trigo se mantuvo dentro de los mismos valores.

#### **ABSTRACT**

The eastern region of La Pampa historically was characterized by a mix agricultural production structure. From the 1960 decade onwards the area of summer crops expanded in relation to winter crops and perennial pastures.

Other studies revealed that the climatic conditions in the same period also changed. This induced to think in a possible causal relation between changes in rainfall regime and those observed in the production system. Therefore a study of changes in the rainfall regime was carried out in order to evaluate its influence on the agricultural frontier expansion in La Pampa.

For the purpose of this analysis the oriental region of La Pampa, located east of the 700 mm isoquant, was divided into three zones: northern, central and southern. In each zone a correlation matrix with the rainfall data at all locations for the growing season (from July to June the following year) and per three months periods was constructed in order to corroborate that all locations are within the same rainfall regime.

Rainfall tendencies were statistically evaluated with regards to three-month and growing season time spans for each location and for each sub-zone averaged by a polynomial regression model. The hypothesis of a cyclic behavior of rainfall pattern as proposed by Roberto et al. (1994) was tested by correlating the rainfall series observed with an external cyclic sine function. There is a cyclic behavior of rainfall pattern with dry and humid phases separated by phases of transition during which advances or move back the agricultural border. The change in the productive structure was studied in the same zones that were used for climatic analysis. Total sown and harvested areas for wheat, corn, soybean, sunflower and grain sorghum were studied.

Rainfall increased during growing season and three-months time spans in all zones. Highest increments were found during the summer period. A positive tendency was also found for autumn and spring rain but its participation in total rain per cropping season was lower than that of summer rain. Winter rain had the lowest increase in all three zones. These changes in rainfall amounts and distribution pattern were common to all zones in the eastern part of La Pampa province, and corroborated that summer crops were considerably favored by this factor.

Agricultural expansion was led by sunflower and it was explosive. The area cropped with corn increased less in three zones. Highest increments were found in the central and southern zones. Soybean was introduced in the region only a few years ago. In central and southern zones, the area sown with grain sorghum increased. The area cultivated with wheat was similar along the whole period.

## **DEDICATORIAS**

A mis hijos Pablo Javier y Ana Lucía  
A Pablo, mi esposo  
A mi nona que me acompaña siempre  
Con infinito amor

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento

A la Facultad de Agronomía de la UNLPam por el aporte institucional para poder concretar mis estudios de postgrado.

A mi Director de Tesis Dr. Roberto Eric Brevedan por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica. Su confianza, sus sabios consejos, su afecto y paciencia resultaron fundamentales para la concreción de este trabajo.

A mi Director de Tesis Ing. Agr. Eduardo Sierra por sus aportes científicos. Sus valiosas críticas y discusiones sobre los resultados de este trabajo.

Al Ing. Agr. Guillermo Casagrande por sus calificadas sugerencias, sus acertados aportes y por enseñarme que no hay límites, que sólo hay que proponérselo y sostener el proyecto. Su generosidad, su compañerismo, su comprensión y su calidez han hecho más fácil estos veintidós años de trabajo compartido. Gracias Guillermo por transmitirme tu entusiasmo por la Agrometeorología y compartir tus conocimientos.

A la Ing. Agr. María Lila Faraldo y la Dra. Estela Baudino por su amistad y apoyo incondicional.

A la Ing. Agr. Elke Noellemeyer por su permanente disposición y desinteresada ayuda.

Al Dr. Roberto Seiler, mi profesor de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC. A través de él descubrí esta Ciencia que me apasiona.

Al Ing. Agr. Francisco Babinec por sus aportes estadísticos.

Al Dr. Armando Suarez por su incondicional colaboración.

A mis compañeros del Pabellón de Producción Vegetal por su continuo y afectuoso aliento.

A los Ing. Agr. Patricio Cony y Luciano Veliz, ayudantes de la Cátedra en sus épocas de alumnos. Los quiero mucho y gracias.

A mis amigos de la Asociación Argentina de Agrometeorología porque cada uno de ellos ha contribuido de una manera especial a la realización de este trabajo.

A mi esposo por su amor, comprensión y constante estímulo. Muchas de las horas aquí invertidas se las he robado a él.

A mis hijos por su amor, su alegría, su paciencia y por soportar mi desaparición en presencia.

A mis padres por su apoyo y por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

Al Dr. Omar Blanco porque más que un médico excelente es un ser humano excepcional que me acompañó en el momento más difícil de mi vida. Te debo tanto!

A mis tíos Romelia y Bocha por estar siempre presentes y darme tanto cariño.

A mis primas Any y Alicia por acompañarme en todos los momentos importantes de mi vida.

Al Ing. Agr. Vicente Requejo por su desinteresada colaboración.

A todas las personas que han creído en mí.

## INDICE

Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos.....	vii
Lista de figuras.....	xi
Lista de cuadros.....	xvi
1. Introducción.....	1
1.1. Revisión de la literatura (o bibliográfica).....	1
1.2. Antecedentes históricos del comportamiento cíclico de las lluvias en La Pampa.....	14
2. Hipótesis y Objetivos.....	22
2.1. Hipótesis.....	22
2.2. Objetivos.....	22
3. Materiales y Métodos.....	23
3.1. Zona estudiada.....	23
3.2. Datos climáticos.....	25
3.3. Datos agropecuarios.....	25
3.4. Metodología.....	26
4. Resultados y Discusión.....	29
4.1. Cambio del régimen pluviométrico.....	29
4.1.1. Homogeneidad espacial y temporal de las precipitaciones.....	29
4.1.2. Tendencia de las precipitaciones.....	34
4.1.3. Ciclo de precipitaciones.....	52
4.2. Impacto del cambio en el régimen de precipitaciones sobre la estructura agropecuaria del este de La Pampa.....	67
4.2.1 Incremento del área sembrada total por zona.....	67
4.2.2 Incremento del área sembrada por cultivo y por zona.....	73
4.2.3 Incremento del área cosechada total por zona.....	94
4.2.4 Incremento del área cosechada por cultivo y por zona.....	100

4.2.5 Relación entre el total de la superficie sembradas con cultivos estivales en las tres zonas y las precipitaciones.....	119
4.2.6 Relación entre el total de la superficie sembradas con cultivos estivales por zona y las precipitaciones.....	122
5. Conclusiones.....	126
6. Bibliografía.....	129

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Isoyetas de la zona estudiada.....	24
Figura 2: Distribución de las precipitaciones. Santa Rosa (1970-2000).....	24
Figura 3: Precipitación promedio zonal anual por campaña agrícola. Zona norte.....	35
Figura 4: Precipitación correspondiente al trimestre octubre-noviembre -diciembre (OND) promedio zonal. Zona norte.....	36
Figura 5: Precipitación correspondiente al trimestre enero-febrero-marzo (EFM) promedio zonal. Zona norte.....	36
Figura 6: Precipitación correspondiente al trimestre abril-mayo-junio (AMJ) promedio zonal. Zona norte.....	37
Figura 7: Precipitación correspondiente al trimestre julio-agosto -septiembre (JAS) promedio zonal. Zona norte.....	38
Figura 8: Precipitación promedio zonal anual por campaña agrícola. Zona centro.....	40
Figura 9: Precipitación correspondiente al trimestre octubre-noviembre -diciembre (OND) promedio zonal. Zona centro.....	41
Figura 10: Precipitación correspondiente al trimestre enero-febrero-marzo (EFM) promedio zonal. Zona centro.....	41
Figura 11: Precipitación correspondiente al trimestre abril-mayo-junio (AMJ) promedio zonal. Zona centro.....	42
Figura 12: Precipitación correspondiente al trimestre julio-agosto-septiembre (JAS) promedio zonal. Zona centro.....	43
Figura 13: Precipitación promedio zonal anual por campaña agrícola.. Zona sur.....	44
Figura 14: Precipitación correspondiente al trimestre octubre-noviembre -diciembre (OND) promedio zonal. Zona sur.....	46
Figura 15: Precipitación correspondiente al trimestre enero-febrero-marzo (EFM) promedio zonal. Zona sur.....	46
Figura 16: Precipitación correspondiente al trimestre abril-mayo-junio (AMJ) promedio zonal.....	47
Figura 17: Precipitación correspondiente al trimestre julio-agosto-septiembre (JAS) promedio zonal. Zona sur.....	48

Figura 18: Promedio anual de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00.....	49
Figura 19: Promedio trimestral (enero-febrero-marzo) de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00.....	49
Figura 20: Promedio trimestral (octubre-noviembre-diciembre) de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00.....	49
Figura 21: Promedio trimestral (abril-mayo-junio) de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00.....	49
Figura 22: Promedio trimestral (julio-agosto-septiembre) de precipitaciones en los períodos 1921/1970 y 1971/00.....	50
Figura 23: Promedio anual de precipitaciones en la zona norte en función del ciclo externo.....	55
Figura 24: Datos observados, calculados (a partir del ciclo externo) y promedio de la serie para el promedio anual de precipitaciones en la zona norte.....	55
Figura 25: Promedio anual de precipitaciones en la zona centro en función del ciclo externo.....	59
Figura 26: Datos observados, calculados (a partir del ciclo externo) y promedio de la serie para el promedio anual de precipitaciones en la zona centro.....	59
Figura 27: Precipitación promedio anual zona sur en función del ciclo externo.....	62
Figura 28: Datos observados, calculados (a partir del ciclo externo) y promedio de la serie para el promedio anual de precipitaciones en la zona sur.....	62
Figura 29: Promedio de precipitaciones por campaña agrícola de la zona norte. Datos observados y valores calculados.....	64
Figura 30: Promedio de precipitaciones por campaña agrícola de la zona centro. Datos observados y valores calculados.....	65
Figura 31: Promedio de precipitaciones por campaña agrícola de la zona sur. Datos observados y valores calculados.....	66
Figura 32: Cultivos estivales. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas.....	69
Figura 33: Superficie sembrada con cultivos estivales. Zona norte.....	70

Figura 34: Superficie sembrada con cultivos estivales. Zona centro.....	70
Figura 35: Superficie sembrada con cultivos estivales. Zona sur.....	71
Figura 36: Trigo. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas.....	76
Figura 37: Trigo. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.....	76
Figura 38: Trigo. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.....	78
Figura 39: Trigo. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.....	80
Figura 40: Maíz. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1923/00).....	80
Figura 41: Maíz. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.....	81
Figura 42: Maíz. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.....	82
Figura 43: Maíz. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.....	82
Figura 44 Girasol: Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1923/00).....	83
Figura 45: Girasol. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.....	84
Figura 46: Girasol. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.....	84
Figura 47: Girasol. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.....	85
Figura 48: Soja: Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1923/00).....	87
Figura 49: Soja. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.....	88
Figura 50: Soja. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.....	88
Figura 51: Soja. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.....	89
Figura 52: Sorgo granífero. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1923/00).....	89
Figura 53: Sorgo granífero. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.....	92
Figura 54: Sorgo granífero. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.....	92
Figura 55: Sorgo granífero. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.....	93
Figura 56: Cultivos estivales. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas total (1923/00).....	96
Figura 57: Cultivos estivales. Superficie cosechada por campaña en	

la zona norte.....	97
Figura 58: Cultivos estivales. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.....	97
Figura 59: Cultivos estivales. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.....	98
Figura 60: Trigo. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas.....	102
Figura 61: Trigo. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.....	103
Figura 62: Trigo. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.....	103
Figura 63: Trigo. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.....	105
Figura 64: Maíz. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas.....	107
Figura 65: Maíz. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.....	108
Figura 66: Maíz. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.....	108
Figura 67: Maíz. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.....	109
Figura 68 Girasol. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas.....	109
Figura 69: Girasol. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.....	110
Figura 70: Girasol. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.....	111
Figura 71: Girasol. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.....	111
Figura 72: Soja. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas.....	112
Figura 73: Soja. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.....	113
Figura 74: Soja. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.....	113
Figura 75: Soja Superficie cosechada por campaña en la zona sur.....	114
Figura 76: Sorgo granífero. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas.....	114
Figura 77: Sorgo granífero. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.....	117
Figura 78: Sorgo granífero. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.....	117
Figura 79: Sorgo granífero. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.....	118
Figura 80: Total de superficie sembrada por campaña agrícola en las	

tres zonas en función de las precipitaciones.....	121
Figura 81: Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona norte en función de las precipitaciones.....	123
Figura 82: Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona centro en función de las precipitaciones.....	124
Figura 83: Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona sur en función de las precipitaciones.....	125

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Matriz de correlación de la precipitación anual por campaña agrícola. Zona norte.....	30
Cuadro 2: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre julio-agosto-septiembre (JAS). Zona norte.....	30
Cuadro 3: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND). Zona norte.....	30
Cuadro 4: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre enero-febrero-marzo (EFM). Zona norte.....	30
Cuadro 5: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre abril-mayo-junio (AMJ). Zona norte.....	31
Cuadro 6: Matriz de correlación de la precipitación anual por campaña agrícola. Zona centro.....	31
Cuadro 7: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre julio-agosto-septiembre (JAS). Zona centro.....	31
Cuadro 8: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND). Zona centro.....	31
Cuadro 9: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre enero-febrero-marzo (EFM). Zona centro.....	32
Cuadro 10: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre abril-mayo-junio (AMJ). Zona centro.....	32
Cuadro 11: Matriz de correlación de la precipitación anual por campaña agrícola. Zona sur. ....	32
Cuadro 12: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre julio-agosto-septiembre (JAS). Zona sur.....	32
Cuadro 13: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND). Zona sur.....	33
Cuadro 14: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre enero-febrero-marzo (EFM). Zona sur.....	33
Cuadro 15: Matriz de correlación de la precipitación del trimestre abril-mayo-junio (AMJ). Zona sur.....	33
Cuadro 16: Análisis de regresión del promedio zonal por campaña agrícola. Zona norte.....	35

Cuadro 17: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por campaña agrícola. Zona norte.....	35
Cuadro 18: Análisis de regresión del trimestre octubre-noviembre-diciembre. promedio zonal. Zona norte.....	37
Cuadro 19: Análisis de regresión del trimestre enero-febrero-marzo promedio zonal. Zona norte.....	37
Cuadro 20: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre. Zona norte.....	37
Cuadro 21: Análisis de regresión del trimestre abril-mayo-junio promedio zonal. Zona norte.....	38
Cuadro 22: Análisis de regresión del trimestre julio-agosto-septiembre promedio zonal. Zona norte.....	38
Cuadro 23: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre. Zona norte.....	38
Cuadro 24: Análisis de regresión del promedio zonal por campaña agrícola. Zona centro.....	40
Cuadro 25: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por campaña agrícola. Zona centro.....	40
Cuadro 26: Análisis de regresión del trimestre octubre-noviembre-diciembre promedio zonal. Zona centro.....	42
Cuadro 27: Análisis de regresión del trimestre enero-febrero-marzo promedio zonal. Zona centro.....	42
Cuadro 28: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre. Zona centro.....	42
Cuadro 29: Análisis de regresión del trimestre abril-mayo-junio promedio zonal. Zona centro.....	43
Cuadro 30: Análisis de regresión del trimestre julio-agosto-septiembre Promedio zonal. Zona centro.....	43
Cuadro 31: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre. Zona centro.....	43
Cuadro 32: Análisis de regresión del promedio zonal por campaña agrícola. Zona sur.....	44
Cuadro 33: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio	

zonal por campaña agrícola. Zona sur.....	44
Cuadro 34: Análisis de regresión del trimestre octubre-noviembre -diciembre promedio zonal. Zona sur.....	47
Cuadro 35: Análisis de regresión del trimestre enero-febrero-marzo promedio zonal. Zona sur.....	47
Cuadro 36: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre. Zona sur.....	47
Cuadro 37: Análisis de regresión del trimestre abril-mayo-junio promedio zonal. Zona sur.....	48
Cuadro 38: Análisis de regresión del trimestre julio-agosto-septiembre promedio zonal. Zona sur.....	48
Cuadro 39: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre. Zona sur.....	48
Cuadro 40: Promedio de precipitación por trimestre observado y calculado en la zona norte.....	53
Cuadro 41: Promedio de precipitación por trimestre observado y calculado en la zona centro.....	56
Cuadro 42: Promedio de precipitación por trimestre observado y calculado en la zona centro.....	60
Cuadro 43: Cultivos estivales. Superficie sembrada promedio, máxima, mínima y en la campaña 1999/00. ....	69
Cuadro 44: Trigo. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	76
Cuadro 45: Maíz. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	81
Cuadro 46: Girasol. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	83
Cuadro 47: Soja. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	87
Cuadro 48: Sorgo granífero. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	90
Cuadro 49: Cultivos estivales. Superficie cosechada promedio, máxima, mínima y en la campaña 1999/00. ....	96

Cuadro 50: Trigo. Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	102
Cuadro 51: Maíz. Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	107
Cuadro 52: Girasol. Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	110
Cuadro 53: Soja: Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.....	112
Cuadro 54: Sorgo granífero: Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña1999/00.....	115
Cuadro 55: Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en las tres zonas en función de las precipitaciones.....	121
Cuadro 56: Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona norte en función de las precipitaciones.....	123
Cuadro 57: Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona centro en función de las precipitaciones.....	124
Cuadro 58: Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona sur en función de las precipitaciones. ....	125

# INTRODUCCION

## 1.1. Revisión de la literatura

La provincia de La Pampa limita al norte con las provincias de Mendoza, San Luis y Córdoba; al sur con la provincia de Río Negro; al este con la provincia de Buenos Aires y al oeste con la provincia de Mendoza. La superficie provincial es de 143.440 km<sup>2</sup>, un 3,8% del total del territorio nacional, por lo que se ubica en el noveno lugar respecto de la superficie de las demás unidades políticas de nuestro país.

Sus puntos extremos son:

- Norte: Paralelo 35°S, entre los meridianos 63° 23'W y 65° 07'W.
- Sur: Punto trifinio con las provincias de Buenos Aires y Río Negro, en el río Colorado. Latitud 39° 20'S Longitud 63° 23'W.
- Este: Meridiano 63° 23'W entre los paralelos 35° S y 39° 20'S.
- Oeste: Meridiano 68° 17'W entre los paralelos 36° S y 36° 11'S.

Como consecuencia de la particular relación ecológica establecida entre clima-suelo-vegetación, la potencialidad productiva de la provincia varía sustancialmente de este a oeste, predominando en el oeste un patrón de mayor inestabilidad de los ecosistemas naturales (Iglesias, 2000).

El sector este de la provincia de La Pampa concentra la mayor parte de la actividad agropecuaria de esta provincia, encontrándose en una franja de transición entre el clima seco ubicado al oeste, y el clima húmedo ubicado al este, que la hacen muy sensible a los cambios climáticos.

Durante la primera mitad del siglo XX, la estructura productiva del este de la provincia de La Pampa, estuvo centrada en establecimientos ganaderos complementados por una moderada proporción de agricultura en su porción más oriental, y casi exclusivamente ganaderos en su porción más occidental, predominando la cría vacuna como línea de producción. A medida que transcurrieron los años se fue consolidando un sistema extensivo o semiextensivo de producción agropecuaria basado en la rotación, en el mismo predio, de cultivos de granos con la siembra de

pasturas perennes para la alimentación del ganado. Los cereales y oleaginosas predominaron sobre la ganadería en las tierras más fértiles y húmedas de la región pampeana, aunque esa relación fue cambiando en el tránsito hacia los ambientes más frágiles y menos húmedos del oeste del territorio hasta invertirse casi completamente.

A partir de la década del 70, los sistemas tradicionales de producción experimentaron importantes cambios. La tradicional rotación entre cultivos de cosecha y ganadería, muy favorable para conservar la fertilidad, tendió a dejarse de lado. La producción agrícola aumentó de modo marcado, la superficie destinada a los cultivos de cosecha se intensificó introduciendo un cambio en los sistemas de producción. Los cultivos de grano penetraron en forma gradual pero continuada en el área semiárida situada en la región oriental de La Pampa, incrementando considerablemente su participación relativa en la producción total nacional. En el sector agrícola, que experimentó en los últimos años un importante proceso de incorporación de tecnología, los productos de mayor importancia son el trigo, el girasol, el maíz, el sorgo, y en menor medida la avena, el centeno, la soja, la cebada y los cultivos forrajeros (Iglesias, 2000). Se observó un aumento sostenido en la superficie dedicada a cultivos estivales de cosecha (maíz y girasol), cuyos rendimientos se incrementaron significativamente, en mayor proporción que los de invierno y las leguminosas (Viglizzo et al, 1995). Si bien este proceso se produjo simultáneamente en gran parte de la Región Pampeana, en el este de la provincia de La Pampa adquirió una mayor intensidad (Sierra et al, 1995 y 1996).

Analizando el perfil productivo de la provincia de La Pampa, Iglesias (2000) señaló que el sector primario aporta más del 55% del Producto Bruto Geográfico provincial (PBG). De ese total, el sector agropecuario representa más del 50%. Si bien el aporte del sector agropecuario en particular se ha mantenido constante a través de la década 1980/1990, ha sufrido un crecimiento desigual en sus componentes, con un aumento de la producción agrícola que pasa de un 23,4 a un 40,0 % del PBG Agropecuario. Esto se mantiene, con una tendencia creciente desde 1990, en desmedro de una disminución de la producción pecuaria que pasa de un 76,4 a un 59,3%, manteniéndose en los mismos niveles la participación forestal. Si observamos la evolución, vemos que la agricultura ha crecido un 110% mientras que la parte pecuaria se redujo en un 5,8%. Profundizando el análisis de la producción agropecuaria en particular, sobre la base del Valor Bruto de la

Producción (VBP) el grupo bovino ha pasado de representar un 58,2 a un 39,5% del total de la producción agropecuaria provincial, con un incremento de la parte agrícola, especialmente del sector oleaginoso, que pasó de un 4-5 a un 20-22% en 1990. La evolución positiva, para el período 1970/2000 del grupo de las oleaginosas fue del 520% contra un 75% de los cereales y solamente un 4% de los bovinos, que continúan siendo el grupo pecuario más importante en el ámbito provincial, mientras los demás grupos (ovinos, porcinos y caprinos) se redujeron en un 32-37%. En el caso de los granos, es importante observar el rendimiento provincial comparado con el del país y de otros países del mundo. De acuerdo a este análisis el rendimiento de trigo en La Pampa alcanza casi un 85% del promedio del país, siendo notoriamente más altos los rendimientos de países competidores. Con respecto al cultivo de maíz, La Pampa se encuentra en un 66% del rendimiento del país y muy por debajo de otros países competidores. Algo totalmente distinto ocurre con las oleaginosas, especialmente el girasol, donde el rendimiento de La Pampa está al mismo nivel del país y es superior a la mayoría de nuestros competidores.

La participación de La Pampa en el Producto Bruto Geográfico (PGB) agropecuario nacional alcanzó un promedio de 4,6%, manteniéndose en estos valores durante la década 1980/1990 (Iglesias, 2000). La mayor participación, tanto en términos de volumen de producción como de superficie cultivada, fue aportada por algunos cultivos de granos y la ganadería vacuna. El subsector agrícola regional participó con casi 16% (2,1 millones de hectáreas) de la superficie del país con cereales y oleaginosas (trigo, girasol, maíz, sorgo granífero, mijo, avena, cebada cervecera y centeno) y en un 9% (2,3 millones de toneladas) de la producción nacional de esos cultivos. Si se toma todo el conjunto de los cereales y oleaginosas (esto es, incluyendo soja) la participación regional total fue del 12% de la superficie y del 6,3% de la producción del país. El mayor aporte nacional por producto, en oleaginosas, corresponde al girasol con un promedio de participación algo superior al 15% de la producción total del país, llegando en la campaña 1993/1994 a casi 20%. En cereales, el trigo, que constituye el rubro de mayor importancia a nivel regional, participa con un 8% de la producción nacional. El maíz y el sorgo granífero lo hacen con un 3% y un 15%, respectivamente. La participación de la avena y el centeno es aún más importante en cuanto a su aporte a la producción nacional y lo hacen con un 28 y un

54% respectivamente. En el caso del mijo su aporte es del 17% y la cebada cervecera del 4%.

Este proceso de reconversión y migración de los cultivos y ganadería, fue estudiado desde el punto de vista econométrico y de la innovación tecnológica por diversos autores, entre los que pueden destacarse a Ferrer (1986), Obschatko y Del Bello (1986), Giberti (1988), Pizarro y Cascardo (1991), Pizarro (1999) y FAO (2004). Sin embargo, en ninguno de esos trabajos se encuentran hipótesis que consideren el componente climático.

Ferrer (1986) identificó los factores que condicionaron la evolución de la producción pampeana en el período 1920-1950 en dos categorías: internos y externos. Señaló el deterioro de los precios agrícolas, la fijación de precios de compra, la elevada tasa de inflación y el tipo de cambio como factores internos y la caída de los precios internacionales como el principal factor externo.

Se sostuvo que la evolución de la agricultura pampeana en los años 60 y 70 fue el resultado de una masiva incorporación de tecnologías más productivas, tales como híbridos de maíz, sorgo y girasol, germoplasma exótico en el trigo y el desarrollo del cultivo de soja (Obschatko y Del Bello, 1986). A esta innovación genética se sumó el gradual desarrollo de maquinaria agrícola, el empleo de los nuevos agroquímicos y la paulatina modificación de los comportamientos empresariales.

Pizarro y Cascardo (1991) describieron y caracterizaron la evolución de la agricultura pampeana en el período 1960/61-1986/87, destacando los cambios tecnológicos y los niveles de productividad. En el período analizado, los autores observaron que la producción agrícola pampeana registró un aumento significativo en el volumen de producción, atribuyendo esa mayor producción al incremento de los rendimientos y al crecimiento de la superficie sembrada. El aumento de esta última se basó, según los citados autores, por un lado en la disminución del área destinada a la actividad ganadera y por el otro a una intensificación en el uso del suelo, a través de la incorporación del doble cultivo en la rotación agrícola.

En un análisis más reciente, Pizarro (1999) señaló que la producción de los

principales cultivos de granos en el país, evolucionó en los últimos 40 años, dentro de una tendencia creciente. En los primeros años esa mayor producción se le adjudicó a aumentos de la superficie cultivada y a partir de la década de los 70 a un crecimiento sostenido de los rendimientos.

Una publicación de FAO (2004) expresa que en los últimos años hubo en la región pampeana un aumento de las explotaciones puramente agrícolas a expensas de las exclusivamente destinadas a la ganadería. Afirma que luego de la eliminación de los impuestos a la exportación, la producción de granos se volvió más atractiva, al sincerarse los precios, unido a los cambios tecnológicos más importantes de los años 90 que fueron el aumento en el uso de fertilizantes y la adopción de la siembra directa.

Si bien muchos estudios sostienen que serían la innovación tecnológica y los precios de mercado los factores disparadores capaces de lograr que la producción agrícola superase sus fronteras tradicionales a fin de satisfacer el estímulo generado por la demanda económica, necesariamente tanto la innovación tecnológica como el incremento de la demanda, debieron ser acompañados por cambios en las condiciones climáticas, sin los cuales no hubiera sido posible alcanzar estos logros en una zona agrícola marginal, netamente de secano.

Así se sostuvo que la variabilidad climática es la fuente principal de fluctuaciones de la producción de alimentos en las zonas de tierras de secano y que el clima tiene un importante impacto en los suelos, la vegetación, los recursos hídricos y el uso humano de la tierra en esas áreas (Williams y Balling, 1996)

El clima es un recurso renovable, pero es variable en el tiempo y en el espacio (Baier et al, 1999). Para un uso adecuado y eficaz de los otros dos recursos naturales (suelo y material genético vegetal/animal), el conocimiento del papel del clima es una condición previa esencial. Se necesita una mejor evidencia de las interacciones de los componentes físicos, biológicos y climáticos para la mejor comprensión de las implicaciones ecológicas del desarrollo agrícola. El desarrollo de estrategias de producción de alimentos sostenibles requiere un entendimiento más amplio de las limitaciones del ecosistema y las relaciones entre cultivos, árboles y ganado. La incorporación adecuada de consideraciones agroclimáticas en el desarrollo de

estrategias de perfeccionamiento necesita un marco temporal mucho mayor que el utilizado en el pasado. El clima es uno de los factores más importantes de determinación de la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola y debería darse más importancia a la comprensión de su potencial y limitaciones y determinar el impacto del uso sostenido de un sistema concreto de producción en función de sus recursos.

La humanidad es muy sensible a los impactos producidos por la variabilidad climática en el sector agropecuario, especialmente en aquellas regiones propensas a los desastres climáticos, climáticamente marginales, estratégicamente importantes o socialmente vulnerables (Oram, 1989).

Viglizzo (1994) afirmó que en medio de tantas alteraciones ambientales y ecológicas surge la problemática del clima y la agricultura. El clima parece estar sufriendo alteraciones que, en algunas regiones del mundo como la pampeana argentina, son de una magnitud digna de ser tomada en cuenta. Como clima y agricultura son componentes inseparables para el productor rural, es posible inferir que cualquier alteración de magnitud en el clima, puede producir modificaciones considerables en la estructura agraria de la región. Los cambios que ocurren en el patrón pluviométrico regional afectan al agro de distintas maneras. Las lluvias no sólo afectan el rendimiento, también alteran la estructura y el funcionamiento de los agroecosistemas. Las formas más intensivas de agricultura de cosecha avanzan o retroceden en función de las variaciones del régimen pluviométrico generando cambios sustanciales en los modelos regionales de uso de la tierra. La cantidad y diversidad de rubros explotados están, a su vez, asociados a la cantidad y distribución de las lluvias.

Estos estudios justifican ampliamente el rol fundamental que la variabilidad climática juega en la actividad agropecuaria. A la luz de los conocimientos actuales sobre la relación entre el clima y la agricultura, es posible estimar la capacidad productiva de un lugar o región en función de sus disponibilidades y características climáticas, las que, en primera instancia, condicionan el posible uso de las tierras y tipo de explotación, las especies vegetales y animales a utilizar y las técnicas productivas adecuadas.

La provincia de La Pampa no se encuentra exenta de la influencia climática, ya que en

cualquier región de agricultura extensiva, el régimen térmico e hídrico constituyen dos factores condicionantes de la producción agrícola. La variación espacial y temporal de dichos factores, se refleja en los resultados de la evolución agrícola.

En la provincia de La Pampa, la temperatura media anual es de 15,6°C (serie 1941/90) con máximas absolutas de hasta 42,0°C y mínimas absolutas de hasta -15,0°C, considerando la misma serie climática. La precipitación media anual oscila entre los 850 mm en la parte noreste y los 200 mm en el sudoeste, es por ello que las posibilidades agro-ganaderas se concentran en la región este, que es la región motivo de este estudio. Las variaciones pluviométricas afectan al agro de distintas maneras, por un lado condicionan la evolución de los cultivos y por otro alteran la estructura y funcionamiento de la actividad productiva.

Viglizzo et al (1991) afirmaron que las lluvias y la temperatura son, en nuestra región, las dos variables climáticas de mayor peso en la producción agropecuaria. Por tratarse de una región de transición donde coexisten los ambientes subhúmedo, semiárido y árido, las lluvias definen con frecuencia el éxito o fracaso de una cosecha o de una actividad agropecuaria. Si analizamos el mapa de la producción agropecuaria de La Pampa, superponiéndolo con el mapa de las lluvias, encontraríamos que las actividades productivas y las lluvias se correlacionan según patrones bastante precisos que coinciden con los límites geográficos de las isoyetas que atraviesan la región.

Si se contrastan estadísticas realizadas antes de la década de 1970 con las actuales, se observan marcados cambios en las precipitaciones de toda la región este de La Pampa, donde se concentra la mayor parte de la actividad agropecuaria de esta provincia.

Galmarini (1961) realizó una caracterización climática de La Pampa. Analizó datos de lluvia de todas las estaciones pluviométricas que contaban con series de observaciones de 30 años (1921-1950) y representó las isoyetas correspondientes a los valores promedios de lluvias anuales. El concluyó que la lluvia anual variaba entre 200 mm correspondientes al borde occidental y 650 mm en la zona noreste,

alcanzando en el límite de La Pampa con Buenos Aires y Córdoba valores que en algunos puntos pasaban de 700 mm.

En un exhaustivo estudio sobre las variaciones climáticas ocurridas en la Argentina desde fines del siglo XIX hasta comienzos de la década de 1980, Hoffman (1988) analizó el desplazamiento de las isoyetas de 1400 mm, 1000 mm, 800 mm y 600 mm. Considerando los períodos 1921-1950 y 1971-1980 encontró que se corrían varios cientos de kilómetros hacia el oeste. En dicho análisis puso en evidencia que el régimen de precipitaciones de la Argentina se encontraba sujeto a una fluctuación positiva iniciada a comienzos de la década del 50 y que alcanzó valores máximos en la década del 70. El autor trabajó con los promedios decádicos de un buen número de estaciones, resolviendo así el problema de la escasez de registros continuos en un mismo lugar.

Estos datos son coincidentes con los presentados por Roberto et al (1994) que señalaron que los patrones de precipitaciones del centro de la provincia de La Pampa se habían modificado sustancialmente, siendo necesario proceder al trazado de nuevas isoyetas. Ellos trazaron las isoyetas anuales y estacionales divididas en trimestres para el período 1956-1990 y observaron que las líneas de igual precipitación del período 1956-1990 estaban considerablemente desplazadas hacia el oeste con relación a las isoyetas del período 1921-1955. Este fenómeno de desplazamiento es particularmente perceptible en las isoyetas de mayor milimetraje, que atraviesan precisamente la parte más oriental de la provincia de La Pampa. La isoyeta de 700 mm que apenas tocaba el extremo NE de La Pampa en el período 1921-1955 se habría desplazado unos 140 km hacia el oeste en el período 1956-1990. Otro tanto ocurrió con la línea de 600 mm que separa la zona subhúmeda de la semiárida, ya que en el período 1956-1990 se encuentra unos 150 km hacia el oeste con respecto al lugar que ocupaba en el trazado anterior (1921-1955).

Los trabajos citados de Hoffman (1988) y Roberto et al (1994) coincidieron en señalar que, entre 1950 y 1980/90, la isoyeta de 600 mm se corrió considerablemente hacia el oeste, pasando a situarse sobre un área anteriormente considerada semiárida, pero que debido a esta transformación pasó a tener un clima subhúmedo, apta para el cultivo de granos de verano. No obstante, aclaran que la magnitud del desplazamiento

al oeste se reduce a medida que se avanza hacia las áreas más occidentales de la región. Estos autores analizaron la magnitud del desplazamiento al oeste; expresado en kilómetros lineales a la altura del paralelo 36, de las isoyetas anuales y estacionales y concluyeron en que los mayores desplazamientos corresponden a las isoyetas de mayor precipitación anual y las que se registran durante la estación primavera-estival.

Hoffman (1988) y Roberto et al. (1994) coincidieron con Galmarini (1961) en que la cantidad de lluvia caída varía fuertemente en el sentido este-oeste en la provincia de La Pampa. También fueron coincidentes en el análisis de la distribución estacional de las lluvias, destacando una importante concentración en primavera verano (70%) con relación al otoño invierno (30%). En el análisis realizado trimestralmente señalaron que en general, el trimestre EFM (enero-febrero-marzo) concentra la mayor porción de lluvias caídas anualmente mientras que la menor se ubica en los meses de JAS (julio-agosto-septiembre).

En un estudio detallado de la variabilidad espacial y temporal de las series de precipitación en la región sudoccidental pampeana, Krepper et al (1987) observaron un incremento general de la precipitación con una tendencia positiva durante gran parte del siglo y señalaron que el cambio climático experimentado en las precipitaciones, ha tenido como consecuencia la incorporación de nuevas regiones del país a la producción agrícola. Ellos hicieron referencia a que el desplazamiento de la isoyeta de 600 mm puede dar una idea de como evolucionó el límite entre la pampa húmeda y seca, mostrando la incorporación al sector productivo de una importante porción de la provincia de Buenos Aires, La Pampa y Córdoba, donde los regímenes de precipitación actuales son superiores a los registrados a principio de siglo.

Pascale y Torre de Fassi (1987) verificaron en la región semiárida sudoccidental pampeana durante la década del 70, un importante aumento de la precipitación y de las condiciones hídricas especialmente en el semestre cálido.

Minetti y Sierra (1989) establecieron que las variaciones en las precipitaciones estarían relacionadas a fluctuaciones en la circulación atmosférica.

Se señalaron tendencias positivas de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes, en el período 1916-1991 (Castañeda y Barros, 1994). Dichos autores establecieron que la mayor parte de esa tendencia positiva se dio a partir de fines de la década del 50, con valores de 3 a 5 mm por año en el este, decreciendo hacia el oeste hasta valores de 0,5 a 1 mm por año. Durante los 75 años analizados los aumentos de 50 mm en el oeste y 250 a 350 mm en el este son de gran significación para la ecología y la producción rural del lugar.

Sierra et al (1994) demostraron el corrimiento de las isoyetas decenales medias de 500, 750 y 1000 mm anuales (serie 1941-1990) en la región pampeana, y observaron que la isoyeta de 500 mm anuales que constituye el límite occidental de la región, registró un considerable corrimiento hacia el oeste, que alcanzó su mayor magnitud durante la década de 1980. La isoyeta anual de 750 mm que corresponde aproximadamente al límite entre la pampa húmeda y la pampa seca, también sufrió un corrimiento semejante. Por último, la isoyeta de 1000 mm anuales, que durante la década de 1940, apenas tocaba el norte de la provincia de Buenos Aires, protagonizó una verdadera irrupción en la misma, lo cual concuerda con el ciclo de inundaciones registrado recientemente.

Minetti et al (1995) analizaron el régimen de variabilidad de las precipitaciones anuales para dos transectas arbitrariamente ubicadas en direcciones geográficas que atraviesan la Región Pampeana, desde un régimen lluvioso a uno seco, verificando algunos modelos de comportamiento del coeficiente de variación y del sesgo. Señalaron que en los análisis temporales, la precipitación muestra un comportamiento particular en el noroeste de Buenos Aires y noreste de La Pampa, dado que los cambios que afectaron sensiblemente al promedio de las precipitaciones son en largos períodos. Ellos mencionaron que en la región ocurrieron importantes procesos de desertificación durante las décadas de 1930-1940, y de saturación de suelos con graves inundaciones en décadas más recientes, produciendo impactos de consideración en toda la actividad humana.

Utilizando el Índice de Sequía de Palmer, Donnari y Scian (1996) identificaron períodos secos y húmedos en la región triguera V sur de la Argentina y señalaron un aumento de episodios húmedos desde la década del 70.

En un detallado análisis Lopez Gay et al (1996) estudiaron la evolución temporal y espacial de la cantidad de agua almacenada en el suelo en la zona central de la Región Pampeana para los períodos 1910-1955 y 1956-1993 y observaron una tendencia positiva para el último período.

El análisis realizado por Barros et al (1996), estudiando las tendencias de las precipitaciones en el sudeste de América del Sur, demostró que las mismas constituyen un indicador de variabilidad climática, justificando su utilización en este tipo de estudios. Perez et al (1999) establecieron tendencias positivas de las precipitaciones (1921-1998) en la localidad de Anguil, ubicada en el centro este de la provincia de La Pampa, para el trimestre noviembre-diciembre-enero y los meses de febrero-marzo-abril-mayo-junio en conjunto.

Existen trabajos (Barros et al, 1996; Messina et al, 1996; Moschini et al, 1997; Vargas et al, 1999) donde se explica parte de la variabilidad de las precipitaciones por efectos del fenómeno ENOS (“El Niño Oscilación del Sur”).

Sierra et al (2001) explicaron parte de la variabilidad de las precipitaciones por efectos del fenómeno ENOS, detectando durante los eventos ENOS incrementos en las lluvias en el total de la campaña agrícola y el trimestre noviembre-diciembre-enero para la región centro este de la provincia de La Pampa.

Varios trabajos (Minetti y Vargas, 1983; Minetti y Sierra, 1984; Krepper et al, 1987; Minetti y Sierra, 1989; Suriano y Ferpozzi, 1993; Roberto et al, 1994; Minetti et al, 1995; Sierra et al, 1996 y Vargas et al, 1999) han hecho notar que podría tratarse de un ciclo de larga duración, del orden de los 100 años, a través del cual la Región Pampeana va pasando de un escenario seco y de alta amplitud térmica, que se habría dado durante el período 1921-1950 hacia otro escenario húmedo y de menor amplitud térmica que habría alcanzado su clímax entre 1971 y el 2000. Por tratarse, la zona en estudio, de una franja de transición entre el clima húmedo y el clima semiárido, el tránsito a ambientes más secos que el actual generarían una elevada vulnerabilidad potencial de este ecosistema frente a estos cambios producto de la variabilidad climática, sobre todo si los mismos se producen en forma de saltos climáticas según la hipótesis formulada por algunos autores (Minetti y Vargas, 1983; Minetti y Sierra, 1984 y 1989;

Minetti et al, 1995; Vargas et al, 1999). En el caso de producirse en forma gradual, según lo planteado por otros autores (Krepper et al, 1987), esta vulnerabilidad sería potencialmente menor, no obstante lo cual el proceso debe ser debidamente evaluado.

Si, como han comenzado a sugerir recientemente ciertos investigadores (Trenberth, 1990; Graham, 1994; Trenberth y Hurrell, 1994; Mantua et al, 1997; Francis et al, 1998; Barnett et al, 1999; Hare et al, 1999; Overland et al, 1999; Bond y Harrison, 2000), el proceso responde al ciclo de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), es por lo tanto predecible. Esto permitiría desarrollar una estrategia de aplicación del pronóstico a largo plazo para poner en marcha un plan de readecuación del sistema productivo.

Los antecedentes citados muestran que en las últimas décadas, en la región pampeana, se han producido cambios importantes en las precipitaciones, y los mismos han tenido repercusiones en la actividad agropecuaria ya que la precipitación es el elemento climático que de manera más directa influye en la producción. Su ritmo temporal y su distribución espacial condicionan los ciclos agrícolas y la distribución de las especies vegetales y animales.

Dado que los estudios de cambio climático disponibles corresponden en su gran mayoría a escalas regional y continental, resulta necesario llevar a cabo un estudio de la forma en que este proceso afectó al este de La Pampa, donde se concentra la mayor parte de la actividad agropecuaria de la provincia. Este análisis reviste particular importancia debido a que esta región se encuentra en una franja de transición entre el clima seco ubicado al oeste, y el clima húmedo ubicado al este, por lo que presenta una elevada susceptibilidad a los cambios climáticos, resultando de particular importancia estudiar la forma en que los mismos la afectan.

La mayor parte de los técnicos y productores agropecuarios tienen conciencia de que este proceso de reconversión y migración de cultivos, fue resultado de un incremento en el régimen de precipitaciones en el sector este de la provincia de La Pampa. Sin embargo sus efectos no han sido evaluados objetivamente, de manera que, en la

mayoría de los trabajos sobre el tema, sólo se han tenido en cuenta la innovación tecnológica y los factores económicos.

Todo lo expuesto plantea como de interés y necesario encarar el estudio de la interacción entre los cambios en el sistema agropecuario pampeano y los cambios en el régimen de precipitaciones, para intentar brindar una mejor explicación a los significativos cambios en la distribución geográfica de los cultivos agrícolas que han venido produciéndose desde mediados de la década del 60. Esto no sería posible si sólo actuaran factores tecnológicos y económicos.

