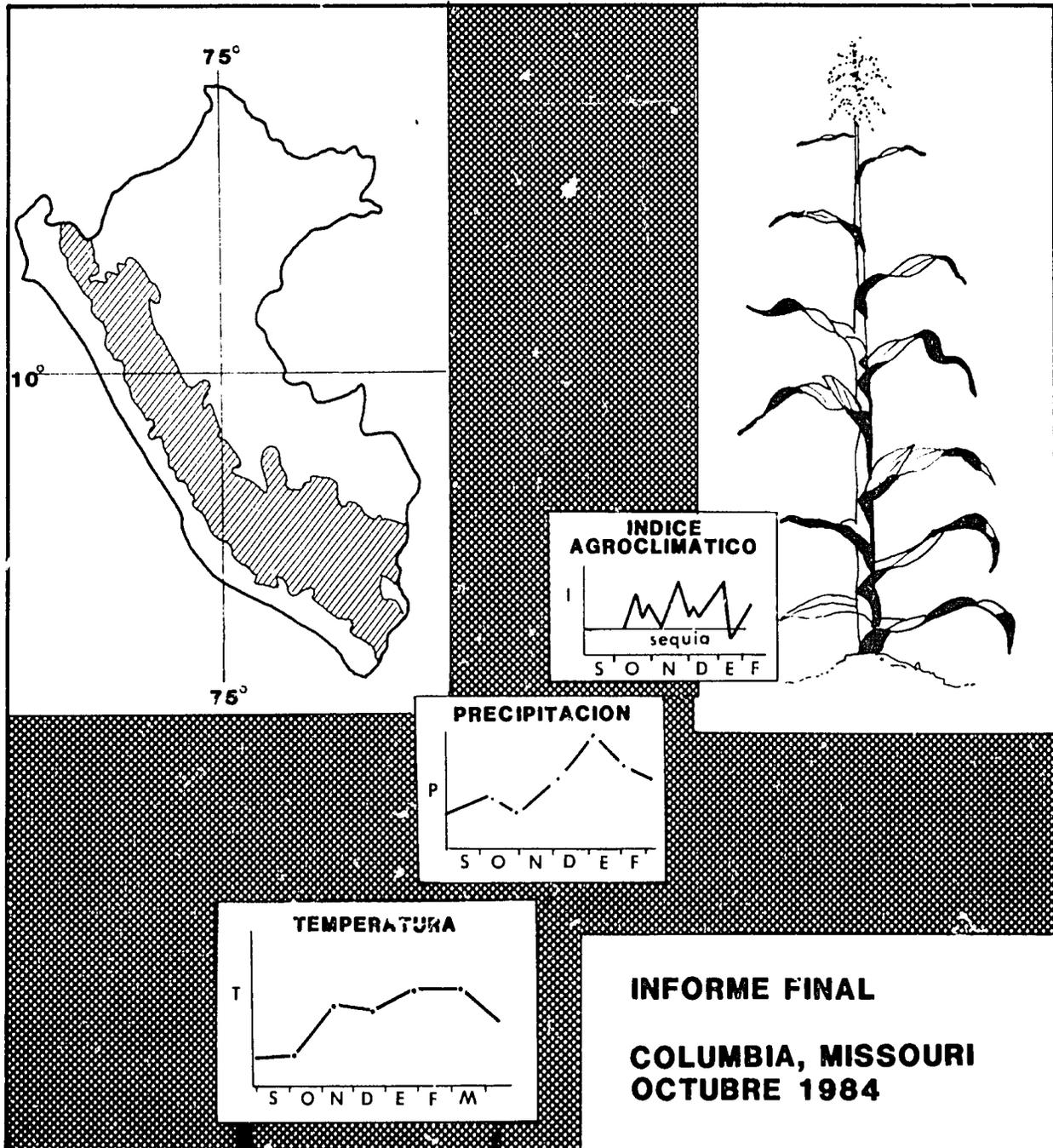


PAUL F. KRUMPE  
PN-ABG-482  
68953

# DESARROLLO Y APLICACION DE METODOS AGROMETEOROLOGICOS PARA EL PRONOSTICO DEL ESTADO DE LOS CULTIVOS EN EL PERU

(WITH EXTENDED ENGLISH ABSTRACT)



**SENAMHI**

RAUL CACERES M.  
ALEJANDRO HERRERA V.  
CARLOS RIVERA D.  
CESAR CAVERO R.

**OSE**

MANUEL DIAZ A.  
NORBERTO AGUILAR P.  
JUAN CHANG CH.

DESARROLLO Y EVALUACION DE MODELOS  
AGROMETEOROLOGICOS PARA EL PRONOSTICO  
DEL ESTADO DE LOS CULTIVOS EN EL PERU

Informe Final

Al

SERVICIO NACIONAL DE  
METEOROLOGIA E HIDROLOGIA  
(SENAMHI) - LIMA, PERU

OFICINA SECTORIAL DE ESTADISTICA  
-MINISTERIO DE AGRICULTURA- (OSE)  
LIMA, PERU

Por

Raúl Cáceres<sup>1</sup>

Manuel Díaz<sup>2</sup>

Alejandro Herrera  
Carlos Rivera  
Cesar Caveró

Norberto Aguilar  
Juan C. Chang

Para

Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), Lima, Perú  
Proyecto de Planificación Agrícola y Desarrollo Institucional (PADI)

y

Agencia para el Desarrollo Internacional  
Oficina de los Estados Unidos de Asistencia para  
los desastres en el exterior (AID/OFDA), Washington D.C.

Washington D.C.

Octubre, 1984

Este proyecto fue auspiciado por AID y conducido por la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA), Servicio Nacional de Satélites Ambientales, Datos e Información (NESDIS), Centro de Servicios de Evaluación e Información (Centro de servicios de Evaluación Ambiental), división de Modelos y Universidad de Missouri-Columbia, Departamento de Ciencias Atmosféricas en Columbia, Missouri bajo NOAA/AID PASA BOF 0000-P-CC-3062-02 y NOAA/UMC Cooperative Agreement NA-84AA-H-00074

---

<sup>1</sup>Raúl Cáceres, Director de la Dirección de Meteorología Agrícola, Alejandro Herrera y Carlos Rivera, Subdirector y Meteorólogo, respectivamente de la Oficina de Informática y Archivo. Cesar Caveró, Encargado del centro de cómputos, todos pertenecientes a SENAMHI.

<sup>2</sup>Manuel Díaz, Administrador de actividades y coordinador del equipo de trabajo para el proyecto PADI, Norberto Aguilar y Juan Chang Asesor técnico e Investigador Agrario del Proyecto PADI, todos pertenecientes a OSE.

## AGRADECIMIENTOS

Este informe es el resultado de un programa de capacitación en modelos de impacto agrometeorológico previsto dentro de la actividad: Evaluación del Impacto Agroclimático del proyecto Planificación Agrícola y Desarrollo Institucional (PADI) del Gobierno del Perú con el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) - Lima y se realizó en la rama de modelos del Centro para Servicios de Evaluación Ambiental, Servicio de Satélites Ambientales, Datos e Información Nacional, de la Administración Nacional de Océanos y Atmósfera de los Estados Unidos de Norteamérica (NOAA/AISC). Los autores agradecen al Dr. Guillermo Burga, Director de PADI, y al Sr. David Flood, AID-Lima, por el apoyo y financiamiento recibido. Asimismo se agradece al Jefe del SENAMHI, Coronel F.A.P. Hugo Gonzalez Pacheco y al Director General de OSE, Ing. Jorge Valencia Justo, por el apoyo administrativo.

Los Drs. Andrés Ravelo C. y Ana María Planchuelo de Ravelo, Investigador Asociado, e Investigadora Especialista respectivamente, del Departamento de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Missouri, en Columbia (UMC), fueron los responsables de la conducción de este programa de capacitación. El Dr. Clarence Sakamoto, jefe de la Rama de Modelos de NOAA/AISC, contribuyó con apoyo administrativo. El Dr. Thomas Phillips, supervisor del Centro de Computo del AISC y el Sr. Mike Benzinger, Analista de Sistemas del Centro de Computo del AISC, contribuyeron en el apoyo informático. La dedicación, apoyo y entusiasmo de todos los anteriormente mencionados, facilitaron que los autores cumplieren a satisfacción los objetivos y metas del programa de capacitación.

Asimismo, los autores agradecen al Sr. George Lozano, Asistente de Capacitación del AISC, por todas sus coordinaciones para asegurarnos una

estadia placentera en Columbia, Missouri. El Dr. Tom Hodges contribuyó con su experiencia en el área de modelos de rendimientos. También queremos presentar nuestro agradecimiento a las siguientes personas por su valiosa ayuda en la elaboración de este informe: Kathryn Hodges, por el mecanografiado del informe y a Jerry Wright, por la realización de las ilustraciones.

Además agradecemos al Jefe de NOAA/AISC, Sr. Malcom Reid y a los técnicos Douglas Lecompte y Cornelia Thorne por la colaboración en el aspecto logístico de la preparación de los informes de evaluación, como así también a la señora secretaria Sofia Proctor por la ayuda dispensada.

## RESUMEN

El presente informe, estructurado como documento de trabajo, es el resultado de un programa de cinco semanas de capacitación en "Métodos de Evaluación del Impacto Climático" realizado en Columbia-Missouri, en el que participó personal de dos entidades públicas del Perú: El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y la Oficina Sectorial de Estadística.

La agricultura del Perú es una de las actividades más sensibles a la variabilidad climática. Heladas, sequías e inundaciones ocasionan, de año en año, pérdidas cuya gravedad esta relacionada con la intensidad, duración y extensión del evento meteorológico.

La planificación agroeconómica, a corto y largo plazo, a escala local, regional o nacional, puede ser formulada más racionalmente si incluye entre sus variables, la información agroclimática. Por ejemplo, los datos climáticos en tiempo real son predictores confiables de la producción con una anticipación de 2 a 3 meses; este tiempo resulta ventajoso para la toma de decisiones de compra/venta, distribución y comercialización de productos. Los análisis agroclimáticos a largo plazo, posibilitan la zonificación de los cultivos e identifican los períodos más adecuados para su crecimiento. También pueden contribuir eficazmente en la planificación y administración del riego, mediante el balance entre los requerimientos y las posibilidades de suministro de agua en una región.

Este informe comprende cuatro capítulos: El primero es introductorio; el segundo reseña los antecedentes agroclimáticos más relevantes del Perú, características geográficas y climáticas, la importancia de la agricultura y el efecto del clima sobre esta; el tercero contiene una descripción detallada de los datos y métodos, y el cuarto esta destinado a la

aplicación de los modelos agroclimáticos.

En el capítulo tres se utilizó información termopluviométrica de 35 estaciones meteorológicas y pluviométrica, además de datos de descargas de dos ríos. En cuanto a datos agrícolas se utilizaron estadísticas mensuales de distritos agropecuarios y estadísticas anuales departamentales. La parte relativa a los métodos trata de la prueba de homogeneidad de las series climatológicas, estimación de la evapotranspiración potencial, coeficientes de consumo de los cultivos y el balance hídrico de Palmer. Trata también de diversos índices agroclimáticos y de modelos agroclimáticos de rendimiento.

En el capítulo cuarto se analiza la campaña agrícola 1983/84 y se aplica el Índice de Palmer a las campañas 1982/83 y 1983/84. También se formulan dos modelos matemáticos: uno para el pronóstico de rendimiento en papa y el otro para las descargas de dos ríos de la costa peruana.

## EXTENDED ABSTRACT

### AGROMETEOROLOGICAL METHODS FOR CROP CONDITION ASSESSMENT IN PERU<sup>1</sup>

By <sup>2</sup>Raúl Cáceres M.                      Manuel Díaz A.  
Alejandro Herrera V.                    Norberto Aguilar P.  
Carlos Rivera D.                        Juan Chang C.H.  
Cesar Caveró R.

#### I. INTRODUCTION

In Peru, food production is not sufficient to satisfy domestic demand. This is due to population growth, scarcity of soils with good agricultural characteristics, absence of appropriate technology, and meteorological restrictions which limit crop expansion or reduce expected yields. All these factors considerably aggravate the food dependency situation. For example in 1970, to satisfy domestic demand, it was necessary to import the following percentages of the total consumption for each product: 76% wheat, 1% corn, and 35% dairy products. During 1980 the figures were 91%, 63%, and 40%, respectively, with an additional 21% rice and 26% sugar (Lajo, Manuel, 1982).

Agriculture is extremely sensitive to the climatological variability of Peru. Frosts, droughts and floods cause yearly losses; the seriousness of the loss is related to the intensity, duration and scope of the meteorological event.

---

<sup>1</sup> This project was sponsored by AID/OFDA, and the National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS), Assessment and Information Services Division, in Columbia, Missouri, under NOAA/AID PASA 0000-P-CC-3062-02 and NOAA/UMC Cooperative Agreement NA-84AA-H-00074.

<sup>2</sup> Raúl Cáceres, Director of the Agrometeorological Division; Alejandro Herrera and Carlos Rivera, Subdirector and Meteorologist, respectively of the Office of Information and Archives; Cesar Caveró, Chief of the Computation Center, all of SENAMHI. Manuel Díaz, Activities Administrator/Coordinator for the PADI project; Norberto Aguilar and Juan Chang, Technical Advisor and Agrarian Researcher for the PADI project of OSE.

Agroeconomic planning, whether short or long term, and at the local, regional or national level, can be formulated more rationally if agroclimatic information is included among its variables. For instance, real-time climatic data are reliable predictors of production up to 2 or 3 months in advance. This period of anticipation is advantageous for making decisions concerning purchasing, sales, distribution, and marketing of products. A long-range agroclimatic analysis makes possible the zonification of crops along with the identification of the most adequate planting periods. It also can contribute to the efficient planning and administration of irrigation by maintaining a balance between water supplies and crop water requirements for a region.

The "Climatic Impact Assessment" is an undertaking of the project "Agricultural Planning and Institutional Development" which is being implemented by the Peruvian government with the support of the Agency for International Development (AID). The project was developed jointly by the National Service of Meteorology and Hydrology (SENAMHI) of the Aeronautics Sector and by the Sectorial Office of Statistics (OSE) of the Ministry of Agriculture.

The objectives of the training program were:

1. Improvement of the Agroclimatic Impact Assessment program using precipitation, temperature, and agroclimatic indices for corn, beans, rice, wheat and potatoes.
2. Improvement of the "Monthly Agroclimatic Bulletin of Peru", which has been published since the beginning of 1984.
3. Knowledge of crop condition assessment methods.
4. Utilization of additional tools: microcomputers and satellite information.
5. Expression of assessed crop conditions in economic terms.

- VII -

The present report, structured as a working paper, is the result of five weeks of training in "Climatological Impact Assessment Methods" which took place in Columbia, Missouri. Personnel from two public organizations from Peru participated: the National Meteorological and Hydrological Service and the Sectorial Statistics Office.

This report is divided into four chapters: the first chapter is an introduction; the second chapter summarizes the most relevant agroclimatic antecedents of Peru, the geographic and climatic characteristics, the importance of agriculture and the effect of climate on it; the third chapter includes rainfall and temperature information from thirty-five meteorological stations, as well as data from the discharge of two rivers; the fourth chapter analyzes the 1983/84 growing seasons, and the Palmer Index is applied to the 1982/83 and the 1983/84 growing seasons. Monthly statistics of agricultural districts and departmental annual statistics are included in chapter three. The section relating to methods deals with homogeneity of climatological sets, estimation of potential evapotranspiration, crop coefficients, and the Palmer soil moisture balance. It also treats diverse agroclimatic indices and agroclimatic yield models. In addition, two regression models are formulated: one for potato yield forecast and the other for water flow forecast for two rivers on the Peruvian coast.

## II. BACKGROUND

Agricultural production depends, among other factors, on climatic conditions. As a result, Peru is divided into three agricultural regions:

1. COASTAL, an extremely arid zone. Agriculture depends on irrigation water provided by rivers in the sierra region.
2. LA SIERRA has a very rugged topography, with heavy precipitation in spring and summer, dry periods of varying length and intensity, and

relatively short frost-free periods.

3. LA SELVA apparently does not have climatic restrictions for tropical crops, however soils in this area are easily eroded.

The coastal and sierra regions are the areas of greatest economic importance for agriculture. However, the occurrence of extreme meteorological events reduces agricultural production and necessitates emergency imports.

The following are recent examples of the impact of climate on agriculture in Peru:

- The drought of three years duration, 1977-1980, caused a reduction of 11% in the yield of most crops and of 4% in total agricultural production.
- The floods in the north and simultaneous drought in the south in 1983 destroyed 111,000 ha of crops and damaged an additional 226,000 ha, reducing food production by 680,000 tons.

A reliable forecast of crop growth and production would allow timely modification of import, export, distribution and storage policies, and thus ensure ample food supplies during periods of climatic adversity. Such forecasts are also useful for long-term agricultural planning.

### III. DATA

#### A. Meteorological Data

The following types of meteorological data were used:

1. Monthly mean temperature and total monthly precipitation at 35 meteorological stations, located as shown in Figure 1. These 35 meteorological stations distributed throughout the 30 agricultural districts were selected for their location in various agricultural zones, length of record, and homogeneity of data. All of these stations have implemented

# PERU

## METEOROLOGICAL STATIONS

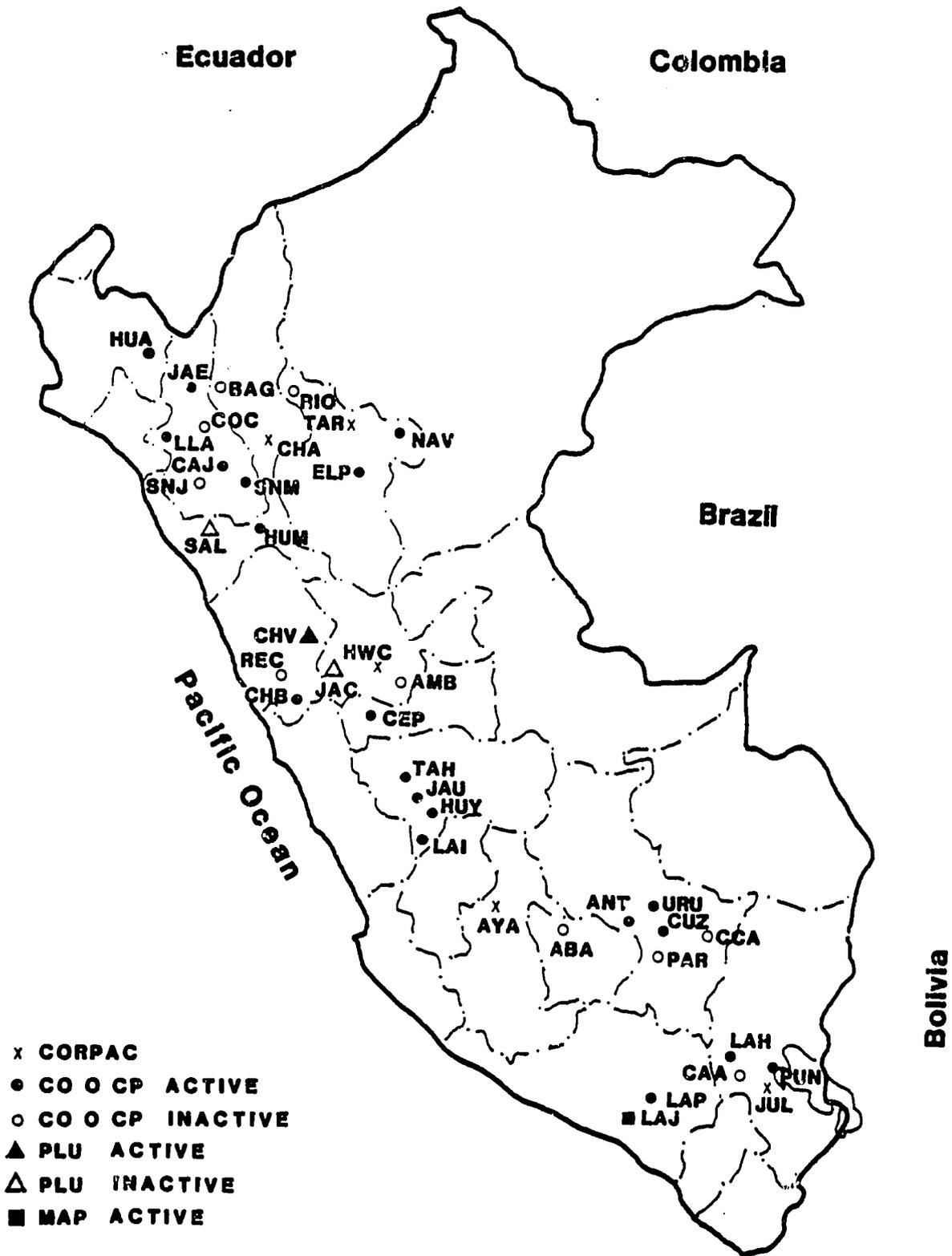


Figure 1. Location of the Meteorological Stations.

the first stage of the program "Agroclimatic Impact Assessment" of the PADI project. Additional stations will be added periodically to permit a better and more complete analysis of agrometeorological conditions in agricultural districts important for their actual or potential production.