Imaginar una regresión a décadas pasadas, que configuraron agroclimaticamente a la región como semiárida, traería aparejado un cambio cultural importantísimo en los sistemas productivos. Se deberían readaptar los componentes de los sistemas que en mayor o menor medida condicionan las diferentes etapas de producción. Basta mencionar la retracción de la superficie agrícola para transformarla en ganadera y a su vez las ganaderas de engorde a sistemas de cría de ganado. Todo esto trae aparejado una lenta transformación que pondrá en riesgo financiero a muchas empresas debido a que esta reconversión demanda algunos años para producirse y otros más para hacerlas eficientes. Regresar a sistemas pastoriles con baja carga y menores requerimientos por animal, seguramente provocará el cambio cultural que mencionamos. Readaptaciones al mercado, políticas de Estado que permitan afrontar los problemas financieros; capacitación de los actores en este nuevo escenario, serán los desafíos que se deberán afrontar.

Seguramente la aplicación de las nuevas tecnologías para la economía del agua sea la herramienta de mayor importancia para asegurar la sustentabilidad y rentabilidad de los sistemas agropecuarios, contenidos en un esquema de rotaciones largas, cultivos agrícolas con menor ingreso bruto, menor ganancia diaria de los vacunos y fundamentalmente un sistema de labranzas que priorice el recurso suelo, con un manejo adecuado de acuerdo a la textura, estructura y contenido de materia orgánica como parámetros indicadores de un correcto manejo y que permitirán que el sistema agropecuario siga siendo productivo.

## 1.2. Antecedentes históricos del comportamiento cíclico de las lluvias en La Pampa

Suriano y Ferpozzi (1993) afirmaron que la historia de La Pampa puede leerse también como el resultado y la crónica de sus cambios climáticos ya que su impacto dibuja un péndulo que va de las sequías a las inundaciones, de la aridez a la humedad. La producción agrícola en la pampa húmeda, que constituye la columna vertebral de la economía argentina, se realiza sobre uno de los ambientes más inestables, en cuanto a su aptitud productiva, frente a los cambios ambientales que se están investigando (Suriano et al, 1992). La pampa ha sido, durante la mayor parte del Pleistoceno una estepa semidesértica y aún un verdadero desierto, a pesar de contar con precipitaciones del orden de los 300 a 500 mm anuales. Esto se debe al régimen de vientos en los períodos fríos y a la evapotranspiración en los cálidos, de allí que el peligro de aridización sea similar en ambos casos; de hecho, es un fenómeno observable estacionalmente. En el siglo XVI, coincidente con la llegada de los europeos a América, estaba en su máximo esplendor la “pequeña edad de hielo” que finalizó a mediados del siglo XIX y se caracterizó por prolongadas sequías y médanos vivos en distintos puntos del paisaje. Acercándonos en el tiempo y retomando la escala histórica, constatamos que en nuestros jóvenes países casi no existen datos meteorológicos útiles de la primera mitad del siglo XIX, cuando ni se soñaba con cultivar ese “desierto” (Suriano et al, 1992).

Carlos A. Moncaut (2001) en su libro “Inundaciones y Sequías en la Pampa Bonaerense 1576-2001” expresa que 1747 marca el comienzo de un período de sequía intensísimo. Para 1748 sigue la gran seca. Parece ser que de 1749 a 1753 la sequía cede por algunos años, y se registran precipitaciones importantes, pero para este último año vuelve a hacerse presente. En 1754 se señala que “la esterilidad de los campos va en aumento”. En 1755 se repite la situación y al año siguiente. También se presentan muy secos 1758, 1760, 1766 y 1769. De aquí en más por dos años se experimenta tiempo húmedo. Varios bandos del Virrey Vértiz entre los años 1779 y 1780 se refieren a la sequía. El Cabildo de Luján en marzo de 1781 habla de la gran seca. Hasta 1785 parece que las precipitaciones fueron normales, pero vuelve a hacerse sentir su falta en 1787 y 1789. En 1795 la calamidad de la seca reaparece. De 1801 a 1810 prevalece la sequía.

Según Moncaut (2001), el Dr. Francisco Javier Muñiz pensaba que la periodicidad de grandes sequías se registraba cada 30 años, poco más o menos. En 1817 el general Miller, en sus memorias de un viaje a la Patagonia manifiesta que salió de Buenos Aires y pasó por Chascomús, los Dos Talas (Dolores), Monsalvo y Monte del Tordillo. Refiere haber andado millas con el agua a la cincha de su caballo (Moncaut, 2001). Es entonces lógico pensar que debieron ocurrir grandes inundaciones. Otro viajero, Samuel Haigh (1922), en sus Bosquejos de Buenos Aires, Chile y Perú, en 1817, pinta este cuadro elocuente: “El tiempo está lluvioso”.

Desde 1827 hasta 1832 reinó una gran sequía expresa Moncaut (2001). En este período de la “Gran Seca” (o Gran Seco de Darwin) que se prolongó de 1827 a 1832 llovió tan pocas veces que la vegetación, inclusive los grandes cardales fueron desapareciendo por completo. Los campos se convirtieron en inmensas polvaredas. Las aves, los mamíferos salvajes, las vacas y los caballos perecían de hambre y sed. Lynch (1986), en el libro sobre Rosas, menciona citando una carta del Cónsul inglés que, hacia 1828 se moría el ganado en las estancias porque hacía cinco años que no llovía.

En su libro “La Pampa. Su historia, su geografía, su realidad y su porvenir” Enrique Stieben (1946) expresa: “Es famoso en nuestra historia el período de sequía de los alrededores de 1830. Muchos campos sufrieron los efectos de la erosión, hasta las proximidades de Capital Federal. La hacienda vacuna que murió de sed, fue incontable”.

En 1851 llega a Buenos Aires viajando en la fragata sueca “Eugenia”, Carl Skogman quien en sus memorias refiere: “Las sequías intensas y prolongadas que se dice ocurren periódicamente, han ocasionado en varias oportunidades verdaderos desastres. En estas ocasiones el pasto desaparece por completo y los animales o bien mueren de sed y hambre en sus propios campos o invaden los vecinos, produciéndose entonces tales mezclas y confusiones que hace imposible recuperarlos” (Moncaut, 2001).

A partir de la segunda mitad del Siglo XIX el péndulo climático comenzó a oscilar, modificando el ambiente. Cuando se concreta la Conquista del Desierto a fines de la década de 1870, las condiciones ambientales estaban cambiando. Sabemos que durante la colonia y hasta 1860, el centro de la ganadería eran las provincias del litoral y en Buenos Aires, sólo ocupaba una franja junto a la costa norte. Parece

probable que la expansión en la utilización de tierras hacia el sur y el oeste no estuviera determinado sólo por factores económicos, políticos y militares, sino que habría coincidido, además, con un cambio ambiental de magnitud menor que los estudiados hasta hoy por la geología, pero suficiente para transformar grandes extensiones de “desierto” en praderas (Suriano y Ferpozzi, 1993).

En 1869 el presidente Domingo F. Sarmiento designó a Lucio V. Mansilla jefe de fronteras contra los indios en la zona sur de Córdoba (cercana a Río Cuarto). Mansilla emprendió desde allí el 30 de marzo de 1870, un viaje desde el fuerte Sarmiento, al sur del Córdoba, hasta las tolderías de Leuvuco, en el norte de La Pampa. En un párrafo de una carta fechada en Villa Mercedes en abril de 1870, dirigida al Comandante en Jefe de la Frontera de Córdoba, San Luis y Mendoza, General Don José de Arredondo le comunica el resultado de su excursión. Mansilla dice: “Mi marcha hasta “la Verde”, hermosa laguna de agua dulce y permanente se hizo sin inconveniente, habiendo seguido el itinerario de la laguna del “Cuero”, y estando la pampa anegada por abundantes lluvias de las que sufrí una parte, sin que haya memoria entre los indios de haberla visto por ese camino en semejante estado”

José Higinio Alvarez (1999), refiere la historia de cada uno de los pueblos de La Pampa desde su fundación. Allí se consigna que Victorica es la población más antigua de La Pampa. Su fundación el 12 de febrero de 1882, constituyó la materialización de la avanzada de conquista y colonización de las fuerzas nacionales, que dio paso a la formación de los territorios que décadas después serían provincializados. Señalando pormenores del momento en que se funda cuenta que Victorica se levantó próxima a una de las capitales indígenas de La Pampa -Leuvucó- en plena “selva ranquelina”, por lo que es dable pensar que la vegetación era importante , no coincidente con un período de sequía.

Durante las últimas tres décadas de ese siglo, la humedad fue en aumento y acompañó la ocupación de La Pampa, apareciendo otro tipo de crisis climática: las inundaciones (el otro extremo del péndulo ambiental de La Pampa). Las colonias agrícolas llegaban hasta la mitad de la actual provincia de La Pampa mientras que el desierto estaba circunscripto al oeste pampeano y sur de Mendoza (Suriano y Ferpozzi, 1993).

Entre 1877 y 1881 se registraron grandes inundaciones en la pampa bonaerense. El Diario “La Patria” de la ciudad de Dolores (Bs. As.) del 19 de octubre de 1881 consigna: “Causa espanto el cuadro que ofrece la presencia de la zona inundada cuyo perímetro se pierde en el horizonte”.

Walter Cazenave (1993) en su libro sobre el campo pampeano expresa que en 1889 la República Argentina prosigue su plan de enajenación de tierras en manos de particulares. Así ese año aparece en París un cuidado volumen promocional en el que se anuncia la “venta por licitación de 3.000 leguas en los territorios de La Pampa, Río Negro, Neuquen y Chubut”. En la reseña que antecede (no hay fecha explícita en el libro, el que sería de alrededor de 1879) a la síntesis descriptiva y cartográfica que se hace, lote por lote, de las secciones puestas en venta en Europa se describen bastante acertadamente las condiciones físicas y climáticas del por entonces territorio, haciéndose hincapié en la calidad de los suelos, cubiertos de abundantes pasturas propicias para la alimentación del ganado. Esta caracterización de los campos hace presumir que por esa época la lluvia no era escasa.

Existen testimonios documentales de que el comienzo de la difusión de la agricultura en la zona en estudio, en la década de 1880, coincidió con un pico positivo de este ciclo. En 1884 Florentino Ameghino en sus crónicas ya habla de las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires haciendo mención a años excepcionalmente lluviosos pero, reflexionando sobre las causas de lo mismo y los medios de evitarlos, plantea que están íntimamente ligadas con las sequías que también hicieron sentir sus desastrosos efectos sobre distintas regiones de la provincia. Es más, dice haber adquirido la convicción de que todo esfuerzo y todo trabajo que tendiera a evitar uno de estos males, sin tomar en cuenta el otro, ocasionaría probablemente, más perjuicios que beneficios. Es dable pensar que ya en estas épocas si bien las lluvias eran abundantes se reconocen épocas de sequías.

Es para el año 1884 que se experimenta la inquietud de buscar soluciones al problema de las inundaciones. El año 1886 fue de inundaciones lo mismo que 1895 y 1900. Las inundaciones de este último año llegaron a ocupar más de 6.000.000 de hectáreas pastoriles. Se pensó entonces en hallar una solución y el 24 de septiembre de ese

mismo año se sancionaba por ley la construcción de los canales de desagüe (Moncaut, 2001).

Relata Cazenave (1993) que una de las estancias antiguas de la zona norte de la provincia de La Pampa fue la de Trebolares, que remonta su origen a los últimos años del siglo XIX, acaso 1898. Un rasgo altamente positivo de Los Trebolares es que desde sus inicios llevó un registro mensual de lluvias, el que se remitía al observatorio de Córdoba. La referencia más antigua documentada sobre la ganadería en La Pampa se refiere a Santa Aurelia ( en el noreste de La Pampa), el famoso establecimiento de la familia Ginocchio iniciado el 22 de marzo de 1889 (Cazenave, 1993). Desde sus comienzos se apuntó al desarrollo de una ganadería de calidad. Sus dueños debieron comprender (se nos ocurre que en forma empírica ya que por ese entonces se carecía de referencias climáticas sistematizadas) que el lugar se encontraba en la zona más apta del nuevo territorio para el desarrollo de la invernada, aquella que se ubicaba dentro o en los alrededores de la isoyeta de 700 mm, que comprendía una pequeña porción del territorio pampeano.

En épocas tan tempranas como 1905 la casi totalidad del ganado vacuno se encontraba en los departamentos centro-este de la Pampa, por ese entonces sin nombre e indicados por números correlativos desde el primero al quince. En los departamentos uno a cuatro, lindantes con la provincia de Buenos Aires se albergaba en esos años el 62,6% de la existencia vacuna de La Pampa y la mayor cantidad, como era de esperar se ubicaba en el más septentrional, más favorecido por las lluvias. Allí, sobre los actuales departamentos de Chapaleufú, Trenel, Realicó y Maracó estaba la mayoría de los animales mestizados y de los puros, como asimismo las vacas lecheras.

En 1891 había más de dos mil establecimientos ganaderos que criaban ovejas en majadas de tres mil animales y el número seguía aumentando. El crecimiento era, realmente, prodigioso y hasta resulta difícil de concebir en las actuales circunstancias económicas y climáticas, pero a la demanda del mercado y el establecimiento de nuevos criadores, debieron unirse una serie de “años buenos”, a los que debe sumarse la existencia de una gran zona apta para la ganadería ovina en el interfluvio Atuel-Chadileuvú.

Cuando José Higinio Alvarez (1999) se refiere al sitio donde fue fundado el pueblo de Coronel Hilario Lagos el 19 de febrero de 1911, cuenta que de las investigaciones sobre el pueblo surge como dificultad que se debió sortear, la presencia de frecuentes lagunas que las lluvias siempre originaban en el centro del trazado urbano. En cuanto al estancamiento de las aguas, también quedó en el recuerdo de las epopeyas lugareñas la denominada “Laguna de Miró”, ubicada entre Lagos y la población de Mariano Miró, que las precipitaciones convertían en barreras que impedían el traslado de los vehículos, inconveniente que se superó recién en 1936.

En 1905 el cronista del diario “La Capital” describe que la Colonia Francesa de Telén y su zona, había apostado a la agricultura, todos los campos de la zona estaban produciendo alfalfa para su propio consumo, enviando los excedentes de la pastura o de la semilla cosechada hacia otros puntos del territorio. Ante tanta producción hubo que traer la maquinaria necesaria para la siembra y cosecha de esa especie. El cambio del clima, con las grandes sequías y la “voladura” del suelo fértil, modificaron las condiciones ideales para continuar con este cultivo y poco a poco los productores se van desalentando, optando por dedicarse a la explotación ganadera.

Hacia principios del siglo XX culmina el proceso de “humedecimiento” de La Pampa. Durante la Primera Guerra Mundial (1914/1918) comenzaron a notarse las sequías que se hicieron cada vez más frecuentes e intensas hasta que en la década del 30 estalló la llamada “crisis climática de los años 30” que en realidad comenzó en los 20 y sucedió a las grandes inundaciones ocurridas en las últimas décadas del siglo XIX. Esta crisis barrió en la Argentina con 6.000.000 de hectáreas de tierras cultivables. Lo que fue tomado como un episodio ocasional de sequía duró más de una década. En realidad, las sequías fueron más o menos frecuentes y, por lejos fueron el principal problema agrario entre 1920 y 1960.

En 1932 se produjo la erupción del volcán chileno Quizapú (conocido como “El Descabezado”) y en La Pampa la situación se volvió catastrófica, ya que el espesor de las cenizas se estimó entre 30 y 50 cm. La expansión agrícola que ocurrió al amparo de un período más benigno que se extendió entre 1980 y 1910, comenzó a sufrir los efectos de las escasas precipitaciones. Poco a poco el ambiente se modificó haciendo sentir su impacto en toda la región, donde es cada vez más notable la degradación del suelo y la

vegetación, hay voladuras de campos, aparición de médanos, pérdidas sucesivas de cosechas, mortandad de ganado y emigración masiva de la población rural.

Durante el climax de la sequía, dunas y médanos comenzaron a funcionar en la región pampeana, y los bajos se convirtieron rápidamente en cubetas de deflación, los suelos productivos ubicados más al este se cubrieron de arena y polvo y se activaron médanos hasta en el partido de 9 de Julio. Esto representa una pequeña muestra de lo que algunos investigadores (Suriano et al, 1992) consideran que es la vuelta al estado “normal” de la llanura pampeana; aparentemente no se necesita un cambio global muy acentuado para que tales condiciones se instalen por períodos prolongados, teniendo en cuenta que, durante el Pleistoceno, los períodos áridos han sido mucho más importantes que los húmedos. Y ese fue el peligro de la década del 30, que se puede repetir en cualquier momento si no defendemos el suelo de quienes le quieren hacer producir como un suelo pesado (de 12 a 30% de arcilla).

José A. Gaillardou (2001) dedica el capítulo 12 titulado El Exodo de su libro Pampa de Furias, a relatar el impacto de la sequía de los años 30 en los pobladores de La Pampa y dice: “Ya en el invierno de 1930, las cosas habían tomado el camino del hambre. Los vientos habían casi terminado su obra de cubrir los campos con una enorme sábana de arena, de arena que brotaba de cualquier parte y crecía minuto a minuto, hasta llegar a metros por día. Ya no se veía volar un solo pájaro. Desde hacía meses habían emigrado. Pasaban en bandadas por el día y por la noche, todos, con el mismo rumbo: para el norte. Escapar de aquello, era escaparle a la muerte”. La idea de abandonar aquello había tomado alas. Llegaban noticias de Monte Nievas, de Eduardo Castex, de Conhella, que la caravana se había iniciado. También llegaron noticias similares del sur: de Villa Alba, de Jacinto Arauz, de Bernasconi (Gaillardou, 2001).

A partir de principios de la década de los sesenta el péndulo climático comenzó a oscilar nuevamente y se notaron los efectos del regreso de la humedad en todo el ámbito pampeano, volviendo a fines de la década de los 90 al otro extremo del péndulo: inundaciones en el noreste de La Pampa (Suriano y Ferpozzi. 1993)

En los últimos 20 años hemos atravesado un período con exceso de humedad, cuyas manifestaciones son por todos conocidas: se ha registrado un ascenso permanente del nivel de las aguas subterráneas, los cuerpos de aguas interiores han crecido a niveles inéditos en este siglo, desde la laguna de Carhué en la provincia de Buenos Aires hasta la de Mar Chiquita en Córdoba, pasando por la de Melincué en Santa Fe". (Suriano et al, 1992). Esta etapa se prolonga hasta comienzos del siglo actual acompañada de una expansión de las fronteras agrícolas hacia el centro este pampeano que a la luz de lo descrito se torna realmente preocupante.

Estos testimonios históricos refuerzan la idea de los ciclos positivos y negativos de lluvias en el largo plazo. Visto desde esta perspectiva histórica se deduce que en el siglo XIX, hacia fines de la década 1820 y durante la década de 1830, existió un período de sequía al que le sucedió una fase seca/húmeda a partir de la década de 1850 y hasta fines de la década de 1870. A comienzos de la década de 1880 se inicia una fase positiva que favorece la expansión de la ganadería hacia el sur y el oeste. A principios del siglo XX se manifiesta una transición hacia una fase húmeda/seca que es coincidente con el comienzo de los registros meteorológicos. Desde mediados de la década de 1920 y hasta fines de la década de 1940 la fase es negativa y este período de sequía culmina con el comienzo de la fase de transición seca/húmeda a comienzos de la década de 1950 y que se prolonga hasta mediados de la década de 1970 donde se inicia un nuevo período húmedo que tiene su apogeo en la década 1990.

## **2. HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1. Hipótesis**

El cambio en el régimen pluviométrico fue uno de los principales motores que, conjuntamente con los factores económicos y la innovación tecnológica determinó una significativa modificación de la estructura productiva de la región oriental de la Provincia de La Pampa.

### **2.2. Objetivos**

#### **General:**

Estudiar los cambios en el sistema de producción agrícola en el área situada al este de la isoyeta de 700 mm, en la provincia de La Pampa, con relación al cambio en el régimen pluviométrico observado durante el período 1971-2000, a fin de brindar un marco para el diseño de estrategias de reconversión productiva apropiadas para la evolución actual del escenario climático, así como a posibles cambios en la tendencia climática.

#### **Particulares:**

Llevar a cabo una evaluación de los cambios en el régimen de precipitación observados en la región oriental, situada al este de la isoyeta de 700 mm, de la provincia de La Pampa durante el período 1971-2000, efectuando una revisión de los estudios existentes, extrayendo las conclusiones relativas y realizando los estudios que corresponda en el caso que la información existente no abarque aspectos que se considere necesario conocer

Llevar a cabo una evaluación de los cambios en la estructura productiva de la región antes mencionada de la provincia durante el período 1971-2000, en aspectos de la producción agrícola.

### 3. MATERIALES Y METODOS

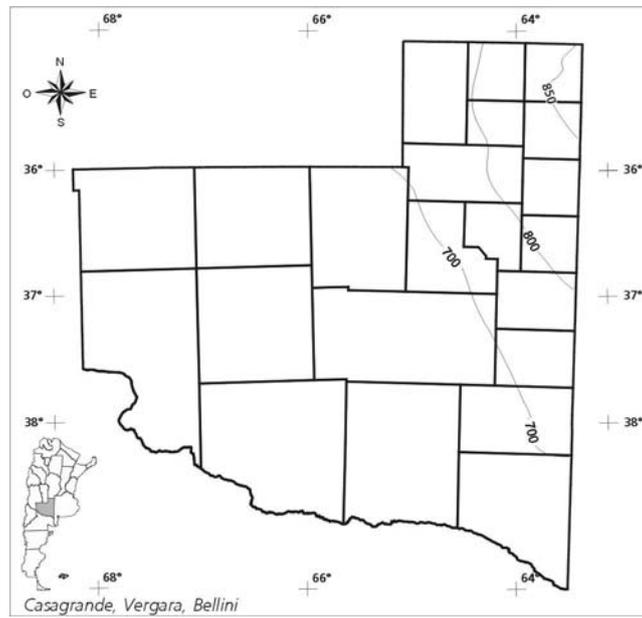
#### 3.1. Zona estudiada: la provincia de La Pampa

La zona estudiada comprende el área de la provincia de La Pampa delimitada hacia el oeste y el sur por la isoyeta de 700 mm (Figura 1), mientras que hacia el norte y el este lo está por los límites políticos con las provincias de Córdoba y Buenos Aires. Esta región concentra la mayor parte de la producción de granos y pasturas en secano de la provincia, dependiendo la misma en gran medida del ajuste del ciclo de los cultivos al período positivo, entendiendo como tal al lapso durante el cual existe agua suficiente y se producen condiciones de temperatura adecuadas para el buen crecimiento y desarrollo vegetal (Casagrande y Vergara, 1996).

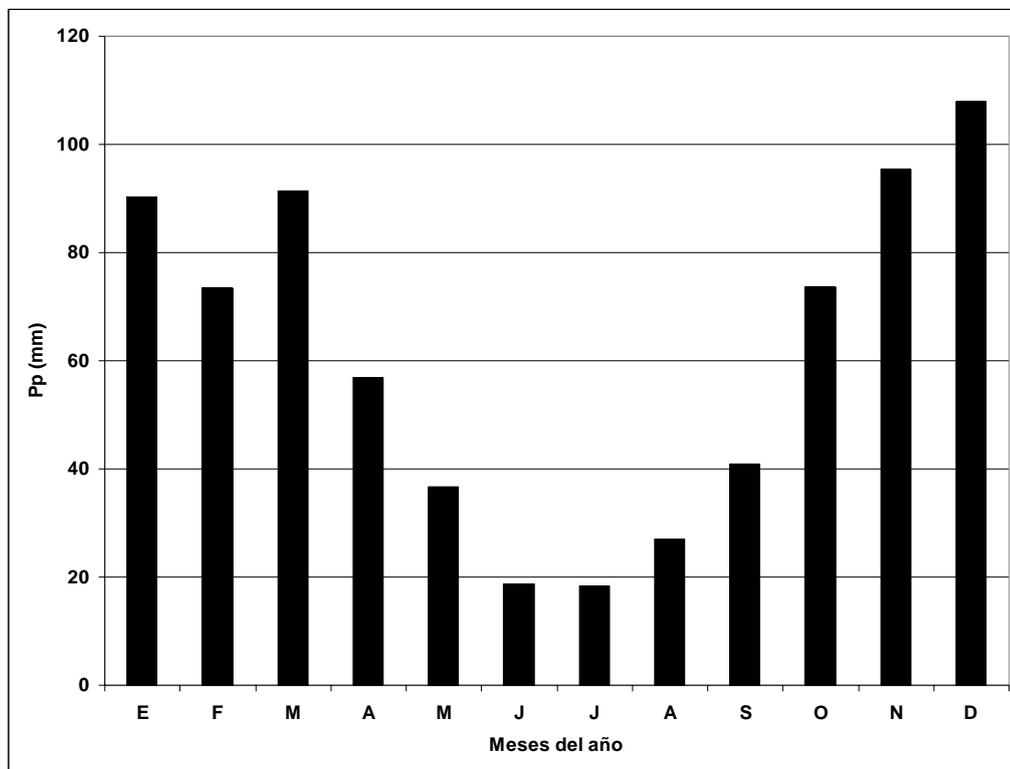
La temperatura del aire de la zona en estudio registra fluctuaciones que definen distintas estaciones. Existen dos épocas bien diferenciadas, el verano caracterizado por el valor medio del mes más cálido (enero) y el invierno por el mes más frío (julio). La temperatura media del mes de enero es de 23,5°C y la del mes de julio de 7,5°C. Las temperaturas máximas absolutas registran valores de hasta 42,0°C y las mínimas absolutas hasta -15,0°C. El período libre de heladas se extiende desde mediados de abril a mediados de octubre.

El régimen térmico no resulta limitante para las actividades agropecuarias de esta zona por lo cual la lluvia es el elemento climático de mayor influencia en la producción agropecuaria de esta región (Sierra et al, 1995 y 1996), tanto por la cantidad como por su distribución anual. Dentro de la misma, las precipitaciones varían entre 700 y 850 mm anuales, representando una franja transicional, en el sentido este-oeste, entre la pampa húmeda y la región árida. La distribución anual de las precipitaciones presenta un 70% de las mismas concentradas en el semestre cálido (Figura 2).

Los vientos predominantes son del NNE y SSO y su velocidad media anual es de 10 a 12 km h<sup>-1</sup>. La época de mayor intensidad se corresponde con la finalización del invierno y comienzo de primavera (Casagrande y Vergara, 1996).



**Figura 1:** Isoyetas de la zona estudiada



**Figura 2:** Distribución de las precipitaciones. Santa Rosa (1970-2000)

Desde el punto de vista edáfico, la región en estudio puede dividirse en tres subregiones:

La subregión nordeste posee suelos profundos con una secuencias de horizontes A, AC y C, textura arenosa franca, con arena como partícula principal en porcentaje que puede llegar al 80%, alrededor de 1,7% de materia orgánica y una capacidad de retención de agua de 11 a 15%. Son susceptibles a la erosión eólica (más relevante) e hídrica. La subregión centro oriental posee suelos de profundidad variable por la presencia de un manto de tosca de espesor variable desde la superficie a 1,40 m de profundidad. La secuencia de horizontes es A, AC, C<sub>1</sub>, C<sub>2Ca</sub>, textura franco arenosa a franca con contenidos de arena que no exceden el 60% y un incremento de partículas menores, especialmente limo. El contenido de materia orgánica oscila entre 1,4 a 1,8% y su capacidad de retención de agua es de aproximadamente 19%, superando a los de la porción nordeste, aunque con severas restricciones de profundidad. La subregión sur posee suelos que son una mezcla de los descriptos anteriormente, cuya cualidad distintiva está relacionada con su ubicación en el paisaje, ya sea que se trate de valles, planicies o mesetas.

Todos los suelos poseen restricciones que demandan un uso conservacionista para neutralizar tanto procesos erosivos (eólicos e hídricos) como degradativos (labranza y monocultura) (Fernandez, 1998).

### **3.2. Datos Climáticos**

Se emplearon registros mensuales de lluvia de la serie 1921/2000 para distintas localidades de la región en estudio de la provincia de La Pampa, recopilados por la Facultad de Agronomía UNLPam y por la Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa, provenientes de la red pluviométrica provincial.

### **3.3. Datos Agropecuarios**

Se analizaron registros de superficie sembrada, superficie cosechada, de trigo (*Triticum aestivum* L.) (1923/24-1999/00), maíz (*Zea mays* L.) (1923/24-1999/00), girasol (*Helianthus annuus* L.) (1934/35-1999/00) y soja (*Glycine max* (L.) Merrill)

(1979/80-1999/00) y sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (1953/54-1999/00) provenientes de la Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa.

### 3.4. Metodología

Para el análisis del cambio en el régimen de precipitaciones se consideraron tres zonas dentro de la región en estudio: La elección de las mismas se realizó considerando los milímetros anuales precipitados, su distribución en el año, el régimen térmico y las características edáficas dado que todos estos parámetros condicionan la aptitud agrícola de cada una de ellas.

**a) Zona norte:** Se analizaron seis localidades situadas en el Noreste de la provincia. La localidad de General Pico (35°42'S, 63°45'W) se tomó como centro de referencia, agregándose las series correspondientes a las localidades de Eduardo Castex (35°55'S, 64°18'W), Embajador Martini (35°24'S, 64°18'W), Bernardo Larroude (35°01'S, 63°36'W), Quemú Quemú (36°04'S, 63°34'W) y Realicó (35°02'S, 64°15'W), que se ubican dentro de un radio de 100 km alrededor de la primera.

**b) Zona centro:** Se consideraron seis localidades situadas en el centroeste de la provincia de La Pampa. La localidad de Anguil (36°32'S, 64°01'W) se tomó como centro de referencia, agregándose las series correspondientes a las localidades de Santa Rosa (36°37'S, 64°17'W), Colonia Barón (36°09'S, 63°51'W), Lonquimay (36° 28'S, 63°37'W), Miguel Riglos (36°51'S, 63°41'W) y Winifreda (36°13'S, 64°16'W), todas ellas ubicadas dentro de un radio de 100 km alrededor de la primera.

**c) Zona sur:** Se estudiaron ocho localidades situadas en el sureste de la provincia de La Pampa. La localidad de Guatraché (37°28'S, 63°34'W) se tomó como centro de referencia, agregándose las series correspondientes a las localidades de Alpachiri (37°22'S, 63°47'W), Bernasconi (37°54'S, 63°45'W), Doblas (37°09'S, 64°01'W), General Acha (Lat. 37°22'S, Long. 64°36'W), Jacinto Aráuz (38°05'S, 63°26'W), Macachín (37°09'S, 63°40'W) y Perú (37°40'S, 64°06'W), todas ellas localizadas a menos de 100 km de la primera.

A fin de estudiar si todas las localidades en cada una de las zonas consideradas responden al mismo régimen, lo cual justificaría su evaluación conjunta, se calculó la

matriz de correlación del conjunto de localidades para cada zona (Snedecor y Cochran, 1980) por campaña agrícola (julio a junio del año siguiente) y por trimestre.

Se evaluaron estadísticamente las tendencias de las lluvias en función del tiempo medido en años a nivel mensual, trimestral y por campaña agrícola para cada una de las localidades de cada zona (norte, centro y sur) y para los promedios conjuntos (promedio zonal) por medio de un modelo de regresión polinomial. En cada caso se buscó el mejor ajuste, entendido como la capacidad de predecir máximos y mínimos con la menor cantidad de términos en la ecuación. Para ello se emplearon polinomios de distinto orden según la naturaleza de la serie en estudio y se probó la significancia por medio de una prueba “t”. (Rawlings, 1988; Neter et al, 1989).

La existencia del ciclo de precipitaciones propuesto por Roberto et al (1994) se evaluó correlacionando las series de precipitaciones con un ciclo externo calculado a partir de la función seno. Los valores calculados se obtuvieron de la transformación de los resultados de la función seno en valores de milímetros de lluvia, a través de los parámetros de la recta de ajuste entre la precipitación (promedio zonal) y el ciclo propuesto.

Para el análisis del cambio en la estructura productiva se trabajó con las mismas zonas que se consideraron para estudiar el cambio en el régimen pluviométrico.

**a) Zona norte:** Se analizaron siete departamentos situados en el norte y noreste de la provincia de La Pampa: Chapaleufú, Realicó, Maracó, Trenel, Conhelo, Quemú Quemú y Rancul.

**b) Zona centro:** Se analizaron tres departamentos situados en el centro este de la provincia de La Pampa: Capital, Catrilo y Toay.

**c) Zona sur:** Se analizaron cuatro departamentos situados en el sureste de la provincia de La Pampa: Guatraché, Hucal, Atreucó y Utracán.

Para cada campaña agrícola de las series analizadas se trabajó con el total de la superficie sembrada y cosechada de los departamentos involucrados por zona a fin de analizar la expansión de la frontera agropecuaria. Se estudió el comportamiento de la

superficie sembrada y cosechada de trigo, maíz, girasol, soja y sorgo granífero. Se trabajó con la superficie sembrada y cosechada total desglosada por zona y cultivo. Si bien el trigo es un cultivo de invierno se incluyó en el análisis por cuanto la superficie cultivada con este cereal no puede ser utilizada en la misma campaña agrícola para realizar cultivos estivales en la provincia de La Pampa.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Cambio del Régimen Pluviométrico

#### 4.1.1. Homogeneidad espacial y temporal de las precipitaciones

Es ampliamente reconocida la variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones, especialmente aquellas provenientes de procesos convectivos durante la época estival. En las regiones de lluvias deficientes, esta variabilidad aumenta a medida que disminuyen los totales anuales de lluvias, o sea cuando aumenta el grado de aridez (Galmarini, 1961). Roberto et al (1994) afirman que independientemente de la geografía, aparece un patrón estacional de las lluvias más o menos equivalente que se repite en casi todas las localidades de la región. Según Prohaska (1961) el régimen pluviométrico de la provincia es de tendencia monzónico, ya que el 75% de la precipitación se concentra en el semestre estival. Este fenómeno nos puede llevar a presuponer que existe una correlación geográfica importante entre la mayoría de las localidades analizadas. De acuerdo a Roberto et al, 1994 las correlaciones relativamente más altas (mayores a 60%) ocurren a distancias menores a los 100 km lineales. Para comprobar la existencia de correlación entre las localidades de cada zona en estudio se realizaron las matrices de correlación para cada una de ellas.

La matriz de correlación del conjunto de localidades, en cada una de las áreas consideradas, demostró que las precipitaciones anuales por campaña agrícola (Cuadros 1, 6, 11) como así también las correspondientes a los trimestres invernal (julio-agosto-septiembre) (Cuadros 2, 7, 12), primaveral (octubre-noviembre-diciembre) (Cuadros 3, 8, 13), estival (enero, febrero, marzo) (Cuadros 4, 9, 14) y otoñal (abril-mayo-junio) (Cuadros 5, 10, 15) presentaron coeficientes de correlación altamente significativos.

El comportamiento observado, indicó que las localidades de cada zona responden al mismo régimen y tendencias, lo que permite su análisis en conjunto por zonas, mediante un promedio zonal (promzon).

## a) Zona norte:

**Cuadro 1:** Matriz de correlación de la precipitación anual por campaña agrícola.

Localidad	E.Castex	E. Martini	G. Pico	Q. Quemú	Realicó	Larroudé	Promzon
E. Castex	1,00	0,83	0,85	0,77	0,77	0,67	0,90
E. Martini	0,83	1,00	0,83	0,79	0,81	0,70	0,93
G. Pico	0,85	0,83	1,00	0,83	0,78	0,72	0,93
Q. Quemú	0,77	0,79	0,83	1,00	0,70	0,64	0,89
Realicó	0,77	0,81	0,78	0,70	1,00	0,81	0,90
Larroudé	0,67	0,70	0,72	0,64	0,81	1,00	0,84
Promzon	0,90	0,93	0,93	0,89	0,90	0,84	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r = 0,217$ ; Muy significativo:  $r = 0,283$

**Cuadro 2:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre julio-agosto-septiembre (JAS).

Localidad	E.Castex	E. Martini	G. Pico	Q. Quemú	Realicó	Larroudé	Promzon
E. Castex	1,00	0,78	0,74	0,83	0,72	0,72	0,89
E. Martini	0,78	1,00	0,82	0,76	0,86	0,81	0,92
G. Pico	0,74	0,82	1,00	0,80	0,84	0,80	0,92
Q. Quemú	0,83	0,76	0,80	1,00	0,73	0,68	0,90
Realicó	0,72	0,86	0,84	0,73	1,00	0,84	0,91
Larroudé	0,72	0,81	0,80	0,68	0,84	1,00	0,88
Promzon	0,89	0,92	0,92	0,90	0,91	0,88	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r = 0,217$ ; Muy significativo:  $r = 0,283$

**Cuadro 3:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND).

Localidad	E.Castex	E. Martini	G. Pico	Q. Quemú	Realicó	Larroudé	Promzon
E. Castex	1,00	0,62	0,78	0,67	0,62	0,54	0,82
E. Martini	0,62	1,00	0,75	0,69	0,76	0,59	0,88
G. Pico	0,78	0,75	1,00	0,73	0,74	0,60	0,90
Q. Quemú	0,67	0,69	0,73	1,00	0,58	0,51	0,83
Realicó	0,62	0,76	0,74	0,58	1,00	0,73	0,88
Larroudé	0,54	0,59	0,60	0,51	0,73	1,00	0,78
Promzon	0,81	0,89	0,90	0,81	0,88	0,78	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r = 0,217$ ; Muy significativo:  $r = 0,283$

**Cuadro 4:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre enero-febrero-marzo (EFM).

Localidad	E.Castex	E. Martini	G. Pico	Q. Quemú	Realicó	Larroudé	Promzon
E. Castex	1,00	0,81	0,79	0,73	0,70	0,56	0,87
E. Martini	0,81	1,00	0,79	0,71	0,78	0,69	0,90
G. Pico	0,79	0,79	1,00	0,78	0,73	0,65	0,90
Q. Quemú	0,73	0,71	0,78	1,00	0,69	0,64	0,87
Realicó	0,70	0,78	0,73	0,69	1,00	0,82	0,89
Larroudé	0,56	0,69	0,65	0,64	0,82	1,00	0,83
Promzon	0,87	0,90	0,90	0,87	0,89	0,83	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r = 0,217$ ; Muy significativo:  $r = 0,283$

**Cuadro 5:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre abril-mayo-junio (AMJ).

Localidad	E.Castex	E. Martini	G. Pico	Q. Quemú	Realicó	Larroudé	Promzon
E. Castex	1,00	0,78	0,76	0,75	0,64	0,64	0,86
E. Martini	0,78	1,00	0,76	0,70	0,80	0,75	0,90
G. Pico	0,76	0,76	1,00	0,86	0,72	0,73	0,91
Q. Quemú	0,75	0,70	0,86	1,00	0,66	0,67	0,88
Realicó	0,64	0,80	0,72	0,66	1,00	0,83	0,88
Larroudé	0,64	0,75	0,73	0,67	0,83	1,00	0,88
Promzon	0,86	0,90	0,91	0,88	0,88	0,88	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**b) Zona centro:****Cuadro 6:** Matriz de correlación de la precipitación anual por campaña agrícola.

Localidad	C.Barón	Lonquimay	M.Riglos	S.Rosa	Winifreda	Anguil	Promzon
C. Barón	1,00	0,88	0,80	0,76	0,86	0,93	0,89
Lonquimay	0,88	1,00	0,85	0,75	0,85	0,94	0,91
M. Riglos	0,80	0,85	1,00	0,80	0,81	0,92	0,91
S. Rosa	0,76	0,75	0,80	1,00	0,79	0,89	0,86
Winifreda	0,86	0,85	0,81	0,79	1,00	0,93	0,91
Anguil	0,93	0,94	0,92	0,89	0,93	1,00	0,97
Promzon	0,89	0,91	0,91	0,86	0,91	0,97	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 7:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre julio-agosto-septiembre (JAS).

Localidad	C.Barón	Lonquimay	M.Riglos	S.Rosa	Winifreda	Anguil	Promzon
C. Barón	1,00	0,87	0,72	0,78	0,84	0,86	0,91
Lonquimay	0,87	1,00	0,85	0,81	0,82	0,89	0,95
M. Riglos	0,72	0,85	1,00	0,78	0,74	0,89	0,90
S. Rosa	0,78	0,81	0,78	1,00	0,81	0,86	0,91
Winifreda	0,84	0,82	0,74	0,81	1,00	0,89	0,92
Anguil	0,86	0,89	0,89	0,86	0,89	1,00	0,97
Promzon	0,91	0,95	0,90	0,91	0,92	0,97	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 8:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND).

Localidad	C.Barón	Lonquimay	M.Riglos	S.Rosa	Winifreda	Anguil	Promzon
C. Barón	1,00	0,79	0,73	0,73	0,80	0,75	0,87
Lonquimay	0,79	1,00	0,81	0,77	0,77	0,82	0,91
M. Riglos	0,73	0,81	1,00	0,85	0,83	0,85	0,93
S. Rosa	0,73	0,77	0,85	1,00	0,84	0,88	0,92
Winifreda	0,80	0,77	0,83	0,84	1,00	0,84	0,92
Anguil	0,75	0,82	0,85	0,88	0,84	1,00	0,94
Promzon	0,87	0,91	0,93	0,92	0,92	0,94	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 9:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre enero-febrero-marzo (EFM).

Localidad	C.Barón	Lonquimay	M.Riglos	S.Rosa	Winifreda	Anguil	Promzon
C. Barón	1,00	0,83	0,70	0,59	0,78	0,74	0,89
Lonquimay	0,83	1,00	0,76	0,62	0,75	0,76	0,90
M. Riglos	0,70	0,76	1,00	0,71	0,66	0,72	0,87
S. Rosa	0,59	0,62	0,71	1,00	0,63	0,82	0,82
Winifreda	0,78	0,75	0,66	0,63	1,00	0,76	0,87
Anguil	0,74	0,76	0,72	0,82	0,76	1,00	0,91
Promzon	0,89	0,90	0,87	0,82	0,87	0,91	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r=0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 10:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre abril-mayo-junio (AMJ)

Localidad	C.Barón	Lonquimay	M.Riglos	S.Rosa	Winifreda	Anguil	Promzon
C. Barón	1,00	0,83	0,73	0,81	0,85	0,82	0,92
Lonquimay	0,83	1,00	0,77	0,74	0,79	0,78	0,90
M. Riglos	0,73	0,77	1,00	0,77	0,75	0,83	0,89
S. Rosa	0,81	0,74	0,77	1,00	0,84	0,92	0,92
Winifreda	0,85	0,79	0,75	0,84	1,00	0,88	0,93
Anguil	0,82	0,78	0,83	0,92	0,88	1,00	0,95
Promzon	0,92	0,90	0,89	0,92	0,93	0,95	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r=0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**c) Zona sur:****Cuadro 11:** Matriz de correlación de la precipitación anual por campaña agrícola.

Localidad	Alpachiri	Bernasconi	Doblas	G. Acha	Guatraché	J. Arauz	Maca chín	Perú	Promzon
Alpachiri	1,00	0,83	0,88	0,81	0,83	0,77	0,81	0,83	0,94
Bernasconi	0,83	1,00	0,79	0,77	0,77	0,83	0,75	0,78	0,91
Doblas	0,88	0,79	1,00	0,80	0,73	0,67	0,81	0,78	0,91
G. Acha	0,81	0,77	0,80	1,00	0,74	0,68	0,74	0,79	0,89
Guatraché	0,83	0,77	0,73	0,74	1,00	0,79	0,71	0,80	0,88
J. Arauz	0,77	0,83	0,67	0,68	0,79	1,00	0,75	0,74	0,86
Macachín	0,81	0,75	0,81	0,74	0,71	0,75	1,00	0,74	0,88
Perú	0,83	0,78	0,78	0,79	0,80	0,74	0,74	1,00	0,90
Promzon	0,94	0,91	0,91	0,89	0,88	0,86	0,88	0,90	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r=0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 12:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre julio-agosto-septiembre (JAS).

Localidad	Alpachiri	Bernasconi	Doblas	G. Acha	Guatraché	J. Arauz	Maca chín	Perú	Promzon
Alpachiri	1,00	0,82	0,94	0,78	0,90	0,83	0,85	0,88	0,95
Bernasconi	0,82	1,00	0,82	0,80	0,90	0,92	0,77	0,88	0,92
Doblas	0,94	0,82	1,00	0,81	0,87	0,79	0,86	0,88	0,93
G. Acha	0,78	0,80	0,81	1,00	0,75	0,72	0,65	0,87	0,95
Guatraché	0,90	0,90	0,87	0,75	1,00	0,92	0,82	0,87	0,95
J. Arauz	0,83	0,92	0,79	0,72	0,92	1,00	0,77	0,85	0,92
Macachín	0,85	0,77	0,86	0,65	0,82	0,77	1,00	0,79	0,90
Perú	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,85	0,79	1,00	0,92
Promzon	0,95	0,92	0,93	0,86	0,95	0,92	0,90	0,92	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r=0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 13:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND).

Localidad	Alpachiri	Bernasconi	Doblas	G. Acha	Guatraché	J. Arauz	Maca chín	Perú	Promzon
Alpachiri	1,00	0,81	0,89	0,76	0,76	0,76	0,81	0,82	0,94
Bernasconi	0,81	1,00	0,77	0,71	0,77	0,82	0,76	0,80	0,91
Doblas	0,89	0,77	1,00	0,72	0,70	0,74	0,84	0,77	0,91
G. Acha	0,76	0,71	0,72	1,00	0,65	0,60	0,67	0,72	0,82
Guatraché	0,76	0,77	0,70	0,65	1,00	0,73	0,64	0,75	0,85
J. Arauz	0,76	0,82	0,74	0,60	0,73	1,00	0,73	0,75	0,86
Macachín	0,81	0,76	0,84	0,67	0,64	0,73	1,00	0,72	0,88
Perú	0,82	0,80	0,77	0,72	0,75	0,75	0,72	1,00	0,89
Promzon	0,94	0,91	0,91	0,82	0,85	0,86	0,88	0,89	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 14:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre enero-febrero-marzo (EFM).

Localidad	Alpachiri	Bernasconi	Doblas	G. Acha	Guatraché	J. Arauz	Maca chín	Perú	Promzon
Alpachiri	1,00	0,76	0,82	0,78	0,85	0,75	0,81	0,80	0,92
Bernasconi	0,76	1,00	0,72	0,76	0,80	0,86	0,65	0,79	0,89
Doblas	0,82	0,72	1,00	0,75	0,75	0,70	0,77	0,75	0,88
G. Acha	0,78	0,76	0,75	1,00	0,78	0,74	0,67	0,79	0,88
Guatraché	0,85	0,80	0,75	0,78	1,00	0,83	0,69	0,84	0,92
J. Arauz	0,75	0,86	0,70	0,74	0,83	1,00	0,68	0,79	0,89
Macachín	0,81	0,65	0,77	0,67	0,69	0,68	1,00	0,69	0,84
Perú	0,80	0,79	0,75	0,79	0,84	0,79	0,69	1,00	0,90
Promzon	0,92	0,89	0,88	0,88	0,92	0,89	0,84	0,90	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

**Cuadro 15:** Matriz de correlación de la precipitación del trimestre abril-mayo-junio (AMJ).

Localidad	Alpachiri	Bernasconi	Doblas	G. Acha	Guatraché	J. Arauz	Maca chín	Perú	Promzon
Alpachiri	1,00	0,87	0,92	0,81	0,90	0,80	0,86	0,86	0,96
Bernasconi	0,87	1,00	0,79	0,72	0,85	0,91	0,77	0,85	0,92
Doblas	0,92	0,79	1,00	0,84	0,86	0,68	0,86	0,82	0,92
G. Acha	0,81	0,72	0,84	1,00	0,79	0,61	0,80	0,76	0,85
Guatraché	0,90	0,85	0,86	0,79	1,00	0,80	0,86	0,82	0,94
J. Arauz	0,80	0,91	0,68	0,61	0,80	1,00	0,68	0,75	0,85
Macachín	0,86	0,77	0,86	0,80	0,86	0,68	1,00	0,75	0,90
Perú	0,86	0,85	0,82	0,76	0,82	0,75	0,75	1,00	0,90
Promzon	0,96	0,92	0,92	0,85	0,94	0,85	0,90	0,90	1,00

Nivel de significación: Significativo:  $r= 0,217$ ; Muy significativo:  $r=0,283$

#### 4.1.2. Tendencia de las precipitaciones

Se realizó el análisis de regresión lineal para estudiar la tendencia de las precipitaciones y un estudio exploratorio empleando polinomios de distintos grados, desde 1 a 5. Esta metodología hace a la necesidad de poder ver tempranamente cambios en las tendencias. Para ello se aplicó un polinomio de grado superior a las series para detectar cambios. Un polinomio de segundo grado es suficiente, pero la posibilidad de verlo mejor con sus máximos y mínimos lo realiza un polinomio de tercer grado. Polinomios de grado superior al tercero pueden mostrar oscilaciones que no cumplen con el objetivo propuesto.

##### **Zona norte:**

La regresión para el promedio zonal por campaña agrícola es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 16).

En el análisis de los totales anuales del promedio zonal por campaña agrícola (Figura 3, Cuadro 17) los mejores ajustes se obtuvieron por medio de polinomios de tercer orden.

La tendencia de los trimestres primaveral (OND) (Figura 4) y estival (EFM) (Figura 5) (Cuadros 18 y 19) es positiva ya que la regresión es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero. Ambos trimestres se ajustan a un polinomio de tercer orden (Cuadro 20) que explica el 17% y el 31%, respectivamente, de la variabilidad total de las precipitaciones.

El trimestre otoñal (AMJ) (Figura 6) mostró una tendencia positiva ya que la regresión es significativa ( $p < 0,05$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 21). La tendencia del trimestre invernal (JAS) (Figura 7) es positiva pero no significativa. La regresión no alcanzó significación, aunque la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta a cero (Cuadro 22). Ambos trimestres se ajustan a un polinomio de tercer orden (Cuadro 23) pero su contribución al cambio del régimen pluviométrico es mucho menor que la de los trimestres primaveral y estival, ya que sólo explican un 12% y un 8%, respectivamente, de variabilidad total de las precipitaciones.

a) Zona norte:

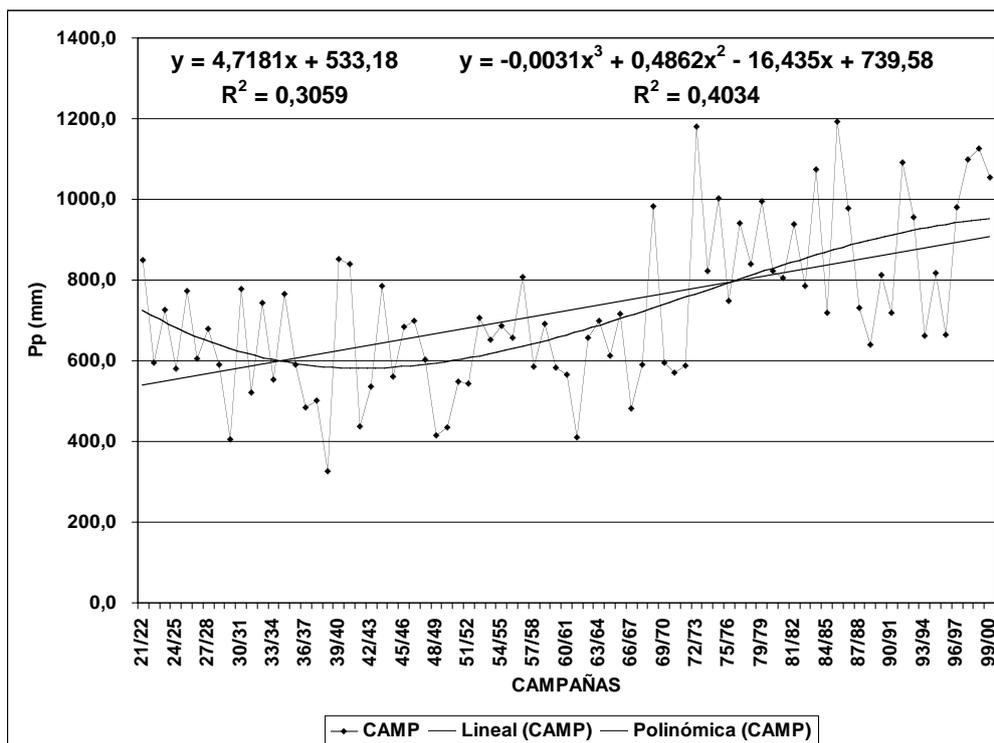


Figura 3: Precipitación promedio zonal anual por campaña agrícola.

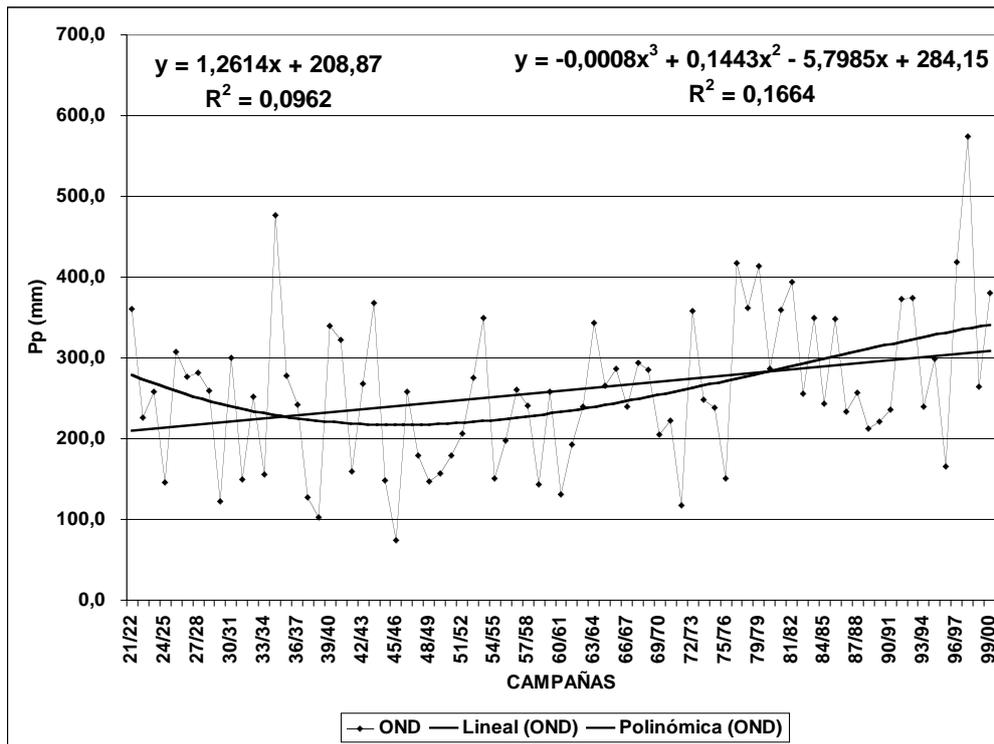
Cuadro 16: Análisis de regresión del promedio zonal por campaña agrícola.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	914452,951	1	914452,951	33,936635	0,00000012511
Residual	2074833,8	77	26945,8935		
Total	2989286,75	78			

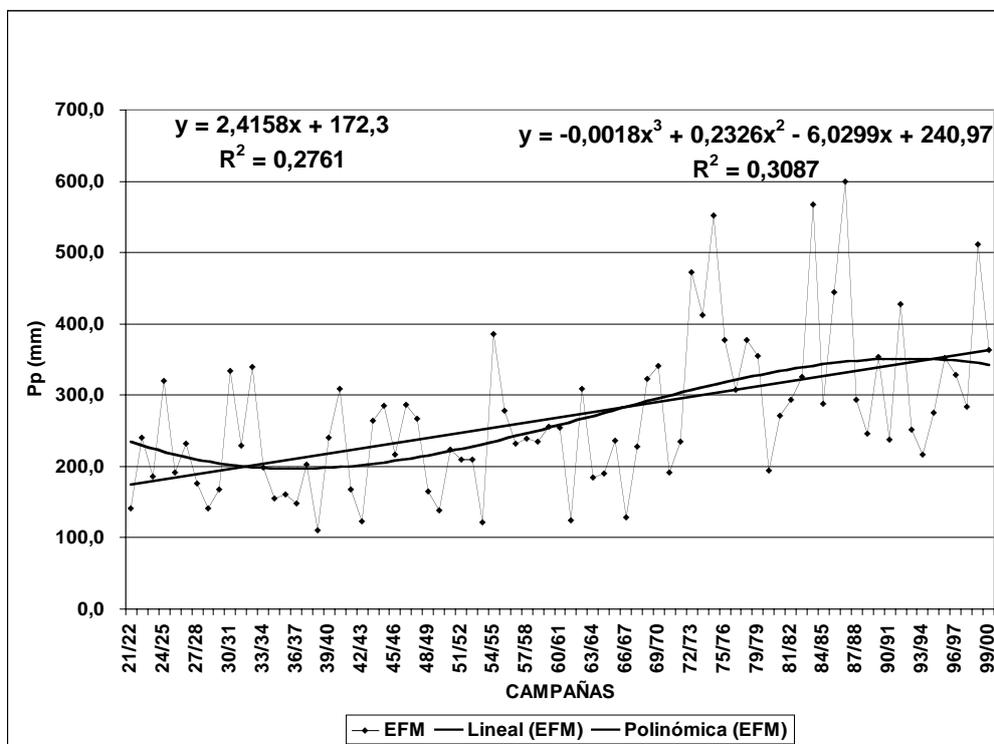
Cuadro 17: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por campaña agrícola.

	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
Campaña	0,4034	-0,0031	0,4862	-16,435	739,58

- b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer orden
- b<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden
- b: Coeficiente de primer orden
- a: ordenada al origen



**Figura 4:** Precipitación correspondiente al trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND) promedio zonal.



**Figura 5:** Precipitación correspondiente al trimestre enero-febrero-marzo (EFM) promedio zonal.

**Cuadro 18:** Análisis de regresión del trimestre octubre-noviembre-diciembre promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	65359,5521	1	65359,5521	8,19536532	0,00540729
Residual	614089,221	77	7975,18469		
Total	679448,773	78			

**Cuadro 19:** Análisis de regresión del trimestre enero-febrero-marzo promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	239753,501	1	239753,501	29,3688148	0,00000066205
Residual	628592,597	77	8163,54022		
Total	868346,098	78			

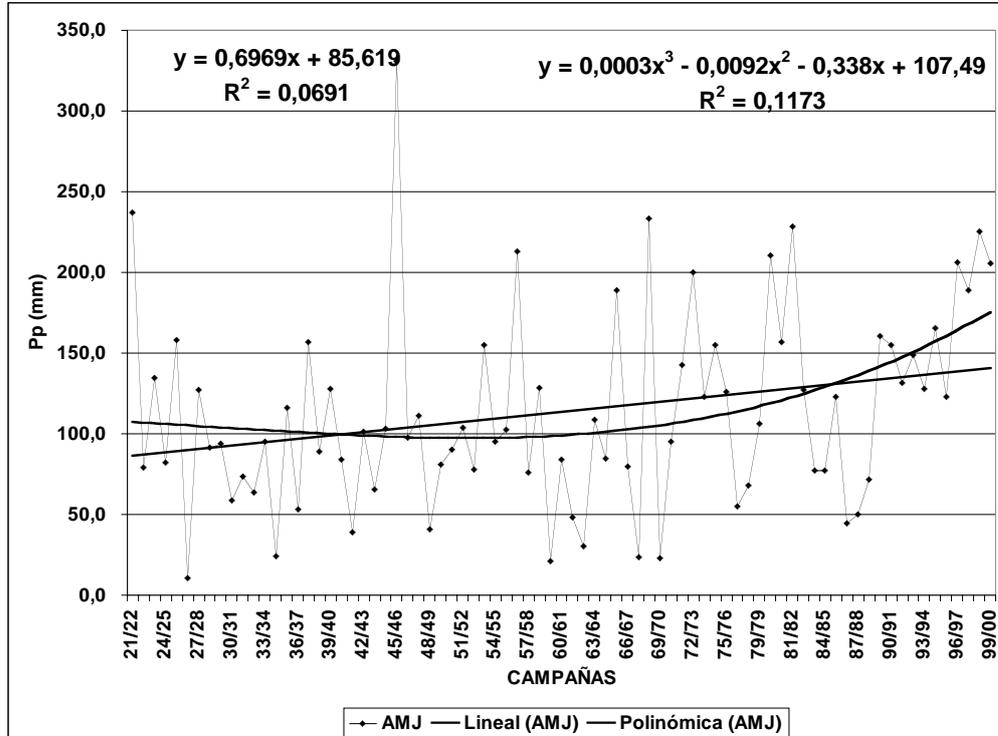
**Cuadro 20:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre.

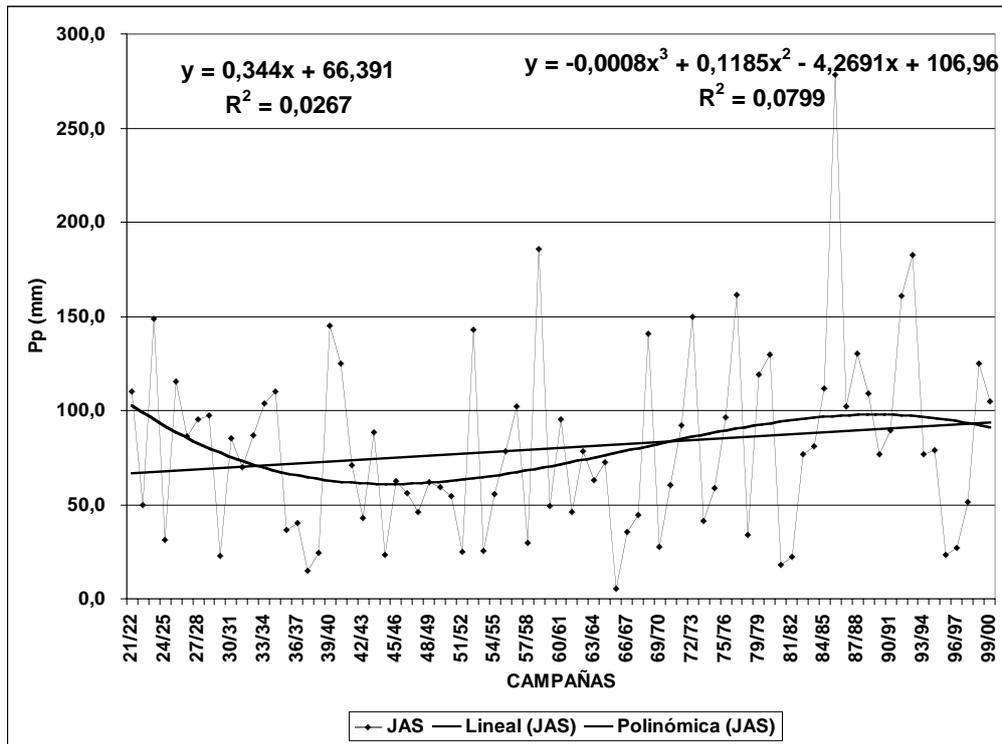
	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
OND	0,1664	-0,0008	0,1443	-5,7985	284,15
EFM	0,3087	-0,0018	0,2326	-6,0299	240,97

b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer ordenb<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden

b: Coeficiente de primer orden

a: ordenada al origen

**Figura 6:** Precipitación correspondiente al trimestre abril-mayo-junio (AMJ) promedio zonal.



**Figura 7:** Precipitación correspondiente al trimestre julio-agosto-septiembre (JAS) promedio zonal.

**Cuadro 21:** Análisis de regresión del trimestre abril-mayo-junio promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	19950,5382	1	19950,5382	5,71970945	0,01921606
Residual	268578,58	77	3488,0335		
Total	288529,118	78			

**Cuadro 22:** Análisis de regresión del trimestre julio-agosto-septiembre promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	4861,22912	1	4861,22912	2,1123595	0,15017748
Residual	177202,148	77	2301,3266		
Total	182063,377	78			

**Cuadro 23:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre.

	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
AMJ	0,1173	0,0003	-0,0092	-0,338	107,49
JAS	0,0799	-0,0008	0,1185	-4,2691	106,96

b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer orden

b<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden

b: Coeficiente de primer orden

a: ordenada al origen

**Zona centro:**

La regresión del promedio zonal por campaña agrícola es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo que implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 24 ).

En el análisis de los totales anuales del promedio zonal por campaña agrícola (Figura 8, Cuadro 25) los mejores ajustes se obtuvieron por medio de polinomios de tercer orden.

La tendencia de los trimestres primaveral (OND) (Figura 9) y estival (EFM) (Figura 10) (Cuadro 26 y 27) es positiva ya que la regresión es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo que implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero. Ambos trimestres se ajustan a un polinomio de tercer orden (Cuadro 28) que explica el 21% y el 31%, respectivamente, de la variabilidad total de las precipitaciones.

Los trimestres otoñal (AMJ) (Figura 11) e invernal (JAS) (Figura 12) mostraron tendencia positiva ya que la regresión es altamente significativa ( $p < 0,01$ ) para el primero y significativa ( $p < 0,05$ ) para el segundo, lo que implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 29 y 30). Ambos trimestres se ajustan a un polinomio de tercer orden (Cuadro 31) pero su contribución al cambio del régimen pluviométrico es mucho menor que la de los trimestres primaveral y estival, ya que sólo explican un 10% y un 7% de la variabilidad total de las precipitaciones, respectivamente.

**c) Zona sur:**

La regresión para el promedio zonal por campaña agrícola es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 32 ).

En el análisis de los totales anuales del promedio zonal por campaña agrícola (Figura 13, Cuadro 33) los mejores ajustes se obtuvieron por medio de polinomios de tercer orden.

## b) Zona centro:

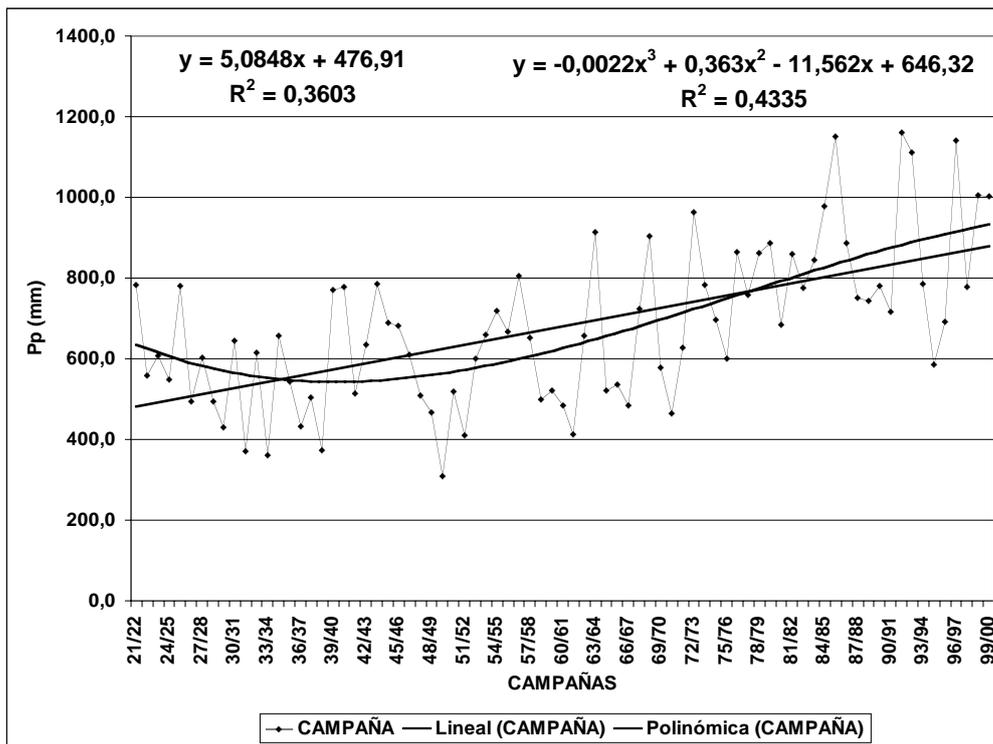


Figura 8: Precipitación promedio zonal anual por campaña agrícola.

Cuadro 24: Análisis de regresión del promedio zonal por campaña agrícola.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	1062138,33	1	1062138,33	43,3733746	0,00000000500
Residual	1885595,76	77	24488,2566		
Total	2947734,08	78			

Cuadro 25: Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por campaña agrícola.

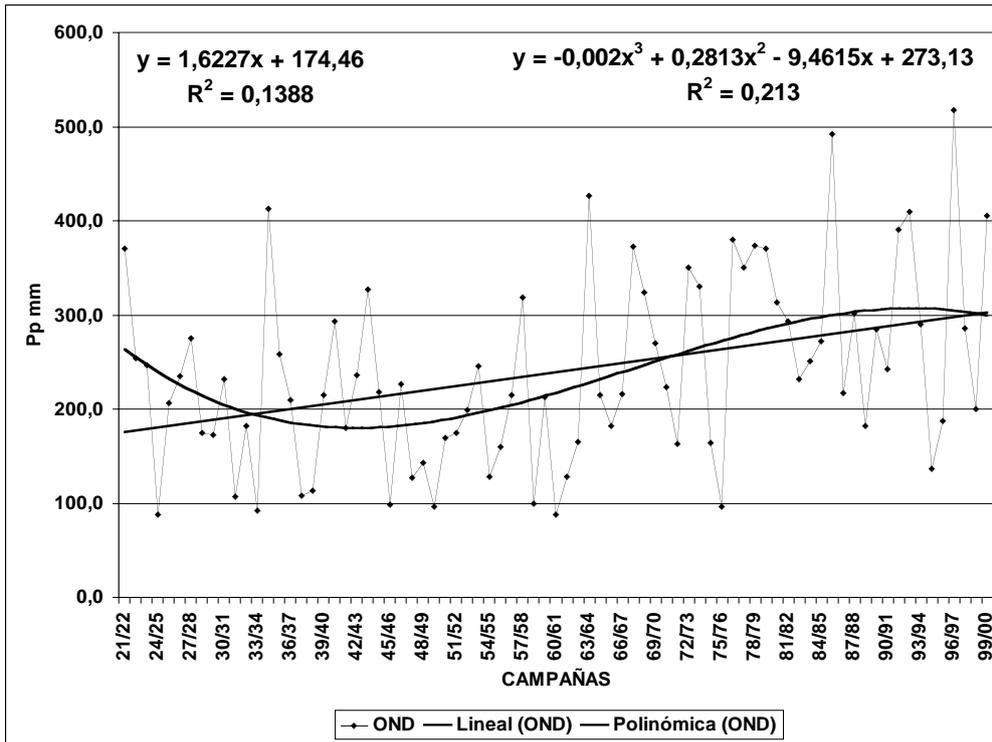
	$R^2$	$b^3$	$b^2$	b	a
Campaña	0,4335	-0,0022	0,363	-11,562	646,32

$b^3$ : Coeficiente de tercer orden

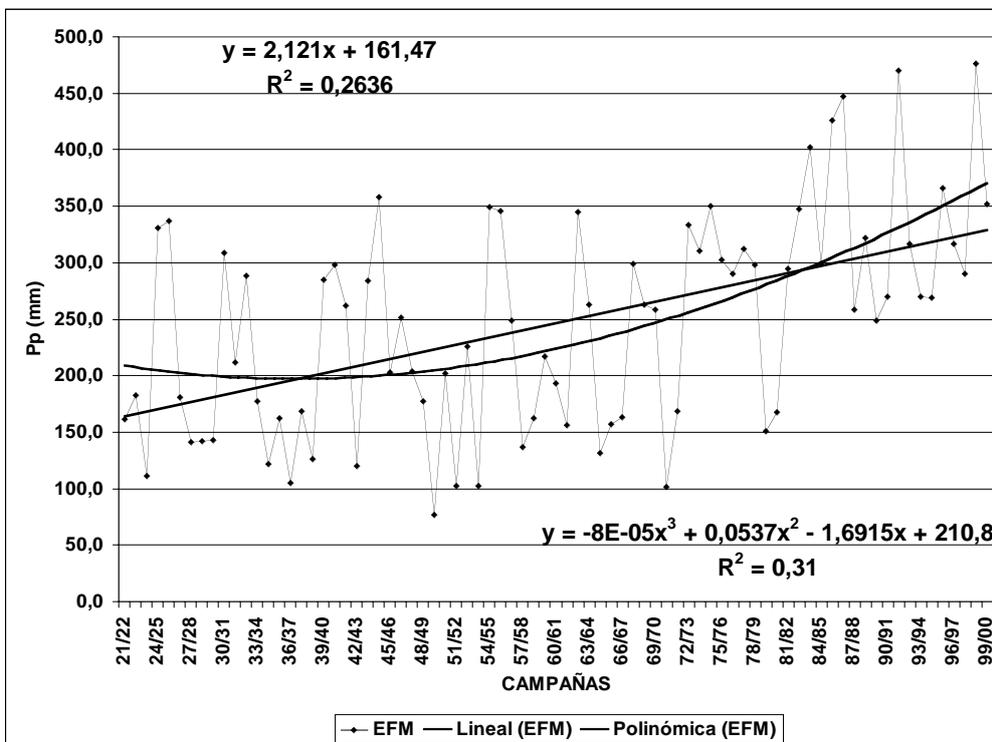
$b^2$ : Coeficiente de segundo orden

b: Coeficiente de primer orden

a: ordenada al origen



**Figura 9:** Precipitación correspondiente al trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND) promedio zonal.



**Figura 10:** Precipitación correspondiente al trimestre enero-febrero-marzo (EFM) promedio zonal.

**Cuadro 26:** Análisis de regresión del trimestre octubre-noviembre-diciembre promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	108168,215	1	108168,215	12,4110749	0,00072141
Residual	671090,345	77	8715,45902		
Total	779258,56	78			

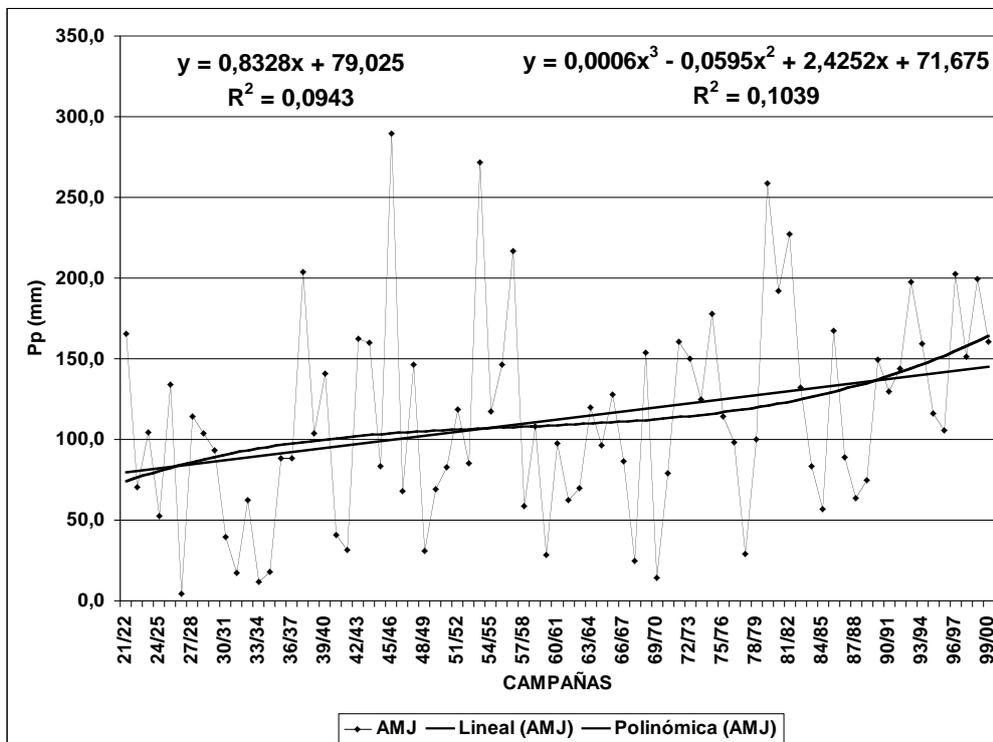
**Cuadro 27:** Análisis de regresión del trimestre enero-febrero-marzo promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	184807,057	1	184807,057	27,5565523	1,3107E-06
Residual	516397,814	77	6706,46512		
Total	701204,871	78			

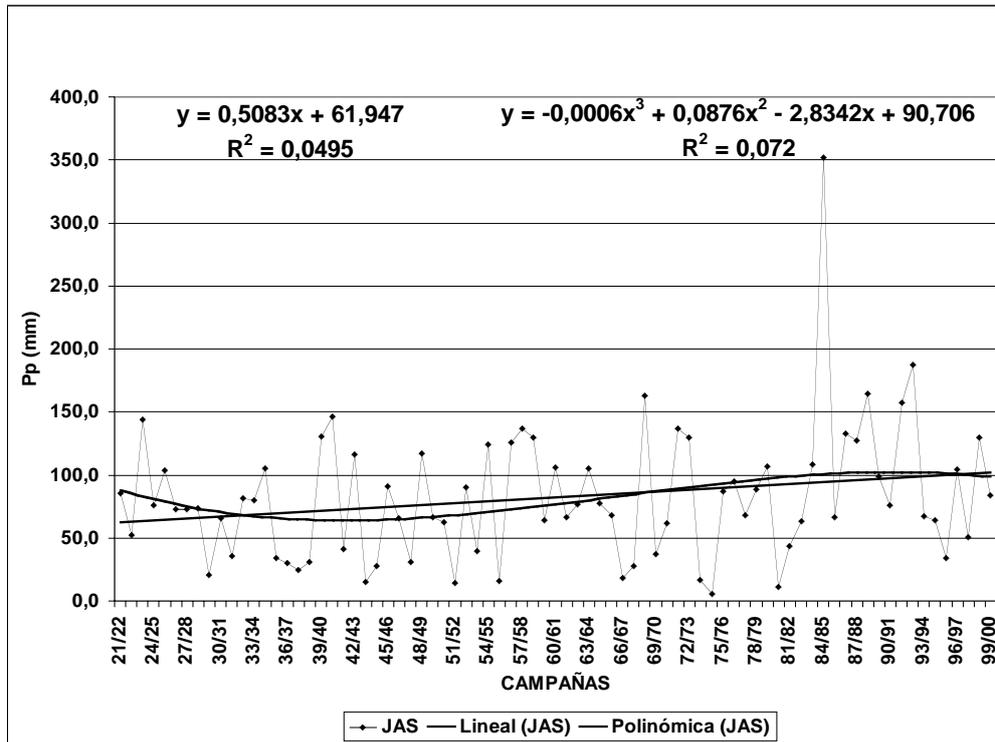
**Cuadro 28:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre.

	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
OND	0,2130	-0,0020	0,2813	-9,4615	273,13
EFM	0,3100	-8E-05	0,0537	-1,6915	210,8

b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer orden  
 b<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden  
 b: Coeficiente de primer orden  
 a: ordenada al origen



**Figura 11:** Precipitación correspondiente al trimestre abril-mayo-junio (AMJ) promedio zonal.



**Figura 12:** Precipitación correspondiente al trimestre julio-agosto-septiembre (JAS) promedio zonal.

**Cuadro 29:** Análisis de regresión del trimestre abril-mayo-junio promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	28494,3987	1	28494,3987	8,02100123	0,00589809
Residual	273540,501	77	3552,47404		
Total	302034,9	78			

**Cuadro 30:** Análisis de regresión del trimestre julio-agosto-septiembre promedio zonal.

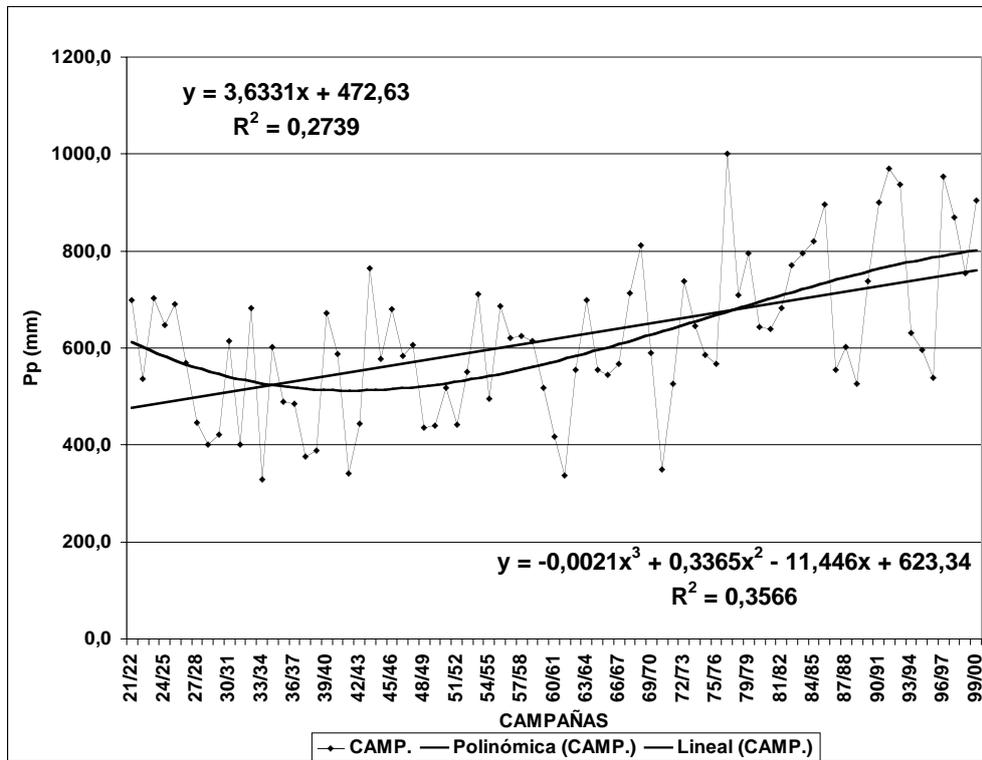
F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	10612,4684	1	10612,4684	4,00731061	0,04882558
Residual	203917,327	77	2648,27697		
Total	214529,795	78			

**Cuadro 31:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre.

	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
AMJ	0,1039	0,0006	-0,0595	2,4252	71,675
JAS	0,0720	-0,0006	0,0876	-2,8342	90,706

b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer orden  
 b<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden  
 b: Coeficiente de primer orden  
 a: ordenada al origen

**c) Zona sur:**



**Figura 13:** Precipitación promedio zonal anual por campaña agrícola.

**Cuadro 32:** Análisis de regresión del promedio zonal por campaña agrícola.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	542242,31	1	542242,31	29,0459386	0,000000747
Residual	1437469,74	77	18668,4382		
Total	1979712,05	78			

**Cuadro 33:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por campaña agrícola.

	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
Campaña	0,3566	-0,0021	0,3365	-11,446	623,34

- b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer orden
- b<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden
- b: Coeficiente de primer orden
- a: ordenada al origen

La tendencia de los trimestres primaveral (OND) (Figura 14) y estival (EFM) (Figura 15) (Cuadro 34 y 35) es positiva ya que la regresión es significativa ( $p < 0,05$ ) para el primero y altamente significativa ( $p < 0,01$ ) para el segundo, lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero. Ambos trimestres se ajustan a un polinomio de tercer orden (Cuadro 36) que explica el 10% y el 28%, respectivamente, de la variabilidad total de las precipitaciones.

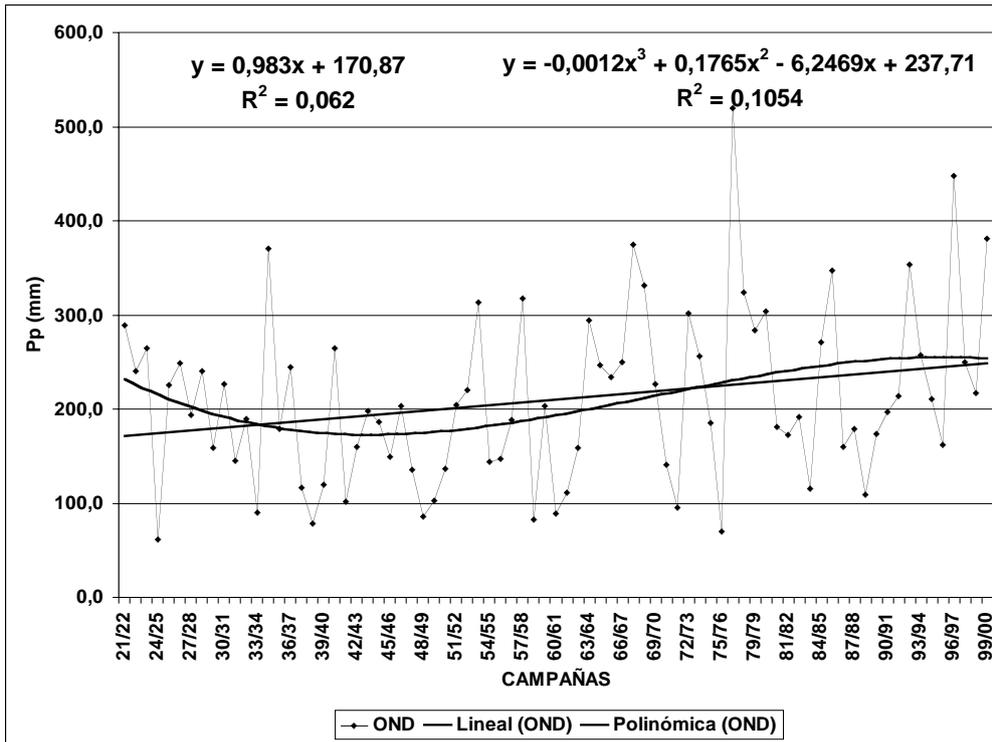
La tendencia de los trimestres otoñal (AMJ) (Figura 16) e invernal (JAS) (Figura 17, Cuadro 37 y 38) es positiva pero la regresión no es significativa, lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero. Los dos trimestres (AMJ y JAS) se ajustan a un polinomio de tercer orden (Cuadro 39) que explica en ambos casos el 5% de la variabilidad total de las precipitaciones.

En los totales anuales por campaña agrícola de las tres zonas analizadas, se evidencia que a comienzos de la serie evaluada (1921/2000) empieza a insinuarse un período seco que alcanzó su climax en la década de 1940, extendiéndose hasta fines de la década de 1960. A continuación se inicia una fase positiva que alcanza su máximo durante la década de 1990, pareciendo haberse estabilizado posteriormente.