2. Monthly discharges of the Quiroz and Huaura rivers, the former from the hydrologic stations Los Encuentros and Paraje Grande (in the province of Ayabaca, department of Piura), and the latter from the hydrologic stations Casablanca, Sayan and Alco (in the province of Chancay, department of Lima).

3. Monthly total precipitation data for the following meteorological stations: La Tina (79°57'W, 4°24'S), Sausal de Culucán (79°46'W, 4°24'S), and Ayabaca (79°43'W, 4°38'S) at the headwaters of the Quiroz river; Oyon (76°46'W, 10°40'S), Cochaquillo (76°40'W, 10°48'S), and Andahuasi (77°14'W, 11°08'S) at the headwaters of the Huaura river.

#### B. Crop Data

The agricultural data were as follows:

1. Monthly statistical information from agricultural districts at a national level: area planted (1979-1984), area harvested and production (1980-1984) for potatoes, rice, wheat, sweet corn, grain corn, beans, sorghum and soybeans.

2. Annual statistical information of the area harvested, production and yield (1970-1982 or 1972-1982) for potatoes, sweet corn, wheat, barley and beans.

Precipitation is not a fundamental factor in the assessment of crop status in the coastal region, so priority was given to rainfed crops in the sierra and high selva. Twenty-six agricultural districts were selected from the sierra and four from the selva. These districts provided the largest amount of data during the years 80-82 relative to the gross value

- a'

of production (VPB) of the crops under consideration (see Figure 2). For example, during 1982 the 30 agricultural districts provided 53% of the national production of potatoes, 21.7% of rice, 56.7% of sweet corn, 51.3% of wheat, 16.5% of grain corn, 47.8% of soybeans, and 25.9% of beans.

The crop calendar is shown in Table 1. This information along with historical precipitation served as the basis for calculating the agroclimatic indices.

#### C. Soil Data

Soil water capacity is a physical characteristic which depends mainly on the soil particle size, porosity, amount of organic substance contained in the soil, and topography. The available data do not exactly correspond to the location of the meteorological stations used in the project. For this reason, the soil water capacity was estimated using other soil characteristics that appear in the "World Soils Map" published by the FAO (1970) and the values scale proposed by Israelsen-Hansen (1962).

### IV. METHODS

#### A. Agroclimatic Indices

An agroclimatic index interrelates weather and crop variables and permits the evaluation of climate impact on crops.

The problem of agricultural drought can be analyzed through the use of adequate indices. In this study five indices were used: 1. The Yield Moisture Index, 2. The Crop Condition Index, 3. The Soil Moisture Index, 4. The Palmer Index, and 5. The FAO Index.

#### B. Agroclimatic Yield Models

The quantification of the effects of climate on crop development, growth and yield is the principal purpose of numeric and agroclimatic models.

# PERU

## AGRICULTURAL DISTRICTS



Figure 2. Agricultural Districts.

TABLE 1

CROP CALENDAR FOR SELECTED  
AGRICULTURAL DISTRICTS

AGRICULTURE DISTRICT	CROP ID	CROP NAME	G R O W I N G   S E A S O N   ( M O N T H S )				
			1	2	3	4	5
HUANCABAMBA	4609	POTATOES	AUG-FEB	SEP-MAR	OCT-APR	-	-
	4108	SWEET CORN	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-	-
	4111	WHEAT	JAN-JUN	FEB-JUL	MAR-AUG	-	-
	4504	BEANS	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	FEB-AUG	-
JAEN	4609	POTATOES	JUL-NOV	AUG-DEC	-	-	-
	4108	SWEET CORN	AUG-MAR	SEP-APR	OCT-MAY	-	-
	4107	GRAIN CORN	JAN-MAY	FEB-JUN	MAR-JUL	APR-AUG	-
BAGUA	4107	GRAIN CORN	JAN-JUN	FEB-AUG	-	-	-
CHOTA	4609	POTATOES	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAY	-	-
	4108	SWEET CORN	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-	-
	4111	WHEAT	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-	-
	4504	BEANS	OCT-MAY	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-
HUAMACHUCO	4609	POTATOES	SEP-FEB	OCT-MAR	NOV-APR	-	-
	4108	SWEET CORN	NOV-JUN	DEC-JUL	JAN-AUG	-	-
	4111	WHEAT	DEC-JUN	JAN-JUL	FEB-AUG	MAR-SEP	-
ALTO MAYO	4504	BEANS	JUL-DEC	AUG-JAN	SEP-FEB	OCT-MAR	-
HUARAZ	4609	POTATOES	SEP-APR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4108	SWEET CORN	SEP-APR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4107	GRAIN CORN	NOV-MAY	-	-	-	-
	4111	WHEAT	FEB-JUN	MAR-JUL	-	-	-
	4504	BEANS	SEP-JAN	OCT-FEB	NOV-MAR	DEC-APR	-
JAUJA	4609	POTATOES	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-
	4108	SWEET CORN	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
	4111	WHEAT	NOV-JUN	DEC-JUL	JAN-AUG	-	-
	4504	BEANS	NOV-APR	DEC-MAY	-	-	-
HUARAZ	4609	POTATOES	SEP-APR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4108	SWEET CORN	SEP-APR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4111	WHEAT	FEB-JUN	MAR-JUL	-	-	-
	4504	BEANS	SEP-JAN	OCT-FEB	NOV-MAR	DEC-APR	-
HUANUCO	4609	POTATOES	OCT-FEB	NOV-MAR	-	-	-
	4108	SWEET CORN	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	OCT-MAY	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-
	4111	WHEAT	JAN-JUN	FEB-JUL	-	-	-
	4504	BEANS	NOV-JUN	DEC-JUL	-AUG	-	-

d'

TABLE 1 (CONT.)

AGRICULTURE DISTRICT	CROP ID	CROP NAME	G R O W I N G   S E A S O N   ( M O N T H S )				
			1	2	3	4	5
TARMA	4609	POTATOES	SEP-MAR	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	-
	4504	BEANS	NOV-APR	DEC-MAY	JAN-JUN	-	-
PASCO	4609	POTATOES	AUG-FEB	SEP-MAR	OCT-APR	NOV-MAY	-
	4108	SWEET CORN	JAN-JUN	FEB-JUL	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
	4111	WHEAT	DEC-JUN	JAN-JUL	FEB-AUG	-	-
HUANCAYO	4609	POTATOES	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-
	4108	SWEET CORN	OCT-MAY	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-
	4111	WHEAT	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-	-
	4504	BEANS	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	-
ANTA	4609	POTATOES	OCT-APR	NOV-MAY	NOV-JUN	-	-
	4108	SWEET CORN	SEP-APR	OCT-MAY	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	OCT-MAY	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-
	4111	WHEAT	NOV-JUN	DEC-JUL	JAN-AUG	-	-
	4504	BEANS	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-
CUSCO	4609	POTATOES	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
	4108	SWEET CORN	SEP-APR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4107	GRAIN CORN	JAN-MAY	-	-	-	-
	4111	WHEAT	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-
JULIACA	4609	POTATOES	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-
	4111	WHEAT	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
TARAPOTO	4107	GRAIN CORN	FEB-AUG	MAR-SEP	-	-	-
	4504	BEANS	JAN-MAY	FEB-JUN	-	-	-
ABANCAY	4609	POTATOES	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-	-
	4108	SWEET CORN	NOV-JUN	DEC-JUL	-	-	-
	4111	WHEAT	DEC-JUN	JAN-JUL	FEB-AUG	-	-
	4504	BEANS	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAY	JAN-JUN	-
CAJAMARCA	4609	POTATOES	AUG-JAN	SEP-FEB	OCT-MAR	NOV-APR	-
	4108	SWEET CORN	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	OCT-MAR	-	-	-	-
	4111	WHEAT	DEC-JUN	JAN-JUL	FEB-AUG	-	-
CHACHAPOYAS	4609	POTATOES	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAY	-	-
	4108	SWEET CORN	DEC-JUL	JAN-AUG	FEB-SEP	-	-
	4111	WHEAT	DEC-MAY	JAN-JUN	FEB-JUL	MAR-AUG	APR-SEP
	4107	GRAIN CORN	FEB-JUL	JUL-DEC	-	-	-
TARAPOTO	4107	GRAIN CORN	FEB-AUG	MAR-SEP	-	-	-
	4504	BEANS	JAN-MAY	FEB-JUN	-	-	-

TABLE 1 (CONT.)

AGRICULTURE DISTRICT	CROP ID	CROP NAME	G R O W I N G   S E A S O N   ( M O N T H S )				
			1	2	3	4	5
AYACUCHO	4609	POTATOES	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-	-
	4108	SWEET CORN	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-	-
	4111	WHEAT	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-
	4504	BEANS	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAY	JAN-JUN	-
JULIACA	4609	POTATOES	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	-	-
	4111	WHEAT	JAN-JUN	FEB-JUL	-	-	-
OTUZCO	4609	POTATOES	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-
	4108	SWEET CORN	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-	-
	4107	GRAIN CORN	MAY-SEP	-	-	-	-
	4111	WHEAT	JAN-JUN	FEB-JUL	-AUG	-	-
HUARI	4609	POTATOES	SEP-MAR	OCT-APR	NOV-MAY	DEC-JUN	-
	4108	SWEET CORN	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-JUL	-	-
	4111	WHEAT	DEC-JUN	JAN-JUL	FEB-AUG	-	-
	4504	BEANS	NOV-MAY	DEC-JUN	JAN-	-	-

X'

There are basically three types of models, each incorporating the specific climatic factors sensitive to the problem it is designed to solve. This report will consider statistical-empirical models, expressed as follows:

$$y = a + \sum_{i=1}^n B_i * X_i$$

where y is the estimated yield, a is a constant, B<sub>i</sub> (i=1 to n) are coefficients, and X<sub>i</sub> are the factors that influence yield.

## V. DISCUSSION AND RESULTS

The use of indices and agroclimatic models for the assessment of climatic impact on crops is supplemented in part by the availability of updated meteorological and agricultural information. Evaluation of crop status is performed principally by use of the yield moisture index. The occurrence and extent of droughts or excesses of humidity can be identified rapidly through use of the Palmer index.

The indices and agroclimatic models have been programmed for computer execution to obtain faster and more reliable results. Table 2 presents the crop coefficients used in this study.

### A. Evaluation of the 1983-1984 Growing Season

#### 1. Synthesis

In contrast to the previous growing season, which was characterized by extremely abnormal atmospheric conditions, the 1983-1984 season proceeded normally in almost the entire country. In a few mountain areas, the over-abundant rainfall caused damage to crops.

#### 2. Analysis

In the northern zone, in the agricultural district of Cajamarca, the intense rainfall during December, February and March (173%, 237%, and 112% of normal, respectively) created high agroclimatic index values, denoting

TABLE 2 - ESTIMATED MONTHLY CROP  
COEFFICIENTS (KC)

CROPS	M	MONTHLY CROP COEFFICIENTS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
POTATOES	4	0.45	0.9	1.1	0.85				
	5	0.45	0.7	1.1	1.1	0.9			
	6	0.45	0.6	0.95	1.15	1.05	0.8		
	7	0.40	0.55	0.85	1.10	1.15	1.0	0.8	
SWEET CORN	4	0.45	0.9	1.15	0.9				
	5	0.4	0.7	0.9	1.15	0.9			
	6	0.4	0.65	0.9	1.15	1.05	0.8		
	7	0.4	0.6	0.9	1.15	1.15	0.95	0.75	
	8	0.4	0.5	0.8	1.0	1.15	1.15	0.9	0.65
GRAIN CORN	4	0.35	0.85	1.1	0.75				
	5	0.35	0.55	1.0	1.1	0.85			
	6	0.3	0.55	0.95	1.1	1.05	0.85		
	7	0.3	0.45	0.8	1.05	1.1	0.9	0.6	
	8	0.3	0.4	0.7	0.9	1.1	1.1	0.9	0.6
BEANS	4	0.45	0.85	1.15	0.45				
	5	0.4	0.75	1.15	1.1	0.4			
	6	0.35	0.7	1.0	1.15	0.9	0.3		
	7	0.35	0.65	1.0	1.15	1.15	0.85	0.3	
WHEAT	5	0.45	0.85	1.15	1.1	0.4			
	6	0.4	0.80	1.10	1.15	0.95	0.3		
	7	0.35	0.6	0.9	1.15	1.15	0.85	0.3	
SOYBEANS	4	0.35	0.75	1.0	0.7				

- 14

a problem of excessive moisture for the wheat crop (see Tables 3 and 4). The yield for this crop was below that for years with normal atmospheric conditions.

In the agricultural districts of Huaraz and Huari, the scarcity of rainfall during September and October affected the first growth stages of corn and potato crops planted during these months (see Table 3) and determined low values for the agroclimatic index (see Table 4). In the district of Otuzco the lack of rain caused a delay in planting potatoes and corn. Subsequently, high rainfall during the first months of 1984 caused problems of excess moisture for wheat, beans, corn, and potatoes, reflected in exceptionally high index values (see Table 4).

In the central sierra agricultural district of Huancayo, low precipitation values were recorded for November and December (75% and 35% of normal, respectively). The agroclimatic index values denoted drought conditions during the first crop stage (see Table 4). Following this, in the first trimester of 1984, high rainfall (140%, 208%, and 120% of normal for January, February, and March, respectively) produced conditions of excess moisture, causing problems for the wheat crop, although yield was not significantly reduced. During these months the soil reservoirs were completely filled (see Table 5a and b), and there was considerable runoff which must have affected inadequately drained areas.

In the agricultural district of Ayacucho, the potato crop was affected by the scarcity of precipitation in November and December (19% and 0% of normal). The average yields were significantly lower than the corresponding yields of the first three years of this decade (one ton/ha less than in 1980 and almost five tons/ha less than in 1981 and 1982). The index values during the first months of the growing season were low (see Table 4).

i

TABLE 3

## RAINFALL ANALYSIS FOR SELECTED

## CROP DISTRICTS

1983 - 1984

CROP DISTRICT	WEATHER STATION	SEP		OCT		NOV		DEC		JAN		FEB		MAR		APR		MAY	
		P	%PN																
CAJAMARCA	WEBERBAUER	19	63	87	115	28	48	118	173	25	33	234	237	124	112	80	134	70	239
OTUZCO	SALPO	15	58	42	74	22	67	176	357	56	66	278	293	25	21	43	58	-	-
HUARAZ	CHIQUIAN	0	0	0	0	30	44	59	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HUARI	CHAVIN	8	27	0	0	0	0	208	215	279	253	328	223	280	175	194	205	35	140
HUANCAYO	HUAYAO	40	87	60	90	53	76	35	39	171	140	242	208	132	119	36	66	21	85
AYACUCHO	AYACUCHO	41	163	44	136	9	20	0	0	83	78	191	182	87	108	32	100	3	33
CUSCO	GJA. KAYRA	6	23	26	54	44	70	100	101	199	143	142	126	71	75	83	217	-	-
PUNO	PUNO	46	155	27	73	30	63	104	109	319	214	330	241	223	163	40	109	18	184
JULIACA	JULIACA	21	86	23	62	26	55	128	145	270	218	166	162	106	115	77	203	20	202
	LAMPA	33	104	44	100	27	44	44	41	392	245	306	227	164	145	83	201	17	196

P: RAINFALL IN MM.

%PN: PERCENT OF NORMAL RAINFALL.

TABLE 4

AGROCLIMATIC INDICES FOR  
SELECTED WEATHER STATIONS  
1983 - 1984

AGRICULTURE DISTRICT	WEATHER STATION	CROP	PLANTING MONTH	MONTHLY AGROCLIMATIC INDICES						
				1	2	3	4	5	6	7
CAJAMARCA	WEBERBAUER	WHEAT	JANUARY	10	95	80	85	90	n/d	n/d
OTUZCO	SALPO	POTATOES	DECEMBER	95	72	95	68	59	n/d	n/d
HUARAZ	CHIQUIAN	POTATOES	SEPTEMBER	15	5	10	21	n/d	n/d	n/d
		CORN	OCTOBER	5	15	21	n/d	n/d	n/d	
HUARI	CHAVIN	POTATOES	OCTOBER	4	4	61	90	90	95	95
		CORN	NOVEMBER	4	71	90	95	95	95	95
		WHEAT	JANUARY	95	95	95	95	95	95	
		BEANS	JANUARY	95	95	95	95	95	n/d	
HUANCAYO	HUAYAO	POTATOES	NOVEMBER	28	1	60	98	96	94	98
		WHEAT	DECEMBER	3	63	98	96	89	89	
		BEANS	NOVEMBER	28	1	60	98	96	96	
AYACUCHO	AYACUCHO	POTATOES	NOVEMBER	5	5	5	61	50	50	44
CUSCO	GJA. KAYRA	POTATOES	NOVEMBER	28	1	60	98	90	94	98
		CORN	SEPTEMBER	16	13	13	27	67	83	72
PUNO	PUNO	POTATOES	OCTOBER	50	17	56	95	95	95	95
		WHEAT	OCTOBER	52	28	57	95	95	96	95
JULIACA	JULIACA	POTATOES	OCTOBER	30	17	56	95	95	95	95
		WHEAT	OCTOBER	30	21	32	95	95	95	
	LAMPA	POTATOES	OCTOBER	57	23	4	90	90	90	
		WHEAT	OCTOBER							

In the southern zone of the sierra agricultural district of Cusco, potatoes and corn planted during the first months of the growing season were affected by the scarce precipitation (23%, 54%, and 70% of normal for September, October, and November). The low agroclimatic index values indicated a situation of water stress (see Table 4). The high rainfall in January, February and April (143%, 126% and 216% of normal, see Table 4) established conditions of excessive moisture which caused damage to the potato and corn crops. Field reports indicate some damage from floods, but without confirmation. The soil became completely saturated; however, levels of runoff were not high (see Tables 5a and b).

In the high plateau (altiplano), the growing season in the districts of Puno and Juliaca was affected by the heavy precipitation at the beginning of 1984. The agroclimatic index reached very high values (see Table 4), showing excessive moisture for potatoes and wheat. The precipitation levels greatly surpassed the soil reserve capacity, and the high runoff certainly caused accentuated soil erosion in the zones with notable slope (see Tables 5a and b). Figures 3 and 4 show the crop moisture index variation for different locations and crops.

## B. Application of the Palmer Index

The Palmer index, an important indicator of drought occurrence, depends on the relationship between rainfall distribution and the quantity of rainfall normally expected. Figures 5 through 9 illustrate the Palmer index for the years 1977 through 1984. An analysis of the growing seasons of 1982-83 and 1983-84 will follow.