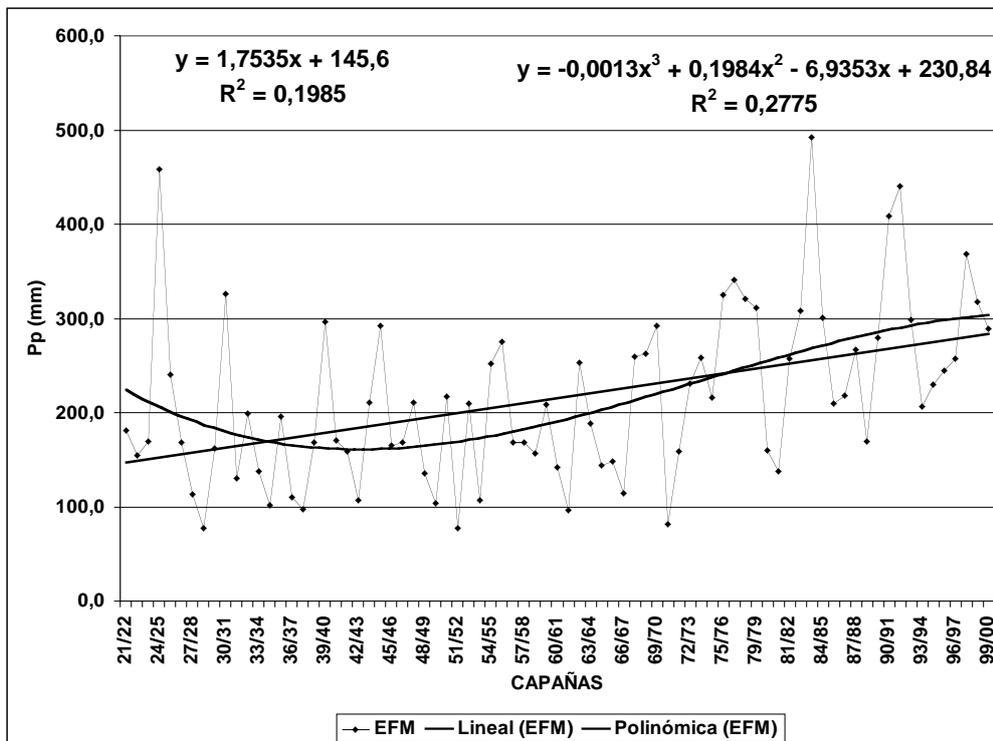
El promedio anual de precipitaciones en las tres zonas muestra un aumento significativo de lluvias en el período 1971/2000 comparado con la serie 1921/1970 (Figura 18). El trimestre estival (EFM) en las tres zonas mostró un aumento muy significativo de las lluvias (Figura 19). Los trimestres primaveral (OND) y otoñal (AMJ) presentaron aumentos significativos pero con aportes algo menores al total por campaña agrícola (Figura 20 y 21). El menor aporte de lluvias se ubicó en el trimestre invernal en las tres zonas (Figura 22).

Estas características incidieron significativamente en el patrón productivo regional, pues los meses de primavera-verano se constituyeron como los de mayor actividad biológica y productiva para el ámbito agropecuario.

Cabe resaltar la importancia agronómica de las lluvias del período otoñal para la aplicación de técnicas como barbecho, que resulta imprescindible para la implantación de pasturas y verdeos de aprovechamiento otoño-invernal-primaveral. La incidencia



**Figura 14:** Precipitación correspondiente al trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND) promedio zonal.



**Figura 15:** Precipitación correspondiente al trimestre enero-febrero-marzo (EFM) promedio zonal.

**Cuadro 34:** Análisis de regresión del trimestre octubre-noviembre-diciembre promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	39691,3241	1	39691,3241	5,09332618	0,02685358
Residual	600046,384	77	7792,81018		
Total	639737,708	78			

**Cuadro 35:** Análisis de regresión del trimestre enero-febrero-marzo promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	126304,377	1	126304,377	19,0727638	0,000038745
Residual	509912,311	77	6622,2378		
Total	636216,688	78			

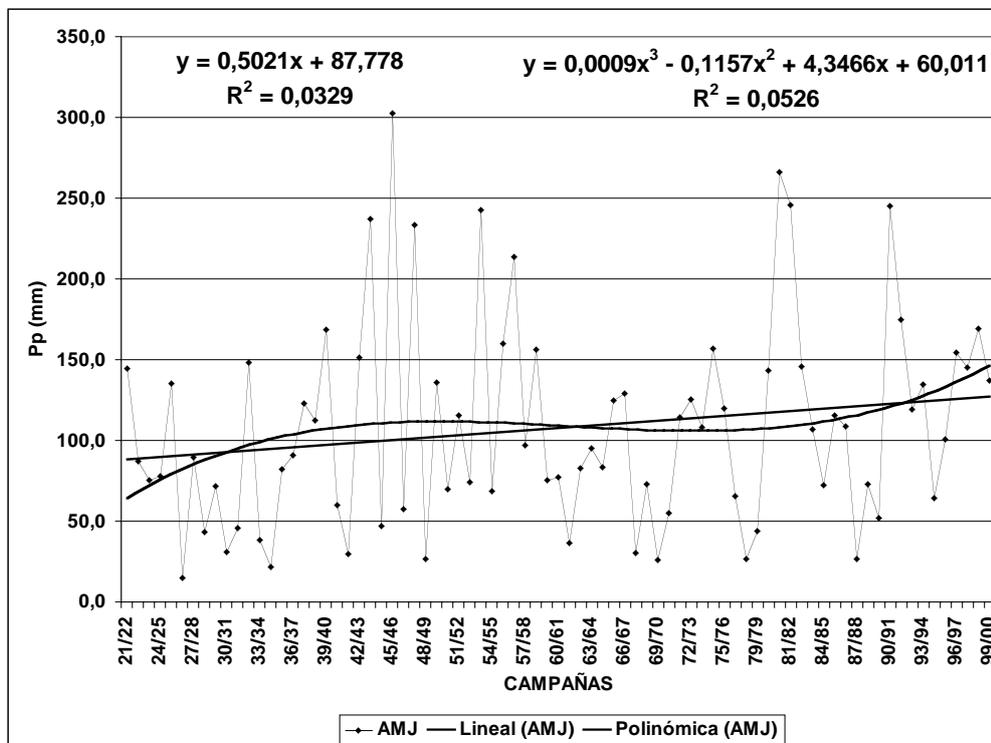
**Cuadro 36:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre.

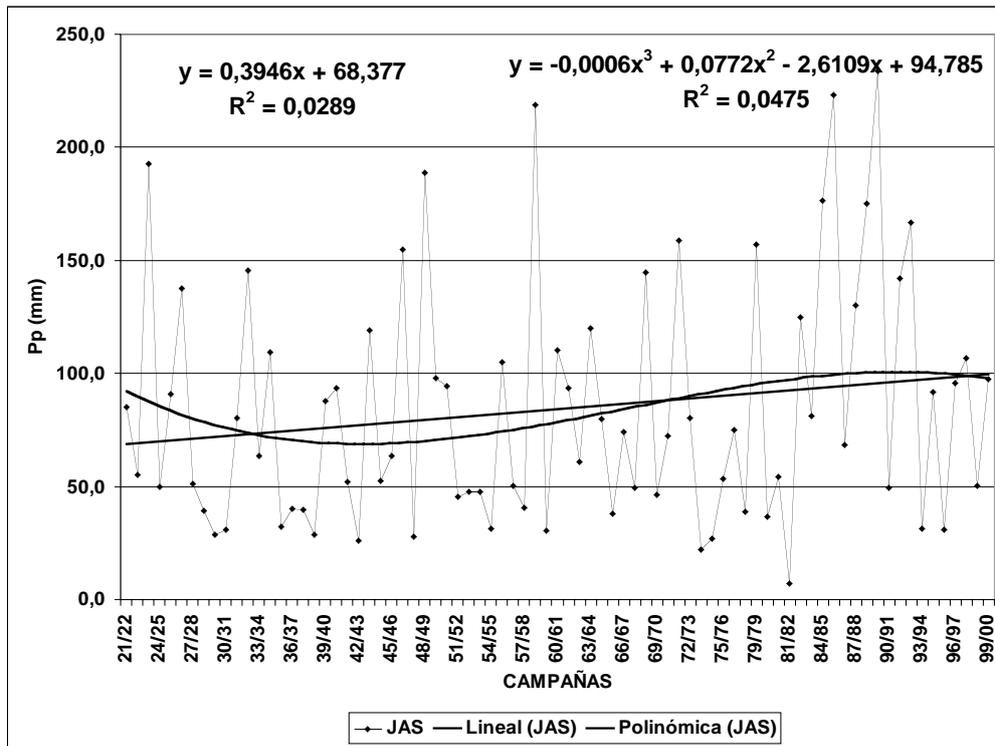
	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
OND	0,1054	-0,0012	0,1765	-6,2469	237,71
EFM	0,2775	-0,0013	0,1984	-6,9353	230,84

b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer ordenb<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden

b: Coeficiente de primer orden

a: ordenada al origen

**Figura 16:** Precipitación correspondiente al trimestre abril-mayo-junio (AMJ) promedio zonal.



**Figura 17:** Precipitación correspondiente al trimestre julio-agosto-septiembre (JAS) promedio zonal.

**Cuadro 37:** Análisis de regresión del trimestre abril-mayo-junio promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	10356,5566	1	10356,5566	2,61896552	0,10968255
Residual	304492,31	77	3954,44558		
Total	314848,866	78			

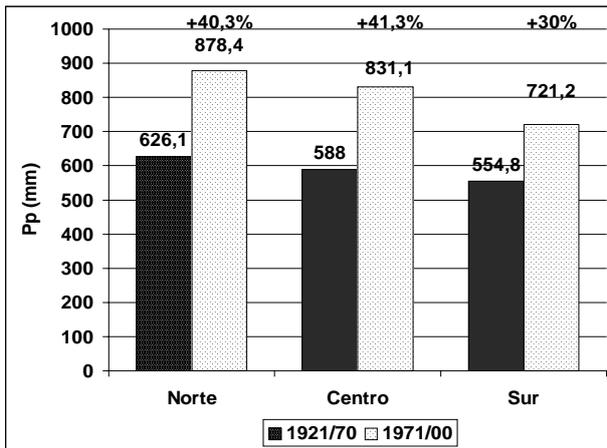
**Cuadro 38:** Análisis de regresión del trimestre julio-agosto-septiembre promedio zonal.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	6397,40597	1	6397,40597	2,29428501	0,13394534
Residual	214707,526	77	2788,40943		
Total	221104,932	78			

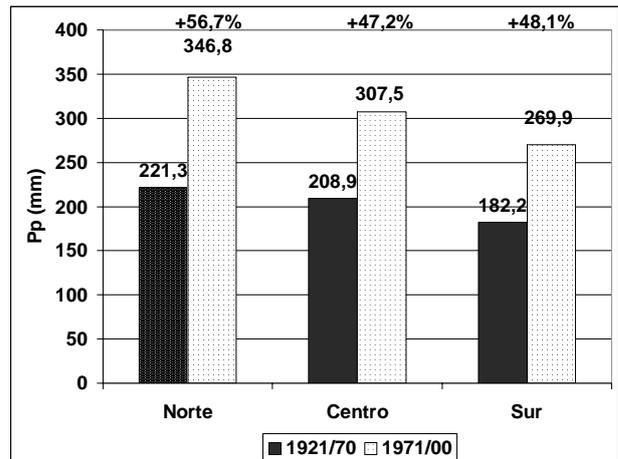
**Cuadro 39:** Parámetros de la curva de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre.

	R <sup>2</sup>	b <sup>3</sup>	b <sup>2</sup>	b	a
AMJ	0,0526	0,0009	-0,1157	4,3466	60,011
JAS	0,0475	-0,0006	0,0772	-2,6109	94,785

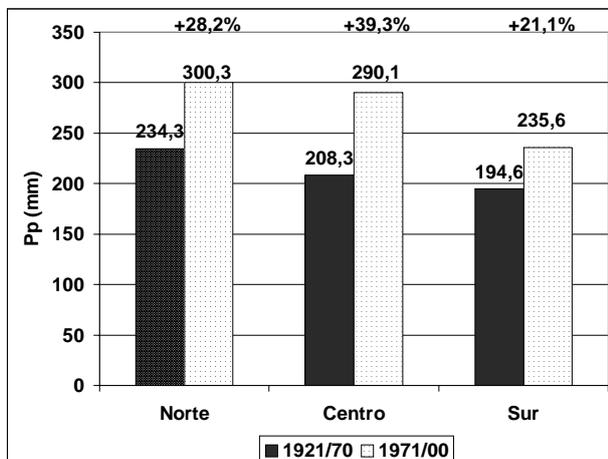
- b<sup>3</sup>: Coeficiente de tercer orden
- b<sup>2</sup>: Coeficiente de segundo orden
- b: Coeficiente de primer orden
- a: ordenada al origen



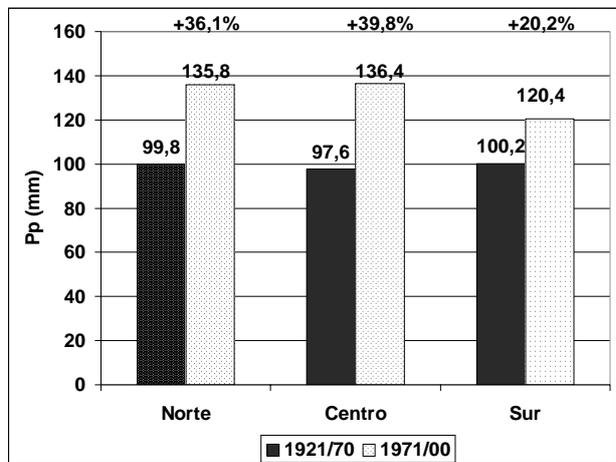
**Figura 18:** Promedio anual de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00.



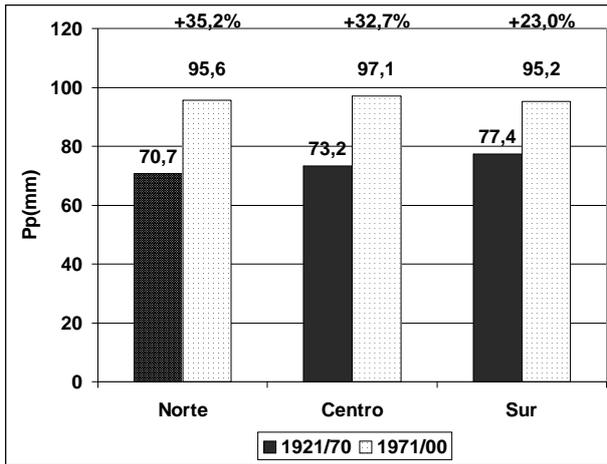
**Figura 19:** Promedio trimestral (enero-febrero-marzo) de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00



**Figura 20:** Promedio trimestral (octubre-noviembre-diciembre) de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00



**Figura 21:** Promedio trimestral (abril-mayo-junio) de precipitaciones en los períodos 1921/70 y 1971/00



**Figura 22:** Promedio trimestral (julio-agosto-septiembre) de precipitaciones en los períodos 1921/1970 y 1971/00

positiva se ve reflejada también en la época de llenado de grano de los cultivos de invierno. No obstante, debe tenerse en cuenta que dichos cambios pueden ser reversibles, debiendo preverse las consecuencias que traería aparejado el retorno a períodos de bajas precipitaciones.

### 4.1.3. Ciclo de precipitaciones

El análisis exploratorio permitió observar que el comportamiento temporal de las precipitaciones de las zonas en estudio parece ser consistente con la teoría del péndulo climático propuesta por Suriano y Ferpozzi (1993), como así también con la reconstrucción hipotética de la evolución de las lluvias realizada por Roberto et al (1994) ya que en el período evaluado (1921/2000) la región presenta un ciclo de larga duración con fases húmedas y secas separadas por fases de transición. Al inicio del período evaluado ocurrió el final de la fase de transición húmeda/seca seguido por la fase seca entre mediados de la década de 1920 y fines de la década de 1940. La fase siguiente de transición seca/húmeda entre el comienzo de los años 1950 y mediados de la década de 1970, desembocó en la fase húmeda a partir de mediados de la década de 1970.

Visto el carácter cíclico y armónico, a los fines de corroborar el comportamiento de la lluvia se estimaron las mismas utilizando una función seno

#### a) Zona norte

El ajuste entre las series observada y calculadas de precipitación por la función seno proporcionó un coeficiente de correlación de 0,6341 (Cuadro 40).

La ordenada al origen de la recta de ajuste entre la precipitación promedio zonal anual observada y la estimada representa el promedio de precipitación de la serie (744,4 mm) (Figura 23) y el coeficiente de primer orden señala la variación de la precipitación (170,4 mm) respecto del promedio en el período seco y húmedo del ciclo propuesto (Figura 24). La disminución o el incremento de 170,4 mm de precipitación es de gran significación en la producción agrícola de la región.

#### b) Zona centro:

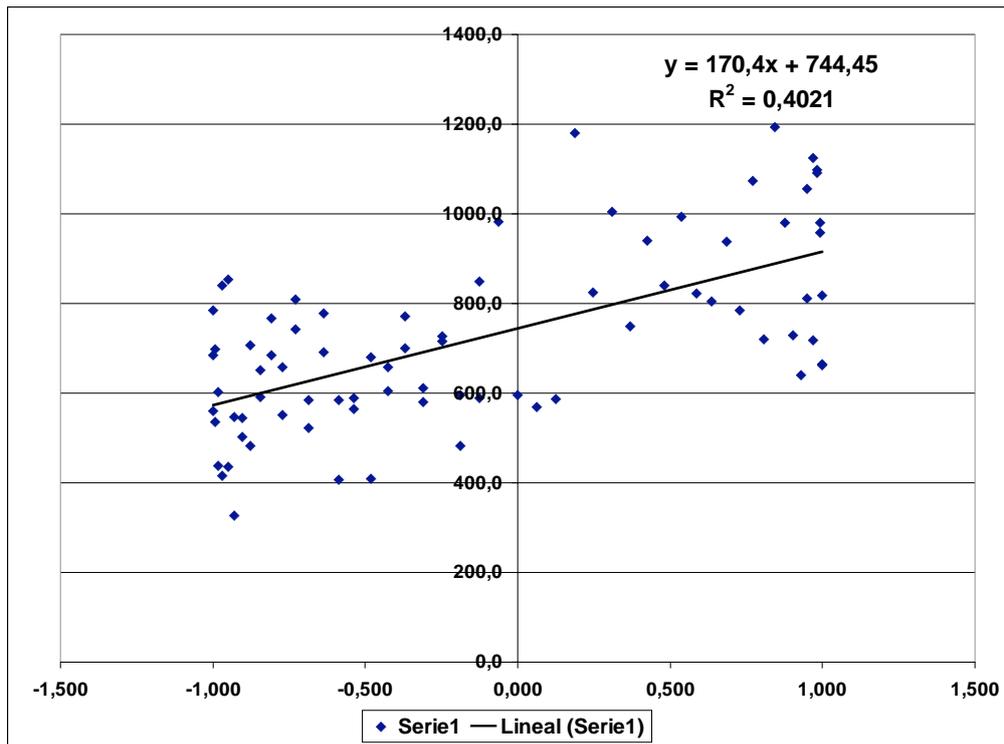
El ajuste entre las series observada y calculadas de precipitación por la función seno proporcionó un coeficiente de correlación de 0,6476 (Cuadro 41).

## a) Zona norte

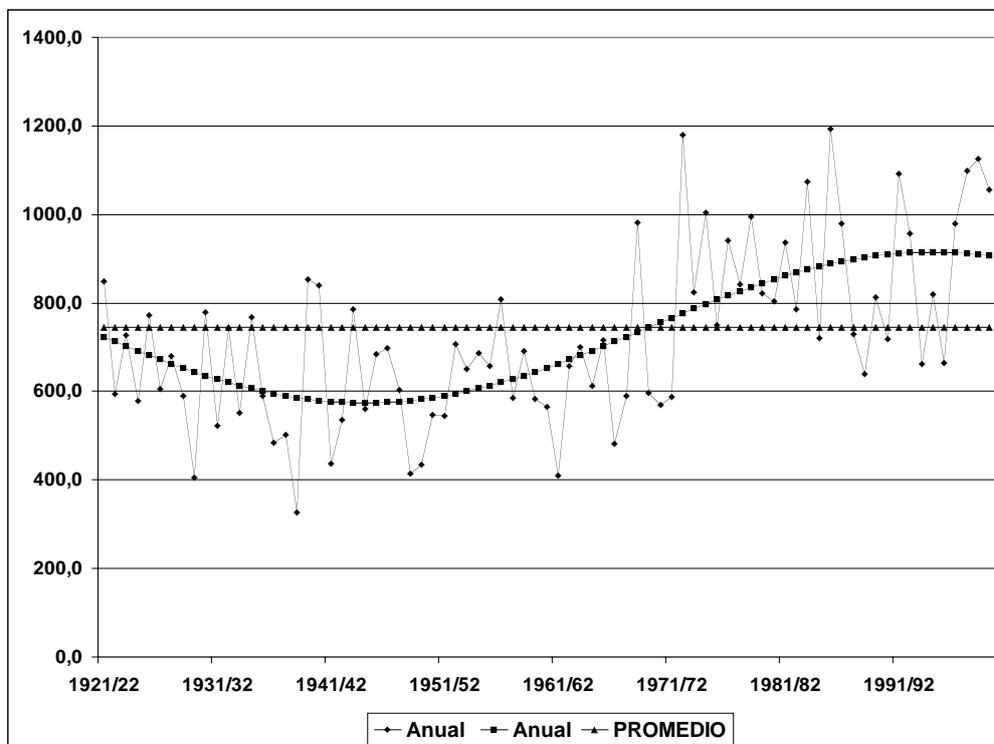
**Cuadro 40:** Promedio de precipitación por trimestre observado y calculado en la zona norte.

Nº	Ciclo	Campaña	DATOS OBSERVADOS					DATOS CALCULADOS				
			Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	
			JAS	OND	EFM	AMJ	Anual	JAS	OND	EFM	AMJ	Anual
1	-0,125	1921/22	110,2	361,1	141,1	236,8	849,2	80,3	259,7	269,5	113,7	723,1
2	-0,187	1922/23	49,5	225,9	240,1	79,3	594,8	79,2	256,5	264,6	112,2	712,5
3	-0,249	1923/24	148,5	258,6	185,2	134,4	726,7	78,1	253,4	259,8	110,7	702,1
4	-0,309	1924/25	31,1	145,1	320,5	82,4	579,1	77,1	250,3	255,1	109,3	691,8
5	-0,368	1925/26	115,6	307,2	190,9	158,1	771,8	76,0	247,3	250,5	107,9	681,7
6	-0,426	1926/27	86,3	276,2	231,4	10,8	604,7	75,0	244,4	246,0	106,5	671,9
7	-0,482	1927/28	95,0	281,7	175,7	126,9	679,3	74,0	241,5	241,6	105,2	662,4
8	-0,536	1928/29	97,6	258,7	141,7	91,5	589,5	73,1	238,8	237,3	103,9	653,1
9	-0,588	1929/30	22,9	121,9	167,0	93,8	405,6	72,2	236,2	233,3	102,7	644,3
10	-0,637	1930/31	85,3	300,3	333,4	58,9	777,9	71,3	233,6	229,4	101,5	635,8
11	-0,685	1931/32	69,8	149,0	229,5	73,2	521,5	70,5	231,2	225,7	100,4	627,8
12	-0,729	1932/33	87,0	251,7	339,8	63,8	742,3	69,7	229,0	222,2	99,3	620,2
13	-0,771	1933/34	103,7	155,0	198,6	94,8	552,1	69,0	226,9	219,0	98,3	613,2
14	-0,809	1934/35	109,8	477,0	155,6	24,2	766,6	68,3	224,9	216,0	97,4	606,6
15	-0,844	1935/36	36,3	277,5	161,0	115,8	590,6	67,7	223,1	213,2	96,6	600,6
16	-0,876	1936/37	40,0	242,2	148,0	53,1	483,3	67,1	221,5	210,7	95,8	595,1
17	-0,905	1937/38	14,8	127,7	202,1	157,0	501,6	66,6	220,0	208,5	95,2	590,3
18	-0,930	1938/39	24,6	102,7	110,9	88,8	327,0	66,2	218,8	206,5	94,6	586,0
19	-0,951	1939/40	145,0	339,0	240,7	127,7	852,4	65,8	217,7	204,8	94,1	582,4
20	-0,969	1940/41	125,1	321,7	308,5	83,8	839,1	65,5	216,8	203,5	93,6	579,4
21	-0,982	1941/42	70,9	159,4	167,8	39,1	437,2	65,3	216,1	202,4	93,3	577,1
22	-0,992	1942/43	42,8	267,7	123,5	101,2	535,2	65,1	215,6	201,6	93,1	575,4
23	-0,998	1943/44	88,2	367,6	264,3	65,3	785,4	65,0	215,3	201,2	92,9	574,4
24	-1,000	1944/45	23,1	148,5	285,7	103,0	560,3	65,0	215,2	201,0	92,9	574,1
25	-0,998	1945/46	62,5	74,3	216,7	330,8	684,3	65,0	215,3	201,2	92,9	574,4
26	-0,992	1946/47	56,0	258,4	286,2	97,7	698,3	65,1	215,6	201,6	93,1	575,4
27	-0,982	1947/48	46,0	178,7	266,8	111,3	602,8	65,3	216,1	202,4	93,3	577,1
28	-0,969	1948/49	61,9	147,2	165,2	40,8	415,1	65,5	216,8	203,5	93,6	579,4
29	-0,951	1949/50	59,1	156,7	138,3	81,0	435,1	65,8	217,7	204,8	94,1	582,4
30	-0,930	1950/51	54,7	179,0	223,3	90,3	547,3	66,2	218,8	206,5	94,6	586,0
31	-0,905	1951/52	24,7	205,8	209,5	104,0	544,0	66,6	220,0	208,5	95,2	590,3
32	-0,876	1952/53	142,7	275,8	210,0	77,9	706,4	67,1	221,5	210,7	95,8	595,1
33	-0,844	1953/54	25,5	349,5	121,3	155,0	651,3	67,7	223,1	213,2	96,6	600,6
34	-0,809	1954/55	55,3	150,0	385,3	94,9	685,5	68,3	224,9	216,0	97,4	606,6
35	-0,771	1955/56	78,2	197,7	278,6	102,5	657,0	69,0	226,9	219,0	98,3	613,2
36	-0,729	1956/57	102,2	260,4	232,4	213,0	808,0	69,7	229,0	222,2	99,3	620,2
37	-0,685	1957/58	29,8	241,0	238,9	75,8	585,5	70,5	231,2	225,7	100,4	627,8
38	-0,637	1958/59	185,5	142,6	234,5	128,7	691,3	71,3	233,6	229,4	101,5	635,8
39	-0,588	1959/60	49,2	257,8	255,6	20,9	583,5	72,2	236,2	233,3	102,7	644,3
40	-0,536	1960/61	95,4	130,5	254,6	84,2	564,7	73,1	238,8	237,3	103,9	653,1
41	-0,482	1961/62	45,8	192,0	123,7	48,1	409,6	74,0	241,5	241,6	105,2	662,4
42	-0,426	1962/63	78,2	239,8	308,8	30,0	656,8	75,0	244,4	246,0	106,5	671,9
43	-0,368	1963/64	63,2	342,7	184,7	108,5	699,1	76,0	247,3	250,5	107,9	681,7
44	-0,309	1964/65	72,5	265,1	190,0	84,3	611,9	77,1	250,3	255,1	109,3	691,8
45	-0,249	1965/66	5,4	287,0	235,5	188,7	716,6	78,1	253,4	259,8	110,7	702,1

46	-0,187	1966/67	35,2	239,3	128,0	79,5	482,0	79,2	256,5	264,6	112,2	712,5
47	-0,125	1967/68	44,3	294,1	228,3	23,2	589,9	80,3	259,7	269,5	113,7	723,1
48	-0,063	1968/69	140,7	284,6	323,3	233,3	981,9	81,4	262,9	274,4	115,1	733,8
49	0,000	1969/70	27,3	205,1	340,8	23,0	596,2	82,5	266,1	279,3	116,6	744,5
50	0,063	1970/71	60,5	222,0	191,8	95,0	569,3	83,6	269,3	284,2	118,1	755,1
51	0,125	1971/72	92,3	117,9	234,4	142,9	587,5	84,7	272,4	289,1	119,6	765,8
52	0,187	1972/73	149,8	358,1	472,3	200,3	1180,5	85,7	275,6	294,0	121,1	776,4
53	0,249	1973/74	41,5	247,6	411,6	122,7	823,4	86,8	278,7	298,8	122,5	786,8
54	0,309	1974/75	58,5	238,6	551,6	155,0	1003,7	87,9	281,8	303,5	124,0	797,1
55	0,368	1975/76	96,1	150,3	376,9	126,0	749,3	88,9	284,8	308,1	125,4	807,2
56	0,426	1976/77	161,3	417,8	306,7	55,1	940,9	89,9	287,7	312,6	126,8	817,0
57	0,482	1977/78	33,8	361,8	377,1	68,0	840,7	90,9	290,6	317,0	128,1	826,5
58	0,536	1978/79	118,8	413,4	355,4	106,4	994,0	91,8	293,3	321,2	129,4	835,8
59	0,588	1979/80	129,7	286,0	194,7	210,8	821,2	92,7	296,0	325,3	130,6	844,6
60	0,637	1980/81	17,8	358,8	271,3	156,7	804,6	93,6	298,5	329,2	131,8	853,1
61	0,685	1981/82	22,2	393,4	293,6	228,2	937,4	94,4	300,9	332,9	132,9	861,1
62	0,729	1982/83	76,8	255,3	326,2	127,1	785,4	95,2	303,1	336,4	134,0	868,7
63	0,771	1983/84	80,9	349,5	566,6	77,3	1074,3	95,9	305,3	339,6	134,9	875,7
64	0,809	1984/85	111,6	242,6	288,5	77,0	719,7	96,6	307,2	342,6	135,9	882,3
65	0,844	1985/86	278,3	347,8	443,7	122,8	1192,6	97,2	309,0	345,4	136,7	888,3
66	0,876	1986/87	102,0	233,6	599,0	44,4	979,0	97,8	310,6	347,9	137,5	893,8
67	0,905	1987/88	130,2	256,6	293,0	50,2	730,0	98,3	312,1	350,1	138,1	898,6
68	0,930	1988/89	109,0	212,3	246,4	71,7	639,4	98,7	313,4	352,1	138,7	902,9
69	0,951	1989/90	76,6	221,5	353,8	160,3	812,2	99,1	314,4	353,7	139,2	906,5
70	0,969	1990/91	89,6	236,4	237,6	155,1	718,7	99,4	315,3	355,1	139,6	909,5
71	0,982	1991/92	160,8	372,3	427,3	131,3	1091,7	99,7	316,0	356,2	140,0	911,8
72	0,992	1992/93	182,5	373,6	252,0	148,6	956,7	99,8	316,5	357,0	140,2	913,5
73	0,998	1993/94	76,9	239,9	216,6	127,8	661,2	99,9	316,8	357,4	140,3	914,5
74	1,000	1994/95	78,9	298,9	275,4	165,3	818,5	100,0	316,9	357,6	140,4	914,9
75	0,998	1995/96	23,1	164,9	352,6	122,9	663,5	99,9	316,8	357,4	140,3	914,5
76	0,992	1996/97	26,8	418,6	327,9	206,4	979,7	99,8	316,5	357,0	140,2	913,5
77	0,982	1997/98	51,4	573,8	284,1	188,9	1098,2	99,7	316,0	356,2	140,0	911,8
78	0,969	1998/99	124,8	264,1	510,9	225,1	1124,9	99,4	315,3	355,1	139,6	909,5
79	0,951	1999/00	105,0	380,5	363,5	205,7	1054,7	99,1	314,4	353,7	139,2	906,5
		r						0,2638	0,3971	0,5405	0,2844	0,6341
		Sig						*	**	**	**	**
Nivel de Significación:** Muy Significativo (1%); * Significativo (5%); - No significativo												



**Figura 23:** Promedio anual de precipitaciones en la zona norte en función del ciclo externo



**Figura 24:** Datos observados, calculados (a partir del ciclo externo) y promedio de la serie para el promedio anual de precipitaciones en la zona norte.

**Cuadro 41:** Promedio de precipitación por trimestre observado y calculado en la zona centro.

Nº	Ciclo	Campaña	DATOS OBSERVADOS					DATOS CALCULADOS				
			Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	
			JAS	OND	EFM	AMJ	Anual	JAS	OND	EFM	AMJ	Anual
1	-0,187	1921/22	85,4	370,8	161,2	165,6	783,0	81,0	235,1	241,6	110,9	668,6
2	-0,249	1922/23	52,4	253,6	182,2	70,6	558,8	79,8	231,3	237,4	109,6	658,2
3	-0,309	1923/24	144,0	247,0	111,1	104,2	606,3	78,7	227,5	233,3	108,4	647,9
4	-0,368	1924/25	76,2	87,6	331,0	52,2	547,0	77,6	223,8	229,3	107,1	637,8
5	-0,426	1925/26	103,8	206,2	336,6	134,2	780,8	76,5	220,3	225,3	105,9	628,0
6	-0,482	1926/27	73,0	234,8	180,8	4,4	493,0	75,5	216,8	221,5	104,7	618,4
7	-0,536	1927/28	72,6	275,0	141,1	114,1	602,8	74,5	213,4	217,8	103,6	609,2
8	-0,588	1928/29	73,6	174,8	141,8	103,6	493,8	73,5	210,2	214,2	102,5	600,4
9	-0,637	1929/30	20,2	172,3	143,2	93,2	428,9	72,6	207,1	210,8	101,5	591,9
10	-0,685	1930/31	65,8	231,6	309,0	39,2	645,6	71,7	204,1	207,6	100,5	583,9
11	-0,729	1931/32	35,5	106,9	211,3	17,4	371,1	70,8	201,4	204,5	99,5	576,3
12	-0,771	1932/33	81,6	181,7	288,8	62,2	614,3	70,1	198,8	201,7	98,7	569,2
13	-0,809	1933/34	80,0	91,6	177,3	11,9	360,8	69,3	196,4	199,1	97,9	562,6
14	-0,844	1934/35	105,3	413,2	121,5	18,0	658,0	68,7	194,2	196,6	97,1	556,6
15	-0,876	1935/36	34,1	258,4	162,2	88,4	543,1	68,1	192,2	194,4	96,5	551,2
16	-0,905	1936/37	29,7	209,4	104,7	88,2	432,0	67,6	190,4	192,5	95,9	546,3
17	-0,930	1937/38	24,7	107,6	168,0	203,6	503,9	67,1	188,8	190,8	95,3	542,0
18	-0,951	1938/39	30,9	113,0	125,7	104,0	373,6	66,7	187,5	189,3	94,9	538,4
19	-0,969	1939/40	130,4	215,0	285,2	140,6	771,2	66,4	186,4	188,1	94,5	535,4
20	-0,982	1940/41	146,4	293,0	298,0	41,0	778,4	66,1	185,6	187,2	94,2	533,1
21	-0,992	1941/42	41,0	180,0	261,6	31,5	514,1	65,9	185,0	186,5	94,0	531,4
22	-0,998	1942/43	116,0	235,5	119,8	162,6	633,9	65,8	184,6	186,1	93,9	530,4
23	-1,000	1943/44	15,0	326,6	284,0	159,8	785,4	65,8	184,5	186,0	93,9	530,1
24	-0,998	1944/45	28,0	218,2	358,2	83,4	687,8	65,8	184,6	186,1	93,9	530,4
25	-0,992	1945/46	91,2	98,8	202,8	289,4	682,2	65,9	185,0	186,5	94,0	531,4
26	-0,982	1946/47	66,0	226,4	251,0	67,6	611,0	66,1	185,6	187,2	94,2	533,1
27	-0,969	1947/48	31,1	127,4	203,3	146,4	508,2	66,4	186,4	188,1	94,5	535,4
28	-0,951	1948/49	117,2	142,6	177,2	30,7	467,7	66,7	187,5	189,3	94,9	538,4
29	-0,930	1949/50	66,7	96,7	77,0	68,9	309,3	67,1	188,8	190,8	95,3	542,0
30	-0,905	1950/51	62,6	169,6	202,2	83,0	517,4	67,6	190,4	192,5	95,9	546,3
31	-0,876	1951/52	13,9	174,7	102,5	118,4	409,5	68,1	192,2	194,4	96,5	551,2
32	-0,844	1952/53	90,1	199,3	225,5	85,3	600,2	68,7	194,2	196,6	97,1	556,6
33	-0,809	1953/54	39,8	245,3	101,9	271,6	658,6	69,3	196,4	199,1	97,9	562,6
34	-0,771	1954/55	124,4	127,9	349,5	117,2	719,0	70,1	198,8	201,7	98,7	569,2
35	-0,729	1955/56	15,6	159,8	345,4	146,4	667,2	70,8	201,4	204,5	99,5	576,3
36	-0,685	1956/57	125,8	215,2	248,4	216,4	805,8	71,7	204,1	207,6	100,5	583,9
37	-0,637	1957/58	137,0	319,0	136,7	58,5	651,2	72,6	207,1	210,8	101,5	591,9
38	-0,588	1958/59	129,7	100,0	162,0	108,2	499,9	73,5	210,2	214,2	102,5	600,4
39	-0,536	1959/60	64,2	212,4	216,6	28,5	521,7	74,5	213,4	217,8	103,6	609,2
40	-0,482	1960/61	105,7	88,0	193,4	97,4	484,5	75,5	216,8	221,5	104,7	618,4
41	-0,426	1961/62	66,4	128,4	156,0	62,4	413,2	76,5	220,3	225,3	105,9	628,0
42	-0,368	1962/63	76,6	164,8	344,4	70,0	655,8	77,6	223,8	229,3	107,1	637,8
43	-0,309	1963/64	105,0	426,8	263,0	119,6	914,4	78,7	227,5	233,3	108,4	647,9
44	-0,249	1964/65	77,8	214,4	131,6	96,6	520,4	79,8	231,3	237,4	109,6	658,2
45	-0,187	1965/66	68,2	182,2	157,0	127,6	535,0	81,0	235,1	241,6	110,9	668,6
46	-0,125	1966/67	17,8	216,0	163,4	86,4	483,6	82,2	239,0	245,9	112,2	679,2
47	-0,063	1967/68	27,8	373,0	298,6	24,4	723,8	83,3	242,9	250,2	113,5	689,9

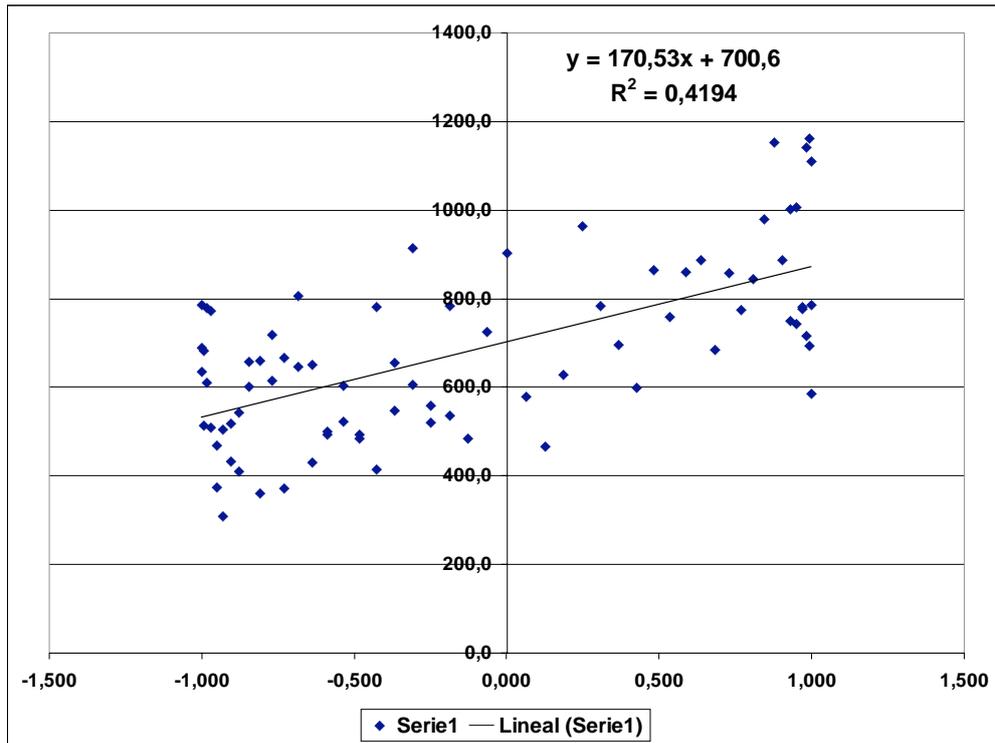
48	0,000	1968/69	163,0	324,0	262,6	154,0	903,6	84,5	246,8	254,5	114,8	700,6
49	0,063	1969/70	37,0	269,6	258,0	14,2	578,8	85,7	250,7	258,8	116,1	711,3
50	0,125	1970/71	61,4	223,2	101,6	79,2	465,4	86,9	254,6	263,1	117,5	722,0
51	0,187	1971/72	136,4	162,6	168,6	160,4	628,0	88,0	258,5	267,3	118,8	732,6
52	0,249	1972/73	129,4	350,4	333,0	150,0	962,8	89,2	262,3	271,5	120,0	743,0
53	0,309	1973/74	16,8	330,6	310,8	124,8	783,0	90,3	266,0	275,6	121,3	753,3
54	0,368	1974/75	5,2	164,0	349,8	177,6	696,6	91,4	269,7	279,7	122,5	763,4
55	0,426	1975/76	86,6	96,2	302,4	114,0	599,2	92,5	273,3	283,6	123,8	773,2
56	0,482	1976/77	94,8	380,2	290,2	98,0	863,2	93,5	276,8	287,5	124,9	782,8
57	0,536	1977/78	67,6	350,2	312,2	28,8	758,8	94,6	280,2	291,2	126,1	792,0
58	0,588	1978/79	88,7	373,6	298,0	100,2	860,5	95,5	283,4	294,7	127,2	800,8
59	0,637	1979/80	106,8	370,4	150,5	258,8	886,4	96,5	286,5	298,1	128,2	809,3
60	0,685	1980/81	11,4	313,0	167,9	192,0	684,3	97,3	289,5	301,4	129,2	817,3
61	0,729	1981/82	43,3	293,5	294,8	227,1	858,6	98,2	292,2	304,4	130,1	824,9
62	0,771	1982/83	63,6	232,0	347,3	132,3	775,3	98,9	294,8	307,3	131,0	832,0
63	0,809	1983/84	108,3	251,1	402,2	83,4	845,0	99,7	297,2	309,9	131,8	838,6
64	0,844	1984/85	351,6	271,9	298,7	56,8	979,0	100,3	299,4	312,3	132,5	844,6
65	0,876	1985/86	66,3	492,4	425,6	167,5	1151,8	100,9	301,4	314,5	133,2	850,0
66	0,905	1986/87	133,1	216,9	447,5	88,8	886,2	101,5	303,2	316,5	133,8	854,9
67	0,930	1987/88	127,1	301,9	258,1	63,6	750,6	101,9	304,7	318,2	134,3	859,2
68	0,951	1988/89	164,4	182,2	321,8	74,4	742,8	102,3	306,1	319,6	134,8	862,8
69	0,969	1989/90	98,5	284,3	248,8	149,1	780,7	102,7	307,2	320,8	135,1	865,8
70	0,982	1990/91	75,6	242,0	269,6	129,6	716,8	102,9	308,0	321,8	135,4	868,1
71	0,992	1991/92	157,1	390,5	469,6	143,9	1161,0	103,1	308,6	322,4	135,6	869,8
72	0,998	1992/93	187,1	409,0	316,9	197,5	1110,5	103,2	309,0	322,8	135,8	870,8
73	1,000	1993/94	66,8	290,2	269,8	159,2	785,9	103,3	309,1	323,0	135,8	871,1
74	0,998	1994/95	63,9	136,2	268,8	116,1	585,0	103,2	309,0	322,8	135,8	870,8
75	0,992	1995/96	33,6	187,2	366,0	105,6	692,3	103,1	308,6	322,4	135,6	869,8
76	0,982	1996/97	104,1	517,7	316,2	202,6	1140,6	102,9	308,0	321,8	135,4	868,1
77	0,969	1997/98	50,4	285,5	290,5	151,0	777,3	102,7	307,2	320,8	135,1	865,8
78	0,951	1998/99	129,9	199,9	476,0	199,2	1005,0	102,3	306,1	319,6	134,8	862,8
79	0,930	1999/00	83,9	405,8	351,5	160,5	1001,7	101,9	304,7	318,2	134,3	859,2
		r						0,2638	0,4603	0,5334	0,2487	0,6476
		Sig						*	**	**	*	**
Nivel de Significación:** Muy Significativo (1%); * Significativo (5%); - No significativo												

La ordenada al origen de la recta de ajuste entre la precipitación promedio zonal anual observada y la estimada representa el promedio de precipitación de la serie (700,6 mm) (Figura 25) y el coeficiente de primer orden señala la variación de la precipitación (170,5 mm) respecto del promedio en el período seco y húmedo del ciclo propuesto (Figura 26). La disminución o el incremento de 170,5 mm de precipitación es de gran significación en la producción agrícola de la región.

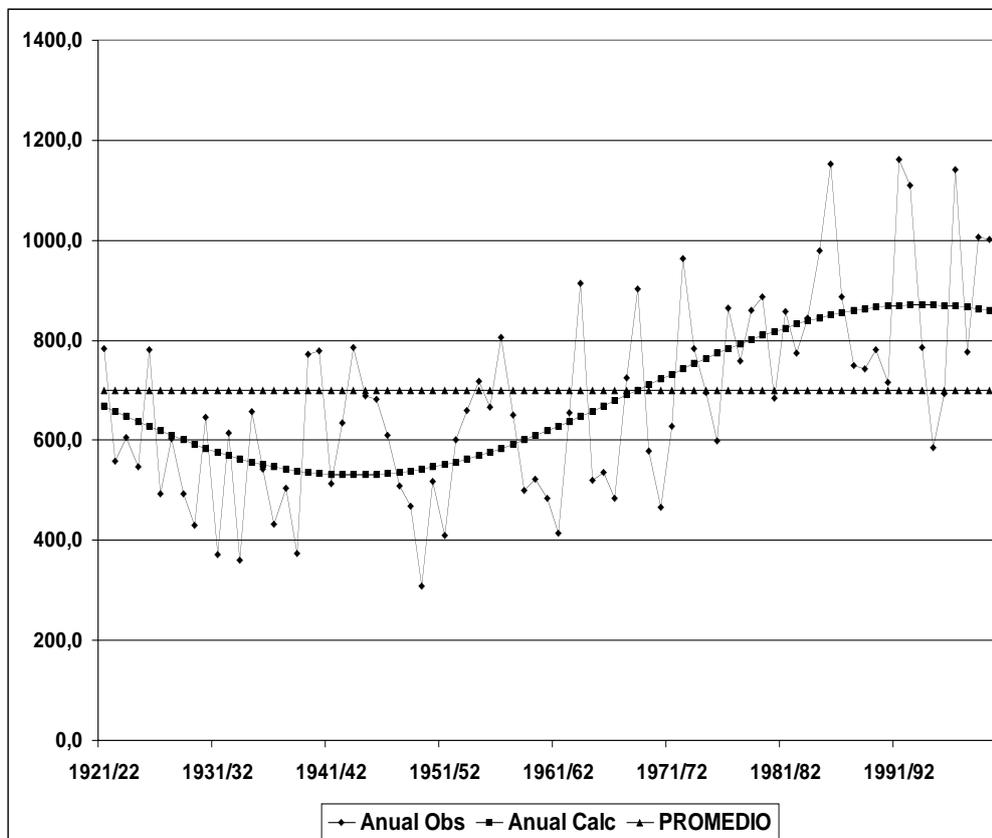
**a) Zona sur:**

El ajuste entre las series observada y calculadas de precipitación por la función seno proporcionó un coeficiente de correlación de 0,5852 (Cuadro 42).

La ordenada al origen de la recta de ajuste entre la precipitación promedio zonal anual observada y la estimada representa el promedio de precipitación de la serie (633,0 mm) (Figura 27) y el coeficiente de primer orden indica la fluctuación de la precipitación (126,3 mm.) respecto del promedio en el período seco y húmedo del ciclo propuesto (Figura 28). La disminución o el incremento de 126,3 mm de precipitación resulta de gran significación para la producción agrícola de la región.



**Figura 25:** Promedio anual de precipitaciones en la zona centro en función del ciclo externo



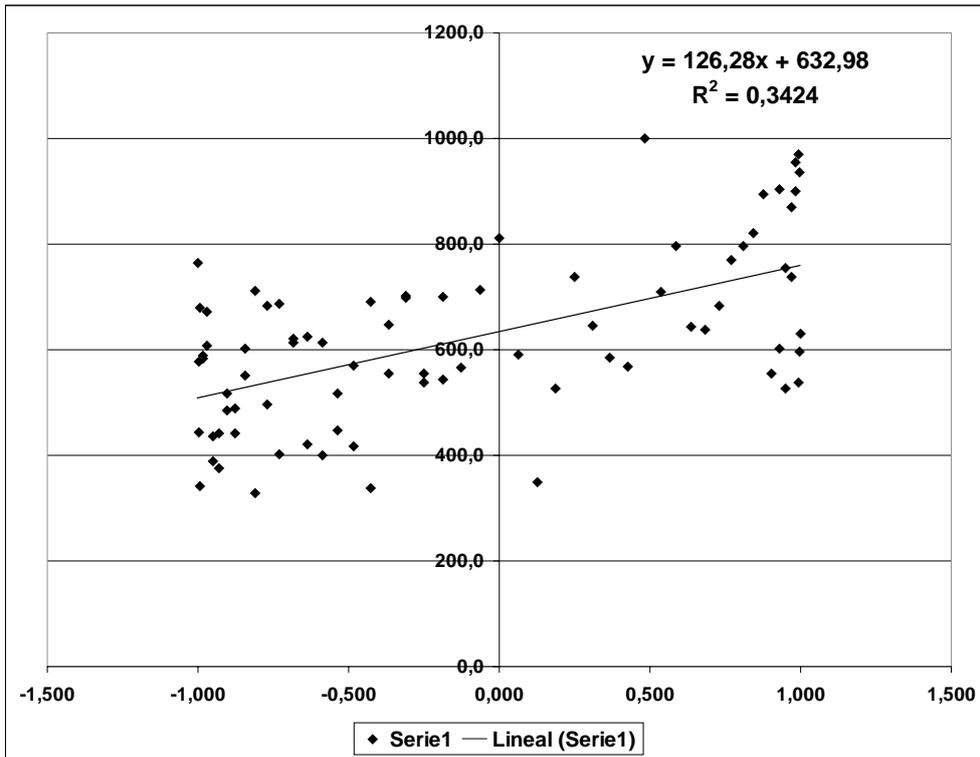
**Figura 26:** Datos observados, calculados (a partir del ciclo externo) y promedio de la serie para el promedio anual de precipitaciones en la zona centro.

## a) Zona sur

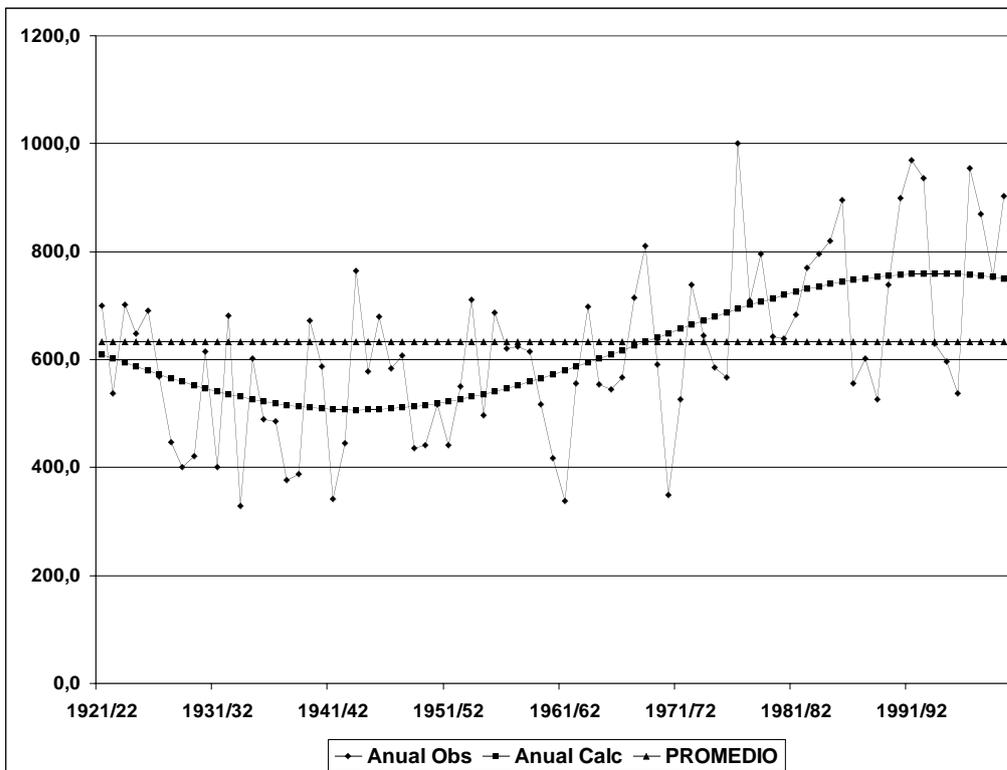
**Cuadro 42:** Promedio de precipitación por trimestre observado y calculado en la zona sur.

Nº	Ciclo	Campaña	DATOS OBSERVADOS					DATOS CALCULADOS				
			Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	Prom.	
			JAS	OND	EFM	AMJ	Anual	JAS	OND	EFM	AMJ	Anual
1	-0,187	1921/22	85,3	288,6	181,0	144,2	699,1	83,1	207,6	221,4	107,3	609,3
2	-0,249	1922/23	55,2	240,0	154,8	87,0	537,0	82,2	205,2	217,4	106,7	601,6
3	-0,309	1923/24	192,5	265,0	169,2	75,3	701,9	81,3	202,9	213,6	106,2	594,0
4	-0,368	1924/25	49,8	61,8	458,3	77,8	647,7	80,4	200,6	209,8	105,8	586,5
5	-0,426	1925/26	90,9	225,6	239,9	134,9	691,3	79,5	198,4	206,1	105,3	579,2
6	-0,482	1926/27	137,5	248,9	168,3	14,9	569,5	78,7	196,2	202,5	104,8	572,2
7	-0,536	1927/28	51,1	193,1	112,8	89,4	446,4	77,8	194,1	199,0	104,4	565,3
8	-0,588	1928/29	39,4	239,8	77,7	43,3	400,2	77,0	192,1	195,7	103,9	558,8
9	-0,637	1929/30	28,6	158,3	161,9	71,9	420,6	76,3	190,2	192,5	103,5	552,5
10	-0,685	1930/31	30,9	226,3	325,8	31,0	614,1	75,6	188,4	189,5	103,1	546,6
11	-0,729	1931/32	80,4	145,0	130,2	45,6	401,2	74,9	186,7	186,6	102,8	540,9
12	-0,771	1932/33	145,3	189,4	199,2	148,3	682,1	74,3	185,1	183,9	102,4	535,7
13	-0,809	1933/34	63,7	89,8	137,5	38,2	329,1	73,7	183,6	181,5	102,1	530,8
14	-0,844	1934/35	109,5	370,3	101,4	21,5	602,7	73,1	182,2	179,2	101,8	526,4
15	-0,876	1935/36	32,4	178,8	195,3	82,1	488,6	72,7	181,0	177,1	101,6	522,3
16	-0,905	1936/37	40,3	244,7	109,9	90,4	485,3	72,2	179,9	175,3	101,3	518,7
17	-0,930	1937/38	39,5	116,1	97,8	122,9	376,3	71,8	178,9	173,7	101,1	515,6
18	-0,951	1938/39	28,8	78,4	168,3	112,6	388,1	71,5	178,1	172,4	100,9	512,9
19	-0,969	1939/40	87,7	119,5	296,4	168,4	672,0	71,2	177,4	171,2	100,8	510,7
20	-0,982	1940/41	93,7	264,4	170,1	59,8	588,0	71,0	176,9	170,3	100,7	509,0
21	-0,992	1941/42	51,8	101,1	159,2	29,6	341,7	70,9	176,5	169,7	100,6	507,7
22	-0,998	1942/43	26,2	160,0	107,1	151,1	444,3	70,8	176,3	169,3	100,5	507,0
23	-1,000	1943/44	119,1	198,1	210,4	236,9	764,5	70,8	176,2	169,2	100,5	506,7
24	-0,998	1944/45	52,7	186,2	291,6	46,8	577,2	70,8	176,3	169,3	100,5	507,0
25	-0,992	1945/46	63,5	149,0	164,7	302,5	679,7	70,9	176,5	169,7	100,6	507,7
26	-0,982	1946/47	154,9	202,7	168,4	57,3	583,4	71,0	176,9	170,3	100,7	509,0
27	-0,969	1947/48	27,6	135,2	210,7	233,4	606,9	71,2	177,4	171,2	100,8	510,7
28	-0,951	1948/49	188,9	85,2	135,6	26,8	436,4	71,5	178,1	172,4	100,9	512,9
29	-0,930	1949/50	97,9	103,1	104,0	135,6	440,7	71,8	178,9	173,7	101,1	515,6
30	-0,905	1950/51	94,2	136,6	216,7	70,0	517,4	72,2	179,9	175,3	101,3	518,7
31	-0,876	1951/52	45,4	204,3	76,8	115,3	441,8	72,7	181,0	177,1	101,6	522,3
32	-0,844	1952/53	47,7	220,2	209,3	73,9	551,0	73,1	182,2	179,2	101,8	526,4
33	-0,809	1953/54	47,8	313,8	107,3	242,3	711,1	73,7	183,6	181,5	102,1	530,8
34	-0,771	1954/55	31,2	144,4	251,5	68,8	495,9	74,3	185,1	183,9	102,4	535,7
35	-0,729	1955/56	104,9	146,8	275,3	159,9	686,8	74,9	186,7	186,6	102,8	540,9
36	-0,685	1956/57	50,4	188,7	168,4	213,8	621,2	75,6	188,4	189,5	103,1	546,6
37	-0,637	1957/58	40,8	317,5	168,8	97,1	624,1	76,3	190,2	192,5	103,5	552,5
38	-0,588	1958/59	218,5	82,5	156,9	156,0	613,9	77,0	192,1	195,7	103,9	558,8
39	-0,536	1959/60	30,5	203,3	208,4	75,5	517,6	77,8	194,1	199,0	104,4	565,3
40	-0,482	1960/61	110,2	88,9	141,4	76,9	417,3	78,7	196,2	202,5	104,8	572,2
41	-0,426	1961/62	93,6	110,8	96,0	36,6	337,0	79,5	198,4	206,1	105,3	579,2
42	-0,368	1962/63	60,8	158,6	253,4	82,5	555,3	80,4	200,6	209,8	105,8	586,5
43	-0,309	1963/64	119,8	294,6	188,3	95,0	697,6	81,3	202,9	213,6	106,2	594,0
44	-0,249	1964/65	79,6	247,0	144,0	83,6	554,3	82,2	205,2	217,4	106,7	601,6

45	-0,187	1965/66	37,9	233,5	147,8	124,6	543,8	83,1	207,6	221,4	107,3	609,3
46	-0,125	1966/67	74,0	249,4	114,1	128,8	566,3	84,1	210,0	225,4	107,8	617,2
47	-0,063	1967/68	49,4	374,8	259,8	30,0	713,9	85,0	212,4	229,4	108,3	625,1
48	0,000	1968/69	144,5	331,0	262,8	72,8	811,0	86,0	214,8	233,4	108,8	633,0
49	0,063	1969/70	46,3	226,5	291,8	25,9	590,4	87,0	217,2	237,4	109,3	640,9
50	0,125	1970/71	72,3	140,5	81,0	55,0	348,8	87,9	219,6	241,4	109,8	648,8
51	0,187	1971/72	158,9	95,1	158,5	114,4	526,9	88,9	222,0	245,4	110,3	656,7
52	0,249	1972/73	80,4	302,0	230,3	125,3	737,9	89,8	224,4	249,4	110,9	664,4
53	0,309	1973/74	22,0	255,8	258,6	108,0	644,4	90,7	226,7	253,2	111,4	672,0
54	0,368	1974/75	26,8	185,0	216,4	156,5	584,6	91,6	229,0	257,0	111,8	679,5
55	0,426	1975/76	53,5	70,1	324,5	119,5	567,6	92,5	231,2	260,7	112,3	686,8
56	0,482	1976/77	74,8	519,9	340,8	65,3	1000,6	93,3	233,4	264,3	112,8	693,8
57	0,536	1977/78	38,8	324,1	320,5	26,4	709,8	94,2	235,5	267,8	113,2	700,7
58	0,588	1978/79	157,0	283,8	310,6	44,1	795,5	95,0	237,5	271,1	113,7	707,2
59	0,637	1979/80	36,6	303,3	160,3	143,1	643,3	95,7	239,4	274,3	114,1	713,5
60	0,685	1980/81	54,1	181,4	137,2	265,8	638,4	96,4	241,2	277,3	114,5	719,4
61	0,729	1981/82	6,9	172,8	257,5	245,9	683,1	97,1	242,9	280,2	114,8	725,1
62	0,771	1982/83	124,9	191,7	307,6	145,6	769,8	97,7	244,5	282,9	115,2	730,3
63	0,809	1983/84	81,2	115,4	492,4	106,7	795,8	98,3	246,0	285,3	115,5	735,2
64	0,844	1984/85	176,3	271,0	300,5	72,4	820,1	98,9	247,4	287,6	115,8	739,6
65	0,876	1985/86	222,9	347,3	209,3	115,3	894,9	99,3	248,6	289,7	116,0	743,7
66	0,905	1986/87	68,5	160,1	217,8	108,5	554,9	99,8	249,7	291,5	116,3	747,3
67	0,930	1987/88	130,2	179,3	266,3	26,8	602,4	100,2	250,7	293,1	116,5	750,4
68	0,951	1988/89	175,3	109,3	169,7	72,8	526,9	100,5	251,5	294,4	116,7	753,1
69	0,969	1989/90	233,7	173,6	279,4	51,6	738,3	100,8	252,2	295,6	116,8	755,3
70	0,982	1990/91	49,4	196,4	408,5	244,9	899,3	101,0	252,7	296,5	116,9	757,0
71	0,992	1991/92	141,8	213,3	440,4	174,5	970,0	101,1	253,1	297,1	117,0	758,3
72	0,998	1992/93	166,8	352,9	297,9	119,2	936,8	101,2	253,3	297,5	117,1	759,0
73	1,000	1993/94	31,4	257,1	206,7	134,9	630,1	101,2	253,4	297,6	117,1	759,3
74	0,998	1994/95	91,6	210,1	229,5	64,4	595,7	101,2	253,3	297,5	117,1	759,0
75	0,992	1995/96	30,7	162,2	244,3	100,6	537,8	101,1	253,1	297,1	117,0	758,3
76	0,982	1996/97	95,5	447,9	256,7	154,2	954,3	101,0	252,7	296,5	116,9	757,0
77	0,969	1997/98	106,8	249,3	368,5	145,3	869,8	100,8	252,2	295,6	116,8	755,3
78	0,951	1998/99	50,4	216,6	318,0	168,9	753,9	100,5	251,5	294,4	116,7	753,1
79	0,930	1999/00	97,3	380,6	288,7	136,9	903,5	100,2	250,7	293,1	116,5	750,4
	r							0,2112	0,3145	0,5247	0,0961	0,5852
	Sig							-	**	**	-	**
Nivel de Significación:** Muy Significativo (1%); * Significativo (5%); - No significativo												



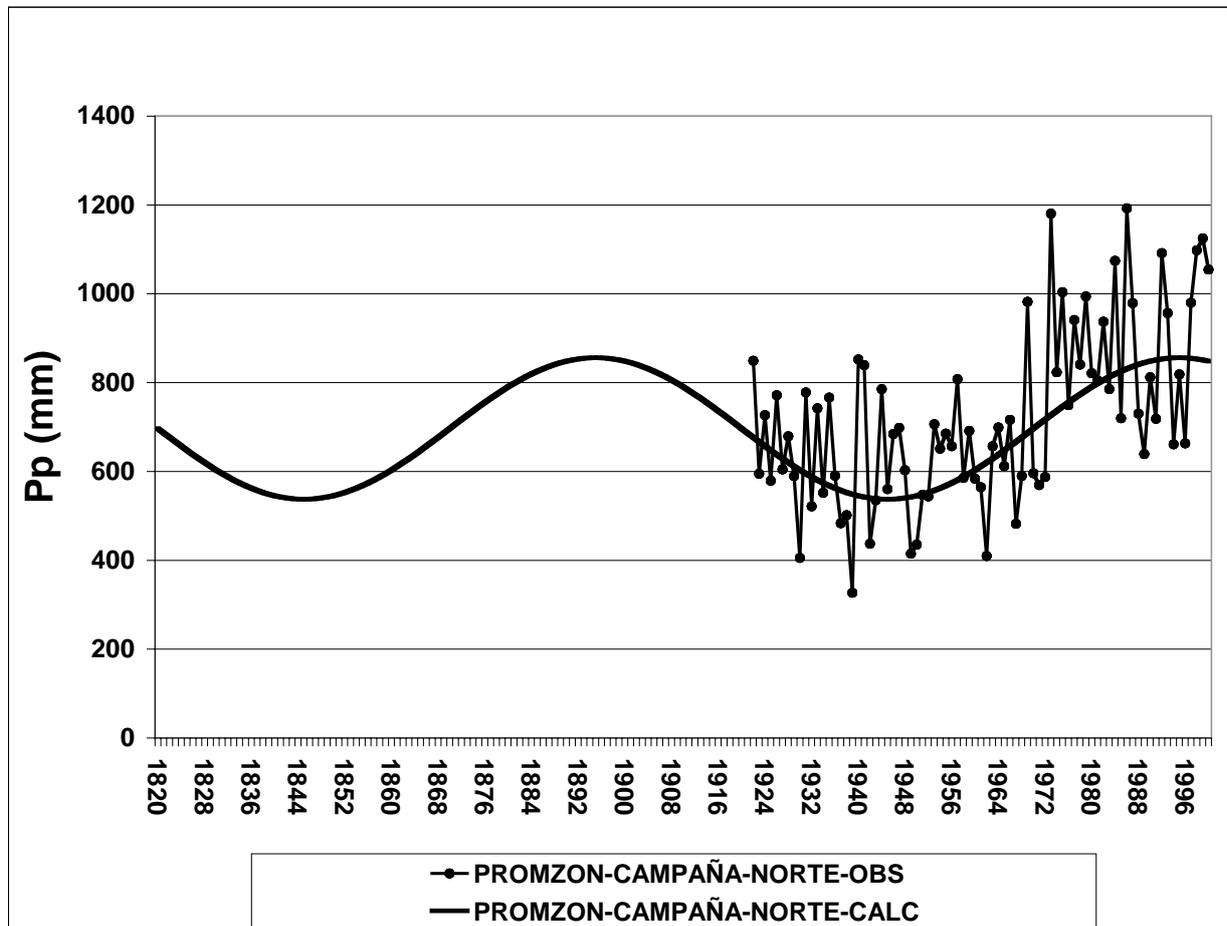
**Figura 27:** Precipitación promedio anual zona sur en función del ciclo externo



**Figura 28:** Datos observados, calculados (a partir del ciclo externo) y promedio de la serie para el promedio anual de precipitaciones en la zona sur.

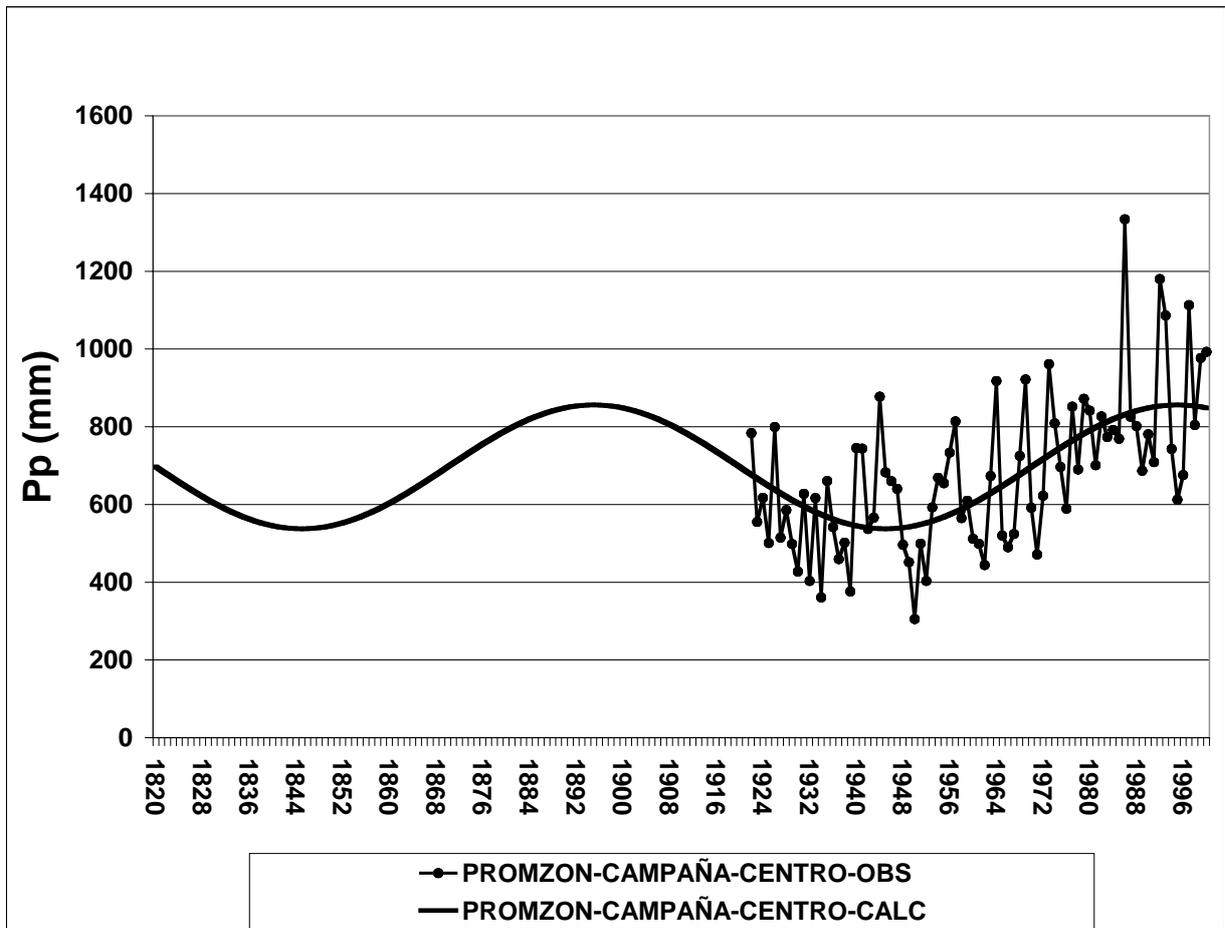
Nuestros resultados confirman la existencia de ciclos de precipitación (Krepper et al, 1987; Suriano y Ferpozzi, 1993; Roberto et al, 1994; Sierra et al, 1996). Ahora bien, asumiendo que los ciclos de precipitación son posibles, y pueden comprobarse en el período 1921/2000 donde existen registros meteorológicos surge el interrogante de que grado de recurrencia manifiestan las precipitaciones en el pasado ¿qué ocurre si con la misma metodología utilizada para evaluar la existencia de ciclos de precipitación en los años donde existe esta información la aplicamos hacia atrás? (Figura 29,30 y 31). Observamos que esta simulación coincide con las crónicas históricas de la época y con las fases históricas de contracción y expansión de las fronteras del desierto en la región pampeana a que hacen referencia Suriano y Ferpozzi (1993) y se dibuja claramente el “péndulo que va de las sequías a las inundaciones, de la aridez a la humedad”. Existe también coincidencia con Scian (2005) que expresa que visto desde una perspectiva histórica los ciclos se suceden con una duración variable de entre 30 a 50 años y que este tipo de comportamiento que es observado en Bahía Blanca se percibe en una extensa región.

## a) Zona norte:



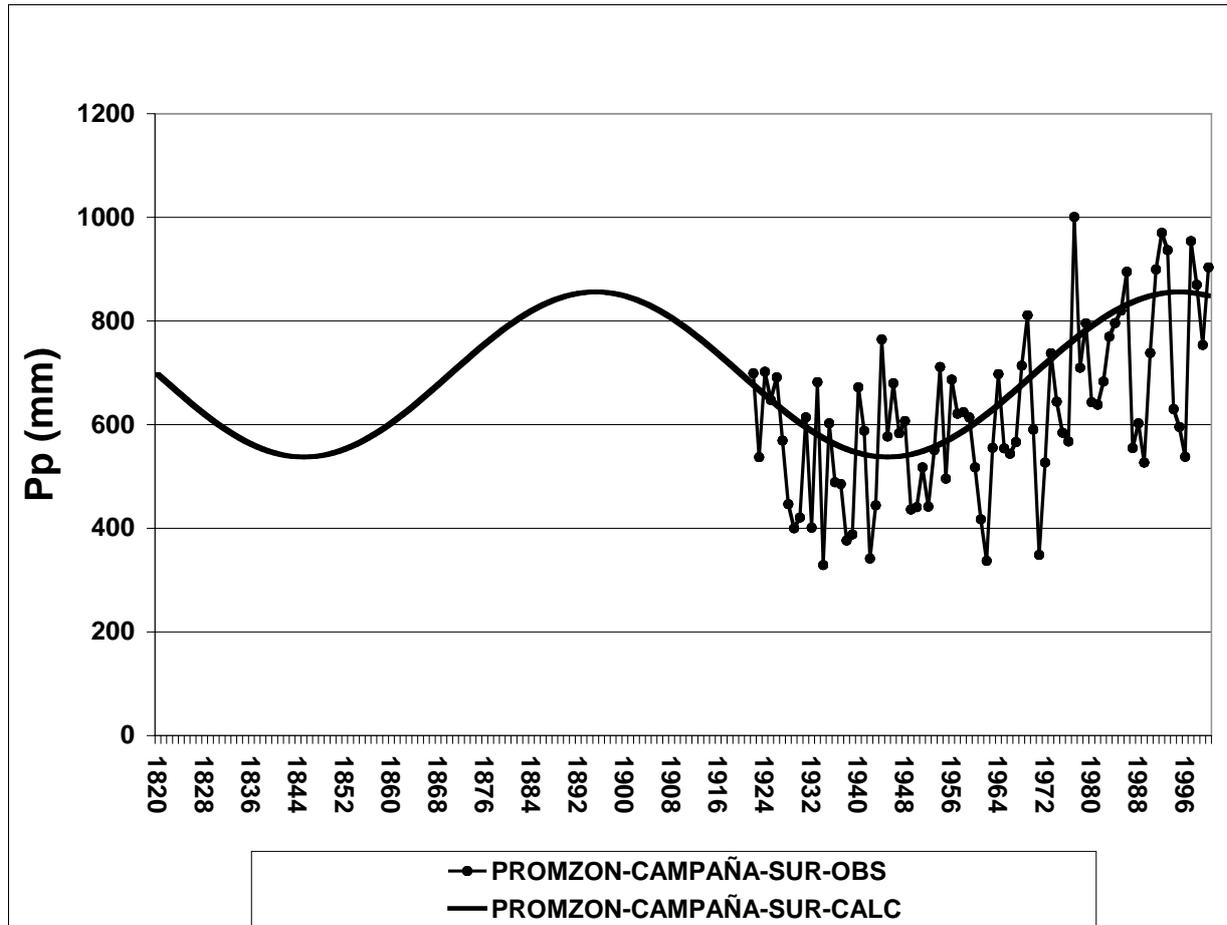
**Figura 29:** Promedio de precipitaciones por campaña agrícola de la zona norte. Datos observados y valores calculados

## b) Zona centro



**Figura 30:** Promedio de precipitaciones por campaña agrícola de la zona centro. Datos observados y valores calculados

## b) Zona sur



**Figura 31:** Promedio de precipitaciones por campaña agrícola de la zona sur. Datos observados y valores calculados

## **4. 2. IMPACTO DEL CAMBIO EN EL REGIMEN DE PRECIPITACIONES SOBRE LA ESTRUCTURA AGROPECUARIA DEL ESTE DE LA PAMPA**

### **4.2.1 Incremento del área sembrada total por zona**

El clima produce efectos sobre todas las actividades agropecuarias y su impacto puede visualizarse a corto, mediano o largo plazo.

En las tres zonas pampeanas estudiadas la disponibilidad de agua en cantidad y momento adecuado es un factor trascendente por constituir una de las limitantes de la producción y la causa principal de la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos. El manejo del agua (desde los meses previos a la siembra) tiene significativa influencia, fundamentalmente en la etapa de floración y llenado de grano de los cultivos estivales, ya que a veces las precipitaciones no alcanzan a cubrir la demanda de los mismos para alcanzar buenos rindes y el balance hídrico arroja importantes deficiencias sobre todo en el período comprendido entre fines de diciembre y mediados de febrero.

Otros condicionantes importantes en la zona agrícola pampeana son las heladas y la temperatura del suelo. Los cultivos estivales están, en esta zona, muy acotados en cuanto al momento oportuno de siembra y cosecha porque pueden ser afectados por heladas tempranas y tardías. La temperatura del suelo óptima para la siembra recién se alcanza, para el maíz, a mediados de octubre y para el sorgo, a principios de noviembre.

De acuerdo al comportamiento de las precipitaciones, la frontera agrícola retrocederá o avanzará en toda el área estudiada y condicionará la intención de siembra. Es por ello que en el caso de este estudio en particular, parece apropiado evaluar la variación de la superficie sembrada como un indicador de la expansión de la frontera agrícola a partir de la década de 1970.

## **Zonas estudiadas**

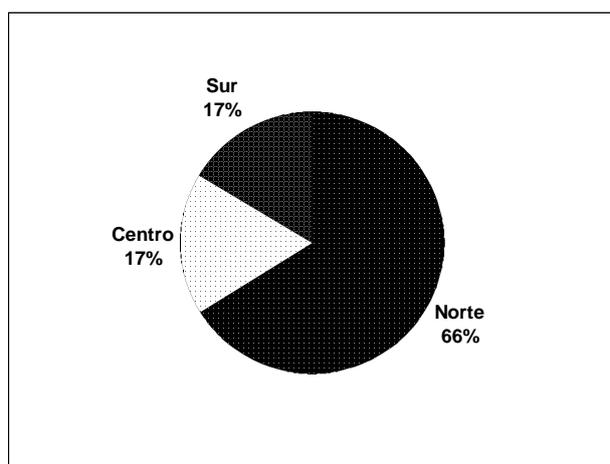
En la zona norte, dentro del total del área bajo producción agropecuaria, predomina la superficie potencialmente agrícola (Cuadro 43 y Figuras 32 y 33), mientras que en las zonas centro (Cuadro 43 y Figuras 32 y 34), y sur (Cuadro 43 y Figuras 32 y 35), la superficie ganadera supera a la superficie agrícola pues ésta se halla limitada por el monte de caldén, los médanos, las superficies erosionables, etc. lo que implica poco margen para aumentar la superficie cultivable.

### **A) Zona norte**

De las tres zonas estudiadas, ésta es la más apta para la producción agropecuaria, con pocas limitaciones edáficas y un promedio zonal de precipitaciones por campaña agrícola de 626,1 mm para la serie 1921/1970 y 878,4 mm para la serie 1971/2000. La distribución porcentual de las precipitaciones a lo largo de la campaña es mayor (37,2%) en el trimestre estival (E-F-M) y en el primaveral (O-N-D) 35,9%, el trimestre otoñal (A-M-J) y el invernal (J-A-S) aportan un 15,7 y 11,1 %, respectivamente. Las condiciones térmicas son comparativamente más favorables para la producción agrícola y ganadera de altos requerimientos que en las otras zonas estudiadas. En esta zona predominan sistemas mixtos de producción ganadero/ agrícola con mayores niveles de invernada y en agricultura dominan los cultivos de verano.

### **b) Zona centro**

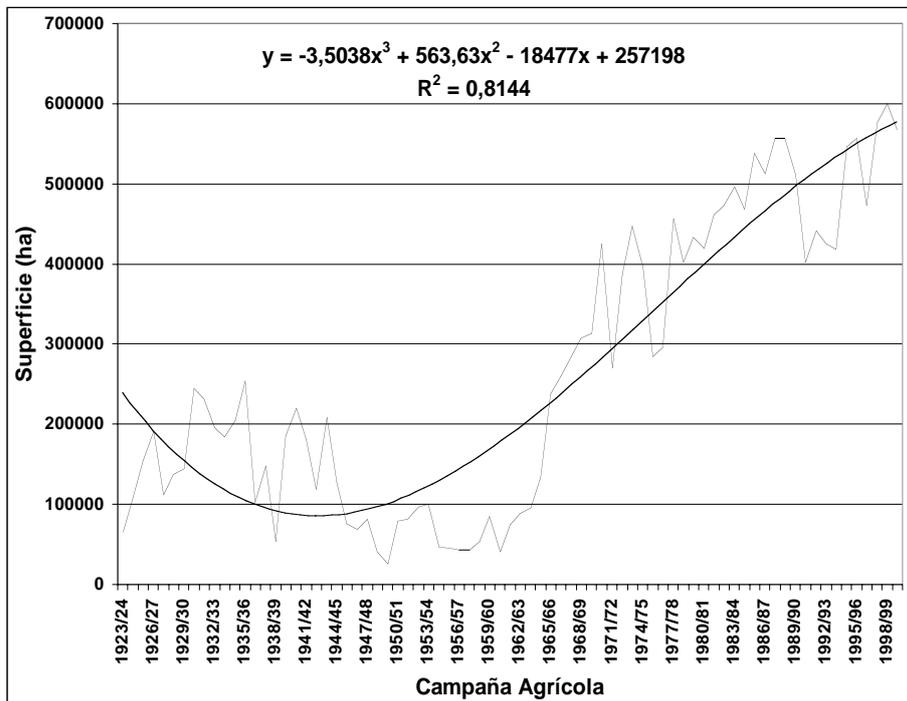
En la zona centro la actividad agropecuaria se encuentra condicionada por los factores clima-suelo. El promedio zonal de precipitaciones por campaña agrícola es de 588,0 mm para la serie 1921/1970 y 831,1 mm para la serie 1971/2000. La distribución porcentual de las lluvias es mayor (36,2%) en el trimestre estival (E-F-M) y en el primaveral (O-N-D) 35,2%, el trimestre otoñal (A-M-J) y el invernal (J-A-S) aportan 16,5 y 12,1%, respectivamente. En esta zona los cultivos de invierno adquieren mayor importancia que en la zona norte ya que las condiciones térmicas e hídricas no son tan favorables para los cultivos estivales como en el norte provincial y el período medio libre de heladas es



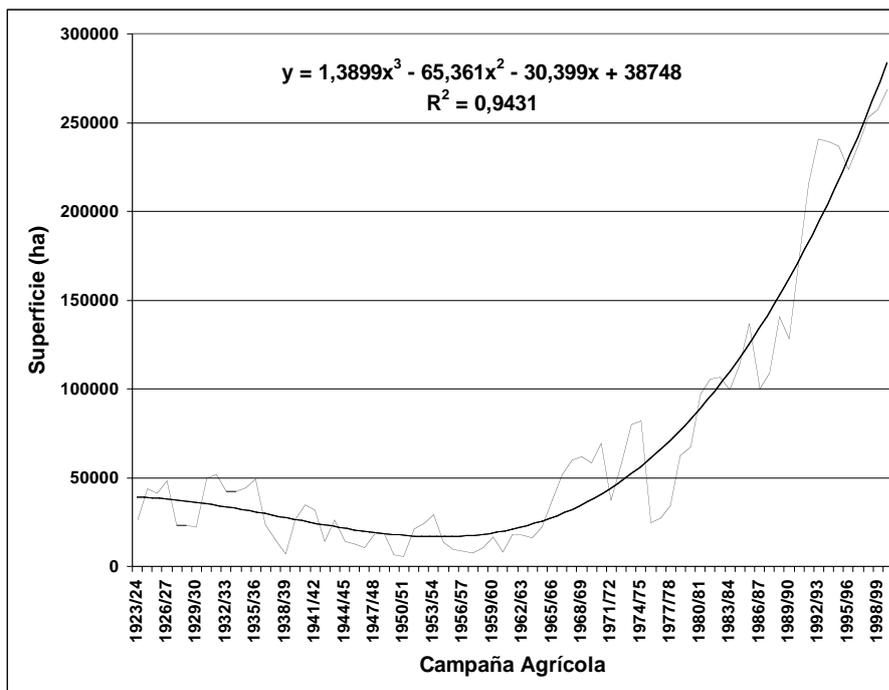
**Figura 32:** Cultivos estivales. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada (1923/00) en cada una de las tres zonas.