### 1. Evaluation of the 1982-83 growing season

At the beginning of the growing season there were conditions of severe drought in the Huancabamba agricultural district (Figure 5). This

✓

TABLE 5.a SOIL MOISTURE BALANCE FOR SELECTED STATIONS  
DURING THE 1983-1984 CROP GROWING SEASON

DISTRICT: CAJAMARCA

STATION: CAJAMARCA

	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	2.7	19.2	46.9	28.1	118.4	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5
PET	42.2	29.7	102.9	105.6	105.2	97.7	85.0	91.9	84.8	86.6
AET	8.4	20.6	47.0	28.7	105.2	38.1	85.0	25.0	20.2	7.1
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	25.0	25.0	20.2	7.1
SU	2.5	1.1	0.9	0.4	0.4	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0
STOR	2.5	1.1	0.9	0.4	13.6	0.0	127.0	127.0	127.0	127.0
SMI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.0	1.0	1.0	0.8
RI	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	-13.2	25.0	0.0	-4.8	-17.1
DELU	-6.2	-1.4	-0.1	-0.6	0.0	-0.2	94.8	0.0	0.0	0.0
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	31.4	0.0	0.0
DFCT	-63.3	-69.1	-15.4	-76.9	0.0	-59.6	0.0	0.0	0.0	0.0

DISTRICT: HUARAZ

STATION: CHIQUIAN

	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	0.0	0.0	0.0	30.4	58.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PET	49.4	103.0	102.8	101.7	99.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AET	0.0	0.0	0.0	30.4	58.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
STOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SMI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RI	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DELU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DFCT	-49.4	-103.0	-102.8	-71.3	-40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

@ = No meteorological information

DISTRICT: HUANCAYO

STATION: HUAYAO

	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	11.0	40.1	60.0	52.7	35.1	170.4	242.2	137.1	36.3	21.1
PET	89.2	93.0	108.2	107.9	106.4	99.7	86.4	90.7	86.7	86.3
AET	11.6	40.3	60.1	52.8	35.2	99.7	86.4	90.7	82.5	46.2
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0
SU	0.0	0.4	0.3	0.2	0.1	46.3	125.0	125.0	103.8	58.7
STOR	0.0	0.4	0.3	0.2	0.1	71.3	150.0	150.0	103.8	58.7
SMI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	1.0	0.7	0.4
RI	0.1	0.4	0.6	0.5	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	-25.0	0.0
DELU	-0.6	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	46.2	78.7	0.0	-21.2	-45.1
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.1	46.4	0.0	0.0
DFCT	-77.6	-52.7	-48.1	-55.1	-71.6	0.0	0.0	0.0	-4.2	-20.1

KEY

PREC = precipitation

STOR = total soil water reserves

PET = potential evapotranspiration

SMI = soil moisture index

AET = actual evapotranspiration

RI = R-index

SS = water reserves in upper layer

RUNF = runoff

SU = water reserves in lower layer

DFCT = deficit

M

TABLE 5.b SOIL MOISTURE BALANCE FOR SELECTED STATIONS  
DURING THE 1983-1984 CROP GROWING SEASON

DISTRICT: CUSCO

STATION: GJA. KCAYRA

	AGU	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PHEC	0.4	5.5	26.0	24.3	107.2	148.0	142.4	71.0	82.8	U.0
PET	07.5	41.1	108.7	106.1	100.4	94.3	83.9	89.8	86.0	0.0
ACT	2.0	6.3	28.2	24.4	100.2	94.3	83.9	84.8	86.0	0.0
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	6.2	2.0	0.0
SU	0.0	0.3	0.2	0.1	0.1	79.4	125.0	125.0	125.0	U.0
STOM	U.0	0.3	0.2	U.1	0.1	104.4	150.0	131.2	127.4	0.0
SMI	U.0	0.0	U.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.0	0.8	0.0
RI	U.0	0.1	U.2	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
DELS	U.0	0.0	U.0	U.0	0.0	25.0	0.0	-18.8	-3.8	U.0
DELU	-1.1	-0.5	-0.7	-U.1	-0.0	79.3	45.0	0.0	U.0	U.0
RUMF	U.0	U.0	U.0	U.0	0.0	0.0	12.4	0.0	U.0	U.0
DFCT	-85.5	-47.1	-82.5	-81.7	-0.2	0.0	U.0	0.0	0.0	0.0

DISTRICT: JULIACA

STATION: LAMPA

	AGU	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PHEC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	392.2	306.1	164.1	83.0	16.5
PET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.1	100.5	99.7	46.3	80.8
ACT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.1	100.5	99.7	46.3	80.8
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	11.7	0.0
SU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	75.0	75.0	75.0	22.4
STOM	U.0	0.0	0.0	U.0	0.0	100.0	100.0	100.0	86.7	22.4
SMI	U.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.2
RI	U.0	U.0	U.0	U.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DELS	U.0	0.0	0.0	U.0	0.0	0.0	U.0	0.0	-13.3	-11.7
DELU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	U.0	0.0	U.0	-52.6
RUMF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	291.1	205.6	64.4	0.0	U.0
DFCT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

@ = No meteorological information

DISTRICT: PUNO

STATION: PUNO

	AGU	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PHEC	4.8	46.4	26.7	24.8	104.2	314.4	330.1	223.0	44.4	18.3
PET	82.5	94.0	113.0	115.9	105.2	96.1	86.0	90.3	87.4	78.0
ACT	4.4	46.4	26.7	29.8	104.2	96.1	86.0	90.3	84.4	62.1
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0
SU	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	125.0	125.0	125.0	110.0	66.2
STOM	0.1	0.0	0.0	U.0	0.0	150.0	150.0	150.0	110.0	66.2
SMI	0.0	0.0	0.0	U.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.7	U.4
RI	0.1	0.5	0.2	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
DELS	0.0	0.0	0.0	U.0	0.0	25.0	0.0	0.0	-25.0	0.0
DELU	-0.1	-0.0	-U.0	-U.0	-0.0	125.0	0.0	0.0	-15.0	-43.8
RUMF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.8	244.1	132.7	0.0	U.0
DFCT	-77.6	-47.6	-86.3	-86.1	-1.0	0.0	0.0	U.0	-3.0	-15.9

KEY: See Table 5.a

N

# YIELD MOISTURE INDEX

AGRICULTURE DISTRICT: CAJAMARCA  
STATION: WEBERBAUER  
CROP: WHEAT

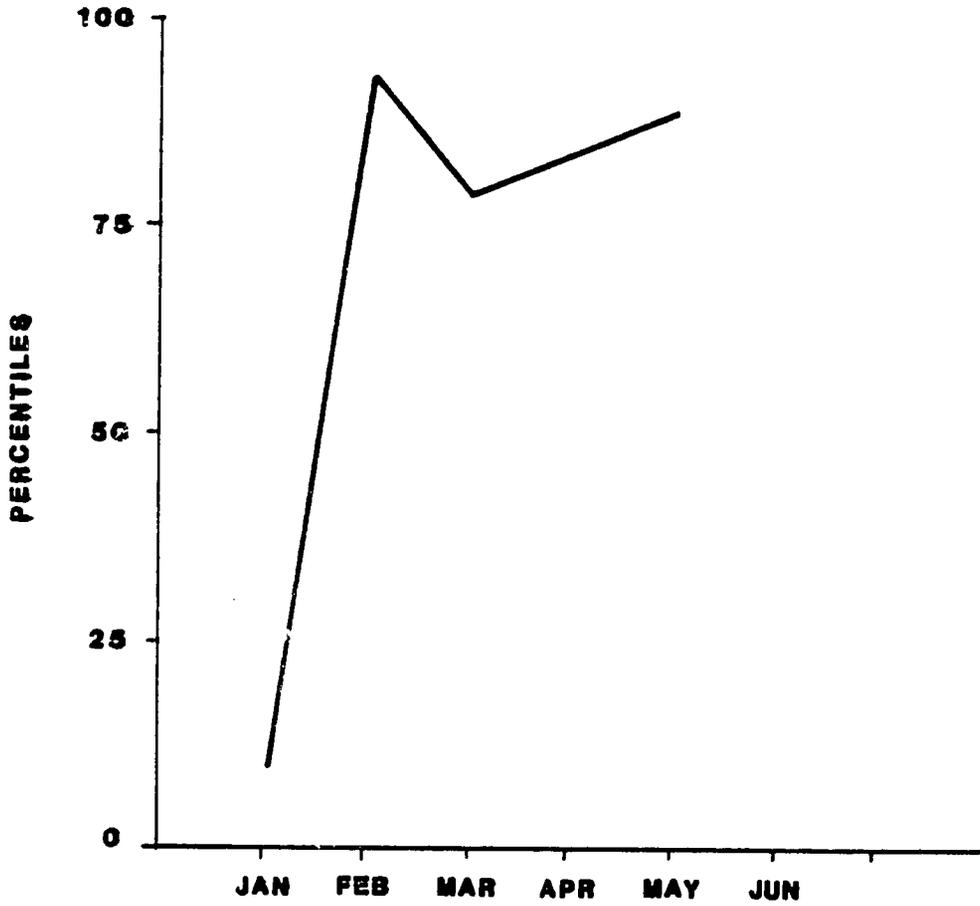


Figure 3. Yield Moisture Index for Wheat for Cajamarca.

0

# YIELD MOISTURE INDEX

AGRICULTURE DISTRICT: CUSCO

STATION: KAYRA

CROP: POTATOES

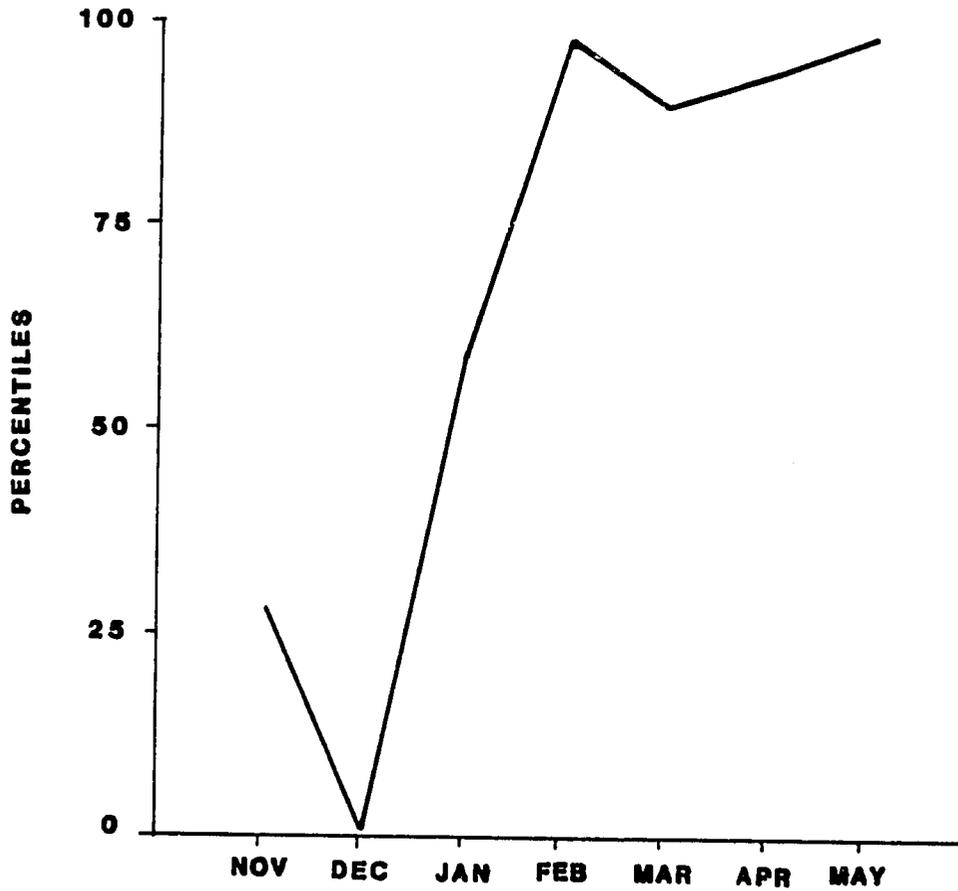


Figure 4. Yield Moisture Index for Potatoes for Cusco.

8

# PALMER DROUGHT INDEX

## HUARMACA

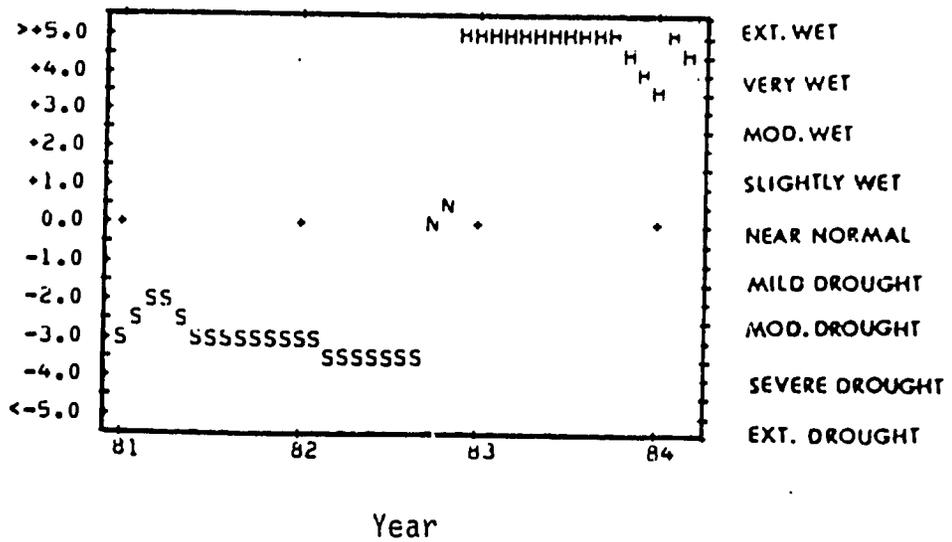
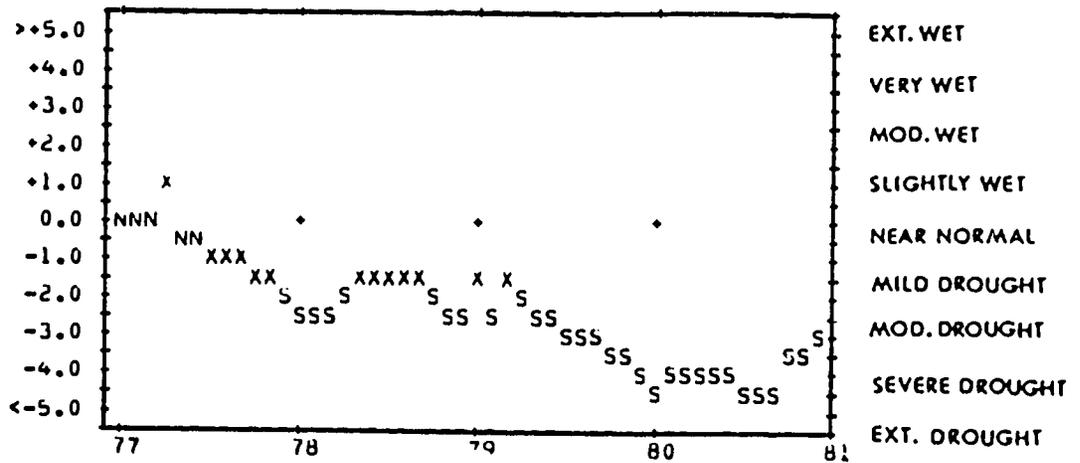


Figure 5. Palmer Drought Index for Huarmaca, Huancabamba.



# PALMER DROUGHT INDEX

## HUANCAYO

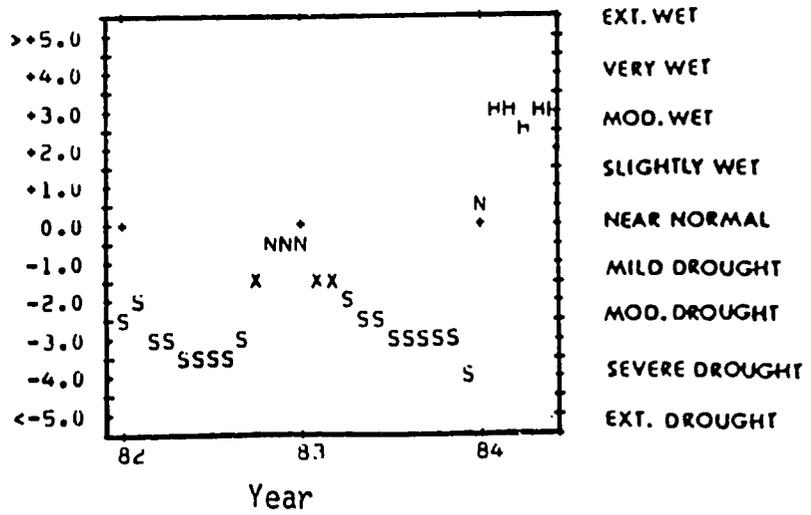
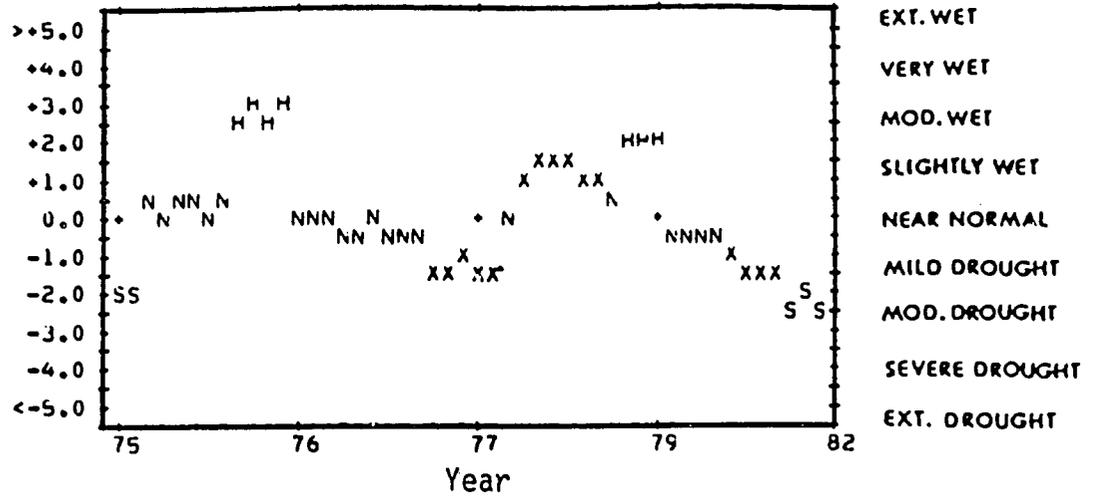


Figure 7. Palmer Drought Index for Huancayo, Huancayo.

PALMER DROUGHT INDEX

GRANJA KCAYRA

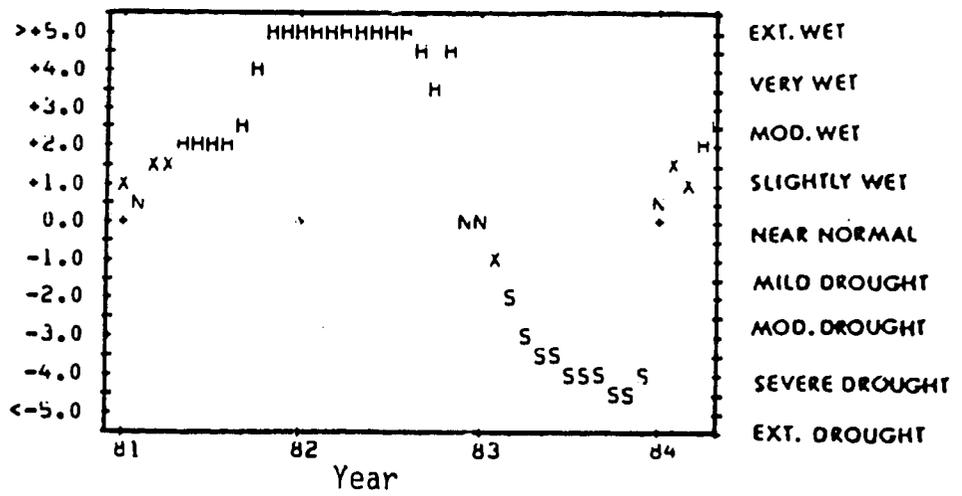
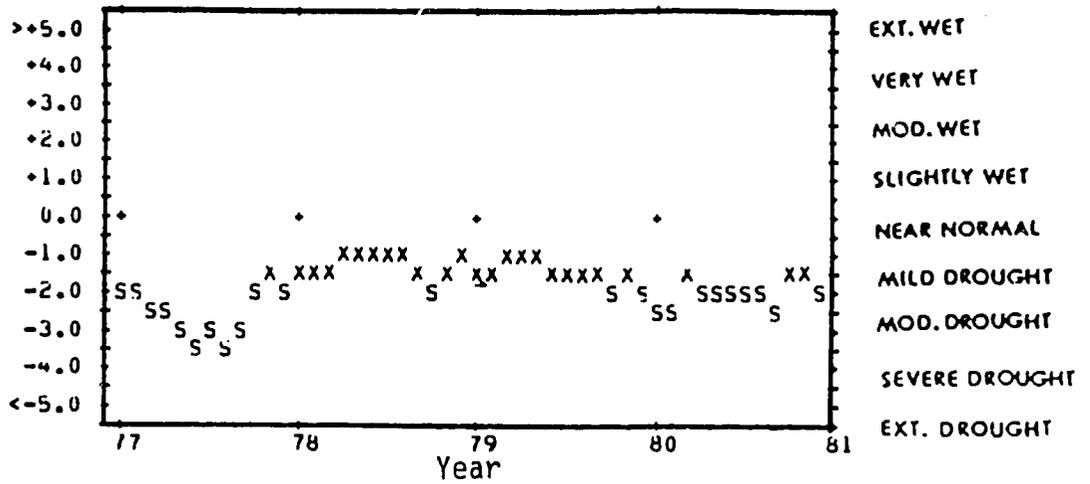


Figure 8. Palmer Drought Index for Granja Kcayra, Cusco.