**Cuadro 43:** Cultivos estivales. Superficie sembrada promedio, máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

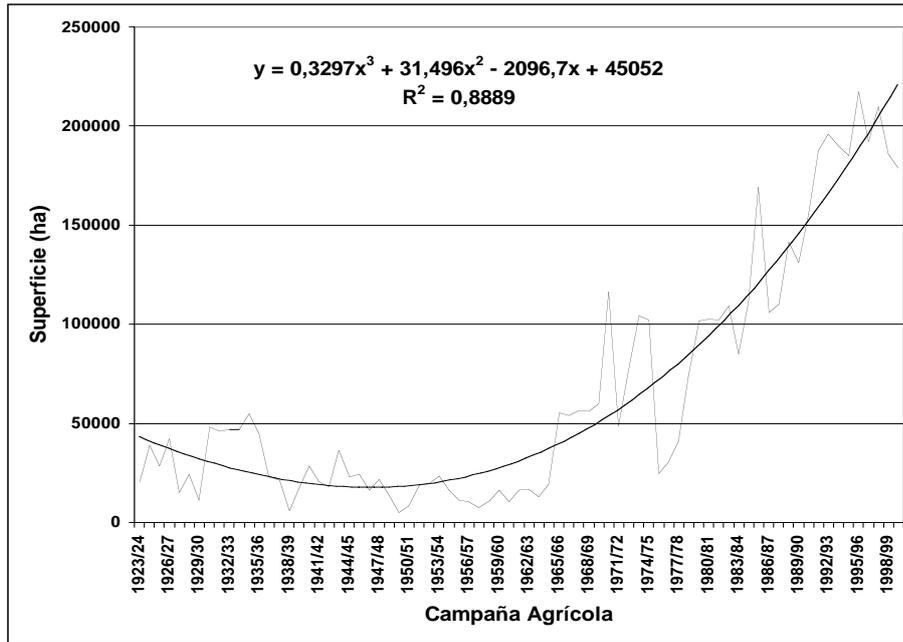
Zona	Promedio superficie sembrada (1923/00) ha	Máxima superficie sembrada		Mínima superficie sembrada		Superficie sembrada campaña 1999/00 ha
		campaña	ha	campaña	ha	
Norte	261970	1998/99	599300	1949/50	25300	567500
Centro	68645	1999/00	268950	1950/51	5480	268950
Sur	65355	1995/96	217200	1949/50	4850	178950



**Figura 33:** Superficie sembrada con cultivos estivales. Zona norte.



**Figura 34:** Superficie sembrada con cultivos estivales. Zona centro.



**Figura 35:** Superficie sembrada con cultivos estivales. Zona sur.

menor. Aquí predominan sistemas de producción ganaderos de cría-recría bovina e invernada.

En lo referente a condicionantes edáficos, esta zona se encuentra ubicada en su mayor superficie sobre la “planicie con tosca”, esta limitante sobre el perfil del suelo disminuye la capacidad de almacenaje de agua de estos suelos.

### c) **Zona sur**

En esta zona la actividad agropecuaria encuentra limitantes climáticas y edáficas. El promedio zonal de precipitaciones por campaña agrícola es de 554,8 mm para la serie 1921/1970 y 721,2 mm para la serie 1971/2000. La zona sur tiene en su distribución por campaña agrícola un porcentaje ligeramente mayor de aporte de lluvia que en las otras dos zonas estudiadas en el trimestre invernal (J-A-S) donde recibe un 13,6% y en el otoñal (A-M-J) un 17,5%. En el trimestre estival (E-F-M) recibe un 34,9% de las precipitaciones por campaña agrícola y en el primaveral (O-N-D) un 34,0%. Las condiciones térmicas del verano no son las más apropiadas para los cultivos estivales ya que existe un alto riesgo que se produzcan heladas tempranas y tardías. Los cultivos de invierno adquieren mayor importancia que en las dos zonas anteriores. Aquí predominan sistemas de producción ganaderos de cría-recría bovina.

#### 4.2.2 Incremento del área sembrada por cultivo y por zona

##### **Cultivos estivales:**

En el maíz y el sorgo el sistema radicular es fibroso (como en todas las gramíneas) a diferencia del girasol y soja que son de tipo pivotante. A un mismo tiempo después de la germinación, el sistema radicular de girasol alcanza mayor profundidad que el del maíz y sorgo y el de estos últimos mayor profundidad que el de la soja. La diferente arquitectura del sistema radicular de estas especies explica las diferencias en su capacidad de explorar el suelo, a esto se debe, en parte, el hecho de que ante situaciones equivalentes de sequía y a similares estados de desarrollo, el girasol es el cultivo que expresa más tardíamente síntomas de deficiencia hídrica con respecto a maíz, sorgo y soja. El sorgo ante un estrés durante los estadios tempranos y hasta la emergencia de la panoja puede seguir creciendo a tasa muy baja, pero si desaparece el estrés hídrico recompone su rendimiento, en cambio, el maíz una vez iniciado el crecimiento, conserva su ritmo hasta el final, no teniendo una capacidad tan eficiente de recuperar el crecimiento perdido.

La tasa de crecimiento de los cultivos está estrechamente relacionada con la interceptación de radiación realizada por los mismos. El girasol al ser más planófilo necesita menos área foliar para interceptar una misma proporción de radiación incidente que el maíz y sorgo. Analizando el porcentaje de interceptación de radiación, maíz y sorgo lo mantienen casi al máximo hasta cerca de madurez fisiológica. Las hojas del girasol, en tanto, pierden su capacidad fotosintética y senescen rápidamente después de la floración. Una situación intermedia ocurre en la soja, especie que presenta una marcada senescencia inducida por los frutos (Andrade y Sadras, 2000).

La producción de materia seca aérea es mayor en maíz y sorgo siguiendo luego el girasol y por último la soja.

En maíz, girasol y sorgo, especies de crecimiento determinado, la transición del estado

vegetativo al reproductivo, es marcada: la diferenciación de estructuras vegetativas cesa en el momento en que el meristema apical se transforma en reproductivo. En soja, el cambio es gradual y coexisten en el tiempo meristemas vegetativos y reproductivos. En esta especie hay variedades determinadas, semideterminadas e indeterminadas, pero en todas ellas el primer signo de entrada al período reproductivo es el cambio de estado de un meristema axilar mientras que el ápice permanece vegetativo durante un período más o menos prolongado, esto hace que en una misma planta se diferencien simultáneamente hojas y órganos reproductivos (Andrade y Sadras, 2000).

Las etapas más críticas al estrés hídrico, para la determinación del rendimiento de los cultivos, son la floración en maíz y sorgo, el llenado de granos en soja y la floración y el llenado de granos en girasol. Maíz y sorgo deben por lo tanto alcanzar la etapa crítica de floración en un estado fisiológico óptimo. Deficiencias hídricas en esta etapa afectan irreversiblemente el rendimiento. En girasol, si bien es necesario llegar a floración en estado óptimo, esta condición se debe mantener durante el período de llenado de granos. Mientras que en soja el período de llenado de granos es el más crítico, el período de floración prolongado de los cultivos indeterminados permite la compensación por la pérdida de frutos causado por un estrés transitorio. En contraste, los cultivos determinados son mucho más susceptibles a episodios breves e intensos de estrés al carecer de ese mecanismo compensatorio dada su escasa plasticidad. Suelen darse condiciones de deficiencias hídricas en regiones semiáridas donde los cultivos con mayor demanda de humedad, como maíz y soja, sufren las mayores consecuencias, mientras que el sorgo, más adaptado al estrés hídrico, es más confiable en su producción (Satorre, et al. 2004).

El sorgo ganó espacios fundamentalmente en áreas ganaderas, dada su característica de cultivo doble propósito: granos para la industria (como materia prima energética en la preparación de alimentos concentrados para animales) y rastrojo para pastoreo de bovinos que permiten el mantenimiento y eventual ganancia de peso. Una ventaja más a favor del sorgo es su capacidad de macollaje. En este

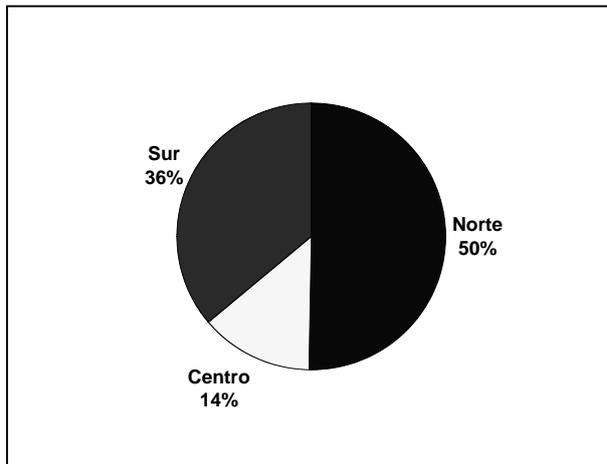
sentido, ha sido y es pieza importante en el desarrollo de regiones productoras marginales del país. El sorgo contribuye a la sustentabilidad del sistema de producción, originando hasta 15 t de materia seca ha<sup>-1</sup> con una relación C/N alta, lo que hace lenta la degradación de su rastrojo. Además tolera mejor la salinidad del suelo que el maíz y presenta mayor estabilidad de rendimiento que éste. Uno de los inconvenientes al decidir la siembra de sorgo en estas zonas próximas al monte, es su susceptibilidad al ataque de pájaros.

## **TRIGO**

El trigo es el cultivo de cosecha invernal más importante de la región en estudio por la cantidad de hectáreas sembradas que involucra y es importante analizar su comportamiento puesto que las hectáreas ocupadas por él no están disponibles para efectuar cultivos estivales.

La superficie sembrada (Cuadro 44 y Figura 36) con trigo en la zona norte ha ido disminuyendo sensiblemente a lo largo de la serie analizada (1923/00). Al comienzo de la misma se observan las mayores superficies sembradas, coincidiendo con la fase de transición húmeda/seca de las precipitaciones. Con el inicio de la fase seca hacia mediados de la década de 1930 y hasta fines de la década de 1940 el área sembrada disminuye y ya no vuelve a aumentar a los valores observados del comienzo de la serie (Cuadro 44 y Figura 37).

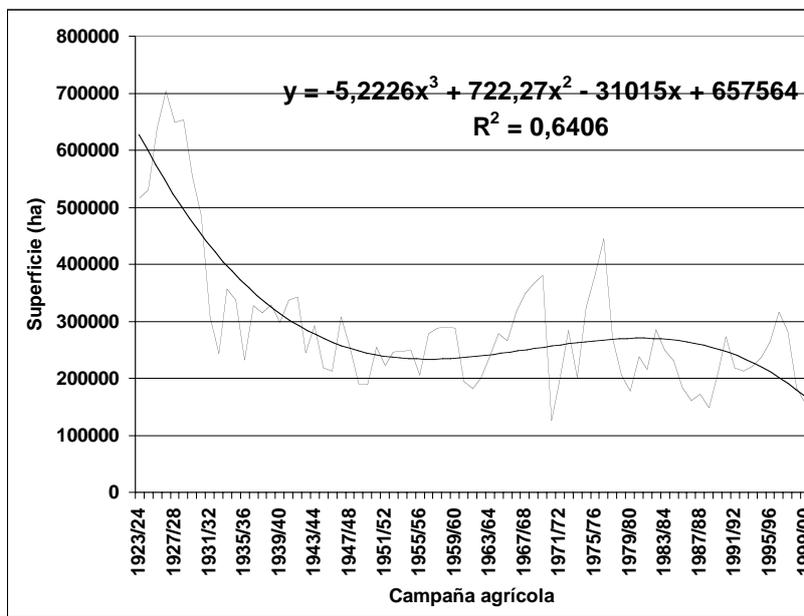
En la zona centro se observan al inicio de la serie estudiada, grandes superficies sembradas con trigo en coincidencia con la fase de transición húmeda/seca de las precipitaciones. Con el comienzo de la fase seca hacia mediados de la década de 1930 y hasta fines de la década de 1940 la superficie sembrada disminuye hasta hacerse mínima en la campaña 1945/46. Desde principios de la década de 1950 el área sembrada aumenta paulatinamente y ya no se observa un área sembrada tan baja como en el transcurso de la fase seca. En esta zona la siembra de trigo responde perfectamente no sólo al comportamiento de las precipitaciones, sino también a los resultados obtenidos en este trabajo en cuanto a que los incrementos de precipitación



**Figura 36:** Trigo. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas (1923/00).

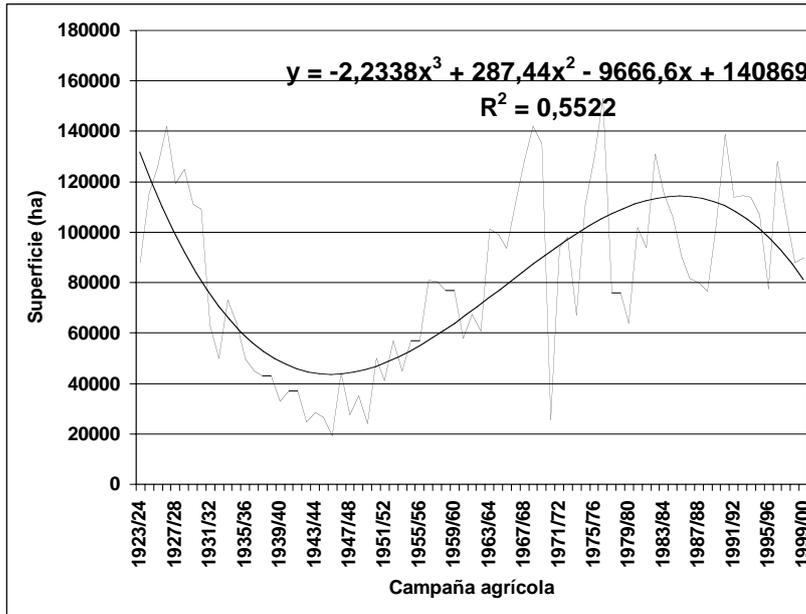
**Cuadro 44:** Trigo. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

Zona	Máxima superficie sembrada		Mínima superficie sembrada		Superficie sembrada campaña 1999/00
	campaña	ha	campaña	ha	
Norte	1926/27	703300	1970/71	126000	154800
Centro	1976/77	153000	1945/46	19200	90000
Sur	1925/26	351900	1942/43	81181	110200



**Figura 37:** Trigo. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.

que si bien son más significativos en el semestre primavera-estival tienen también significancia en el trimestre otoñal favoreciendo particularmente la implantación de cultivos de invierno (Cuadro 44 y Figura 38).



**Figura 38:** Trigo. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.

En la zona sur el trigo es el cultivo de cosecha más importante ya que los cultivos de verano tienen menos probabilidades de éxito. En esta zona el comportamiento de la superficie sembrada a lo largo de la serie estudiada es similar al que presenta la zona centro aunque al final de la misma el área sembrada disminuye (Cuadro 44 y Figura 39).

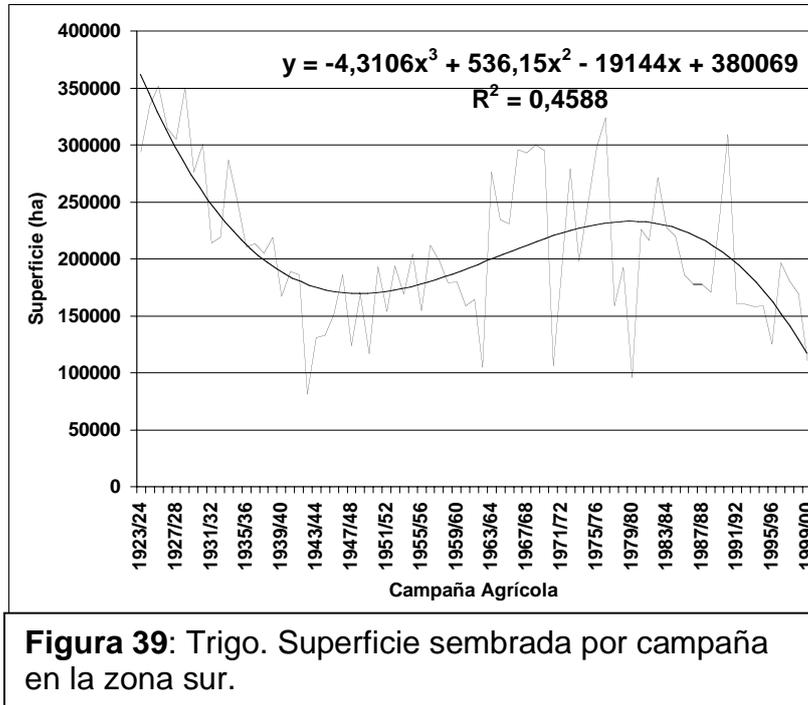
## **MAIZ**

El maíz es el cultivo estival con registros estadísticos más cercanos al comienzo del siglo XX en La Pampa. Al analizar la evolución de la superficie sembrada en las tres zonas en estudio (Cuadro 45 y Figura 40), se observa una variación interesante, que concuerda con el comportamiento temporal de las precipitaciones.

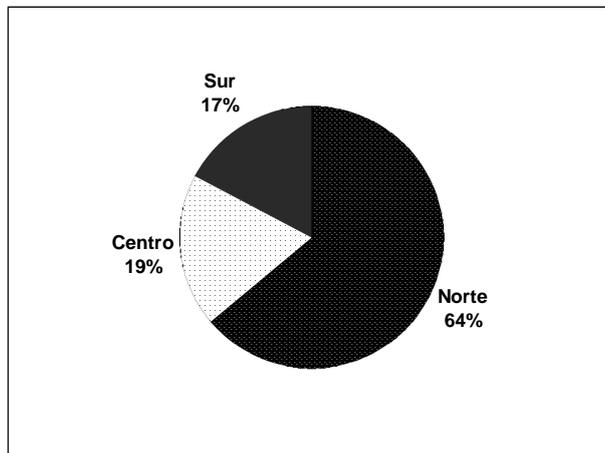
Las respuestas de la producción agropecuaria al comportamiento del ambiente están generalmente desfasadas en el tiempo, ya que en el caso particular de las precipitaciones luego de períodos más secos o más húmedos que lo esperado se ven acciones del hombre que se condicen con lo que viene ocurriendo. De manera que, aunque desfasada en el tiempo la superficie de maíz parece oscilar respondiendo a las precipitaciones, ya que se observa una disminución del área sembrada desde el comienzo de la campaña 1923/24 que se va a acentuar a comienzos de la década de 1940, coincidente con la fase seca de las precipitaciones y recién empieza a aumentar a mediados de la década de 1960 en plena fase de transición seca/húmeda. Desde mediados de la década de 1980 el área sembrada con este cultivo estival se incrementa notablemente (Figuras 41, 42 y 43), proceso que continúa en la zona centro y sur, pero que en la zona norte se ha estabilizado con una tendencia hacia la disminución.

## **GIRASOL**

Los primeros registros del cultivo de girasol en las tres zonas datan de la campaña



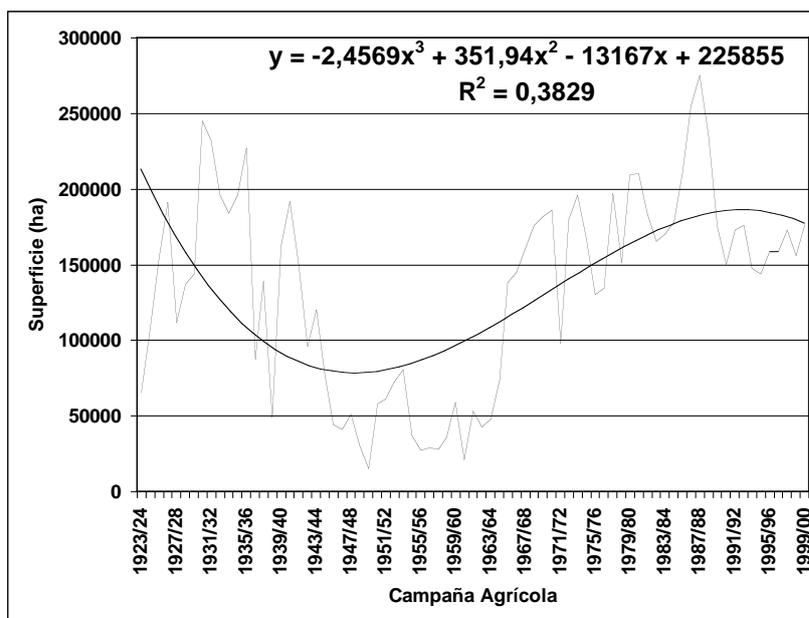
**Figura 39:** Trigo. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.

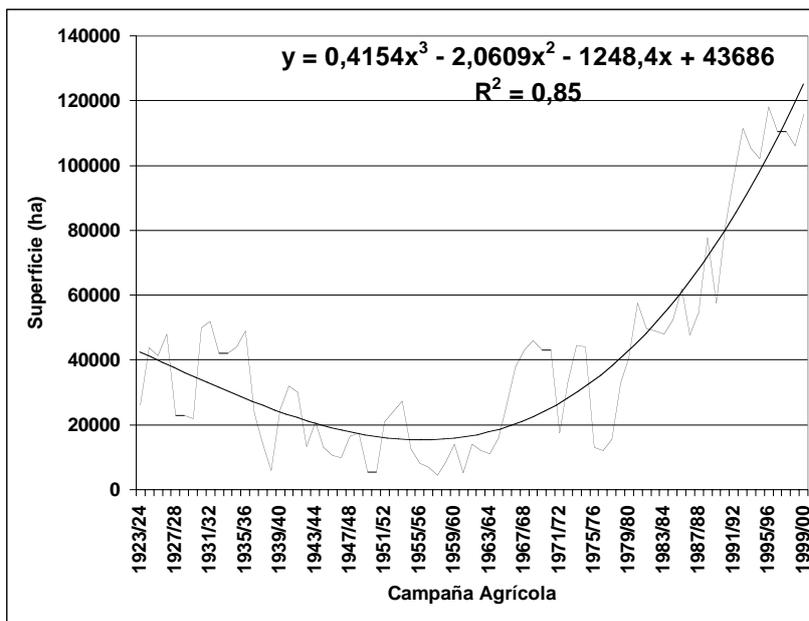


**Figura 40:** Maíz. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1923/00).

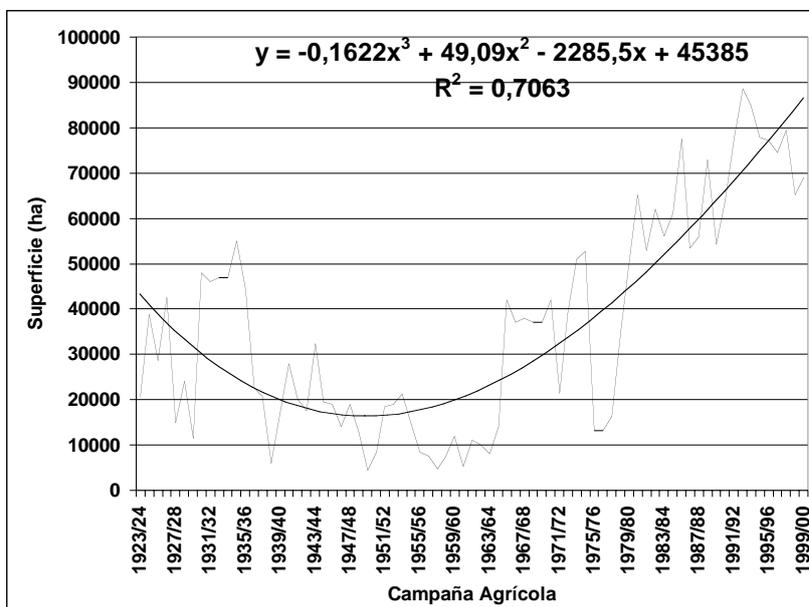
**Cuadro 45:** Maíz. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

Zona	Máxima superficie sembrada		Mínima superficie sembrada		Superficie sembrada campaña 1999/00
	campaña	ha	campaña	ha	
Norte	1987/88	275300	1949/50	15500	176600
Centro	1995/96	118000	1957/58	4500	116000
Sur	1992/93	88500	1949/50	4450	69000

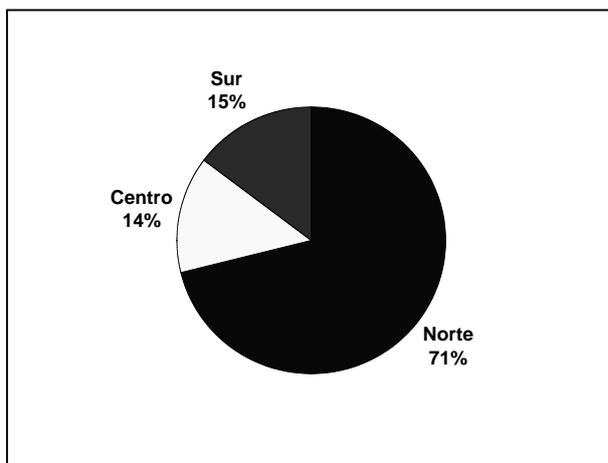
**Figura 41:** Maíz. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.



**Figura 42:** Maíz. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.



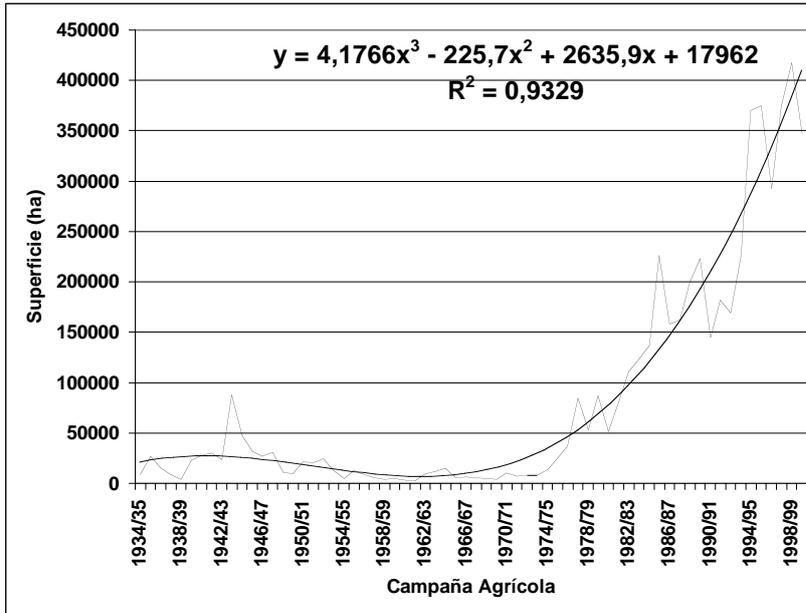
**Figura 43:** Maíz. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.



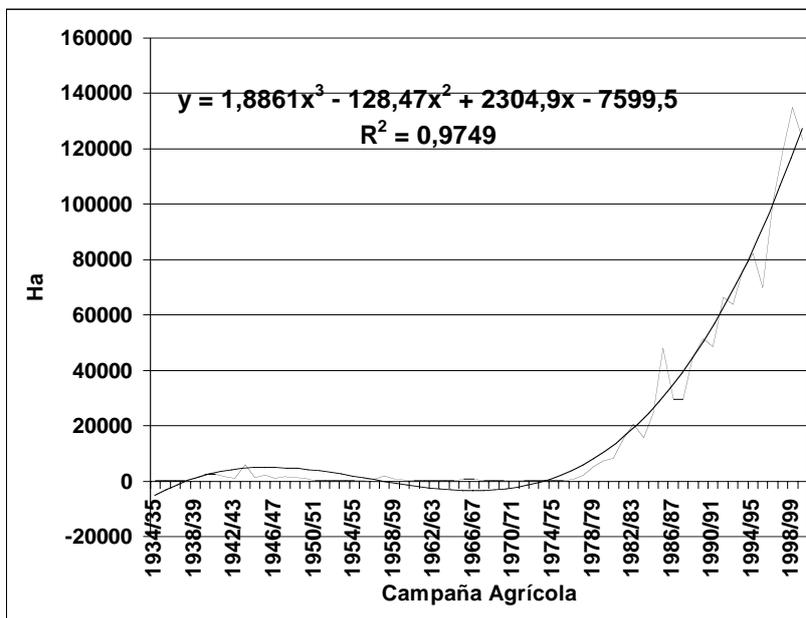
**Figura 44** Girasol: Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1934/00).

**Cuadro 46:** Girasol. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

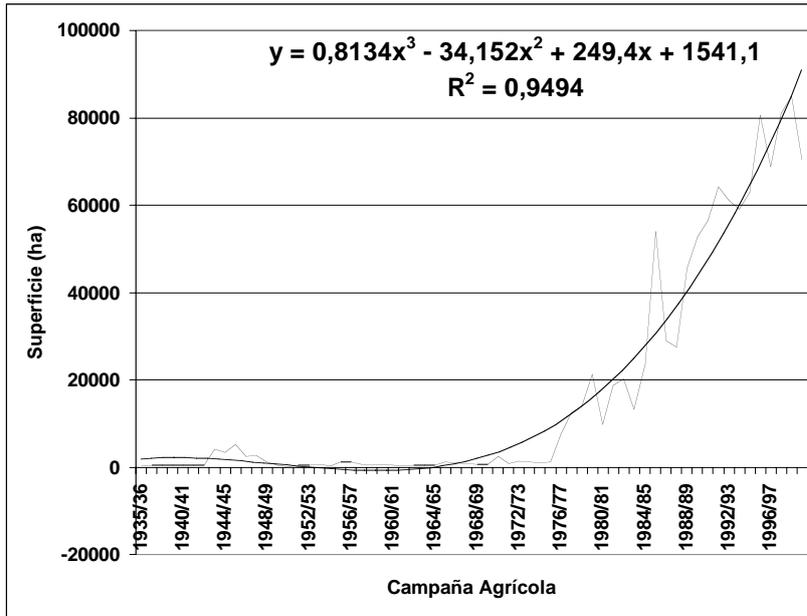
Zona	Máxima superficie sembrada		Mínima superficie sembrada		Superficie sembrada campaña 1999/00
	campana	ha	campana	ha	
Norte	1998/99	417900	1954/55	300	347300
Centro	1998/99	110000	1934/35	50	103000
Sur	1998/99	85000	1950/51	15	70400



**Figura 45:** Girasol. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.



**Figura 46:** Girasol. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.



**Figura 47:** Girasol. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.

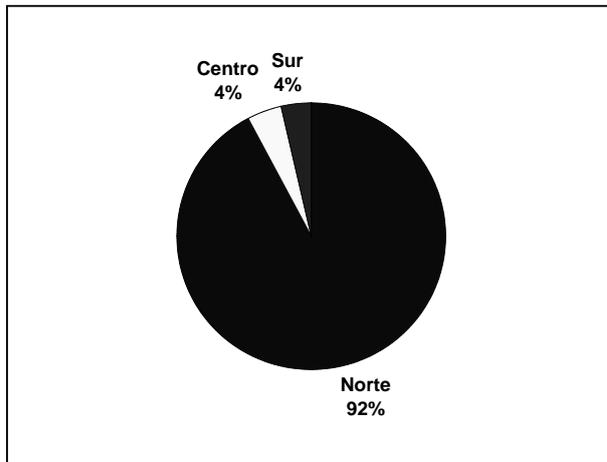
campaña 1934/35 (Cuadro 46 y Figura 44). La superficie sembrada en todas las zonas (Figuras 45, 46 y 47) fue insignificante hasta comienzos de la década de 1980 cuando la superficie sembrada aumenta en forma sostenida hasta 1999/00. De acuerdo al comportamiento temporal de las precipitaciones a mediados de la década de 1970 comienza una fase húmeda con un máximo en la década de 1990 y que parece estabilizarse posteriormente. Esto explica en parte la expansión de este cultivo en toda esta región de producción agrícola de secano. A este aspecto se suma además, que los mayores incrementos de la precipitación ocurrieron en el semestre primavera-estival. Este crecimiento del cultivo ha sido explosivo ya que en el término de las últimas quince campañas la superficie sembrada ha llegado a triplicarse (zona norte y sur) o cuatriplicarse (zona centro).

## **SOJA**

Los registros del cultivo de soja en las tres zonas estudiadas datan de muy pocos años atrás, como ocurre en el resto del país, apareciendo en las estadísticas provinciales a partir de la campaña 1982/83, con una superficie sembrada altamente variable (Cuadro 47 y Figura 48). El comportamiento de las precipitaciones en esta zona de cultivos de secano hace posible el ingreso de la soja como una opción más entre los cultivos estivales dado que de acuerdo a los resultados de este trabajo, a mediados de la década de 1970 se inicia una fase húmeda que manifiesta su máximo en la década de 1990 con acentuados incrementos de la precipitación en el semestre primavera-estival y estabilizándose luego. Resulta interesante analizar que el avance zonal de este cultivo difiere bastante entre zonas ya que en la zona centro la superficie ocupada por soja representa sólo un 8% del área sembrada con este cultivo en el norte provincial, mientras que en la zona sur es de un 5% (Figuras 49, 50 y 51).

## **SORGO GRANIFERO**

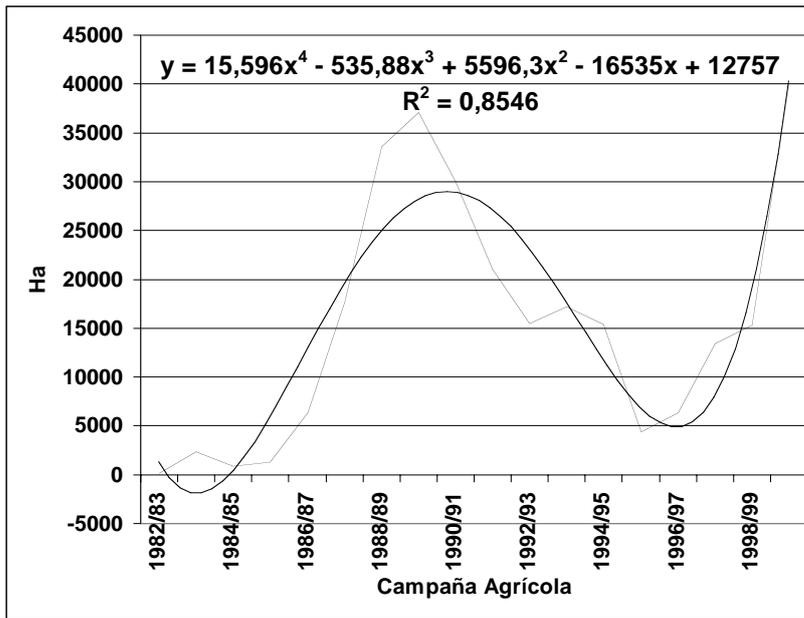
Los registros estadísticos de sorgo granífero en la provincia de La Pampa datan de la campaña 1953/54 (Cuadro 48 y Figura 52).



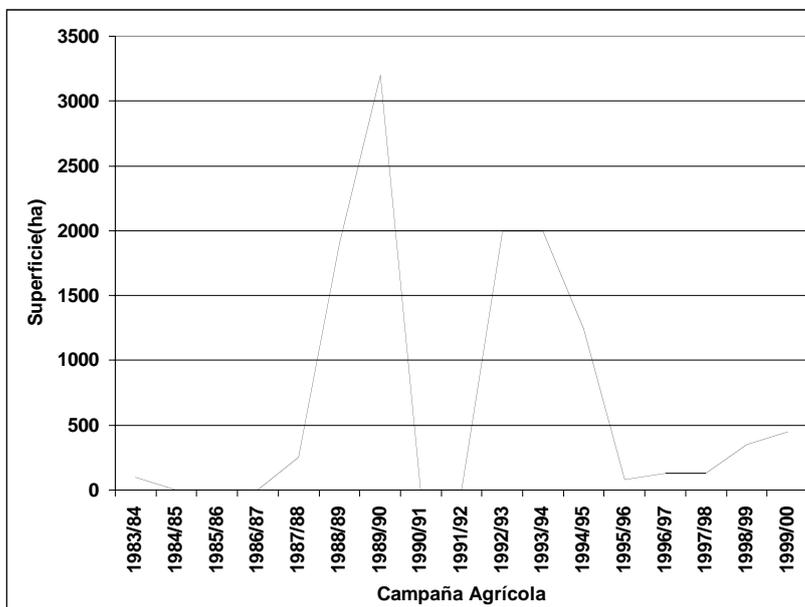
**Figura 48:** Soja: Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1982/00).

**Cuadro 47:** Soja. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

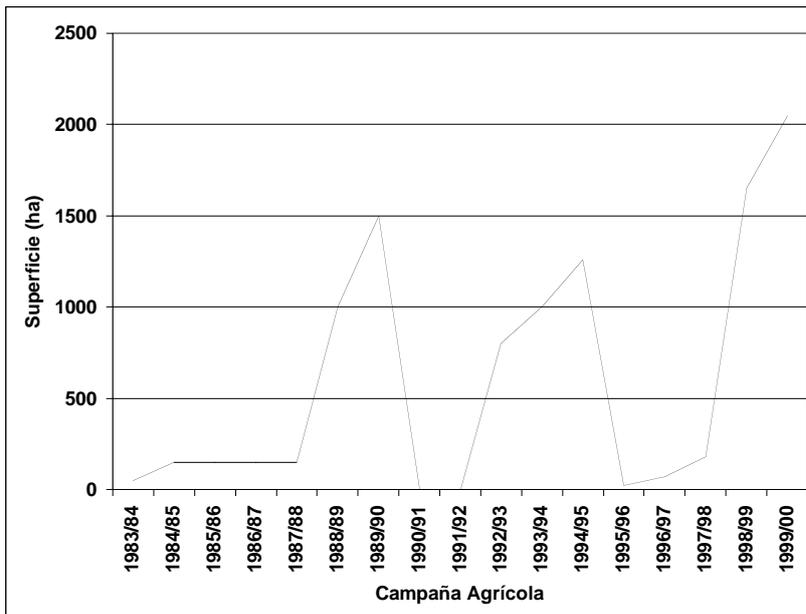
Zona	Máxima superficie sembrada		Mínima superficie sembrada		Superficie sembrada campaña 1999/00
	campaña	ha	campaña	ha	
Norte	1999/00	40000	1982/83	150	40000
Centro	1989/90	3200	1995/96	80	450
Sur	1999/00	2050	1995/96	20	2050



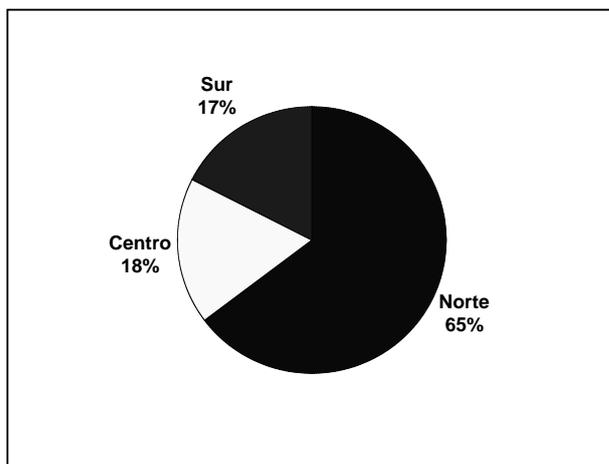
**Figura 49:** Soja. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.



**Figura 50:** Soja. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.



**Figura 51:** Soja. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.



**Figura 52:** Sorgo granífero. Porcentaje promedio de la superficie total sembrada en cada una de las tres zonas total hectáreas sembradas (1953/00).

**Cuadro 48:** Sorgo granífero. Superficie sembrada máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

Zona	Máxima superficie sembrada		Mínima superficie sembrada		Superficie sembrada campaña 1999/00
	campaña	ha	campaña	ha	ha
<b>Norte</b>	<b>1973/74</b>	<b>244000</b>	<b>1999/00</b>	<b>3600</b>	<b>3600</b>
<b>Centro</b>	<b>1992/93</b>	<b>71400</b>	<b>1954/55</b>	<b>800</b>	<b>49500</b>
<b>Sur</b>	<b>1970/71</b>	<b>72000</b>	<b>1954/55</b>	<b>1350</b>	<b>37500</b>

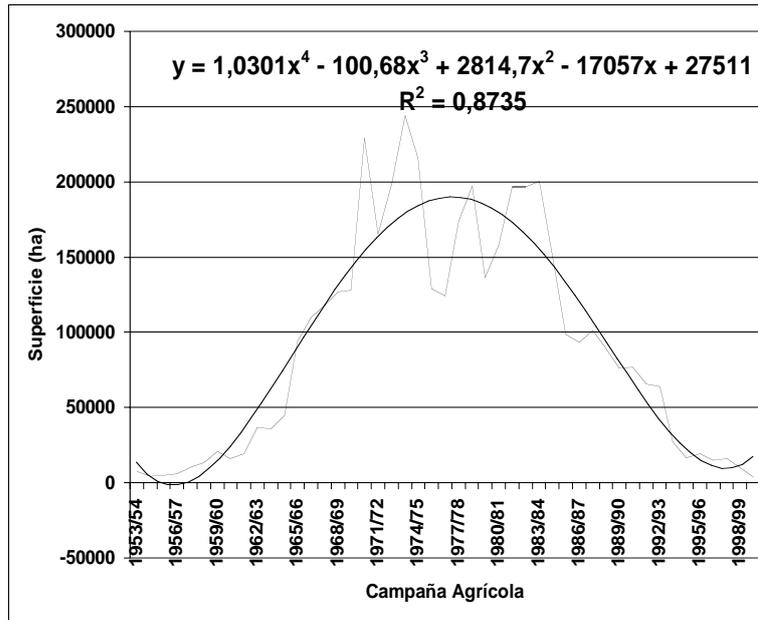
En la zona norte (Figura 53) a comienzos de la serie analizada la superficie sembrada aumentó paulatinamente hasta mediados de la década de 1970 donde alcanza el máximo de área sembrada. A partir de ella la superficie sembrada disminuye hasta hacerse muy baja en la campaña 1999/00. Evidentemente en esta zona, que es de las tres analizadas la de mayores precipitaciones, este cultivo ha sido reemplazado por cultivos estivales más rentables como es el caso de girasol, soja y maíz.

En la zona centro y sur el comportamiento de la superficie sembrada con sorgo granífero es similar ya que en ambas, desde mediados de la década de 1950 la superficie sembrada aumenta paulatinamente hasta 1999/00. (Figura 54 y 55).

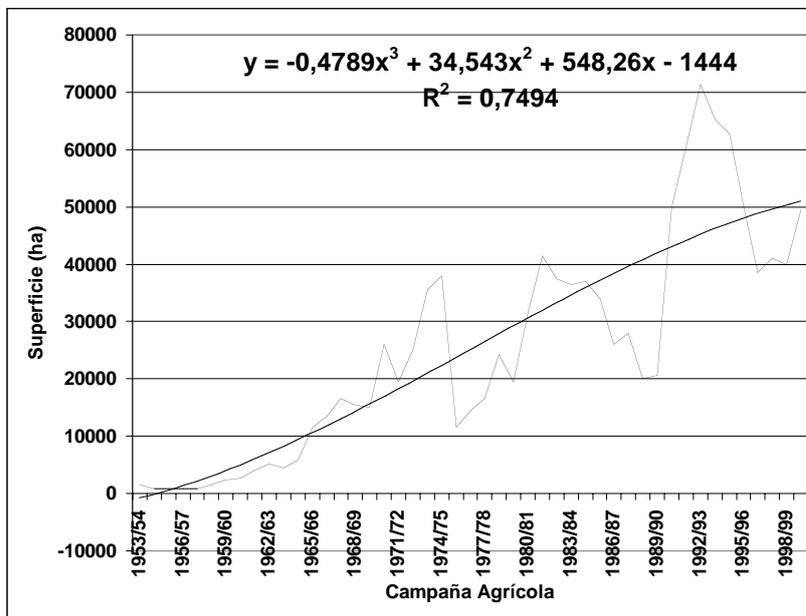
En ambas zonas, la ganadería supera a la agricultura y el cultivo de sorgo granífero se adapta muy bien a estos sistemas de producción debido a las siguientes causas:

- a.- mayor seguridad en la producción de grano.
- b.- su posibilidad de pastoreo directo en caso de adversidades climáticas.
- c.- la posibilidad de su utilización en suplementaciones de las dietas ganaderas.
- d.- sus rastrojos pueden ser pastoreados con animales de bajo requerimiento.