# PALMER DROUGHT INDEX

## PUNO

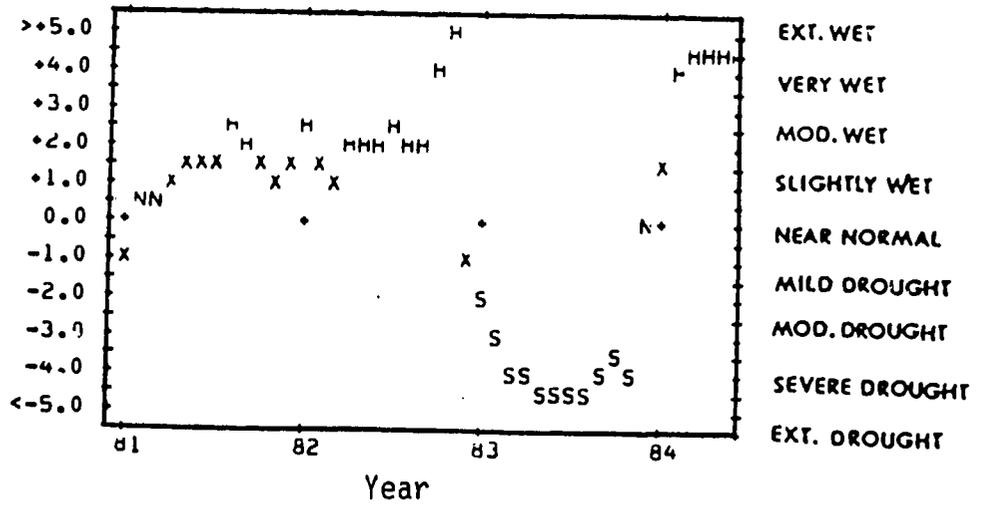
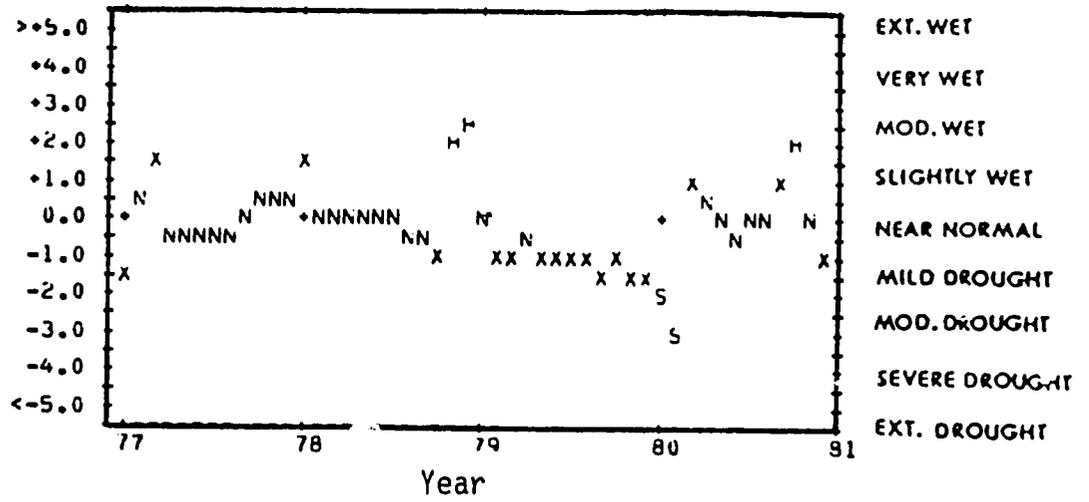


Figure 9. Palmer Drought Index for Puno, Puno.

situation, as shown by the index, had remained almost unchanged since the previous season. For this reason, soil water reserves were exhausted and planting was delayed. In October, conditions became normal, as indicated by the index value. Crops planted in November and December were slightly affected by a large amount of rainfall, establishing extremely moist conditions. Corn yields were reduced 4% compared to yields in the previous growing season. In contrast, the average yield for potatoes increased 20% compared to the 81-82 growing season.

In the agricultural district of Cajamarca, the growing season progressed normally (Figure 6). Conditions were favorable during the first months of the season. As a result, the index was located between normal and moderately moist. In March, April and May of 1983, above normal rainfall produced very moist conditions but did not greatly affect crops. The moisture negatively affected only the wheat yields, particularly for wheat planted at the beginning of 1983.

In the Huancayo agricultural district, the growing season was initiated under drought conditions which improved towards the end of 1982, finally reaching normal conditions (Figure 7). Scant rains (48% of normal) in February 1983, produced drought conditions which affected potatoes, corn, beans and wheat, at that time highly sensitive to moisture anomalies. For all these crops, the production and average yields were reduced. At the end of the growing season, the situation became more acute, and the index showed a severe drought.

The situation of extreme moisture in the agricultural district of Cusco at the end of the 81/82 growing season did not change greatly at the start of the 82/83 season. Through October, the index indicated extreme moisture (Figure 8). Toward the end of 1982, conditions became normal, favoring the crops. In February, precipitation reached only 61% of normal,

and drought conditions were present. In the following months the index continued to descend, indicating a severe drought. The crops most affected were corn and potatoes, with reduced yields. The average yield for potatoes was reduced by 23% in relation to the 81/82 growing season.

At the beginning of the 82/83 growing season in the district of Puno, the index indicated extremely humid conditions. This interfered somewhat with physical labor; nevertheless, nearly 4,000 ha of potatoes were planted. Around December, rain was less frequent, and the index indicated a light drought which increased at the outset of 1983. By the end of the first trimester, conditions of extreme drought were reached. Production of potatoes fell from 37,796 tons in 1982 to 430 tons in 1983. Yields were reduced by 60% in comparison to the previous growing season.

## 2. Evaluation of the 1983-84 growing season

In the Huancabamba agricultural district (Figure 5), the situation of extreme wetness indicated by the index did not vary greatly during the entire season, retarding the normal progress of agricultural activities and development of crops.

In the agricultural district of Cajamarca (Figure 6), conditions were moderately humid, favoring the planting of potatoes and corn. During the initial months, a larger area was planted in these crops than in the previous growing season. Conditions remained normal, as indicated by the index, through the end of 1983. Planting of corn averaged 80% higher than during the previous season. An intense rainfall in February caused a very high moisture situation which tended to increase through the end of the growing season, slightly affecting the wheat crop.

In the Huancayo agricultural district (Figure 7) rainfall was below normal during the first months of the growing season, producing conditions

of severe drought which accentuated toward the end of 1983, as indicated by the index. This caused a reduction in the area planted for potatoes and corn (13% less for potatoes and 27% less for corn, compared to the previous season). In January, rainfall increased, and the index began to show a normal situation which later became very humid.

In the Cusco agricultural district (Figure 8), the growing season was initiated under conditions of very reduced rain, which did not increase until the end of December. The planted area was reduced due to lack of both humidity and seeds. The index showed a situation of extreme drought. At the beginning of the year, the situation tended toward normal, favoring the wheat crop which is planted in December and January. The average yields for this crop were increased by 30% as compared to the previous season.

In the agricultural district of Puno (Figure 9) the growing season was initiated under a severe drought, as indicated by the index. Planting of potatoes was slightly delayed. The normal conditions in December and moderately damp conditions in January favored the planting of potatoes and wheat. In the later months of February and May, the index shows an extremely moist situation, which most likely affected the wheat.

### C. Potato Yield Models

Using the available information, yield forecast models have been formulated based on the monthly precipitation for the political districts of Jauja and Jarpa, located in the Department of Junin. These models are at an experimental stage. They need to be tested against control years and can eventually be improved by additional meteorological variables. In the case of Jarpa, it was assumed that potato planting and harvest took place during October and April, respectively.

Phenological stages were also considered in the a priori analysis. The duration of phenological stages was estimated for potatoes, specifically the stages of germination and tuberization, which occur in the month of planting and 1 or 2 months before harvest, respectively. It was expected that regression coefficients would be positive during these months, since a major precipitation would positively affect crop yield.

In accordance with these considerations, the initial formulation of the model is as follows:

$$y = a + b_1P_{10} + b_2P_3 + b_3P_4$$

where:

$y$  = is the average yield for potatoes,

$P_{10}$  = October precipitation,

$P_4$  = April precipitation,

$a$  = intercept or ordinal of origin, and

$b_1, b_2, b_3$  = regression coefficients.

The first analysis was performed using a correlation between the annual average yield and the monthly and bimonthly precipitations, occurring from October through the following April during the period 1972-1982. For example, according to this analysis for the district of Jarpa, it was found that precipitation occurring in October ( $LP_{10}$ ) and April ( $P_4$ ) had the highest positive correlations (0.447 and 0.584, respectively).

An acceptable positive correlation was also obtained by combining two months of precipitation, such as March and April ( $P_{3-4}$ ) which had a correlation of 0.489 with yield.

Based on the results obtained, the statistical procedure STEPWISE (option MAXR) was used to select a combination of variables having a high correlation with yield and a low correlation with each other.

+

The coefficient of multiple correlation (R-SQUARE) was adjusted for its degrees of freedom (ADJ R-SQ) in all the tests. The statistical significance of the regression coefficients (estimated parameters) was also considered, in individual as well as in group form.

Table 6 shows the results and statistical analysis obtained. For example, for the Jarpa district, the top part of the table shows the sum of squares and the mean square attributed to the model, to errors, and to totals. Furthermore, a value is indicated of  $F=197.324$ , which shows that the model is, on the whole, significant.

This table also presents the multiple regression coefficient equal to 0.9826 and the multiple regression coefficient adjusted for degrees of freedom equal to 0.9801. Several lines lower, the estimated parameters are shown along with the standard error of regression coefficients and T tests which indicate the individual significance of each coefficient of regression.

It is necessary to point out that according to the empirical data in the Jarpa case, the precipitation of April and December most clearly explain the yield variability. Figures 10 and 11 show the observed and estimated yields for Jauja and Jarpa.

## VI. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The proposed objectives were obtained through means of the training course. The following specific results were obtained during the training period.

1. Quality controls for meteorological and agricultural information were met.
2. The various agricultural indices were applied to a greater number of locations and crops than those considered in the agro-

TABLE 6. POTATO REGRESSION MODEL  
FOR INDICATED DISTRICTS

SAS  
DISTRITO=JARPA

DEP VARIABLE: REND

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB>F
MODEL	2	393.699	196.850	197.324	0.0001
ERROR	7	6.983163	0.997595		
U TOTAL	9	400.682			
ROOT MSE		0.998797	R-SQUARE	0.9826	
DEP MEAN		6.581341	ADJ R-SQ	0.9801	
C.V.		15.17619			

NOTE: NO INTERCEPT TERM IS USED. R-SQUARE IS REDEFINED.

VARIABLE	DF	PARAMETER ESTIMATE	STANDARD ERROR	T FOR H0: PARAMETER=0	PROB >  T
LP12	1	0.038837	0.005421999	7.163	0.0002
P4	1	0.045483	0.011167	4.073	0.0047

SAS  
DISTRITO=JAUJA

DEP VARIABLE: REND

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB>F
MODEL	1	567.934	567.934	107.514	0.0001
ERROR	8	42.259343	5.282418		
U TOTAL	9	610.193			
ROOT MSE		2.298351	R-SQUARE	0.9307	
DEP MEAN		7.732367	ADJ R-SQ	0.9307	
C.V.		29.72377			

NOTE: NO INTERCEPT TERM IS USED. R-SQUARE IS REDEFINED.

VARIABLE	DF	PARAMETER ESTIMATE	STANDARD ERROR	T FOR H0: PARAMETER=0	PROB >  T
LP10	1	0.095592	0.009219111	10.369	0.0001

**POTATO YIELD MODEL  
DISTRICT = JAUJA**

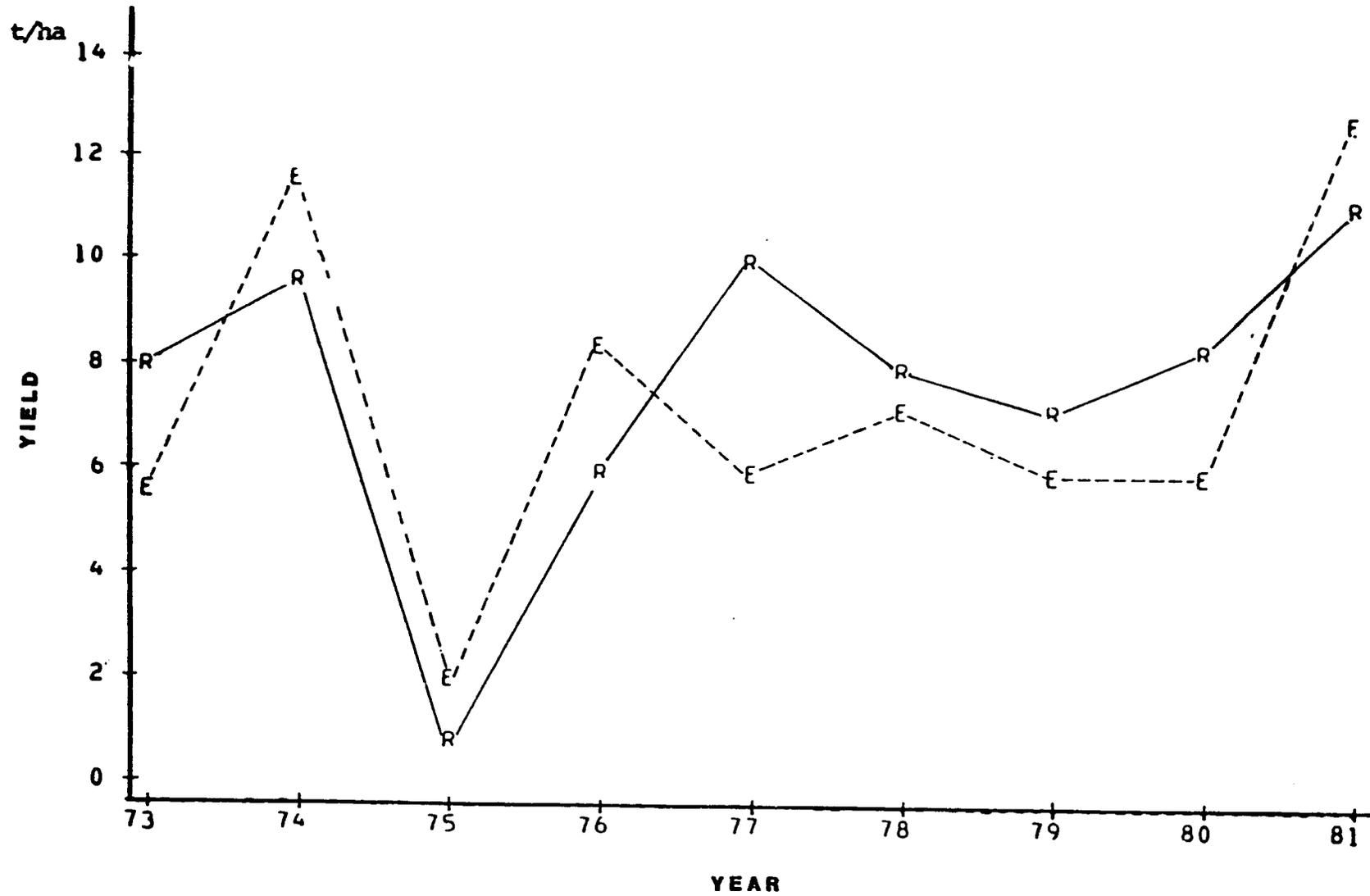
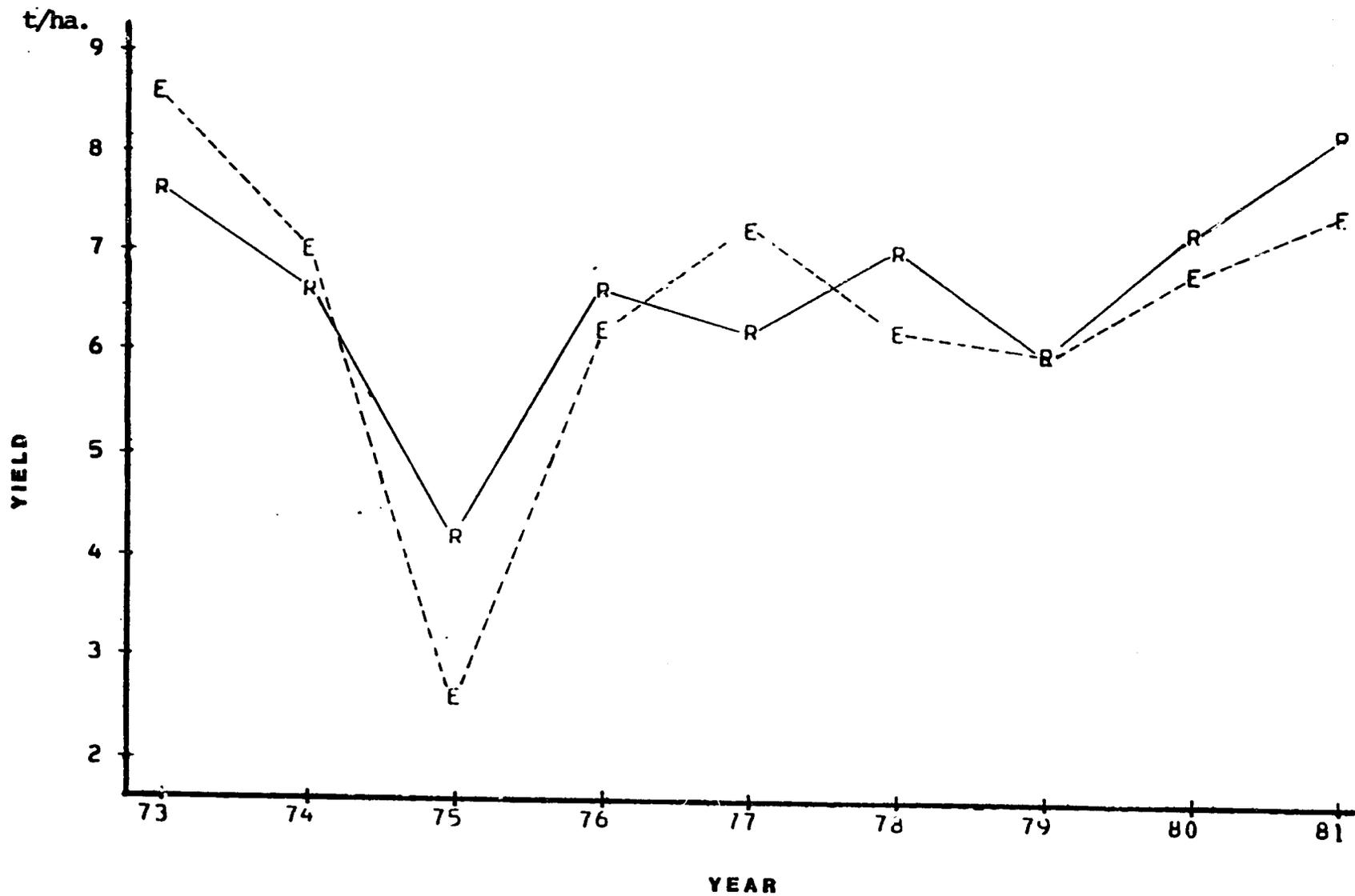


Figure 10. Potato Yield Model for Jauja.

**POTATO YIELD MODEL**  
**DISTRICT = JARPA**



climatic bulletin. A detailed analysis of the growing seasons was developed.

3. Statistical-empirical models of yields and river discharges are presented as important topics of investigation and application in the evaluation of climatic impact.

4. Training was received in the use of microcomputers, establishing the advantages and limitations of their use.

In addition, a program of activities has been developed for the period November 1984 through November 1985. The program is as follows:

A. RESPONSIBILITIES OF SENAMHI

- Rehabilitation and operation of the meteorological stations of the project.
- Implementation of a telecommunications network. Until this network is installed, it is necessary to receive monthly data in Lima from some 30 stations via telephone or telegraph.
- Purchase of the following equipment
  - a. A microcomputer compatible with the OSE system.
  - b. Equipment for printing the bulletin.
  - c. A digitizer.
- Periodic updating of the meteorological and hydrological files.
- Collection and filing of phenological information on a territorial scale.