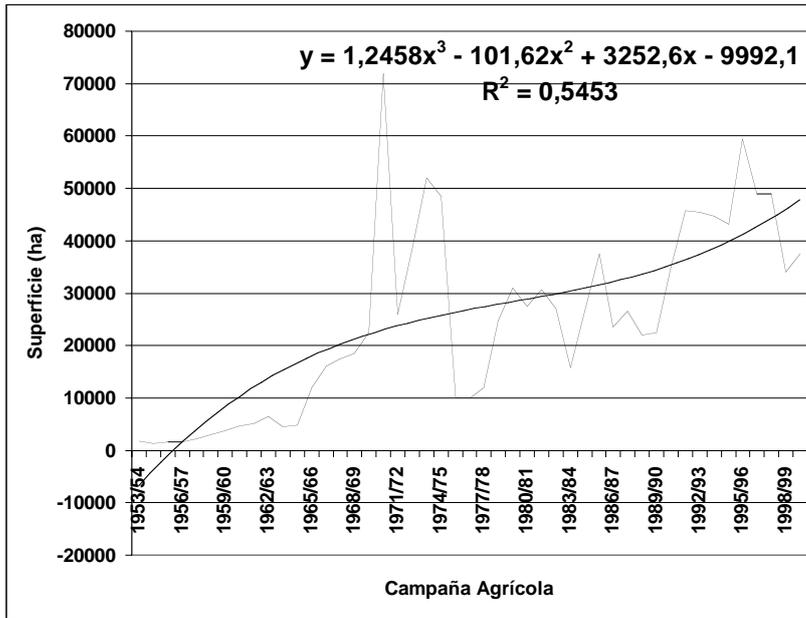
Como contrapartida se lo considera un cultivo peligroso por favorecer la infestación con sorgo de alepo, aunque el proceso de “agriculturización” conlleva un corrimiento de los campos ganaderos a zonas marginales y un avance en los procesos de engorde a través del encierre a corral para lo cual, entre otros, es utilizado el grano de sorgo.



**Figura 53:** Sorgo granífero. Superficie sembrada por campaña en la zona norte.



**Figura 54:** Sorgo granífero. Superficie sembrada por campaña en la zona centro.



**Figura 55:** Sorgo granífero. Superficie sembrada por campaña en la zona sur.

### 4.2.3 Incremento del área cosechada total por zona

La actividad agropecuaria involucra una amplia serie de decisiones, muchas de ellas sujetas a varios componentes inciertos. El momento de cosecha de un cultivo es la etapa final de un proceso productivo donde se conjugaron distintos factores y toma de decisiones del productor, ciertamente influidas por las características propias del cultivo, de la empresa agropecuaria y del contexto económico y climático.

La superficie cosechada variará en función de:

1. La adaptación de la especie sembrada a la zona considerada.
2. La elección del cultivar sembrado.
3. La calidad del suelo (historia agrícola).
4. La oportunidad del barbecho.
5. La fecha de siembra.
6. Las labores efectuadas en el momento de la siembra .
7. El paquete tecnológico que pueda ser aplicado por el productor.
8. La presencia de plagas y/o enfermedades.
9. La eficiencia de cosecha
10. El ambiente que enfrenta un cultivo en el período comprendido entre la siembra y la cosecha.

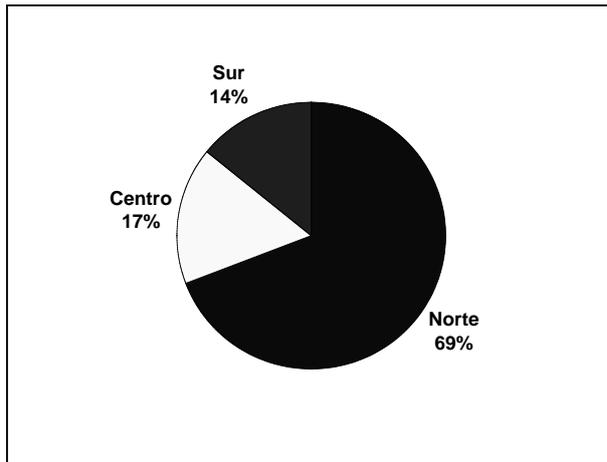
Este ambiente no es único ni uniforme sino que presenta una enorme variación espacial y temporal. En la producción agrícola de secano el clima es una fuente de variabilidad y riesgo que condiciona el comportamiento de los cultivos. Los elementos del clima como lluvias, temperaturas, radiación solar, fotoperíodo son los de mayor impacto en el crecimiento y desarrollo de un cultivo.

La superficie cosechada de un cultivo depende del comportamiento del ambiente durante su ciclo de vida. En áreas agrícolas marginales de secano la cantidad y distribución de las precipitaciones es un condicionante de fuerte peso ya que el éxito o fracaso final van a estar íntimamente relacionadas con la oferta de agua por parte de la atmósfera y la distribución de la misma a lo largo del ciclo de vida del cultivo.

El aumento de precipitaciones manifestado en la región en estudio a partir de mediados de la década de 1970 ha derivado en una expansión de la frontera agropecuaria en esta región, lo que conlleva a inferir que ha aumentado la superficie sembrada y del mismo modo la superficie cosechada (Cuadro 49 y Figura 56). La intención de siembra responde en gran parte a ese aumento en las precipitaciones durante la campaña agrícola, por lo que el productor al realizar la planificación del o los cultivos a sembrar, considerará no sólo las variedades disponibles en el mercado, el suelo y el paquete tecnológico a aplicar sino también las perspectivas climáticas para la campaña. La cantidad de hectáreas cosechadas guarda en estas zonas íntima relación con las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo y el manejo del suelo en los meses anteriores a la siembra pero hay otros múltiples factores que pueden hacer variar la superficie cosechada por lo que no se los puede relacionar sólo y exclusivamente con las lluvias (Figura 57, 58 y 59).

En este sentido las decisiones de la empresa agropecuaria pueden variar de acuerdo al planteo agrícola-ganadero y son alternativas que se deciden en un todo de acuerdo a la situación económica-financiera de la empresa y los precios agrícolas versus los precios ganaderos, independientemente de las condiciones climáticas.

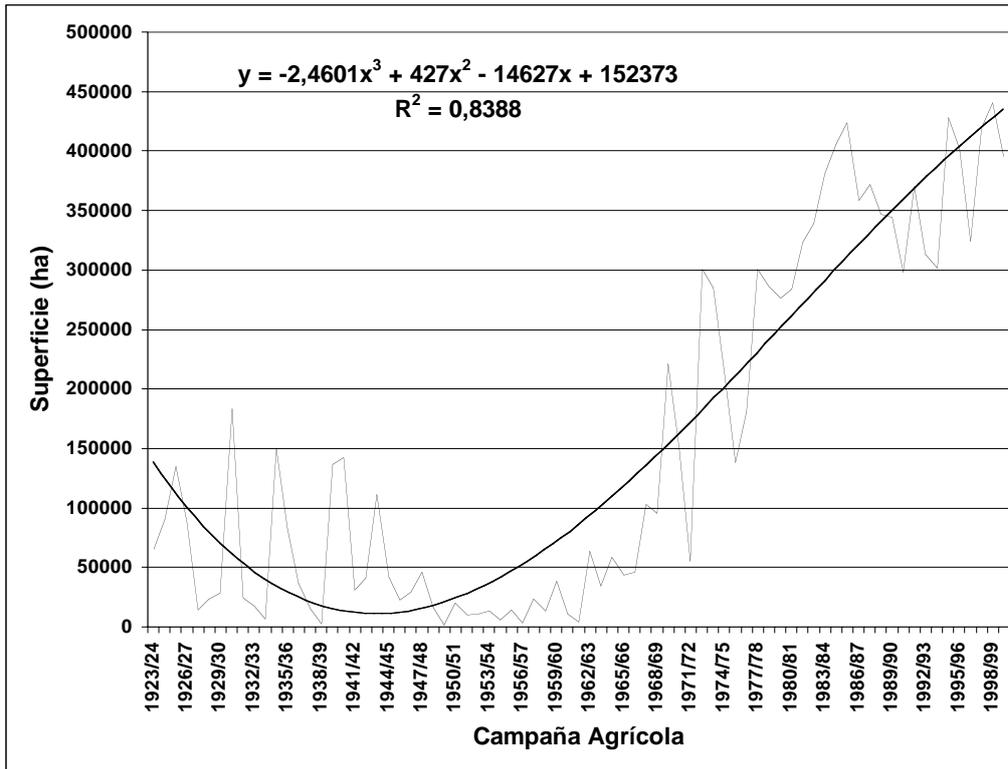
Se debe recordar que la zona en estudio es fundamentalmente agrícola – ganadera y cada productor privilegia las diferentes líneas de producción en base a criterios climáticos, económicos y también socio culturales ( mayor o menor afinidad con el sistema agrícola o ganadero). Es por ello que las diferencias entre áreas sembradas y cosechadas no tienen una explicación solamente desde el punto de vista agronómico sino desde lo económico y cultural donde tiene una alta incidencia el acceso a tecnologías novedosas que puedan ser incorporadas por el productor.



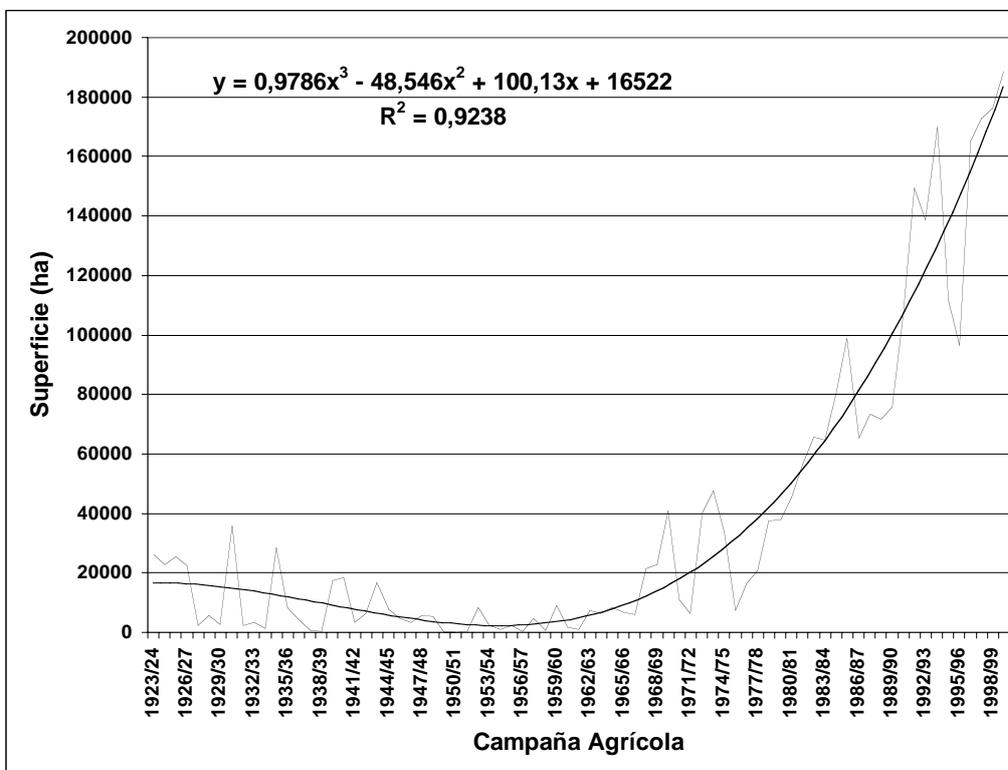
**Figura 56:** Cultivos estivales. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas total (1923/00).

**Cuadro 49:** Cultivos estivales. Superficie cosechada promedio, máxima, mínima y en la campaña 1999/00.

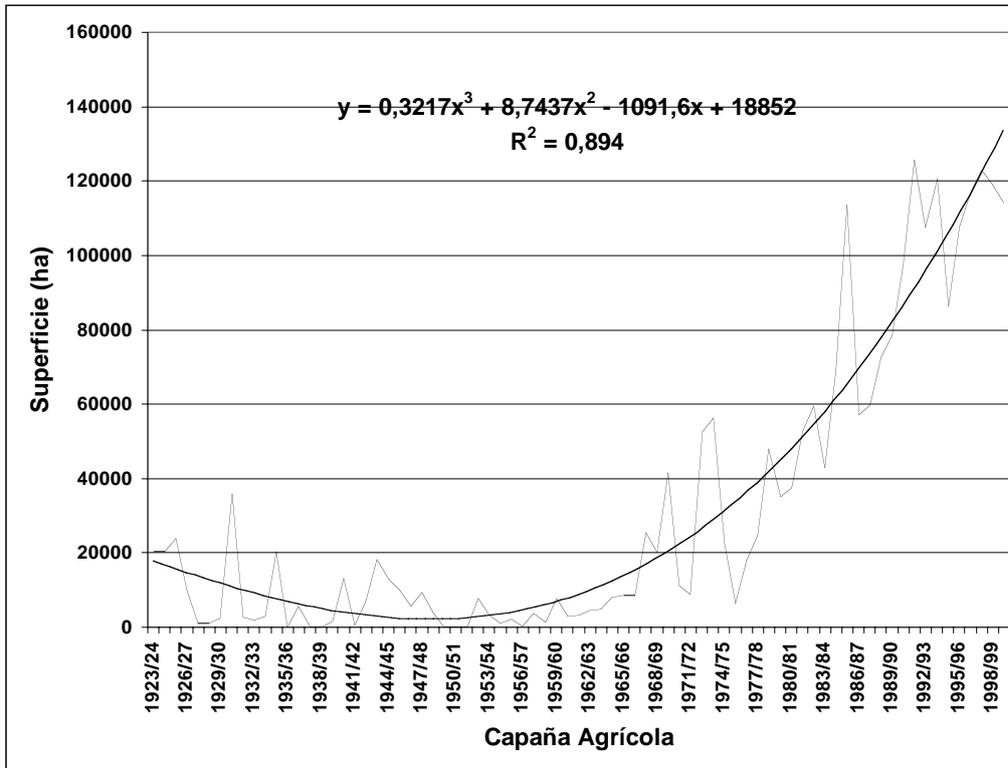
Zona	Promedio superficie cosechada (1923/00)	Máxima superficie cosechada		Mínima superficie cosechada		Superficie cosechada campaña 1999/00
	hectáreas	campana	hectáreas	campana	hectáreas	hectáreas
Norte	154208	1998/99	440600	1949/50	2000	395250
Centro	37220	1999/00	188450	1950/51	23	188450
Sur	31576	1991/92	125600	1949/50	20	114100



**Figura 57:** Cultivos estivales. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.



**Figura 58:** Cultivos estivales. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.



**Figura 59:** Cultivos estivales. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.

Por estas razones a veces no se encuentran explicaciones desde el punto de vista estadístico, en la relación superficie cosechada versus área sembrada como sucede en la "pampa húmeda". Las variables que interactúan en la región semiárida, por tratarse de una región agrícola marginal, son más y escapan al análisis planteado en esta tesis.

#### 4.2.4 Incremento del área cosechada por cultivo y por zona

Los cinco cultivos considerados se pueden dividir en dos grupos bien diferenciados de acuerdo a su utilización y demandas tecnológicas. En uno de los grupos se ubican los cultivos netamente agrícolas como es el caso del girasol, soja y trigo y en el otro grupo los cultivos agrícola-ganaderos como son el maíz y el sorgo granífero.

En el primer grupo, el girasol no es un cultivo doble propósito, por lo que no ofrece la posibilidad de pastoreo cuando los rendimientos son bajos. Sin embargo, la decisión adoptada por los productores es la de cosechar aún en el nivel de costo de indiferencia, porque si bien no significa un aporte importante desde el punto de vista económico, si lo es desde el aspecto financiero de la empresa. El cultivo de soja es posible utilizarlo como una especie forrajera, tanto para pastoreo directo como para heno y ensilaje. Para soja se han desarrollado en los últimos años variedades aptas para el pastoreo, que no se encontraban disponibles en el mercado durante el período que comprende este estudio. Es una opción más que interesante destinar para el consumo animal el cultivo completo de soja que por razones climáticas no se pudo cosechar o que de cosecharlo el rinde es muy bajo, o bien el poroto tiene una muy baja calidad y/o precio en el mercado. El material post-cosecha (rastrojo) también es visto como una oportunidad, a pesar de sus serias limitaciones como alimento.

En el caso de trigo, si bien se lo utiliza como recurso forrajero en pastoreo directo como verdeo invernal, su cultivo es tradicional en la región. Su tecnología es conocida y de menores costos para la empresa agropecuaria y ello, sumado a la seguridad de cosecha en años con ambientes benignos hace que las superficies sembradas y cosechadas no varíen demasiado. Puede fracasar la cosecha de trigo en caso de ocurrir de heladas tardías, deficiencia de agua en el momento de formación de la espiga o brotado de grano en años con condiciones ambientales predisponentes, agregado a la presencia de plagas y/o enfermedades.

Cuando se trata de cultivos con aprovechamiento agrícola-gandero tiene mucha influencia el precio de los granos en el futuro inmediato ya que ello condicionará la decisión de cosecharlo o pastorearlo.

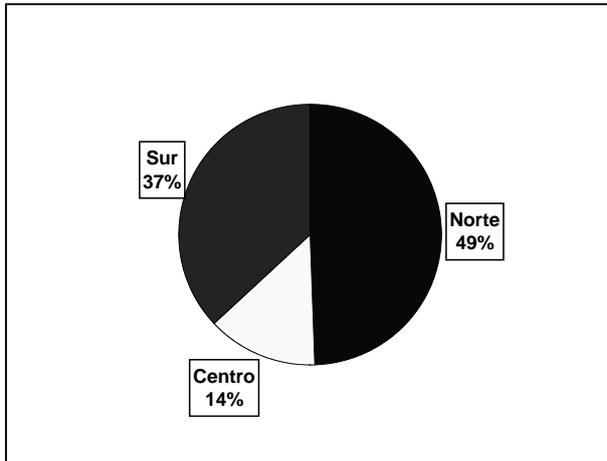
Además presenta la posibilidad del ensilado y su posterior transformación a carne o leche. Por estas razones se conjugan la situación climática con la económica para la toma de una decisión empresarial que provoca diferencias, a veces notables, entre superficie sembrada y cosechada.

Es de destacar que la superficie ensilada no se computa como cosecha propiamente dicha, a pesar que conduce a una extracción más agresiva a la fertilidad, teniendo en cuenta que no existe retorno al suelo ya sea por deyecciones en pastoreo o como aporte de materia orgánica por los rastrojos.

## **TRIGO**

La superficie cosechada con trigo en la zona norte (Cuadro 50 y Figura 60) manifiesta una importante disminución a lo largo de la serie analizada (1923/00). Al comienzo de la misma se observan las mayores superficies cosechadas, coincidiendo con la fase de transición húmeda/seca de las precipitaciones. Con el inicio de la fase seca hacia mediados de la década de 1920 y hasta fines de la década de 1940 el área cosechada disminuye y ya no vuelve a aumentar a los valores observados al comienzo de la serie (Cuadro 50 y Figura 61).

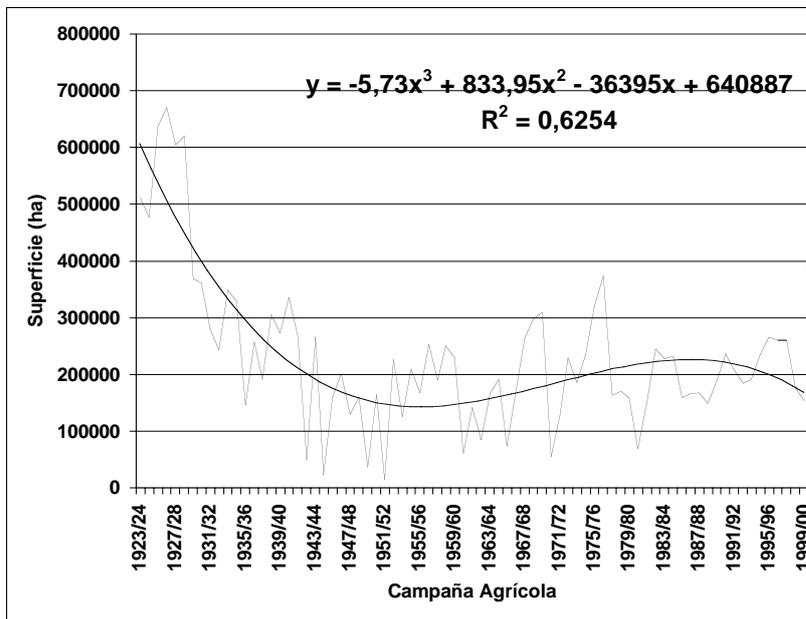
En la zona centro se observan al inicio de la serie estudiada grandes superficies cosechadas con trigo en coincidencia con la fase de transición húmeda/seca de las precipitaciones. Con el comienzo de la fase seca hacia mediados de la década de 1930 y hasta fines de la década de 1940 la superficie cosechada disminuye hasta hacerse mínima en la campaña 1951/52. Desde mediados de la década de 1950 el área cosechada aumenta paulatinamente y ya no se observan superficies cosechadas tan bajas como en el transcurso de la fase seca (Figura 62).



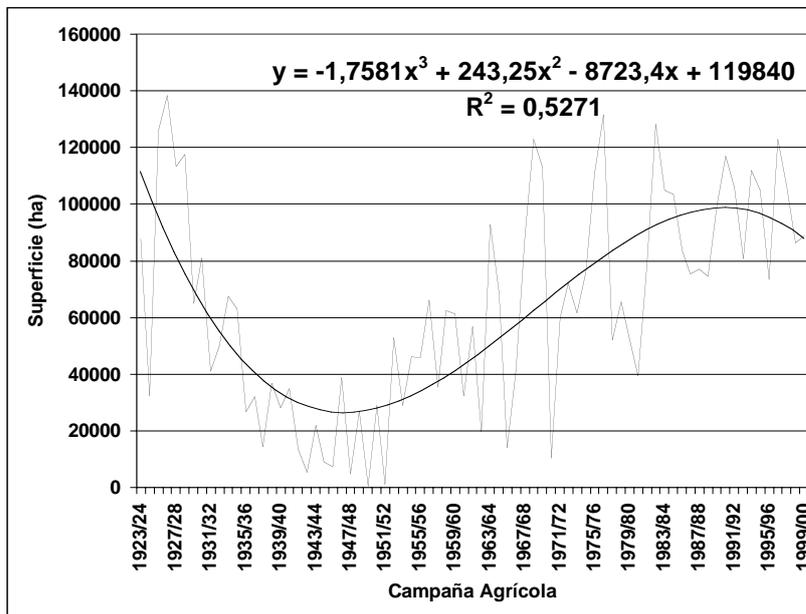
**Figura 60:** Trigo. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas (1923/00).

**Cuadro 50:** Trigo. Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00

Zona	Máxima superficie cosechada		Mínima superficie cosechada		Superficie cosechada campaña 1999/00
	campaña	ha	campaña	ha	ha
Norte	1926/27	671226	1951/52	13700	153100
Centro	1926/27	138274	1949/50	470	88800
Sur	1925/26	351900	1942/43	19100	142100

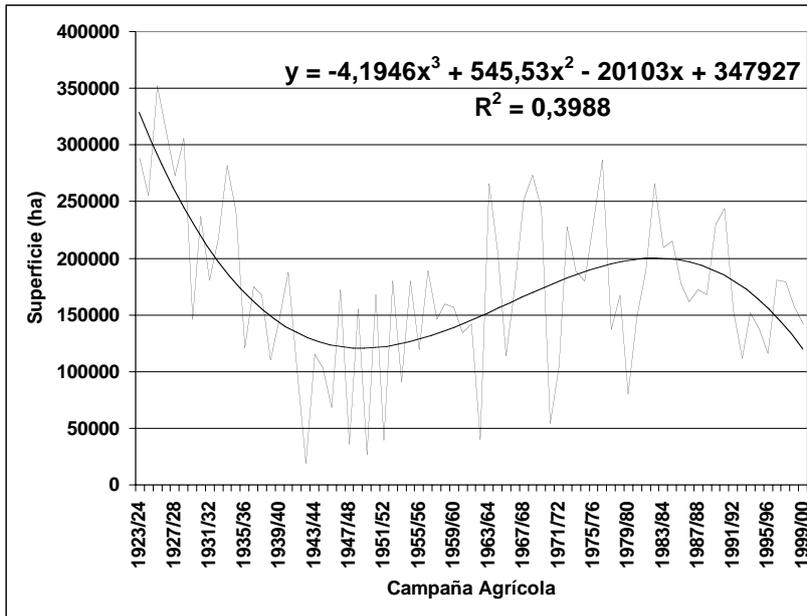


**Figura 61:** Trigo. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.



**Figura 62:** Trigo. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.

En la zona sur el comportamiento de la superficie cosechada a lo largo de la serie estudiada es similar a la que presenta la zona centro aunque al final de la misma el área cosechada disminuye (Cuadro 50 y Figura 63).



**Figura 63:** Trigo. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.

## **MAIZ**

En las tres zonas en estudio, al analizar la evolución de la superficie cosechada (Cuadro 51 y Figura 64), se observa una variación interesante, que concuerda con el comportamiento temporal de las precipitaciones, que mostró una disminución continua en el final de la fase de transición húmeda/seca que se agudizó en la fase seca. La tendencia se revirtió en la transición seca/húmeda.

Desde mediados de la década de 1980 el área cosechada con este cultivo estival se incrementa notablemente en las zonas centro y sur (Figuras 66 y 67) pero en la zona norte se aprecia una importante disminución a partir de la campaña 1993/94 (Figuras 65).

## **GIRASOL**

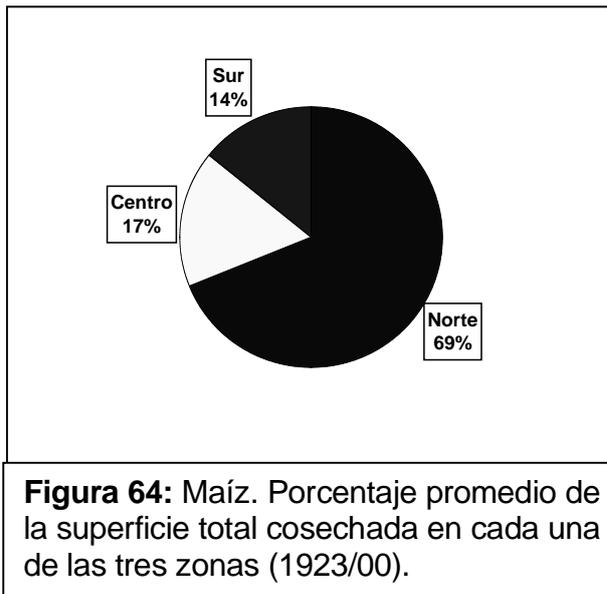
La superficie cosechada de girasol en todas las zonas (Cuadro 52 y Figura 68) fue insignificante hasta comienzos de la década de 1980 cuando el número de hectáreas cosechadas aumenta en forma sostenida hasta 1999/00 (Figuras 69, 70 y 71). El comportamiento de las precipitaciones desde mediados de la década de 1970 explica en parte la expansión de este cultivo en toda esta región de producciones agrícolas de secano. A esto se sumó además, que los mayores incrementos de la precipitación ocurrieron en semestre primavera- estival.

## **SOJA**

La superficie cosechada con soja fue altamente variable en los pocos años de registros que existen en la provincia de La Pampa ya que su ingreso en esta región es relativamente reciente si se lo compara con otros cultivos de cosecha gruesa (Cuadro 53 y Figura 72). La superficie cosechada difiere entre zonas. En la zona centro la superficie cosechada de soja representa sólo un 8% del área cosechada con este cultivo en el norte provincial, mientras que en la zona sur es de un 6% (Figuras 73, 74 y 75).

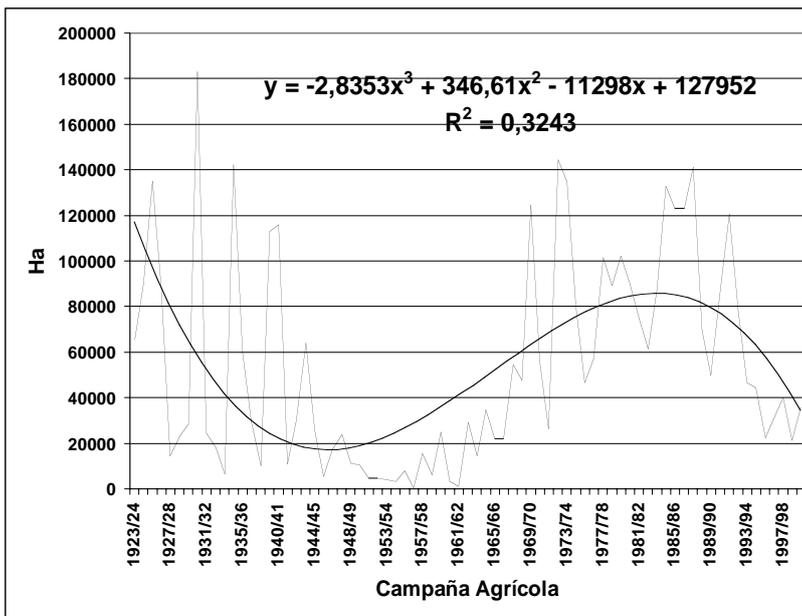
## **SORGO GRANIFERO**

El cultivo de sorgo granífero muestra un comportamiento diferenciado en la zona norte con respecto a las del centro y sur. (Cuadro 54 y Figura 76).

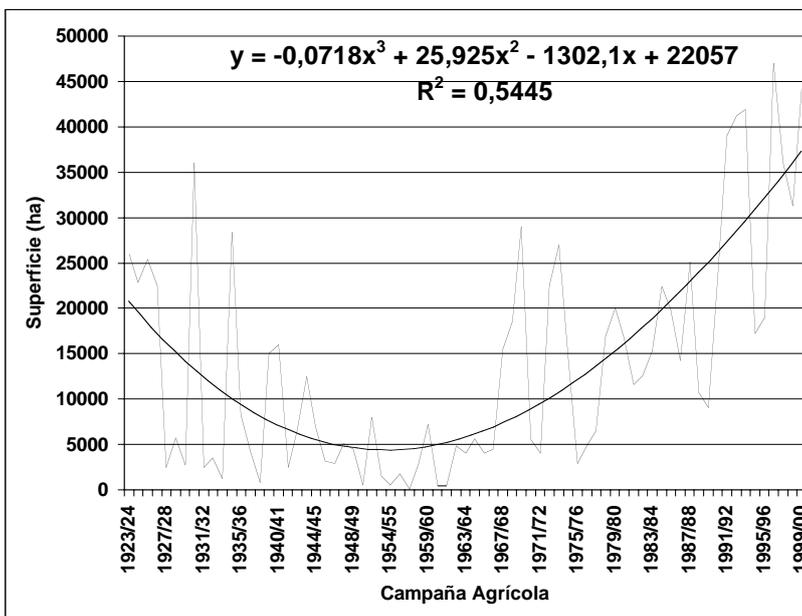


**Cuadro 51:** Maíz. Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00

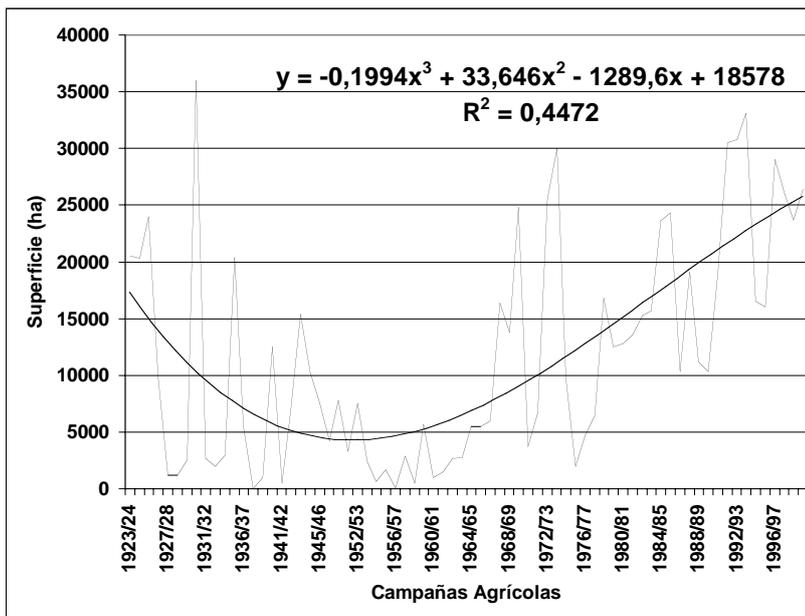
Zona	Máxima superficie cosechada		Mínima superficie cosechada		Superficie cosechada campaña 1999/00
	campana	ha	campana	ha	
Norte	1930/31	183000	1956/57	365	35900
Centro	1996/97	47000	1956/57	80	44200
Sur	1930/31	36000	1937/38	30	26400



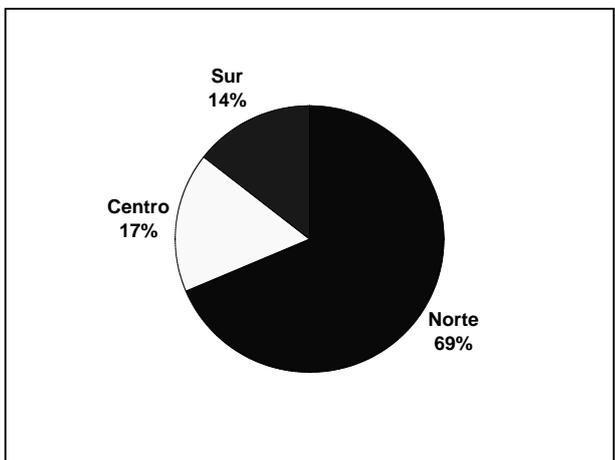
**Figura 65:** Maíz. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.



**Figura 66:** Maíz. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.



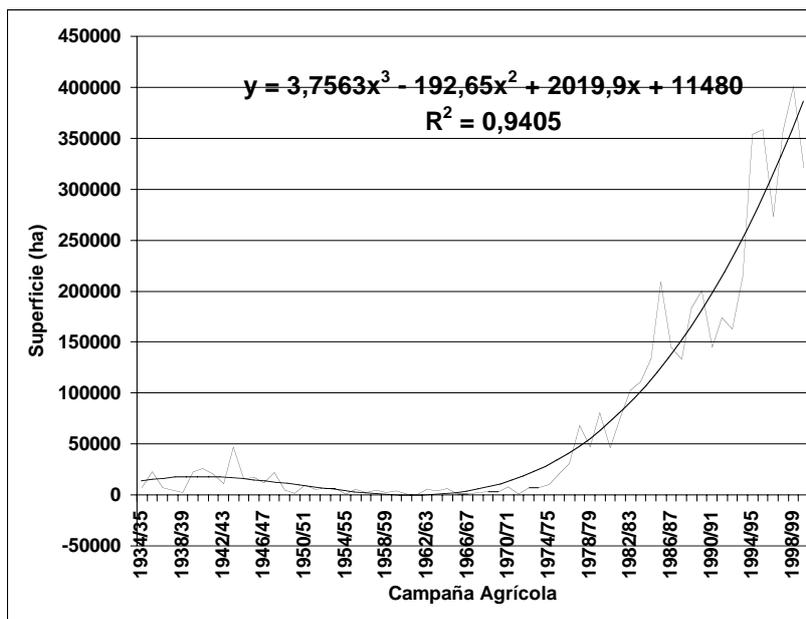
**Figura 67:** Maíz. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.



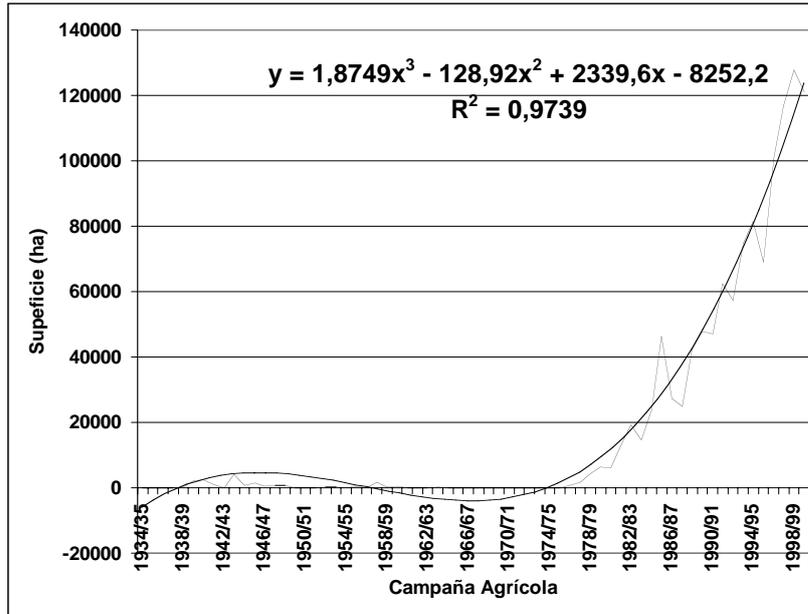
**Figura 68** Girasol. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas (1934/00).

**Cuadro 52:** Girasol. Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00

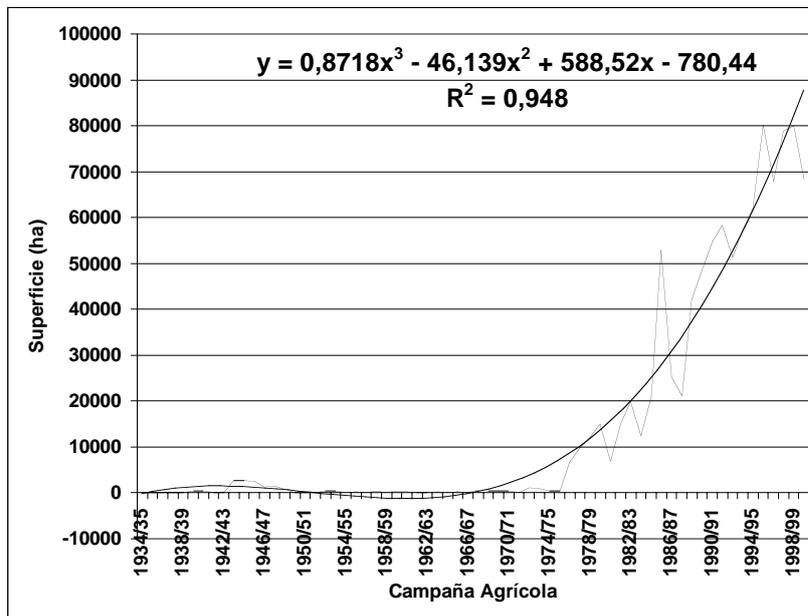
Zona	Máxima superficie cosechada		Mínima superficie cosechada		Superficie cosechada campaña 1999/00
	campana	ha	campana	ha	
Norte	1998/99	400900	1961/62	400	320800
Centro	1998/99	127900	1950/51	23	89300
Sur	1995/96	80200	1949/50	20	68400



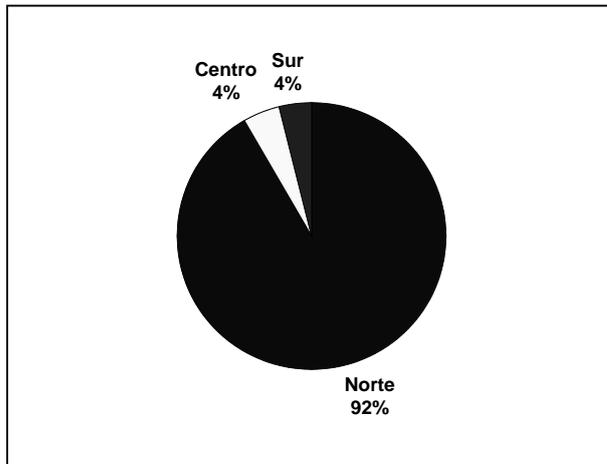
**Figura 69:** Girasol. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.



**Figura 70:** Girasol. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.



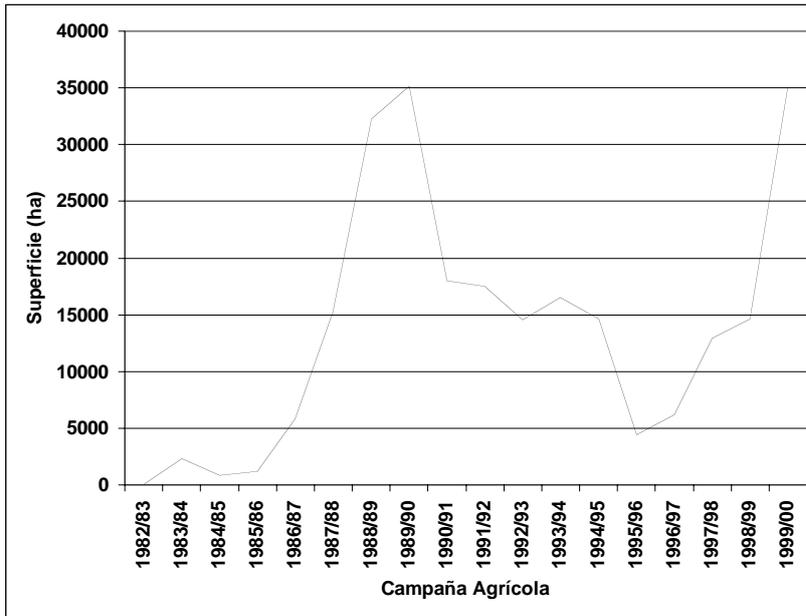
**Figura 71:** Girasol. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.



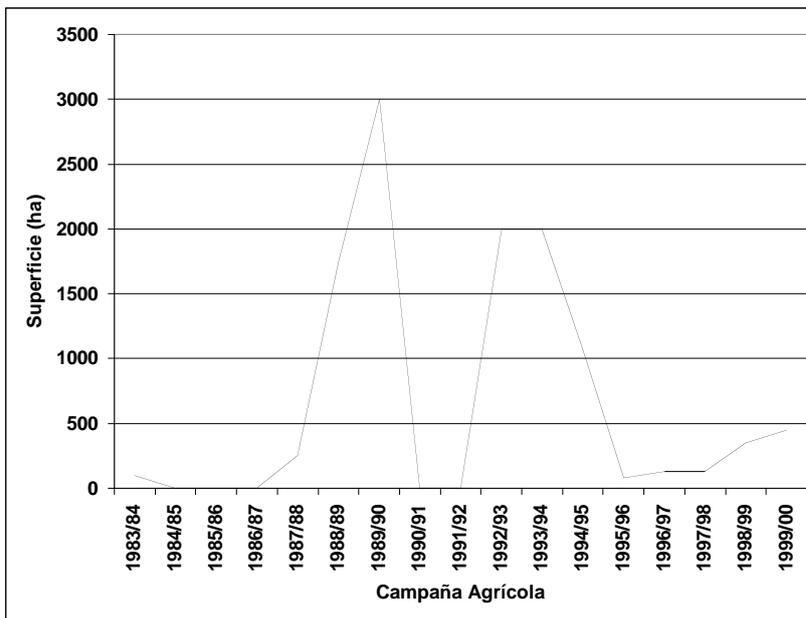
**Figura 72:** Soja. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas (1982/00).