B. RESPONSIBILITIES OF OSE

- Updating of crop calendars.
- Performance of agricultural surveys.
- Compilation of historical crop and yield information.
- Agreement of agricultural information with the ecological zonification of the country.

C. SHARED RESPONSIBILITIES OF SENAMHI AND OSE

- Monthly publication of the Agroclimatic Bulletin, which must appear prior to the 8th working day of the relevant month.
- To implement the previous point, there should be a meeting called on the 5th, 6th, and 7th working days of each month.
- Permanent exchange of agricultural and meteorological information.
- Promotion of additional training of personnel in:
  - 1.1 Formulation of physiological models.
  - 1.2 Usage of satellite information.
- A monthly report of activities to NOAA/AISC.

## INDICE

	PAGINA
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	4
ANTECEDENTES AGROCLIMATICOS DEL PERU	4
2.1 Características geográficas	4
2.2 Características climáticas	7
2.3 Efecto del clima sobre la agricultura	14
2.4 Importancia de la agricultura	18
2.5 Regiones agrícolas y cultivos	19
CAPITULO III	24
DATOS Y METODOS	24
3.1 Datos	24
3.1.1 Datos meteorológicos	24
3.1.2 Datos agrícolas	26
3.1.3 Datos de suelos	28
3.2 Métodos	31
3.2.1 Homogeneidad de los registros	31
3.2.2 Evapotranspiración potencial	31
3.2.3 Coeficientes de cultivo	33
3.2.4 Balance hídrico (Palmer, 1965)	36
3.2.5 Indices agroclimáticos	39
- Índice hídrico del cultivo	39
- Índice de condición del cultivo	39
- Índice de humedad del suelo	40
- Índice de FAO	40
- Índice de sequía de Palmer	41
- Forma de expresión de los índices agroclimáticos.	44
3.2.6 Modelos agroclimáticos de rendimiento	44
3.2.7 Desarrollo de modelos agroclimáticos de rendimientos	47
- 1ra Etapa - Datos	47
- 2da Etapa - Metodos	48
- 3ra Etapa - Análisis y evaluación	48
CAPITULO IV	50
APLICACION DE LOS MODELOS AGROCLIMATICOS	50
4.1 Aspectos generales	50
4.2 Evaluación de la campaña agrícola 1983/84	50
4.3 Aplicación del índice de Palmer	57
4.3.1 Campaña agrícola 1982/83	57
4.3.2 Campaña agrícola 1983/84	70

4.4	Modelos de rendimientos para papa	71
4.4.1	Formulación a priori del modelo	71
4.4.2	Análisis de la información y prueba de modelos	72
4.4.3	Análisis de resultados	73
4.5	Modelos de descarga de ríos	76
4.5.1	Análisis de correlación	76
4.5.2	Análisis de regresión	76
CAPITULO V		83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		83
BIBLIOGRAFIA		85
ANEXO 1	. ESTIMACION DE LA CAPACIDAD HIDRICA DE LOS SUELOS DE ALGUNAS ESTACIONES METEOROLOGICAS	86
ANEXO 2	. PROTOTIPO DEL BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU	91
ANEXO 3	. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	100
ANEXO 4	. INFORMACION SOBRE EVENTOS AGROCLIMATICOS	103

## LISTA DE CUADROS

CUADRO NO.		PAGINA
2.1	Perdidas estimadas de producción agrícola en principales cultivos, producción pecuaria e infraestructura de riego, según zona geográfica y departamentos por efecto del fenómeno "El Niño"	16
3.1	Calendario de siembras y cosechas en los distritos agropecuarios seleccionados	29
3.2	Valores estimados de los coeficientes de cultivos (KC)	37
4.1	Variación mensual de la precipitación en los distritos con problemas	52
4.2	Variación del índice agroclimático en los distritos agropecuarios con problemas	53
4.3.a	Balance hídrico en los distritos agropecuarios con problemas campaña agrícola 1983-1984	55
4.3.b	Balance hídrico para los distritos agropecuarios con problemas campaña agrícola 1983-1984	56
4.4	Datos utilizados para la elaboración de modelos en los distritos políticos de Jarpa y Jauja	74
4.5	Resultados del análisis de regresión de los modelos de rendimiento para papa	75
4.6	Matriz de correlación	79
4.7	Modelos preliminares de estimación de descargas de ríos	81
A.1	Estimación de la capacidad hídrica de los suelos de algunas estaciones meteorológicas del SENAMHI - Perú	87

## LISTA DE FIGURAS

FIG. NO.		PAGINA
2.1	Principales regiones geográficas del Perú	5
2.2	Distribución estacional de los sistemas de presión en Sudamerica	9
2.3	Distribución espacial de la temperatura promedio en los meses de enero y julio, Perú	10
2.4	Precipitación anual promedio (mm) y temperatura anual promedio (°C) en Perú	12
2.5	Clasificación climática del Perú (modificación de Koppen)	13
3.1	Estaciones meteorológicas seleccionadas	25
3.2	Distritos agropecuarios seleccionados	27
3.3	Ejemplo de cálculo de coeficientes para el cultivo de maíz	35
4.1.a	Variación del índice hídrico mensual para la campaña 1983/84	58
4.1.b	Variación del índice hídrico mensual para la campaña 1983/84	59
4.2.a	Variación del índice hídrico mensual para la campaña 1983/84	60
4.2.b	Variación del índice hídrico mensual para la campaña 1983/84	61
4.3.a	Variación del índice hídrico mensual para la campaña 1983/84	62
4.3.b	Variación del índice hídrico mensual para la campaña 1983/84	63
4.4	Variación mensual del índice de Palmer en el distrito Agropecuario de Huancabamba	64
4.5	Variación mensual del índice de Palmer en el distrito Agropecuario de Cajamarca	65
4.6	Variación mensual del índice de Palmer en el distrito Agropecuario de Huancayo	66
4.7	Variación mensual del índice de Palmer en el distrito Agropecuario de Cusco	67

4.8	Variación mensual del índice de Palmer en el distrito Agropecuario de Puno	68
4.9	Comparación entre los rendimientos observados y estimados basados en la precipitación de octubre para papa en el distrito de Jauja	77
4.10	Comparación entre los rendimientos observados y estimados basados en la precipitaciones de diciembre y abril para papa en el distrito de Jarpa	78
4.11	Comparación entre valores observados y estimados de caudales mensuales del río Huaura	82

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

En el Perú la producción de alimentos no alcanza a satisfacer la demanda interna. Esto se debe, principalmente, al crecimiento demográfico, la escasez de suelos con aptitud agrícola, la falta de tecnología apropiada y a restricciones meteorológicas que limitan la expansión de los cultivos o reducen la producción esperada. Estos factores contribuyen, considerablemente a un proceso que agrava la dependencia alimentaria. Así, por ejemplo, en 1970 para satisfacer la demanda interna, se importó el 76% del trigo, el 1% del maíz y, el 35% de los productos lácteos, consumidos; en 1980 las magnitudes fueron de: 91%, 63%, 30%, respectivamente además del 21% de arroz y 26% de azúcar (Lajo Manuel 1982). Esto significa, en la práctica, un incremento en el intercambio de alimentos por recursos naturales no renovables como petróleo, cobre, plomo, zinc, etc. Por lo tanto, la carencia de alimentos podría ser crítica en el caso de agotarse estos minerales, cuyo control de precios, por otro lado, responde a mecanismos externos.

La producción agrícola depende, entre otros factores, de las condiciones climáticas. Al respecto, en el Perú se diferencian tres regiones:

1. LA COSTA, es una zona extremadamente árida. La agricultura depende del agua de riego que proviene de la región serrana.
2. LA SIERRA, posee un relieve muy accidentado con precipitaciones concentradas en la primavera y el verano, períodos secos más o menos largos e intensos y períodos libres de heladas relativamente cortos, durante los cuales se producen frecuentemente heladas extemporáneas.

3. LA SELVA, aparentemente no tiene restricciones climáticas para cultivos tropicales; pero los suelos son fácilmente erosionables.

Actualmente, la agricultura de mayor importancia económica se encuentra en la costa y la sierra. En estas regiones el riesgo es un factor muy significativo para la empresa agrícola. La ocurrencia de eventos meteorológicos extremos reducen la producción agrícola y obligan a efectuar importaciones de emergencia, cuando las condiciones generalmente son desfavorables.

Como ejemplos, relativamente recientes del impacto climático en la agricultura del Perú, se pueden citar:

- La sequía de tres años consecutivo: desde 1977 a 1980, que provocó un descenso de 11% en los rendimientos de casi todos los cultivos y de 4% en la producción agrícola total.
- En 1983, las inundaciones en el norte y, simultáneamente, la sequía en el sur del país. Se perdieron en total 111.000 ha de cultivos y fueron seriamente dañadas otras 226.000 ha. Se dejaron de producir 680.000 t de alimentos.

Una predicción confiable del comportamiento y la producción de los cultivos resulta ser un valioso instrumento para modificar oportunamente los programas de importación, exportación, distribución y almacenamiento de las cosechas, y así garantizar un mejor abastecimiento, en condiciones menos onerosas. Para fines tácticos, las predicciones de posibles reducciones en las cosechas, motivadas por adversidades climáticas, son útiles para la aplicación de medidas que mitiguen sus efectos. Esta clase de información también resulta efectiva para la planificación agrícola a largo plazo.

La "Evaluación del Impacto Climático" es una actividad del Proyecto: "Planificación Agrícola y Desarrollo Institucional" que está efectuando el Gobierno del Perú con el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). La actividad es desarrollada conjuntamente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Sector Aero-náutica y la Oficina Sectorial de Estadística (OSE) del Ministerio de Agricultura. El programa de la actividad prevé un período de cinco semanas de capacitación para personal de ambas entidades, en Columbia-Missouri en las instalaciones de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Los objetivos logrados durante este período son:

1. El mejoramiento del programa de Evaluación del Impacto Agroclimático basado en la precipitación, temperatura e índices agroclimáticos para el maíz, frijol, arroz, trigo y papas.
2. El mejoramiento del "Boletín Agroclimático Mensual del Perú", que se publica desde el principio del corriente año.
3. La capacitación en métodos de evaluación de las condiciones de los cultivos.
4. La capacitación en el uso de otras herramientas: microcomputadores, e información de satélites.
5. Expresión, en términos económicos, de los daños y beneficios evaluados.

## CAPITULO II

## ANTECEDENTES AGROCLIMATICOS DEL PERU

## 2.1 Características geográficas

El Perú se ubica en la zona centro occidental de Sudamérica, en latitudes tropicales, y a orillas del océano Pacífico. Es el cuarto país latino-americano en extensión y sus 1.285.200 km<sup>2</sup> están divididos políticamente en 24 departamentos.

La orografía del país está determinada, principalmente, por la cordillera de los Andes que lo recorre de norte a sur, aumentando su ancho desde 100 km, en la frontera con el Ecuador, a 320 km. cerca al lago Titicaca, en la frontera con Bolivia. Esta cadena montañosa, unida a otros factores de tipo climático y oceanográfico, determina la existencia de tres regiones naturales (figura 2.1):

## a. Región de la costa.

Limitada por el océano Pacífico y las laderas andinas por debajo del nivel de 2000 m de altitud representa solo 11% del territorio nacional; sin embargo, es la región más densamente poblada. A pesar de ser bastante árida, desarrolla una agricultura intensiva bajo riego y relativamente tecnificada en los valles formados por los 53 ríos, de régimen permanente y estacional, que la atraviesan para desembocar en el Pacífico. En algunos lugares, el constante crecimiento de las ciudades ha ido invadiendo la escasa área agrícola que, unido a los problemas de salinidad y escasez de agua, ha hecho que esta región pase a ser dependiente de los productos agrícolas provenientes de las otras regiones. La costa acoge a más del 35% de la población del país, gran parte proviene del interior atraída por el desarrollo de las urbes. En esta región se concentra el 75% de las industrias, casi el 100% de las refinerías y siderúrgicas, el

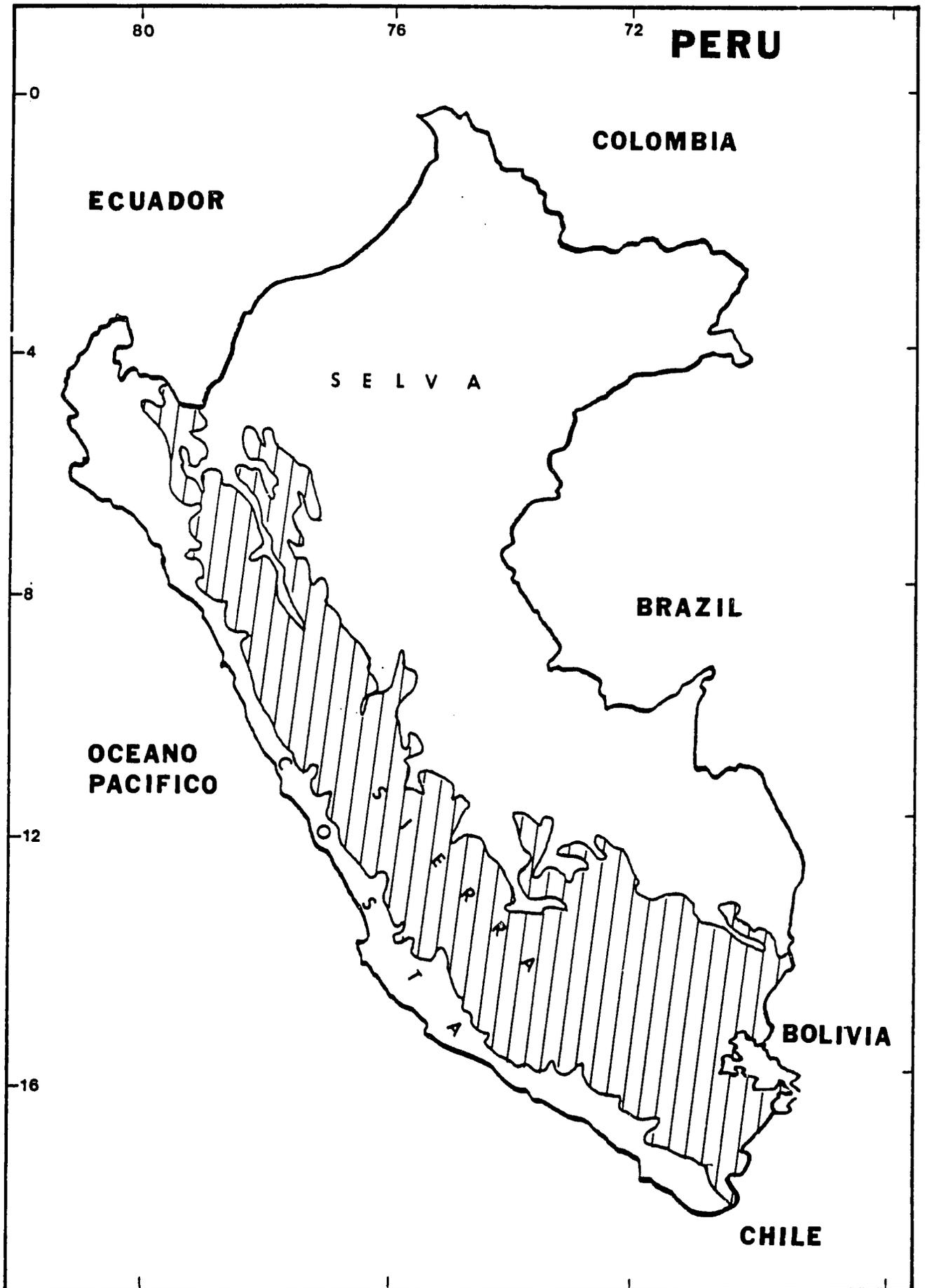


Figura 2.1. Principales Regiones Geográficas del Perú

50% de los servicios de salud y los mayores centros de estudios sobre todo de nivel superior. En Lima, la capital del país, vive el 25% de la población nacional y posee el 8% del comercio y el 36% de los centros de menudeo, constituyendo el principal mercado para los productos agrícolas e industriales del país. La principal vía de comunicación de la costa es la carretera Panamericana, que la recorre longitudinalmente y se comunica con las otras regiones a través de vías transversales de penetración. A lo largo de los 2.414 km de costa hay unos 25 puertos, pero, pocos de ellos tienen buenas estaciones terminales. El puerto marítimo del Callao y el Aeropuerto Internacional son las principales vías de comunicación con el exterior.

b. Región de la Sierra.

Abarca un 26% del territorio y una gran parte de la cordillera de los Andes. En ella alternan profundas depresiones con elevadas alturas, la sección más alta tiene picos nevados, siendo el Huascarán el de mayor altitud (6.729 m.). Las áreas por sobre los 4.200 m.s.m. solo pueden ser usadas como pasturas, en general la porción arable de la región de la sierra es relativamente pequeña. La agricultura es de tipo extensivo o de autosubsistencia, y bajo régimen de secano, eventualmente es afectada por períodos de sequía o de retraso de lluvias y la ocurrencia de heladas que destruyen los cultivos o disminuyen su rendimiento. Las ciudades serranas acusan, como las de la costa el mismo proceso de inmigración desde las áreas rurales, pero a un ritmo más lento. En ellas se concentran los servicios de salud, educación y comercio que escasean en el área rural. Estas ciudades se ubican en lugares de desarrollo agrícola o cerca a centros mineros o metalúrgicos de importancia. Las principales áreas

pobladas son Cajamarca, el valle del Río Santa en las cordilleras occidentales, el valle del Mantaro, las áreas vecinas a Ayacucho, Arequipa y Cuzco y las orillas del lago Titicaca. Una extensa pero intrincada y deteriorada red de caminos y carreteras une las diversas áreas de esta región.

### c. Región de la Selva.

Esta región está formada por dos zonas, el bosque tropical amazónico, conocido como Selva Baja, y las pendientes y valles del este de los Andes bajo los 2.000 m de altitud conocido como Selva Alta. Presenta gran variación en la vegetación dependiendo de la altitud, la lluvia y los suelos. La Selva Baja es zona de gran potencial forestal. Las lluvias y la erosión fluvial causan dificultades en la agricultura y en el transporte, en el primer caso por las inundaciones, al elevarse el nivel de los ríos, y en el segundo por la destrucción de carreteras. Se lleva a cabo una agricultura de tipo extensivo en las riberas de los ríos y en las planicies de las zonas bajas se fomenta la ganadería de especies adaptadas. Esta región es la más amplia del país, abarcando 63% del territorio y también la menos poblada contando con solo el 6% de la población. Los mayores ríos de la selva son navegables y constituyen un importante medio de comunicación.