**Cuadro 53:** Soja: Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00

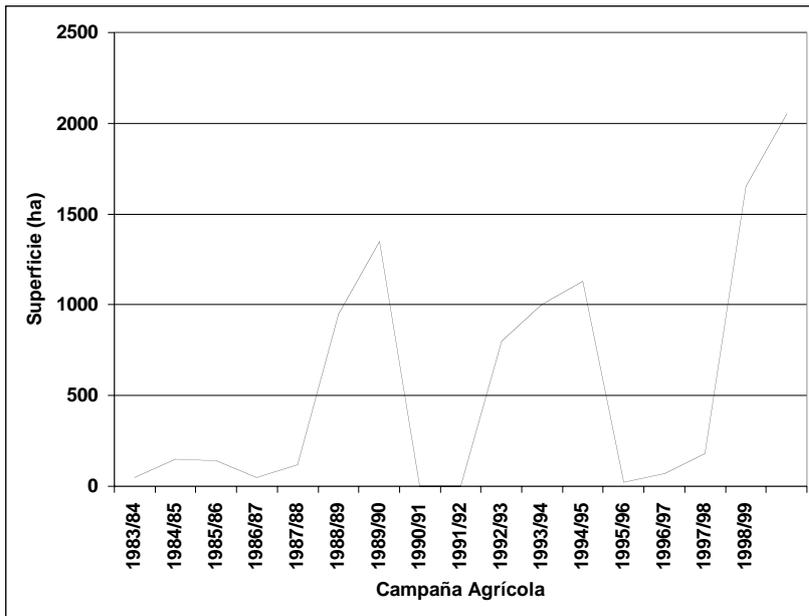
Zona	Máxima superficie cosechada		Mínima superficie cosechada		Superficie cosechada campaña 1999/00
	campana	ha	campana	ha	
Norte	1989/90	35150	1982/83	50	35000
Centro	1989/90	3000	1995/96	80	450
Sur	1999/00	2050	1995/96	20	2050



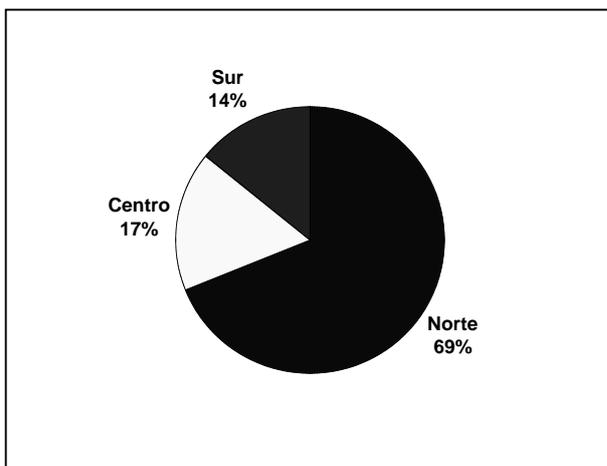
**Figura 73:** Soja. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.



**Figura 74:** Soja. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.



**Figura 75:** Soja Superficie cosechada por campaña en la zona sur.



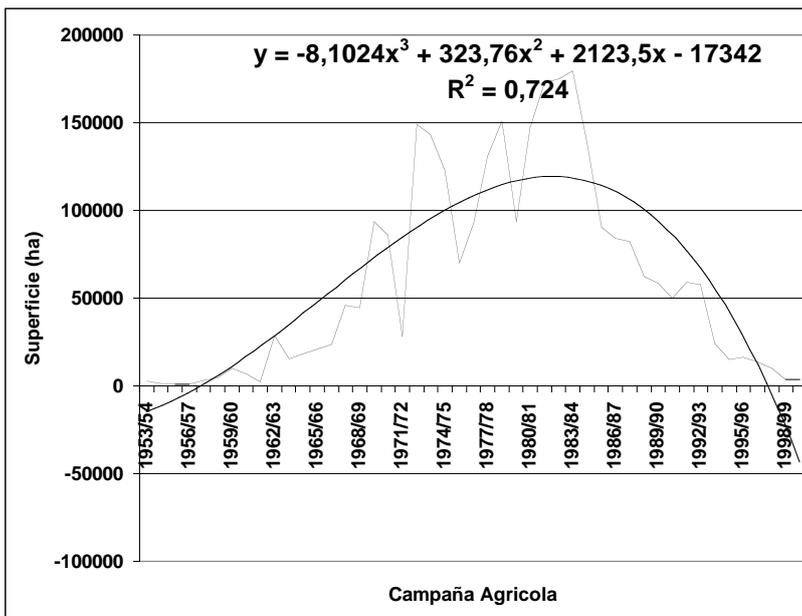
**Figura 76:** Sorgo granífero. Porcentaje promedio de la superficie total cosechada en cada una de las tres zonas (1953/00).

**Cuadro 54:** Sorgo granífero: Superficie cosechada máxima, mínima y en la campaña 1999/00

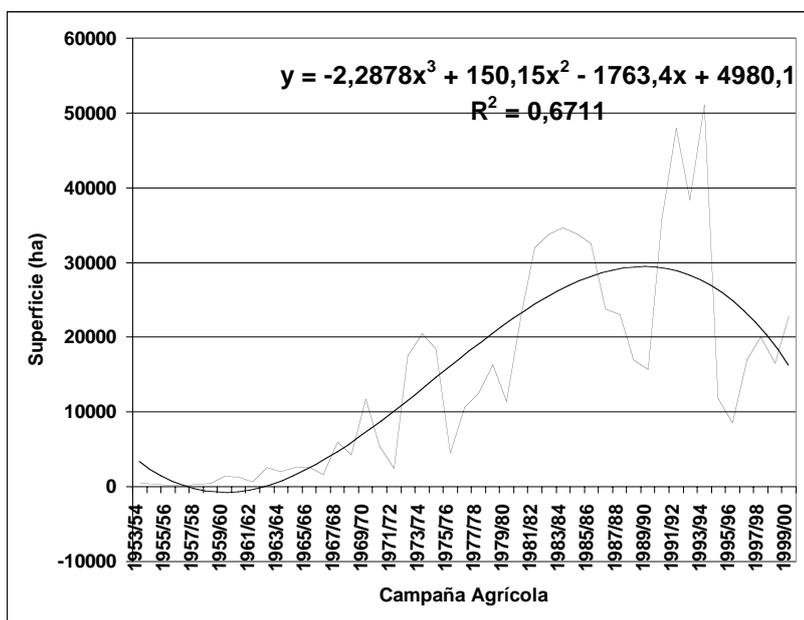
Zona	Máxima superficie cosechada		Mínima superficie cosechada		Superficie cosechada campaña 1999/00
	campana	ha	campana	ha	
<b>Norte</b>	<b>1983/84</b>	<b>179500</b>	<b>1955/56</b>	<b>1100</b>	<b>3550</b>
<b>Centro</b>	<b>1993/94</b>	<b>51100</b>	<b>1956/57</b>	<b>100</b>	<b>22800</b>
<b>Sur</b>	<b>1991/92</b>	<b>36800</b>	<b>1956/57</b>	<b>50</b>	<b>17250</b>

En la zona norte (Figura 77) a comienzos de la serie analizada la superficie cosechada aumentó paulatinamente hasta mediados de la década de 1980 donde se alcanza el área cosechada máximo. A partir de ese momento la cantidad de hectáreas cosechadas disminuye hasta hacerse muy baja en la campaña 1999/00.

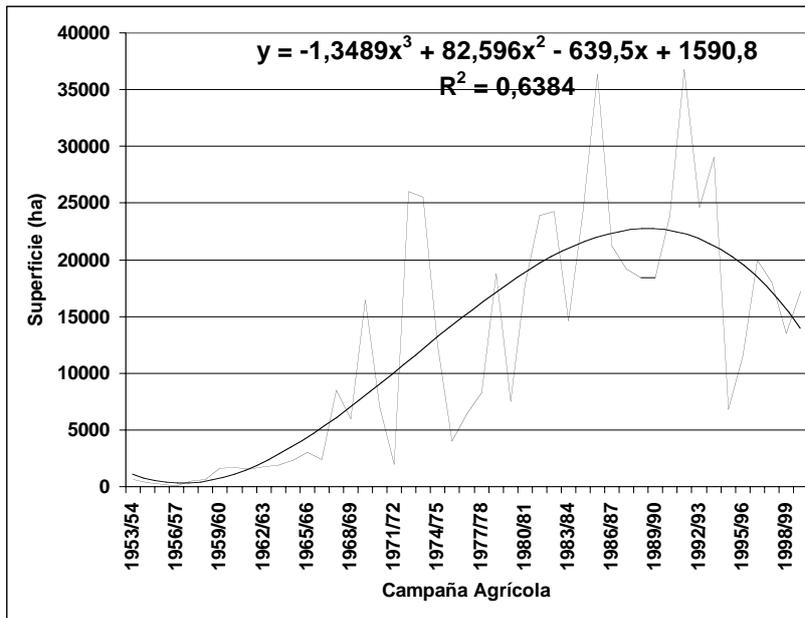
En la zona centro y sur el comportamiento de la superficie cosechada con sorgo granífero es similar ya que en ambas, desde mediados de la década de 1960, la superficie cosechada aumenta paulatinamente hasta mediados de la década de 1990 donde manifiesta una disminución. (Figura 78 y 79).



**Figura 77:** Sorgo granífero. Superficie cosechada por campaña en la zona norte.



**Figura 78:** Sorgo granífero. Superficie cosechada por campaña en la zona centro.



**Figura 79:** Sorgo granífero. Superficie cosechada por campaña en la zona sur.

#### **4.2.5 Relación entre el total de la superficie sembrada con cultivos estivales en las tres zonas y las precipitaciones.**

En la zona agropecuaria de La Pampa ante la inminencia de la época de siembra, existe una preocupación justificada por la ocurrencia de lluvias durante el ciclo del cultivo a implantar. Los precios de los granos e insumos de un modo directo y las lluvias por su influencia sobre el rendimiento, son dos de las fuentes de riesgo más importantes en los sistemas de producción agrícola. Es pertinente considerar, precios y lluvias, porque ambos tienen una enorme incidencia sobre la rentabilidad y son a la vez muy variables y difíciles de predecir. La dificultad en predecir precios de granos no inhibe el uso de pronósticos de precios y muchos productores usan distintas estrategias para reducir sus riesgos. Del mismo modo los pronósticos de lluvias a corto, mediano y largo plazo son herramientas a tener en cuenta. Los primeros definirán el momento de la siembra, mientras que los de mediano y largo plazo tratan de predecir cómo se espera que se comporte el clima durante la campaña agrícola venidera.

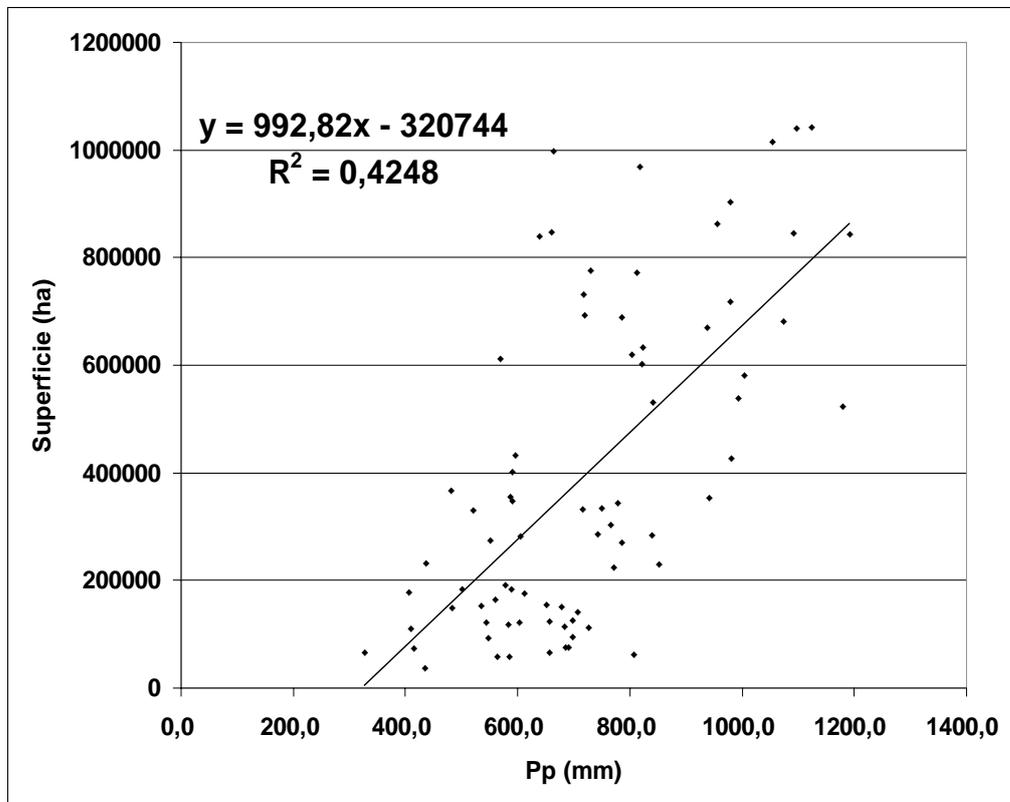
La abundancia de precipitaciones tiene un efecto positivo sobre los cultivo, ya que aumenta la disponibilidad de agua. Por el contrario existe gran susceptibilidad de los mismos, en años con deficiencias hídricas. Resulta necesario considerar a las precipitaciones no sólo por su magnitud sino también por una adecuada distribución durante el ciclo de vida.

Los cultivos dependen de dos fuentes de agua para su crecimiento y desarrollo: el agua disponible en el suelo al momento de la siembra y las precipitaciones que ocurren durante su ciclo de vida. El agua inicial a su vez es producto de las precipitaciones en el período de barbecho y de otros factores edáficos y de manejo. Si las precipitaciones no alcanzan a cubrir la evapotranspiración potencial es probable que sobrevengan períodos de deficiencia hídrica. De ocurrir en momentos de la vida de las plantas en los que se determina su rendimiento, condiciona en distinto grado al mismo, dependiendo de la magnitud de estrés al que ha estado sometido ese cultivo. Es por ello que existe una relación causal entre las precipitaciones y las hectáreas sembradas ya que las primeras explican gran parte de los resultados productivos y

económicos de la actividad agropecuaria y es una variable que el productor no puede manejar por sí mismo.

El comportamiento de las lluvias en los años previos y las previsiones climáticas a futuro condicionaran la intención de siembra del productor en cuanto a la cantidad de hectáreas que destinará a la agricultura como así también el cultivo a sembrar. Esta íntima relación entre precipitaciones y actividad agropecuaria se pone de manifiesto en la región en estudio donde observamos claramente que ante el aumento de las precipitaciones a partir de mediados de la década de 1970 el productor agropecuario aumenta la superficie de cultivos destinados a cosecha, fundamentalmente los cultivos estivales ya que es durante el semestre cálido donde más se incrementó la cantidad de lluvias. Al analizar la relación entre las precipitaciones y la superficie sembrada con cultivos estivales se observan incrementos en la intención de siembra ante un posible aumento de las precipitaciones (Cuadro 55 y Figura 80).

El trigo, cultivo invernal tradicional de la región en estudio no muestra una variación marcada de la superficie sembrada en las últimas décadas debido justamente a que el aumento de las precipitaciones favoreció ampliamente a los cultivos de verano.



**Figura 80:** Total de superficie sembrada por campaña agrícola en las tres zonas en función de las precipitaciones por campaña agrícola..

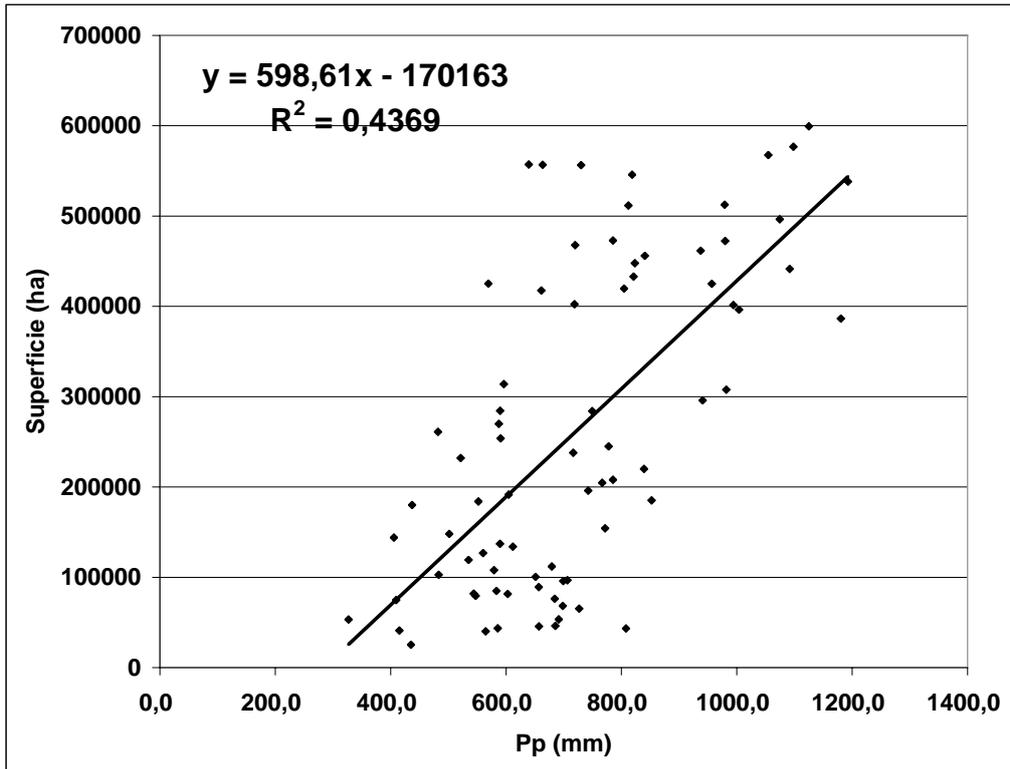
**Cuadro 55:** Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en las tres zonas en función de las precipitaciones.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	2914612983304	1	2914612983304	55,3984742	0,00000000014
Residual	3945884376115	75	52611791682		
Total	6860497359419	76			

La regresión para el total de superficie sembrada por campaña agrícola en las tres zonas en función de las precipitaciones es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 55).

#### **4.2.6 Relación entre el total de la superficie sembradas con cultivos estivales por zona y las precipitaciones.**

Se puede apreciar que en las tres zonas el aumento de las precipitaciones permitió un incremento de la superficie dedicada a la agricultura de secano (Cuadro 56, 57, 58 y Figura 81, 82, 83). Este incremento en la intención de siembra se manifestó fundamentalmente con cultivos de cosecha gruesa que cumplen su ciclo de vida durante el semestre cálido que es el período en el que se detectó el aumento de las precipitaciones. Podemos afirmar que las precipitaciones y la superficie sembrada varían de forma correlacionada, lo que indica que la agricultura se ha desplazado en las últimas décadas siguiendo la distribución de las precipitaciones. Sin duda este proceso ha permitido la expansión de la superficie agrícola que se empezó a insinuar a mediados de la década de 1970 y se fue acentuando en las décadas siguientes, extendiéndose a regiones de La Pampa consideradas otrora marginales para el cultivo de granos. El avance de la frontera agropecuaria hacia el oeste favorecido por el incremento de las precipitaciones, es un indicador más de la vulnerabilidad de este sistema productivo frente a las fluctuaciones pluviométricas por lo que la sostenibilidad del mismo se ve comprometida por cambios ambientales tanto regionales como globales.

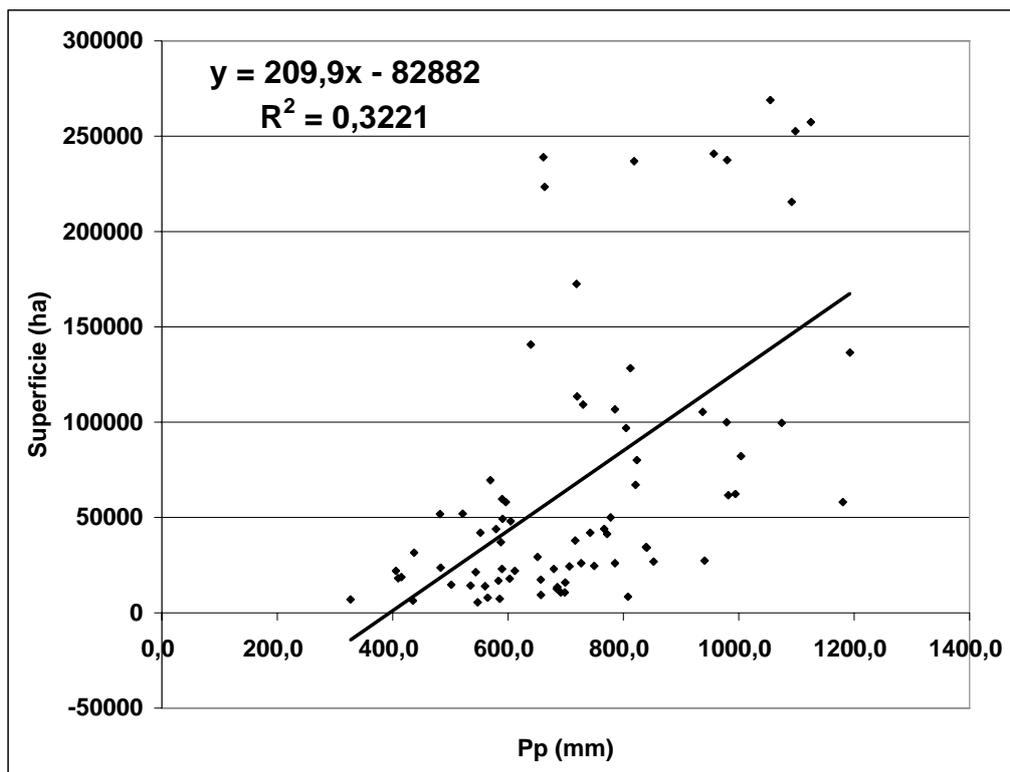


**Figura 81:** Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona norte en función de las precipitaciones por campaña agrícola.

**Cuadro 56:** Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona norte en función de las precipitaciones.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	1059556430690	1	1059556430690	58,1805193	0,00000000006
Residual	1365864953631	75	18211532715		
Total	2425421384321	76			

La regresión para el total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona norte en función de las precipitaciones es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 56).

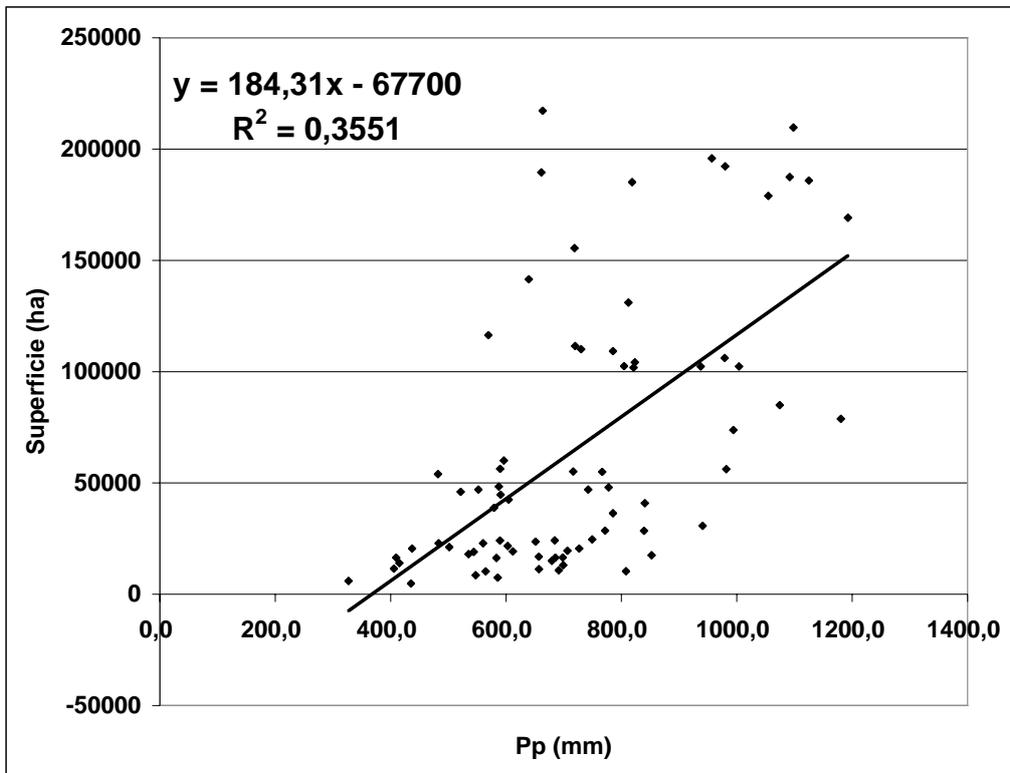


**Figura 82:** Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona centro en función de las precipitaciones por campaña agrícola.

**Cuadro 57:** Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona centro en función de las precipitaciones.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	130276103245	1	130276103245	35,6419034	0,00000007338
Residual	274135408255	75	3655138777		
<b>Total</b>	<b>404411511500</b>	<b>76</b>			

La regresión para el total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona centro en función de las precipitaciones es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 57).



**Figura 83:** Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona sur en función de las precipitaciones por campaña agrícola.

**Cuadro 58:** Análisis de regresión. Total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona sur en función de las precipitaciones.

F de Variación	S. Cuadrados	G. libertad	C. Medio	F	Valor crítico F
Regresión	130276103245	1	130276103245	35,6419034	0,00000007338
Residual	274135408255	75	3655138777		
Total	404411511500	76			

La regresión para el total de superficie sembrada por campaña agrícola en la zona sur en función de las precipitaciones es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo cual implica que la recta ajustada tiene una pendiente estadísticamente distinta de cero (Cuadro 58).

## 5. CONCLUSIONES

La expansión de la frontera agropecuaria fue acompañada por un aumento de las precipitaciones, conjuntamente con el tránsito por una etapa favorable en los precios relativos de los comodites y las innovaciones tecnológicas que incrementaron la rentabilidad de las explotaciones dedicadas a la producción agrícola primaria.

El incremento en el régimen de lluvias experimentado a partir de la década de 1970 en toda la región oriental de la provincia de La Pampa (zonas norte, centro y sur) corroboró que la expansión del área con cultivos estivales fue estimulada considerablemente por este factor. El trimestre estival (EFM) concentró en todas las zonas la mayor proporción del aumento de lluvias, en tanto que la menor se ubicó en el trimestre invernal (JAS). Estas características incidieron significativamente en el patrón productivo regional, beneficiando a los cultivos de cosecha gruesa. Los trimestres otoñal (AMJ) y primaveral (OND) mostraron aumentos de menor magnitud en las precipitaciones. El incremento otoñal favoreció la aplicación de técnicas como barbecho, que resulta imprescindible para la implantación de pasturas, verdes de aprovechamiento otoñal-invernal-primaveral y cultivos de cosecha fina. Otra incidencia positiva se produjo en la época de llenado de grano de los cultivos de invierno por el aporte primaveral.

El comportamiento de las precipitaciones parece ser parte de un ciclo de larga duración con fases secas y húmedas separadas por fases de transición, durante las cuales la frontera agrícola avanza o retrocede. Los testimonios históricos, contribuyen a dar verosimilitud al comportamiento cíclico de las lluvias.

Desde el punto de vista climático, el aumento de la precipitación en la época estival, explicó el inicio de un proceso de agriculturización a partir de mediados de la década de 1970. La expansión agrícola fue liderada por el cultivo de girasol que manifestó un crecimiento explosivo en toda el área sembrada. A mediados del período estudiado comenzó a difundirse la soja. La superficie sembrada con maíz, aumentó en menor grado en las tres zonas, con incrementos porcentuales mayores en la zona centro y sur, respecto de la norte. En las zonas centro y sur aumentó asimismo la siembra del cultivo de sorgo. La superficie sembrada con trigo se mantuvo dentro de los valores

normales. Frente a ese avance de la agricultura a fines del siglo XX y la posibilidad de entrar a comienzos de este siglo en una fase seca –como ha ocurrido anteriormente– es natural preguntarse acerca de las consecuencias que esta intensa producción agropecuaria ocasionaría sobre la sustentabilidad del ecosistema y la rentabilidad agrícola dado que ésta es una provincia donde la agricultura se realiza en secano.

Como la tarea del Ingeniero Agrónomo es en gran medida gerenciar la incertidumbre, el comportamiento cíclico o “pendular” de las lluvias es, desde el punto de vista agronómico al menos, una teoría a tener en cuenta. En la región semiárida, a la que pertenece el este de la provincia de La Pampa, vulnerable a los cambios pluviométricos, podrían aventurarse épocas menos propicias para la agricultura. De ser así, a la luz del corrimiento de la frontera agropecuaria de estos últimos años, deberíamos poner atención para fijar pautas de uso adecuado de la tierra y una planificación que haga sustentable la explotación agropecuaria, considerando que la posibilidad de efectuar riegos complementarios prolongados es muy dificultoso por la falta de recursos hídricos en cantidad y calidad. Será necesario interrogarse acerca de la sustentabilidad del agrosistema y de la vulnerabilidad y fragilidad del mismo para hacer frente a estos cambios. Los precios y la tecnología actual han sido en gran parte responsables del avance de la frontera agropecuaria, pero en regiones como éstas, para que los cultivos agrícolas sean rentables es imprescindible el acompañamiento de las lluvias, sin las cuales lo citado anteriormente sería inviable. Teniendo en cuenta que la actividad agropecuaria en la región en estudio depende del agua aportada por parte de la atmósfera y que éste es un recurso altamente variable, se debe concientizar a los actores del sector agrario de la necesidad de manejar el agua con la mayor eficiencia posible, con el objeto de hacer de la agricultura una actividad sustentable en el real sentido del término.

Si bien los interrogantes persistirán hasta que se manifiesten las tendencias de las próximas décadas, en un escenario de incertidumbre, resulta imprescindible hacer hincapié en la necesidad de una planificación en función de los cambios y fluctuaciones que pueden esperarse, lo que incluye programas de desarrollo tecnológico sustentables, monitoreo del deterioro del ambiente y vigilancia climática del área previendo posibles retornos a condiciones adversas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, J.H. 1999 *Los Pueblos de La Pampa* (Apuntes sobre su nacimiento, su historia). 2<sup>da</sup> ed. Subsecretaría Medios de Comunicación, Pcia. de La Pampa, Argentina.

AMEGHINO, F. 1915. *Las sequías y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires*. Cap. 3. En: "Excursiones geológicas y paleontológicas en la provincia de Buenos Aires". Edición de Alfredo J. Torcelli. Obras completas y correspondencia científica de Florentino Ameghino. Taller de impresiones oficiales, La Plata, Argentina.

ANDRADE, F.H. y V.O. SADRAS. 2000. *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. INTA Balcarce-Universidad de Mar del Plata.

BAIER, W.; R. GOMMES y M.V.K. SIVAKUMAR. 1999. Agrometeorología y agricultura sostenible. *O.M.M.* 48:438-443.

BARNETT, T.P; D. W. PIERCE; M. LATIF; D. DOMMENGET y R. SARAVANAN. 1999. Interdecadal interactions between the tropics and midlatitudes in the Pacific basin. *Geophys. Res. Lett.* 26:615-618.

BARROS, V.; M. CASTAÑEDA y M. DOYLE. 1996. Variabilidad interanual de la precipitación: señales del ENSO y del gradiente meridional hemisférico de temperatura. p 321-322. En: VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina.

BOND, N.A. y D.E. HARRISON. 2000. The Pacific Decadal Oscillation, air-sea interaction and central north Pacific winter atmospheric regimes. *Geophys. Res. Lett.* 27:731-734.

CASAGRANDE, G y G. VERGARA. Caracterización de la región 1996. p. 11-17. En Buschiazzo, D.E.; J.L.Panigatti y F.J. Babinec. *Labranzas en la región semiárida pampeana*. INTA Centro Regional La Pampa –San Luis, E.E.A. Ing. Agr. Guillermo Covas, Argentina.

CASTAÑEDA M.E. y V. BARROS. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Meteorológica* 19: 23-32.

CAZENAVE W.E. 1993. *Campo Pampeano: una contribución al conocimiento de su historia. Desde los orígenes hasta 1914*. Fondo Editorial Pampeano. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

DONNARI, M. y B. SCIAN. 1996. Estudio de episodios húmedos y secos en la región triguera V sur, Argentina. p 41-42. En: VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina.

FAO. 2004. *Uso de fertilizantes por cultivo en la Argentina*. FAO. Roma, Italia.

- FERNANDEZ, J.C. 1998. Caracterización edáfica del cultivo de trigo en la provincia de La Pampa. *Boletín de Divulgación Técnica* 58:7-18. INTA E.E.A. Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", La Pampa, Argentina.
- FERRER, A. 1986. *La economía Argentina*. 16<sup>a</sup> ed. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, Argentina.
- FRANCIS, R. C.; S. R. HARE; A. B. HOLLOWED y W. S. WOOSTER. 1998. Effects of interdecadal climate variability on the oceanic ecosystems of the NE Pacific. *Fish. Oceanogr.* 7:1-21.
- GAILLARDOU, J.A. 2001. *Pampa de furias*. Fondo Editorial Pampeano, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- GALMARINI, A.G. 1961. Caracterización climática de la provincia de La Pampa. *Operación Carnes (CAFADE) Publicación técnica* 13.
- GRAHAM, N.E. 1994. Decadal-scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: Observations and model results. *Clim. Dyn.* 10:135-162
- GIBERTI, H. 1988. Evolución y perspectivas del sector agropecuario Argentino. p 1-115. En: XX Congreso internacional de economistas agrarios. Buenos Aires, Argentina.
- HAIGH, S. 1922. *Bosquejos: de Buenos Aires, Chile y Perú*. La Cultura Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- HARE, S. R.; N. J. MANTUA y R. C. FRANCIS. 1999. Inverse production regimes: Alaskan and West Coast Salmon. *Fisheries* 24:6-14.
- HOFFMANN, J.A.J. 1988. Las variaciones climáticas ocurridas en la Argentina desde fines del siglo pasado hasta el presente. p 275-290. En: El deterioro del ambiente en la República Argentina. FECIC, Buenos Aires, Argentina.
- HOFFMANN, J.A.J.; S. NUÑEZ y A. GÓMEZ. 1987. Fluctuaciones de la precipitación en la Argentina, en lo que va del siglo. II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología. *Anales* 12.1.1-12.1.5.
- IGLESIAS, D.H. 2000. Competitividad de las PyMES agroalimentarias pampeanas productoras de commodities en Argentina. Universidad de Córdoba E.T.S.I.A.M. Departamento de Economía, Sociología y Política agropecuaria. Córdoba, España.
- KREPPER, C.M.; B.V. SCIAN y J. PIERINI. 1987. Variabilidad de la precipitación en la región sudoccidental Pampeana. II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología. *Anales*, 12.2.1-12.2.5.
- LOPEZ GAY, E.; F. BABINEC; G. CASAGRANDE y E. VIGLIZZO. 1996. Análisis temporal y espacial del almacenaje de agua en el suelo en la pampa central durante el presente siglo. *RIA* 27: 215-225.
- LYNCH, J. 1986. *Juan Manuel de Rosas*. Hyspamérica, Buenos Aires, Argentina.

- MANSILLA L.V. 1966. *Una excursión a los Indios Ranqueles*. Tomo I. Editorial Kapelusz, Buenos Aires, Argentina.
- MANTUA, N.J.; S.R. HARE; Y. ZHANG; J.M. WALLACE y R.C. FRANCIS. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteorological Soc.* 78:1069-1079.
- MESSINA C.; A. BELTRAN y A. RAVELO 1996. La variabilidad interanual de los rendimientos de trigo en la región Pampeana y su relación con el fenómeno ENSO (El Niño/Southern Oscillation). p 55-56. En: Actas del VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina.
- MINETTI, J.L. y E.M. SIERRA. 1984. La expansión de la frontera agrícola en Tucumán y el diagnóstico climático. *Rev. Ind. Agr. Tucumán* 61:109-126.
- MINETTI, J.L. y E.M. SIERRA. 1989. The influence of general circulation patterns on humid and dry years in the Cuyo Andean Region of Argentina. *J. Climatol.* 9:55-68.
- MINETTI, J.L. y W.M. VARGAS. 1983. Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica. I parte. *Meteorológica* 14:645-656.
- MINETTI, J.L.; W.M. VARGAS y A.G. POBLETE. 1995. Régimen de variabilidad de la precipitación anual en dos transectas de Argentina. *Geofísica* 42:103-117.
- MONCAUT C.A. 2001 *Inundaciones y Sequías en la Pampa Bonaerense 1576-2001*. Editorial El Aljibe, City Bell, Argentina.
- MOSCHINI R.C.; G.A. CASAGRANDE; G.T. VERGARA y H.A. CONTI. 1997. Efectos del ENSO sobre la probabilidad de períodos secos derivados de modelos markovianos de primer orden en La Pampa. *Rev. Fac. Agr. (UBA)* 17:71-76.
- NETER, J.; W. WASSERMAN y M.H. KUTNER. 1989. *Applied Linear Regression Models*. 2ª. Ed. Richard D. Irwin, Inc., Homewood y Boston, EE.UU.
- OBSCHATKO, E. y J.C. DEL BELLO. 1986. Tendencias productivas y estrategia tecnológica para la agricultura pampeana. *CISEA*, Documento 20. Buenos Aires, Argentina.
- ORAM, P.A., 1989. Sensitivity of agricultural production to climatic change, an update. p. 25-44. En: *Climate and Food Security*. IRRI, Manila, Filipinas.
- OVERLAND, J.E.; S. SALO y J.M. ADAMS. 1999. Salinity signature of the Pacific Decadal Oscillation. *Geophys. Res. Lett.* 26:1337-1340.
- PASCALÉ, A.J. y L. TORRE DE FASSI, 1987 . Regimen hídrico estival en la Región Semiárida Sudoccidental Pampeana durante la década del 70. p 155-163. En: III Reunión de Agrometeorología. Vaquerías, Argentina.
- PEREZ, S.; E. SIERRA; G. CASAGRANDE Y G. VERGARA. 1999. Incremento de las precipitaciones (1921/1998) en el centro-este de la provincia de La Pampa (Argentina). *Rev.Fac. Agr. (UBA)*.19:193-196.

PIZARRO J.B. 1999. Evolución y situación actual del girasol en Argentina. *Rev.Tec.Agrup.* (INTA Pergamino): 46-51

PIZARRO, J.B. y A.R. CASCARDO. 1991. La evolución de la agricultura pampeana. p. 149-260. En: O.Barsky (ed.). *El desarrollo agropecuario pampeano*. Grupo editor latinoamericano, Buenos Aires, Argentina.

PROHASKA, F.J.. 1961. Las características de las precipitaciones en la región semiárida pampeana. *Rev.Inv.Agr.* XV:199-232.

RAWLINGS, J.O. 1988. *Applied regression analysis: A research tool*. Wadsworth, Inc, Belmont, California, EE.UU.

ROBERTO, Z.E.; G. CASAGRANDE y E.F.VIGLIZZO. 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones del siglo. Publicación N°2. INTA, Centro Regional La Pampa-San Luis, Argentina.

SATORRE, E.H.; R.L BENECH ARNOLD; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN. 2004. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.

SCIAN, B y M. BOUZA. 2005. Tendencias de los ciclos climáticos de las precipitaciones a largo plazo en la Región Semiárida Pampeana. Revista de la Asociación de ganaderos y agricultores de Bahía Blanca N°25. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

SIERRA, E.M ; M. CONDE PRAT y S. PEREZ. 1995. La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático 1941-93 en la Región Pampeana Argentina. *Rev. Fac. Agr* (UBA) 15:171-176.

SIERRA, E.M ; M. CONDE PRAT; S. PEREZ y C. BUSTOS 1996. La migración de cultivos de granos en la Argentina y su posible relación con cambios pluviométricos 1970-94. p 51-52. En: VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina.

SIERRA, E.M.; R.H. HURTADO y L. SPESCHA. 1994. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana 1941-1990. *Rev.Fac. Agr.* (UBA). 14:139-144.

SIERRA, E.; S. PEREZ; G. CASAGRANDE y G VERGARA. 2001. Efectos del ENSO sobre las precipitaciones del trimestre noviembre-enero (1921/1998) en la provincia de La Pampa (Argentina). *RADA* 1:83-87.

SNEDECOR, G.W. y W.G. COCHRAN. 1980. *Statistical methods*. The Iowa State University Press, IA, EE.UU.

STIEBEN, E. 1946. *La Pampa. Su historia, su geografía, su realidad y su porvenir*. Editorial Peuser, Buenos Aires, Argentina.

SURIANO J.M. y L.H. FERPOZZI. 1993. Los cambios climáticos en La Pampa también son historia. *Todo es Historia* 306:8-25.

SURIANO, J.M.; L.H FERPOZZI y D.E. MARTINEZ. 1992. El cambio global: Tendencias climáticas en la Argentina y el mundo. *Ciencia Hoy* 3:32-39.

TREBER, S. 1977. *La economía Argentina*. Ed. Macchi, Buenos Aires, Argentina.

TRENBERTH, K.E., 1990: Recent observed interdecadal climate changes in the northern hemisphere. *Bull.Amer. Meteorological Soc.* 71:988-993.

TRENBERTH, K.E. and J.W. HURRELL, 1994. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Clim. Dyn.* 9: 303-319.

VARGAS W.M.; O.Y. PENALBA y J.L. MINETTI. 1999. Las precipitaciones mensuales en zonas de la Argentina y el ENSO. Un enfoque hacia problemas de decisión. *Meteorológica* 24:3-22

VERGARA, G.; S. PEREZ; G. CASAGRANDE; E. SIERRA y CONY P. 2001. Tendencia de las precipitaciones (1921-2000) en el noreste de la provincia de La Pampa (Argentina). p 131-132. En: XII Congreso Brasileiro de Agrometeorología y III Reunión Latino-Americana de Agrometeorología. Fortaleza, Brasil.

VERGARA, G.; E. SIERRA; G. CASAGRANDE y PEREZ, S. 2002. Tendencias de las precipitaciones (1921/2000) en el sudeste de la provincia de La Pampa (Argentina). p.109-110. En: IX Reunión Argentina de Agrometeorología. Vaquerías, Argentina.

VIGLIZZO, E.F. 1994. Cambio climático y agricultura sustentable en la región pampeana. Razones para su investigación. Publicación N°1. INTA Centro Regional La Pampa –San Luis, Argentina.

VIGLIZZO, E.F.; Z.E ROBERTO y N.R. BROCKINGTON. 1991. Agroecosystems performance in the semiarid pampas of Argentina and their interactions with the environment. *Agric. Ecosyst.Environment.* 36:23-36

VIGLIZZO, E.F.; Z.E.ROBERTO; M.C.FILIPPIN y A.J.PORDOMINGO. 1995. Climate variability and agroecological change in the Central Pampas of Argentina. *Agric. Ecosyst. Environment.* 55:7-16.

WILLIAMS, M.A.J. y R.C. BALLING, 1996. *Interactions of desertification and climate*. WMO/UNEP. Arnold Press, Londres, Ing.

ZHANG, Y.; J.M. WALLACE y D.S. BATTISTI. 1997: ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. *Inter. J. Climatol.* 10:1004-1020.