## 2.2 Características climáticas

El Perú se ubica entre los 0° y 18° de latitud Sur. Geográficamente tropical, debería tener características de fuertes precipitaciones y elevadas temperaturas, propias de estas latitudes. Sin embargo, la orografía, la presencia de la cordillera de los Andes, los sistemas de presión atmosférica y la corriente oceánica fría peruana, determinan la existencia de climas regionales diferentes entre sí (ver figura 2.2)

a. Región de la Costa

Es una estrecha franja de tierra entre el océano Pacífico y las estribaciones de la cordillera, que se caracteriza por su extremada aridez. La ausencia de precipitación es causada principalmente por la influencia del Anticiclón del Pacífico Sur que durante los meses de invierno se ubica cerca a los 20°S, provocando una gran estabilidad atmosférica. Asimismo, por efecto de la subsidencia (descenso de masas de aire) se forma un nivel de inversión térmica a poca altura que determina que casi toda la costa al sur de los 6°S se cubra de nubes bajas que sólo producen una pequeña y eventual llovizna conocida como "garúa" (ver figura 2.2). Este hecho es intensificado por el afloramiento o emergencia de aguas frías profundas, el cual se produce en el mar cercano a la costa como producto del efecto combinado de los vientos provenientes del sureste, la barrera montañosa andina y el perfil del litoral. Otro elemento modificador es la corriente fría peruana o de Humboldt que fluye por el Pacífico, desde el norte de Chile hacia el noroeste del Perú, la cual unida al efecto de los vientos fríos del sur, provoca la ausencia de rangos extremos de temperatura y produce valores más bajos que los correspondientes a latitudes tropicales (ver figura 2.3).

b. Región de la Sierra

Los vientos del Este determinan, en términos generales, el clima de la sierra. Estos vientos provenientes del Atlántico transportan masas de aire húmedas. Esta humedad se condensa y precipita al elevarse las masas de aire por efecto de los Andes. El período de lluvias es de setiembre a Abril y se tiene una marcada estación seca el resto del año causada por la influencia del Anticiclón. Durante esta época, y dependiendo de la altura del lugar, la estabilidad atmosférica favorece la ocurrencia de heladas que según su intensidad causan mayor o menor daño a los cultivos de la

## DISTRIBUCION ESTACIONAL DE LOS SISTEMAS DE PRESION DE PRESION

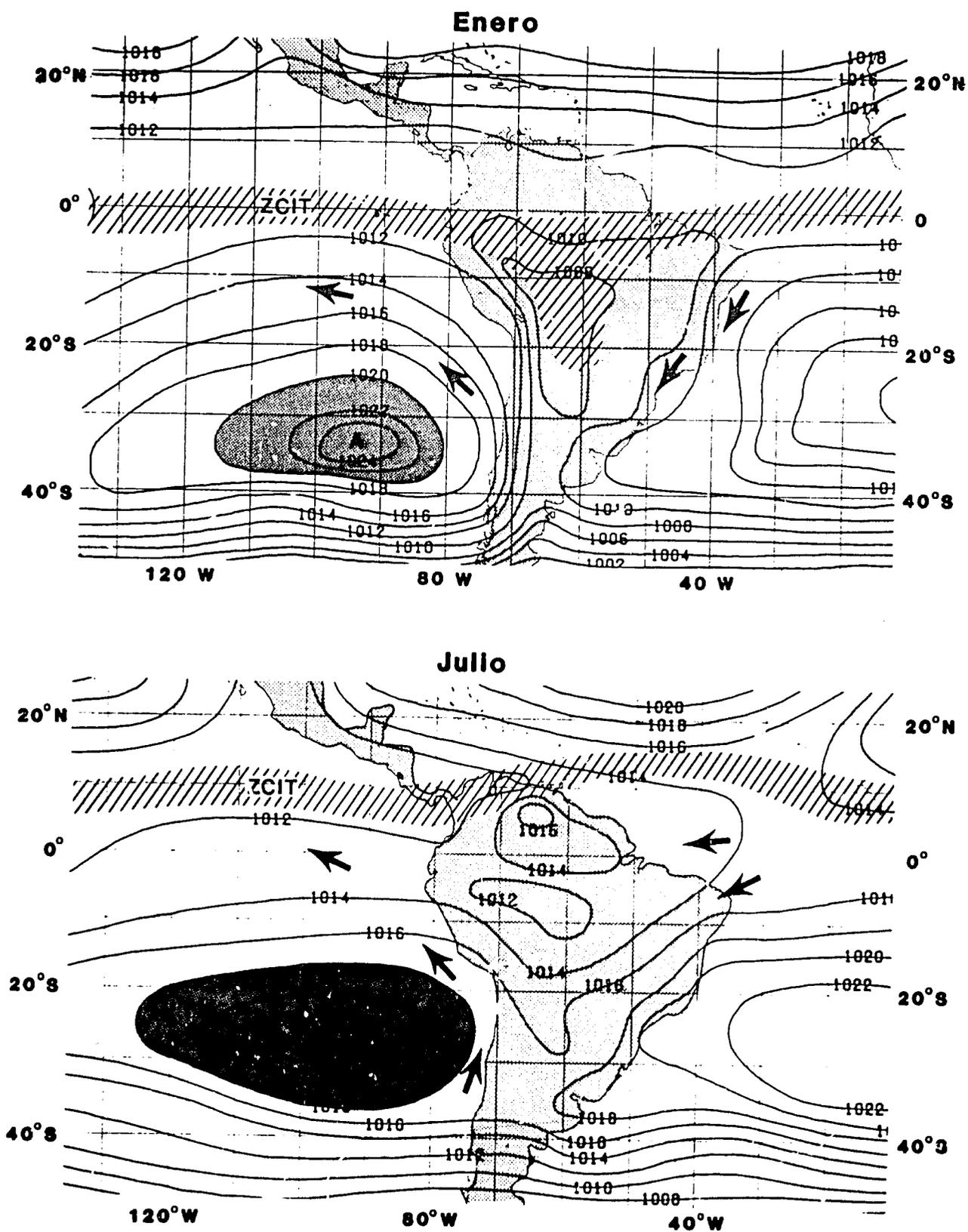
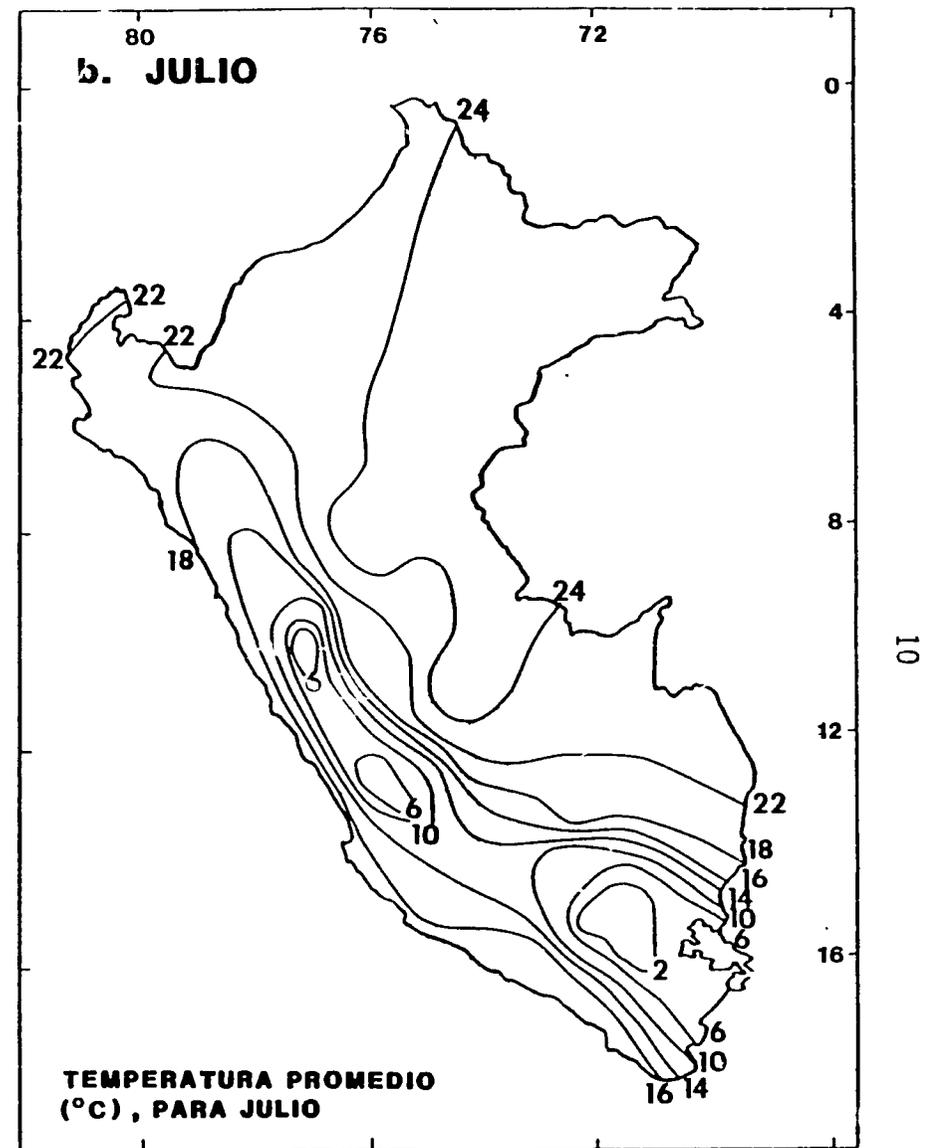
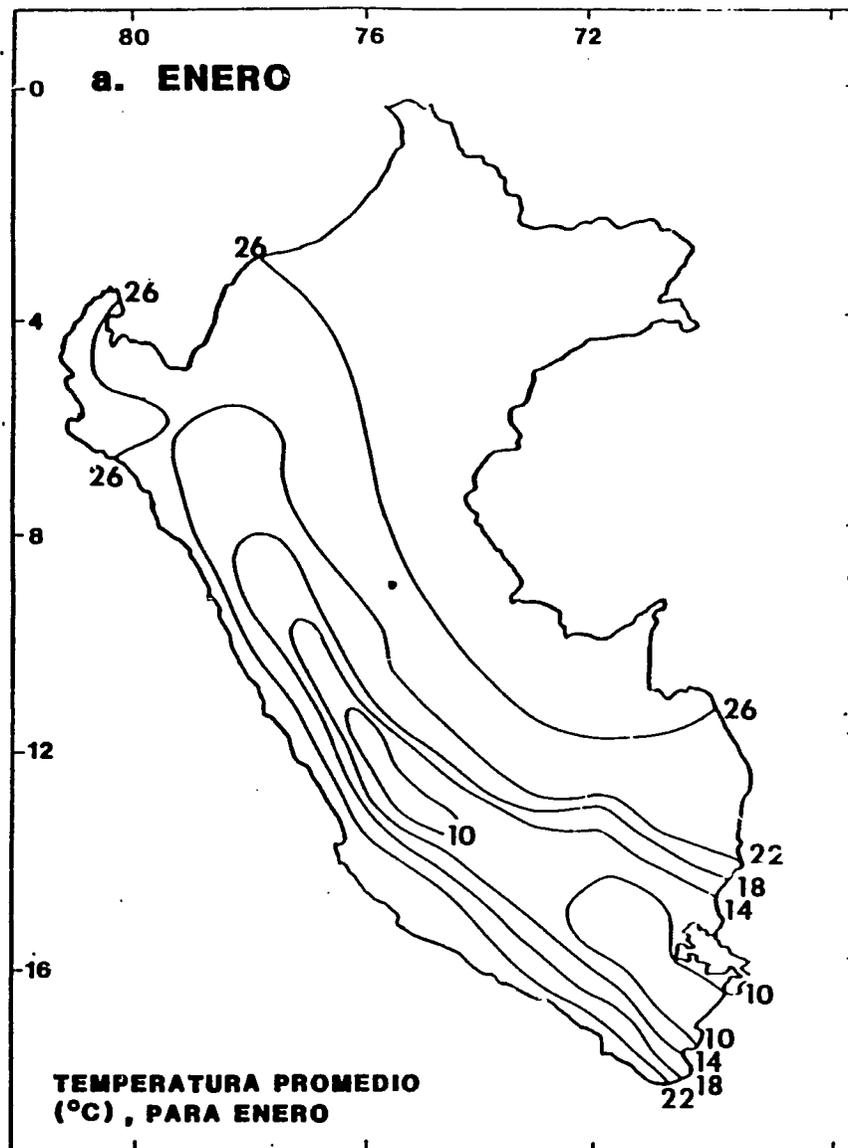


Figura 2.2 Distribución Estacional de los sistemas de Presión en Sudamérica.



91

Figura 2.3 Distribución espacial de la Temperatura promedio en los meses de Enero y Julio, Perú

región. La temperatura y la precipitación tienden a variar localmente dependiendo de las características de la localidad, su altura, la cercanía a cuerpos de agua, etc. (ver figura 2.4).

c. Región de la Selva

La región de la selva se caracteriza principalmente por una abundante precipitación anual que en las pendientes y estribaciones orientales de los Andes alcanza los 4.000 mm. y en las planicies amazónicas los 2.500 mm. al año. En esta región se presenta también una estación seca o de menor precipitación, causada por la influencia del anticiclón, al desplazarse hacia el norte los sistemas de presión durante los meses de invierno. La temperatura es bastante elevada y con un rango de variación anual muy pequeño. En la parte sur de esta región, se presentan eventualmente masas de aire frío, en forma de pequeños frentes, provenientes de la parte sureste del continente, conocidos como "freajes". Estos freajes son causa del descenso de la temperatura por debajo de su valor mínimo promedio ocasionando heladas agronómicas que dañan a los cultivos tropicales. También se producen ciertas anomalías periódicas en la precipitación, sobre todo en la selva norte, durante los meses lluviosos. Estas anomalías conocidas como "veranillos" consisten en descensos drásticos de los niveles de precipitación y afectan a la agricultura desarrollada en los depósitos ribereños.

En la figura 2.5, extraída del libro "Meteorología General" de J. Valdivia (1977), se presenta una distribución más detallada de los climas en el país, ubicados en las tres regiones naturales.

En la costa predomina el tipo de Clima Desértico (Bw) caracterizado por, una acentuada aridez debida a la escasa precipitación; en la parte norte, casi en la frontera con el Ecuador se ubica el clima de Estepa

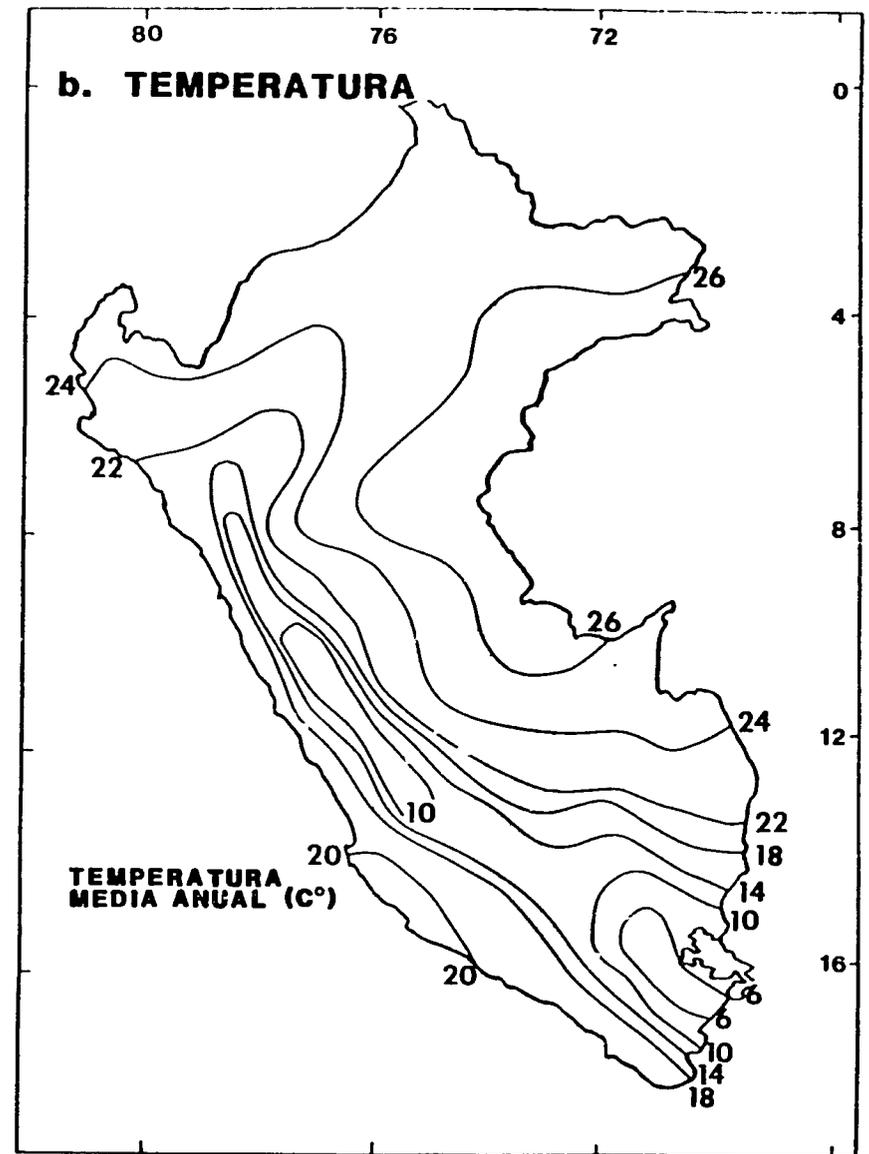
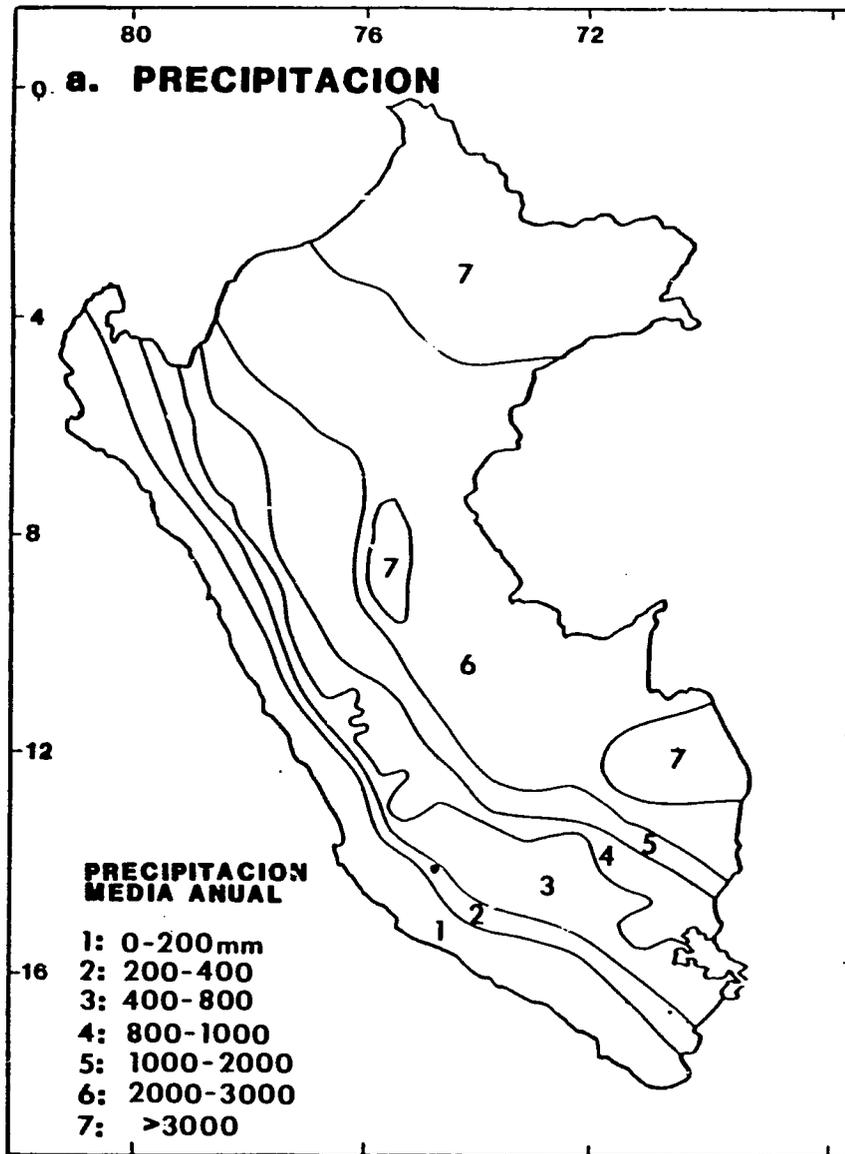


Figura 2.4 Precipitación Anual Promedio (mm) y Temperatura Anual Promedio (°C) en Perú

# PERU

## CLASIFICACION CLIMATICA

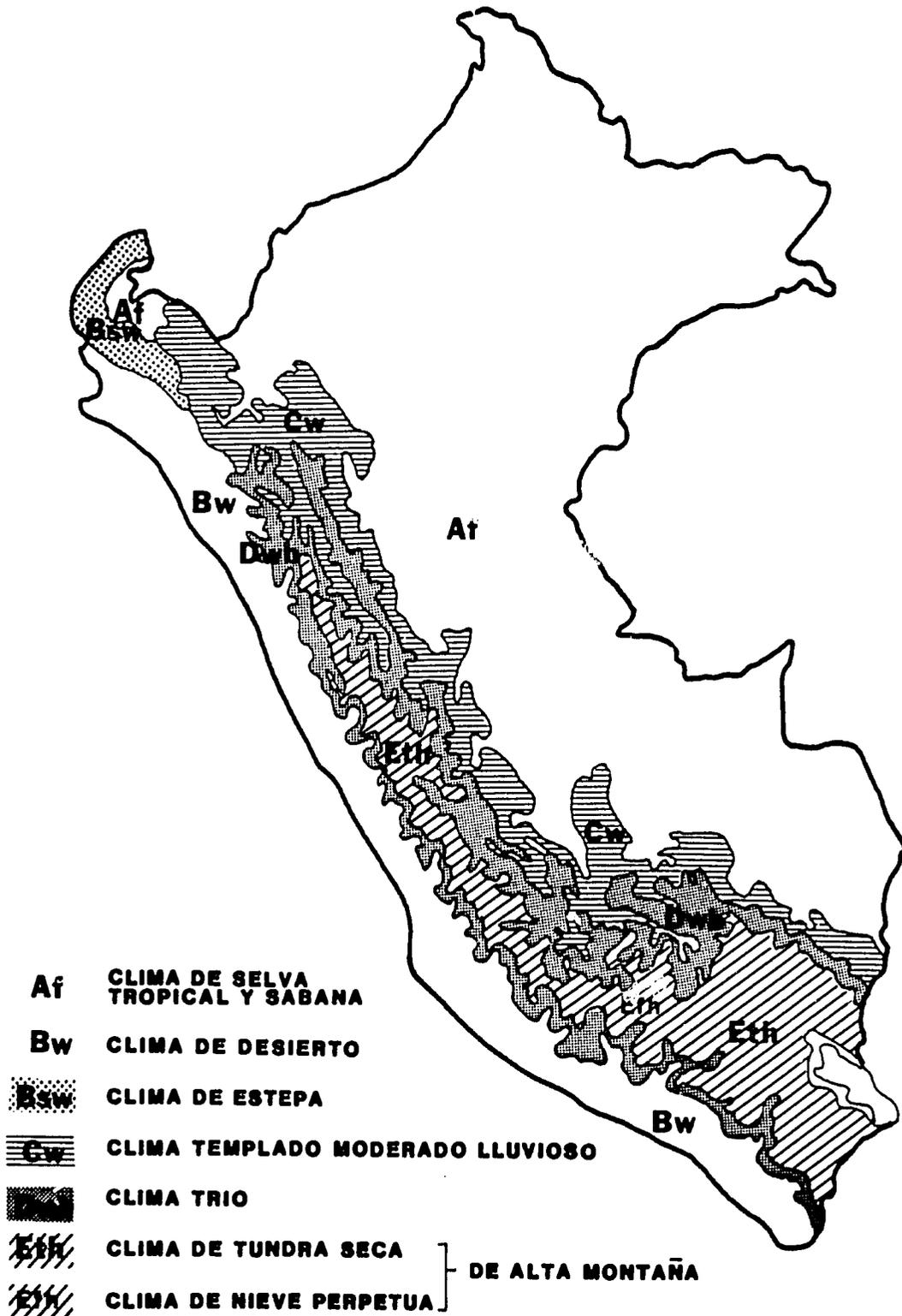


Figura 2.5 Clasificación climática del Perú (Modificación de Köppen)

(Bsw) con lluvias en el verano, de tipo chubasco, que no sobrepasa los 100 mm. generalmente.

En la sierra se encuentran los climas de Tundra Seca de Alta Montaña (STH) y de Nieve Perpetua (EFM), estos climas otorgan al área muy poco valor agrícola; se encuentra también el Clima Frío (Dwb) con lluvias en verano, estas áreas son favorables para la crianza de ovinos y equinos, y en ellas se lleva a cabo una agricultura de subsistencia. Finalmente se encuentra el Clima de Tipo Templado (Cw) con precipitaciones moderadas durante el verano, estas áreas son de gran uso agrícola y pecuario sobre todo en las zonas de Cajamarca, Piura y Ancash.

En la selva, las vertientes orientales de los Andes, poseen clima de Tipo Templado, aunque con mayores niveles de precipitación que en la sierra, constituye un clima favorable para el cultivo de especies tropicales. En la planicie amazónica el clima es de Selva Tropical (Af), permanentemente húmedo y calido, con mayores precipitaciones hacia el Sureste; esta área es la más favorable para el desarrollo de especies forestales.

### 2.3 Efecto del clima sobre la agricultura

La diversidad climática existente en el país determina una serie de factores favorables o no al desarrollo de los cultivos.

En la costa, el principal problema es la falta de agua. Tanto las áreas agrícolas ubicada en los valles de los ríos costeros como las áreas de proyectos de irrigación, se ven periódicamente afectadas por el descenso del caudal de los ríos en un caso y la insuficiencia de las reservas de agua en el otro. La sequía sufrida entre 1977 y 1980, que afectó principalmente la costa norte del país, determinó que la producción de alimentos decreciera al nivel más bajo de la década, y el rendimiento

de los cultivos descienda en un 11%. Fue necesario importar azúcar y elevar los niveles de importación de trigo, arroz y maíz.

Por otro lado, cada cierto periodo de años, las alteraciones en los sistemas de presión atmosférica provocan el llamado "Fenómeno El Niño". La intrusión de la contracorriente cálida ecuatorial hacia latitudes mayores de 8° sur y el mayor desplazamiento del Anticiclón del Pacífico sur, determinan una situación de inestabilidad atmosférica en todo el País; en el norte, la ocurrencia de lluvias intensas, y elevadas temperaturas en casi toda la costa. Como consecuencia del "Fenómeno El Niño" ocurrido entre fines de 1982 y mediados de 1983 se perdieron y/o afectaron más de 91.097 has. en los departamentos norteños, la mayoría por desbordes de ríos, huaycos y deslizamientos. Se vieron también afectadas infraestructuras para riego por un valor de más de 36.000 millones de soles. Las elevadas temperaturas redujeron también los rendimientos de cultivos que requieren de niveles menores de temperatura, tales como la papa, hortalizas, etc. El cuadro 1 muestra las pérdidas ocasionadas en el norte del Perú en el año 1983.

En la sierra, la mayoría de los cultivos se llevan a cabo en régimen de secano. La mayor o menor ocurrencia de lluvias determina, principalmente, la producción agrícola de esta región. La sierra sur y el sector del altiplano sufren más frecuentemente de periodos secos. Entre 1977 y 1979 el departamento de Puno y zonas aledañas perdieron más del 80% de los cultivos. En la sequía de 1982-1983, el mismo departamento sufrió una pérdida de 80.000 has. de cultivo y 21.000 millones de soles en ganado vacuno y ovino (ver cuadro 2.1).

Las intensas lluvias, por otro lado, ocasionan dificultades en el desarrollo de las labores culturales, pérdidas de cultivos en zonas de

**CUADRO 2.1 PERDIDAS ESTIMADAS DE PRODUCCION  
AGRICOLA EN PRINCIPALES CULTIVOS, PRODUCCION  
PECUARIA E INFRAESTRUCTURA DE RIEGO, SEGUN  
ZONA GEOGRAFICA Y DEPARTAMENTOS POR  
EFECTO DEL FENOMENO "EL NIÑO"  
AÑOS 1982 - 1983**

NACIONAL Zona Geográfica. Departamen.	TOTAL (Millones de Soles)	AGRICOLA		PECUARIO	INFRAESTRUC- TURA DE RIEGO
		Has. Pérdidas y/o afectados	(Millones de Soles)	(Millones de Soles)	(Millones de Soles)
Nacional	373,619.0	429,201	284,335.4	48,873.0	40,410.6
<u>Norte</u>	131,595.1	91,097	95,563.1	-	36,032.0
Amazonas	4.7	3	4.7	-	-
Cajamarca	583.5	1,298	583.5	-	-
La Libertad	14,124.1	9,636	13,942.1	-	182.0
Lambayeque	23,919.0	12,885	15,819.0	-	8,100.0
Piura	72,440.5	59,006	49,390.5	-	23,050.0
Tumbes	20,523.3	8,269	15,823.3	-	4,700.0
<u>Centro</u>	39,488.3	85,639	35,109.7	-	4,378.6
Ancash	8,860.6	5,371	4,482.0	-	4,378.6
Huancavelica (2)	14,846.7	22,840	14,846.7	-	-
Huánuco	1,587.6	6,120	1,587.6	-	-
Ica (2)	809.6	855	809.6	-	-
Junín	12,010.5	49,567	12,010.5	-	-
Lima	1,362.3	875	1,362.3	-	-
Pasco	11.0	11	11.0	-	-
<u>Sur</u>	198,955.1	236,477	150,082.1	48,873.0	-
Apurímac	21,650.6	40,775	15,793.6	5,857.0	-
Arequipa (2)	10,652.3	6,061	3,800.3	6,852.0	-
Ayacucho	22,361.4	42,108	22,361.4	-	-
Cuzco	41,307.8	66,418	28,742.8	12,565.0	-
Madre de Dios	189.2	769	189.2	-	-
Moquegua (2)	500.0	-	-	500.0	-
Puno	100,259.0	80,234	79,160.0	21,099.0	-
Tacna (2)	2,034.8	112	34.8	2,000.0	-
<u>Oriente</u>	3,580.5	15,988	3,580.5	-	-
Loreto	3,147.5	9,925	3,147.5	-	-
Ucayali	433.0	6,063	433.0	-	-

- (1) Cifras Preliminares a Mayo 1983  
(2) Evaluaciones Parciales

poco drenaje y destrucción de áreas agrícolas por huaycos y derrumbes. Las vertientes occidentales de los Andes en Lima y Ancash fueron las más afectadas en los últimos años.

Las heladas son otro factor que condicionan la producción agrícola y pueden ocasionar significativas pérdidas económicas. En 1980 se perdieron 25 millones de soles (U.S. \$7.812 al cambio de dicho año) en papa, maíz y habas por causa de la helada del 20 de diciembre ocurrida en el valle del Mantaro.

En la selva, la agricultura desarrollada en las riberas de los ríos que conforman el llano amazónico y en los valles de las vertientes orientales de los Andes es también perjudicada por las anomalías en la precipitación. Los "veranillos", períodos secos más o menos cortos, que ocurren durante la época de lluvias, tienden a disminuir el caudal de los ríos y dificultar el riego en las zonas bajas. Otras veces, las intensas lluvias que ocurren en las zonas altas, erosionan las pendientes provocando derrumbes e incrementando el caudal de los ríos los que al desbordarse arrasan los cultivos de las riberas en la selva baja. Estos elevados niveles de precipitación dificultan también el normal desenvolvimiento de las actividades agrícolas de la campaña. Cultivos como el café, arroz y frutales se ven altamente perjudicados cuando se presentan intensas lluvias en períodos de cosecha.

En los años 1980 y 1982 las inundaciones producidas por el río Ucayali destruyeron áreas de cultivo en el departamento de Loreto y derrumbes y huaycos en el valle del Huallaga, en el departamento de San Martín. En el año 1983 se registraron 3.147 millones de soles en pérdidas producidas por las inundaciones en el sector oriental del Perú.

## 2.4 La importancia de la agricultura en el Perú

El Perú ha sido un país tradicionalmente agrícola, desde la época del Imperio Incaico, y la colonización española hasta la mayor parte de su vida republicana, la agricultura ha sido la principal actividad económica conjuntamente con la minería y la artesanía. La mayor parte de la población en general y de la población económicamente activa (PEA) se encontraba hace tres décadas en el área rural y su contribución a la formación del producto bruto interno (PBI) expresaba su importancia. Sin embargo, a partir de la década del 60, el crecimiento de la industria, el comercio y los servicios, así como el empobrecimiento del campo contribuyeron a un proceso acelerado de migración del campo a la ciudad y a la disminución de la PEA en la agricultura, proceso que aún no ha sido revertido. En 1965 la PEA dedicada a la agricultura era de 48,7% con respecto a la población total, disminuyendo a 38,1% en 1979; la población rural disminuyó de 71,5% a 59,% entre 1969 y 1970; y entre 1950 y 1978, la agricultura disminuyó su participación relativa en el PBI de 35 a 12,7%.

De 1950 a 1969, el PBI agrícola se incrementó en un 0,6% anual; de 1969 a 1980 aproximadamente 1,2% y de 1980 a 1983, se puede notar una recuperación de importancia ya que el producto bruto interno aumentó a razón de un 5,3% anual.

En la actualidad, la importancia de la agricultura no se puede medir solo en función de las cifras en relación a otras actividades económicas sino en su potencialidad y capacidad existente para satisfacer las necesidades crecientes de alimentación de la población, en su aporte al equilibrio de la balanza de pagos y a su capacidad de absorción de la mano de obra desocupada.

Una buena producción de cultivos de consumo humano, puede permitir limitar las importaciones con el consiguiente ahorro de divisas, de igual

manera una mayor producción de cultivos de exportación puede incrementar las ventas al exterior y generar las divisas necesarias para aliviar la situación de déficit de la balanza de pagos. Asimismo, un plan de pequeñas y medianas irrigaciones de rentabilidad a corto y mediano plazo y la colonización de nuevas tierras puede permitir la ampliación de la frontera agrícola, dando trabajo a la mano de obra desocupada y frenando la migración. Lógicamente, la ejecución de estas acciones, supone disponer de tecnología y capital, condiciones favorables en el mercado internacional y condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los cultivos.

## 2.5 Regiones Agrícolas y Cultivos

### a. Costa

Las características particulares de altitud, precipitación, temperatura, suelo y las condiciones del mercado, en cada una de las tres regiones naturales determinan, el tipo de cultivo más apropiado para un determinado lugar. Por ejemplo, en la costa predominan los cultivos de arroz, caña de azúcar, algodón y secundariamente, el maíz, las hortalizas y los frutales.

En la costa se alcanzan los más altos rendimientos debido a que la superficie cultivada se encuentra bajo riego. Dada la escasa precipitación se aprovechan las aguas de los ríos que nacen en la Cordillera Occidental de los Andes y desembocan en el Océano Pacífico. Además del riego, en esta región es muy común el uso de fertilizantes, abonos, pesticidas, semilla mejorada y maquinaria moderna.

La costa es la región que aporta un mayor valor a la formación del PBI agrícola y a la exportación de productos agrícolas que incide favorablemente en la balanza de pagos.

En el norte de la región de la costa, en las Regiones Agrarias de Piura y Lambayeque, destacan el algodón, el arroz y la caña de azúcar por su alta productividad agrícola.

La siembra del algodón se realiza generalmente durante los meses de setiembre a diciembre, aunque en condiciones de riego puede sembrarse todo el año. La cosecha se realiza después de aproximadamente nueve meses, dependiendo de la variedad. Los rendimientos oscilan entre 30 y 50 quintales por hectárea de algodón en rama. En algunos lugares, la siembra del algodón es rotada alternadamente con maíz o frijol, dependiendo de la cantidad de agua disponible, en otros se acostumbra dejar la planta de algodón para una segunda cosecha (soca).

La caña de azúcar es un cultivo de carácter permanente y demora 18 meses para entrar en producción puede alcanzar rendimientos que van de 120 a 180 t/ha.

Otro cultivo de gran importancia en la costa norte, es el arroz. En los meses de noviembre y diciembre, se preparan los almacigos para luego transplantar las plántulas al terreno durante los meses de enero, febrero, y marzo. Durante estas dos etapas, el cultivo requiere de grandes cantidades de agua. La cosecha se realiza entre los meses de junio, julio y agosto. La siembra de arroz se alterna con maíz amarillo duro, sorgo de grano y hortalizas.

En la costa norte, los frutales más generalizados son el plátano, mango y limón.

En la parte central de la costa se destacan el algodón, la papa, el maíz, el camote, el frijol, los pallares y las hortalizas. La parte central de la costa y sierra constituyen las principales zonas abastecedoras de cultivos de consumo humano para Lima metropolitana, donde se

encuentra aproximadamente la cuarta parte de la población del país.

La papa, es un alimento fundamental y de consumo popular. Es sembrada en los valles costeros de Ancash, Lima e Ica y, especialmente en el valle de Cañete. La siembra se realiza en los meses de abril, mayo y junio, pudiendo adelantarse o atrasarse de acuerdo a las condiciones meteorológicas, particularmente la temperatura.

La cosecha se realiza a partir de agosto y hasta diciembre. Cabe destacar que la costa y sierra central se alternan en el abastecimiento de papa a Lima. La sierra abastece normalmente desde enero a julio y la costa lo realiza desde agosto hasta diciembre, presentándose cierta escasez en los meses de julio y diciembre. En el sur de la costa, también se destacan el algodón, arroz, y frutales como la vid, manzana, melocoton, olivo y bulbos como la cebolla y los ajos.

En las zonas bajo riego de La Joya y Vitor en Arequipa, se destaca la producción de alfalfa y pastos para forraje de ganado lechero. Por otro lado en la región de la costa, las grandes unidades agropecuarias, tales como las cooperativas agrarias, se dedican a cultivos de gran rentabilidad como arroz, algodón y caña de azúcar; en cambio, el productor individual con capacidad muy limitada para cubrir los costos de estos cultivos, se dedica fundamentalmente a sembrar cultivos como papa, camote, hortalizas, etc.

#### b. Sierra.

La sierra del Perú es una zona que se caracteriza agrícolamente, por tener la mayor parte de sus cultivos bajo secano, y por el uso de tecnología de bajo nivel (uso limitado de fertilizantes, pesticidas, semilla mejorada, control fitosanitario), con la consiguiente pérdida de la fertilidad del suelo. Aproximadamente un 20% de la superficie agrícola de

siembra bajo riego, utilizándose las partes bajas de los valles donde se siembra casi todo el año hortalizas, maíz y ocasionalmente, papa. La mayor parte de la superficie agrícola es sembrada bajo secano en las partes medias y altas de los valles interandinos, aprovechándose la precipitación que generalmente ocurre desde setiembre hasta abril del año siguiente.

En la sierra, los cultivos están dirigidos principalmente al consumo humano, destacando el maíz amiláceo, papa, trigo, frijol, quinúa, habas y cebada. Los rendimientos obtenidos son mucho más bajos que los obtenidos en la costa (con la excepción de las zonas bajo riego).

La parte norte de la sierra se destaca por la producción de maíz amiláceo y trigo en los distritos agropecuarios de Huancabamba y Chota. La siembra del maíz se realiza generalmente de octubre a diciembre, siendo más tardía en La Libertad y Piura. La cosecha se realiza generalmente desde abril hasta julio. El maíz se rota alternativamente con frijol o quinúa. Existen variedades de maíz con mayor tolerancia a la falta de agua y a las bajas temperaturas. El trigo se siembra generalmente un poco más tarde que la papa y el maíz. Los meses de mayor siembra son, en la sierra norte de enero a abril, cosechándose de julio a setiembre.

El frijol es otro producto de importancia en la sierra norte, sobretodo en los distritos agropecuarios de Huancabamba y Chota. Las mayores siembras en Huancabamba se realizan de octubre a diciembre y en Chota de diciembre a febrero.

La sierra central se destaca por ser una zona productora de papa, especialmente en las regiones agrarias de Junin y Huanuco. La papa es sembrada de setiembre a diciembre, cosechándose de enero a junio, siendo los meses de mayor producción, marzo, abril y mayo.

Otro cultivo importante es el maíz amiláceo, que se siembra de octubre a diciembre.

En la sierra sur, se destacan las regiones agrarias de Cuzco y Apurimac, las cuales siembran maíz amiláceo, trigo y papa. En estas regiones, el trigo se siembra entre octubre y enero del siguiente año, siendo el período vegetativo más largo en Apurimac que en Cuzco.

c. Selva.

En la selva, particularmente la zona llamada selva alta o ceja de selva es la que ofrece mejores condiciones para el desarrollo agrícola. Las regiones agrarias de San Martín, Amazonas y el distrito agropecuario de Jaén, se han convertido en corto plazo en grandes productores de arroz, café, maíz amarillo duro y soya.

En la ceja de selva, se acostumbra a realizar dos siembras al año. Las mayores siembras de maíz amarillo duro, frijol, son retrasadas con respecto a aquellas realizadas en la sierra. Las siembras de maíz amarillo duro, se realizan generalmente durante los meses de enero, febrero y marzo. Las cosechas se realizan generalmente durante los meses de marzo, junio y julio, con excepción de Tarapoto, que lo realizan en julio, agosto y setiembre. Los más grandes productores de maíz amarillo duro son: Tarapoto, Bagua y Jaén.

### CAPITULO III

#### DATOS Y METODOS

#### 3.1 Datos

##### 3.1.1 Datos Meteorológicos

Se utilizaron los siguientes datos:

1. Temperatura media mensual y precipitación total mensual de 35 estaciones meteorológicas cuya ubicación aparece en la figura 3.1. Para las estaciones que poseían datos de heliofanía, se requirieron totales mensuales. Estas 35 estaciones meteorológicas, distribuidas en 30 distritos agropecuarios, fueron seleccionadas por su ubicación en zonas agrícolas, serie de años de información y homogeneidad de datos. Todas integran la primera etapa del programa "Evaluación del Impacto Agroclimático" del proyecto PADI y fueron tomadas para este estudio. Se irán adicionado paulatinamente otras estaciones que permitan un mayor y mejor análisis de las condiciones agrometeorológicas en distritos agropecuarios de importancia por su producción actual o potencial agrícola.

2. Descargas mensuales del río Quiroz a partir de las estaciones hidrológicas de Los Encuentros y Paraje grande (ambas ubicadas en la provincia de Ayabaca, departamento de Piura), y del río Huaura a partir de las estaciones hidrológicas Casablanca, Sayan y Alco (en la provincia de Chancay, departamento de Lima).

3. Datos de precipitación total mensual para las estaciones meteorológicas de La Tina ( $79^{\circ}57'$ ,  $4^{\circ}24'S$ ), Sausal de Culucán ( $79^{\circ}46'W$ ,  $4^{\circ}24'S$ ), Ayabaca ( $79^{\circ}43'W$ ,  $4^{\circ}38'S$ ) de la cuenca del río Quiroz, y datos de las estaciones Dyon ( $76^{\circ}46'W$ ,  $10^{\circ}40'S$ ), Cochaquillo ( $76^{\circ}40'W$ ,  $10^{\circ}48'S$ ), Andahuasi ( $77^{\circ}14'W$ ,  $11^{\circ}08'S$ ) de la cuenca del río Huaura.

# PERU

## ESTACIONES METEOROLOGICAS

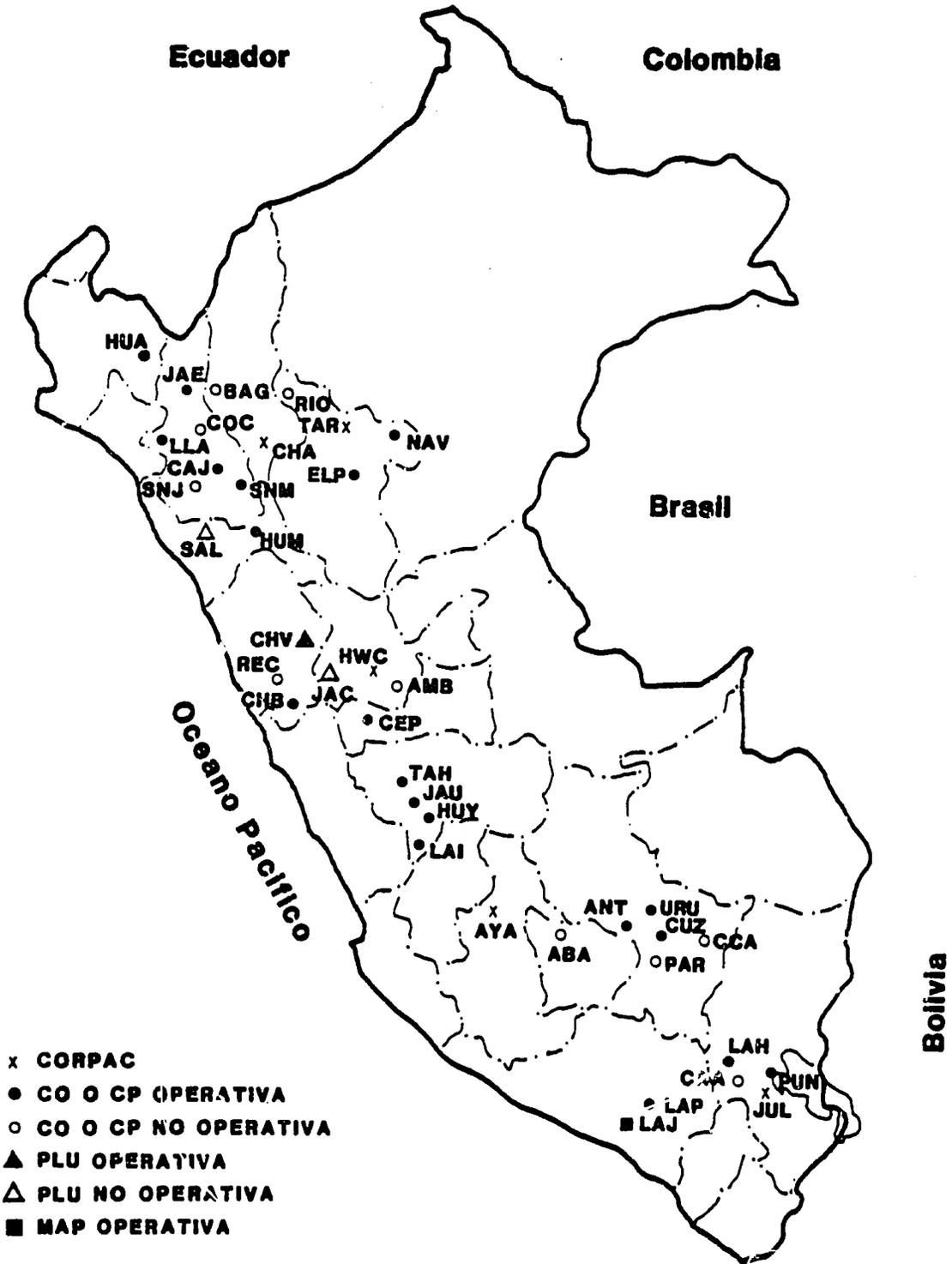


Figura 3.1 Estaciones meteorológicas seleccionadas.

### 3.1.2 Datos agrícolas

Se dispuso de 2 tipos de información

- a. Información estadística mensual de distritos agropecuarios a nivel nacional: superficie sembrada (años 1979-1984), superficie cosechada y producción (años 1980-1984) de papa, arroz, trigo, maíz amiláceo, maíz amarillo duro, frijol grano, sorgo y soya.
- b. Información estadística anual por distrito político de los departamentos de Junín y Cajamarca sobre superficie cosechada, producción y rendimientos (1970-1982) o (1972-1982) de papa, maíz amiláceo, trigo, cebada y frijol.

Debido a que en la costa la precipitación no es un factor fundamental para la evaluación del estado de los cultivos, se dio prioridad al estudio de los cultivos bajo secano en la sierra y selva alta.

Se seleccionaron 26 distritos agropecuarios de la sierra y 4 de selva alta, que aportaron mayor cantidad de datos durante los años 80-82 al valor bruto de la producción (VBP) de los cultivos considerados (ver figura 3.2). Así por ejemplo, durante 1982 los 30 distritos agropecuarios aportaron el 53% de la producción nacional de papa, el 21.7% de arroz, el 56.7% de maíz amiláceo, el 51.3% de trigo, el 16.5% de maíz amarillo duro y el 47.8% de soya y el 25.9% de frijol grano.

Con la información estadística mensual se calculó y graficó la superficie promedio sembrada durante las campañas 79/80, 80/81, 81/82 y 82/83 para cada cultivo en los distritos agropecuarios seleccionados, estableciéndose los 2 o 3 meses de mayor siembra.

De igual manera, se calculó y graficó la superficie cosechada promedio de los años 1980, 1981, 1982, y 1983, estableciéndose los meses de mayor cosecha.

# PERU

## DISTRITOS AGROPECUARIOS



Figura 3.2 Distritos Agropecuarios Seleccionados.

Los calendarios de siembras y cosechas pueden verse en el Cuadro 3.1 del presente informe. Esta información conjuntamente con la información histórica de precipitación, sirvió de base para calcular posteriormente los índices agroclimáticos.

- 1) Para efectos de administración agrícola, el Perú se encuentra dividido de 24 regiones agrarias (abarcando cada una de ellas aproximadamente un departamento). Las regiones agrarias se dividen en Oficinas Agrarias y éstas a su vez en distritos agropecuarios (cada distrito agropecuario comprende aproximadamente una provincia política).

La información anual de carácter histórico fue evaluada para la formulación de modelos de rendimiento. Previamente se seleccionaron los distritos políticos con mayor información histórica (más de 8 años) y que poseían una estación meteorológica dentro de su ámbito.

El calendario de siembras y cosechas del distrito agropecuario donde está ubicado el distrito político fue utilizado a fin de determinar los meses en los cuales la precipitación influye en mayor medida en la obtención de los rendimientos. Los resultados pueden verse en el Capítulo IV del presente informe.

### 3.1.3 Datos de suelos

La capacidad hídrica del suelo es una propiedad física que depende principalmente del tamaño de las partículas, la porosidad, el contenido de materia orgánica y el relieve. Actualmente, los datos disponibles no corresponden al emplazamiento de las estaciones meteorológicas del Proyecto; por lo cual, la capacidad hídrica fue estimada mediante otras características edáficas que, a nivel generalizado, figuran en el "Mapa Mundial de Suelos" de FAO (1970) y la escala de valores propuesta por Israelsen - Hansen (1962). Dichas estimaciones se presentan en el Anexo 1.

Cuadro 3.1

Calendario de siembras y cosechas en los distritos  
agropecuarios seleccionados.

DISTRITO AGROPECUARIO	COD CULT.	NOMBRE CULTIVO	PERIODO DE CRECIMIENTOS				
			1	2	3	4	5
HUANCABAMBA	4609	PAPA	AGO-FEB	SET-MAR	OCT-ABR	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-	-
	4111	TRIGO	ENE-JUN	FEB-JUL	MAR-AGO	-	-
	4504	FRIJOL	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	FEB-AGO	-
JAEN	4609	PAPA	JUL-NOV	AGO-DIC	-	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	AGO-MAR	SET-ABR	OCT-MAY	-	-
	4107	MAIZ DURO	ENE-MAY	FEB-JUN	MAR-JUL	ABR-AGO	-
PAGUA	4107	MAIZ DURO	ENE-JUN	FEB-AGO	-	-	-
CHOTA	4609	PAPA	OCT-MAR	NOV-ABR	DIC-MAY	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-	-
	4111	TRIGO	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-	-
	4504	FRIJOL	OCT-MAY	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-
HUAMACHUCO	4609	PAPA	SET-FEB	OCT-MAR	NOV-ABR	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-JUN	DIC-JUL	ENE-AGO	-	-
	4111	TRIGO	DIC-JUN	ENE-JUL	FEB-AGO	MAR-SET	-
ALTO MAYO	4504	FRIJOL	JUL-DIC	AGO-ENE	SET-FEB	OCT-MAR	-
HUARAZ	4609	PAPA	SET-ABR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	SET-ABR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4107	MAIZ DURO	NOV-MAY	-	-	-	-
	4111	TRIGO	FEB-JUN	MAR-JUL	-	-	-
	4504	FRIJOL	SET-ENE	OCT-FEB	NOV-MAR	DIC-ABR	-
JAUJA	4609	PAPA	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
	4111	TRIGO	NOV-JUN	DIC-JUL	ENE-AGO	-	-
	4504	FRIJOL	NOV-ABR	DIC-MAY	-	-	-
HUARAZ	4609	PAPA	SET-ABR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	SET-ABR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4111	TRIGO	FEB-JUN	MAR-JUL	-	-	-
	4504	FRIJOL	SET-ENE	OCT-FEB	NOV-MAR	DIC-ABR	-
HUANUCO	4609	PAPA	OCT-FEB	NOV-MAR	-	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	OCT-MAY	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-
	4111	TRIGO	ENE-JUN	FEB-JUL	-	-	-
	4504	FRIJOL	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-	-
TARMA	4609	PAPA	SET-MAR	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	-
	4504	FRIJOL	NOV-ABR	DIC-MAY	ENE-JUN	-	-
PASCO	4609	PAPA	AGO-FEB	SET-MAR	OCT-ABR	NOV-MAY	-
	4108	MAIZ AMILACEO	ENE-JUN	FEB-JUL	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
	4111	TRIGO	DIC-JUN	ENE-JUL	FEB-AGO	-	-
HUANCAYO	4609	PAPA	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	OCT-MAY	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-
	4111	TRIGO	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-	-
	4504	FRIJOL	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	-
ANTA	4609	PAPA	OCT-ABR	NOV-MAY	NOV-JUN	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	SET-ABR	OCT-MAY	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	OCT-MAY	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-
	4111	TRIGO	NOV-JUN	DIC-JUL	ENE-AGO	-	-
	4504	FRIJOL	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-
CUSCO	4609	PAPA	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	SET-ABR	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-
	4107	MAIZ DURO	ENE-MAY	-	-	-	-
	4111	TRIGO	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-
JULIACA	4609	PAPA	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-
	4111	TRIGO	OCT-MAY	NOV-JUN	-	-	-
TARAPOTO	4107	MAIZ DURO	FEB-AGO	MAR-SET	-	-	-
	4504	FRIJOL	ENE-MAY	FEB-JUN	-	-	-

Nota: cada período de crecimiento se inicia con el mes de siembra y termina con el mes de cosecha.

Cuadro 3.1 (continuación).

## Calendario de siembras y cosechas en los distritos

## Agropecuarios Seleccionados.

DISTRITO AGROPECUARIO	COD CULT.	NOMBRE CULTIVO	PERIODO DE CRECIMIENTO				
			1	2	3	4	5
ABANCAY	4609	PAPA	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-JUN	DIC-JUL	-	-	-
	4111	TRIGO	DIC-JUN	ENE-JUL	FEB-AGO	-	-
	4504	FRIJOL	OCT-MAR	NOV-ABR	DIC-MAY	ENE-JUN	-
CAJAMARCA	4609	PAPA	AGO-ENE	SET-FEB	OCT-MAR	NOV-ABR	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	OCT-MAR	-	-	-	-
	4111	TRIGO	DIC-JUN	ENE-JUL	FEB-AGO	-	-
CHACHAPOYAS	4609	PAPA	OCT-MAR	NOV-ABR	DIC-MAY	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	DIC-JUL	ENE-AGO	FEB-SET	-	-
	4111	TRIGO	DIC-MAY	ENE-JUN	FEB-JUL	MAR-AGO	ABR-SET
	4107	MAIZ DURO	FEB-JUL	JUL-DIC	-	-	-
TARAPOTO	4107	MAIZ DURO	FEB-AGO	MAR-SET	-	-	-
	4504	FRIJOL	ENE-MAY	FEB-JUN	-	-	-
AYACUCHO	4609	PAPA	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-	-
	4111	TRIGO	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-
	4504	FRIJOL	OCT-MAR	NOV-ABR	DIC-MAY	ENE-JUN	-
JULIACA	4609	PAPA	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	-	-
	4111	TRIGO	ENE-JUN	FEB-JUL	-	-	-
OTUZCO	4609	PAPA	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-
	4108	MAIZ AMILACEO	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-	-
	4107	MAIZ DURO	MAY-SET	-	-	-	-
	4111	TRIGO	ENE-JUN	FEB-JUL	-AGO	-	-
HUARI	4609	PAPA	SET-MAR	OCT-ABR	NOV-MAY	DIC-JUN	-
	4108	MAIZ AMILACEO	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-JUL	-	-
	4111	TRIGO	DIC-JUN	ENE-JUL	FEB-AGO	-	-
	4504	FRIJOL	NOV-MAY	DIC-JUN	ENE-	-	-

Nota: cada período de crecimiento se inicia con el mes de siembra  
y termina con el mes de cosecha.

Estas estimaciones deberán ser verificadas mediante el análisis edafológico.

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Homogeneidad de los registros

La prueba de Sved Eisenhart permite comprobar la homogeneidad de una serie estadística. Para el efecto, se determina la mediana (M) y se cuenta el número de veces (S) que la serie cambia de valores superiores a inferiores de M y viceversa. La serie es homogénea si:

$$0,45 N - 2 < S < 0,55 N$$

En donde, N es el tamaño de la muestra: número de años, meses etc.

Si S es mayor que el límite superior posiblemente exista una oscilación; si está por debajo del límite inferior podría existir una tendencia, por ejemplo, un cambio del emplazamiento de la estación podría modificar la homogeneidad de la serie produciendo una oscilación anormal o una tendencia.

#### 3.2.2 Evapotranspiración potencial (PE)

La evapotranspiración potencial es la cantidad máxima de agua que puede evaporarse desde una cobertura uniforme y densa de hierba corta (cultivo de referencia) y el suelo que la sustenta, cuando el suministro de agua es ilimitado.

La evapotranspiración potencial puede ser medida mediante evapotranspirómetros o estimada por fórmulas que tienen como datos de entrada uno o más parámetros meteorológicos. En este trabajo, se utilizaron dos métodos de estimación: el método de Thornthwaite y el de Hargreaves.

METODO DE THORNTHWAITTE (1948)

El cálculo por este método requiere la temperatura media mensual del aire y un coeficiente (K) que depende de la latitud y el mes a que está referida. Se expresa de la siguiente manera:

$$PE = 1,6 (10 t/I)^a \text{ (cm/mes)}$$

PE, es la evapotranspiración potencial del mes en cm.

T, es la temperatura media mensual del aire en °C.

I, es la índice de calor anual. Se calcula en función de T.

a, exponente calculado en función de I.

Esta fórmula tiene la ventaja de utilizar como datos unicamente la temperatura y la latitud del lugar para efectuar el cálculo; sin embargo, la temperatura no refleja necesariamente el balance de energía que, a su vez, está estrechamente relacionado con la evapotranspiración.

METODO DE HARGREAVES (1975)

La ecuación de este autor se basa en datos de la radiación solar y la temperatura media mensual.

$$PE = 0,0075 \text{ RSM} \times \text{TF} \text{ (mm/día)}$$

RSM, radiación solar en mm/día.

TF, temperatura media mensual en °F

Si se dispone de datos de temperatura en °C se puede usar:

$$PE = \text{RSM} (0,0135 T + 0,24) \text{ (mm/día)}$$

Si no se cuenta con datos de radiación solar, esta puede ser estimada con datos de heliofanía.

METODO DE PENMAN (1948)

Este método no se utilizó en los análisis pero se lo incluye como referencia. Se presenta una forma simplificada por Rosenberg (1974) de la ecuación de Penman. Los datos de entrada son: La radiación solar neta, el

deficit de saturación del vapor de agua y la velocidad del viento.

$$PE = \frac{a R_n + bc (e_s - e_a)(1 + U \cdot 10^{-2})}{a + b} \quad (\text{mm/día})$$

- a, primera derivada de la presión de vapor de saturación del vapor de saturación del agua pura con respecto a la temperatura media del aire en mm Hg C<sup>-1</sup>.
- R<sub>n</sub>, radiación solar neta en mm/día.
- b, constante de la ecuación higrométrica: 0,27 mm Hg C<sup>-1</sup>.
- c, constante adimensional igual a 0,35.
- e<sub>s</sub>, presión del vapor saturado en mm Hg.
- e<sub>a</sub>, presión de vapor real en mm Hg.
- U, velocidad media del viento a 2m de altura en km/día.
- e<sub>s</sub> y e<sub>a</sub> se calculan en función de las temperaturas del bulbo seco húmedo.

Este método tiene la ventaja de considerar la energía solar y los flujos de vapor dentro de la superficie de evapotranspiración del cultivo y la baja atmósfera. La desventaja estriba, en la limitada disponibilidad de datos: elementos como la radiación solar, el brillo solar o el viento no son observados en muchas estaciones del país.

### 3.2.3 Coeficientes de cultivo

Algunos de los índices agroclimáticos utilizados para evaluar el estado de los cultivos consideran ciertas relaciones hídricas conocidas como coeficientes de cultivo (KC). Estos coeficientes representan la relación entre una evapotranspiración de referencia (PE) y aquella del cultivo en cuestión (RAC), de forma tal que RAC=KC.PE. Estos KC dependen de las condiciones ambientales (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, etc.) y de las características del cultivo (tipo de

cultivo, variedad, fecha de siembra, etapa de desarrollo, velocidad de crecimiento, etc.)

Normalmente, no se dispone de valores obtenidos "in situ" de estos coeficientes para todas las zonas del mundo, pero su cálculo es posible mediante el uso de tablas obtenidas a partir de datos experimentales (FAO, 1977). El cuadro 3.2 muestra los valores estimados para los cultivos en estudio.

#### Cálculo de los coeficientes.

- a. Establecer la fecha de siembra (a partir de un calendario de siembras y cosecha).
- b. Establecer la duración de los períodos fenológicos o estimarlos a partir de tablas o información local.
- c. Buscar el valor de KC para la fase de siembra a emergencia e indicarlo en el gráfico respectivo, tomando en cuenta las condiciones ambientales.
- d. El valor de KC para la cosecha se traza al final de la fase de maduración.
- e. Las fases de crecimiento y de maduración se representan por rectas que unen el final de la fase anterior con el inicio de la siguiente, tal como lo indica la figura del ejemplo.
- f. Finalmente, se ajusta esta curva, de la cual pueden obtenerse valores de KC cada diez o treinta días.

La figura 3.3 presenta un ejemplo para un cultivo de maíz de 6 meses de duración.

Ejemplo de cálculo.

Localidad: Cajamarca.

Cultivo: maíz.

Período del cultivo: 6 meses.

## EJEMPLO DE CALCULO DE COEFICIENTES KC

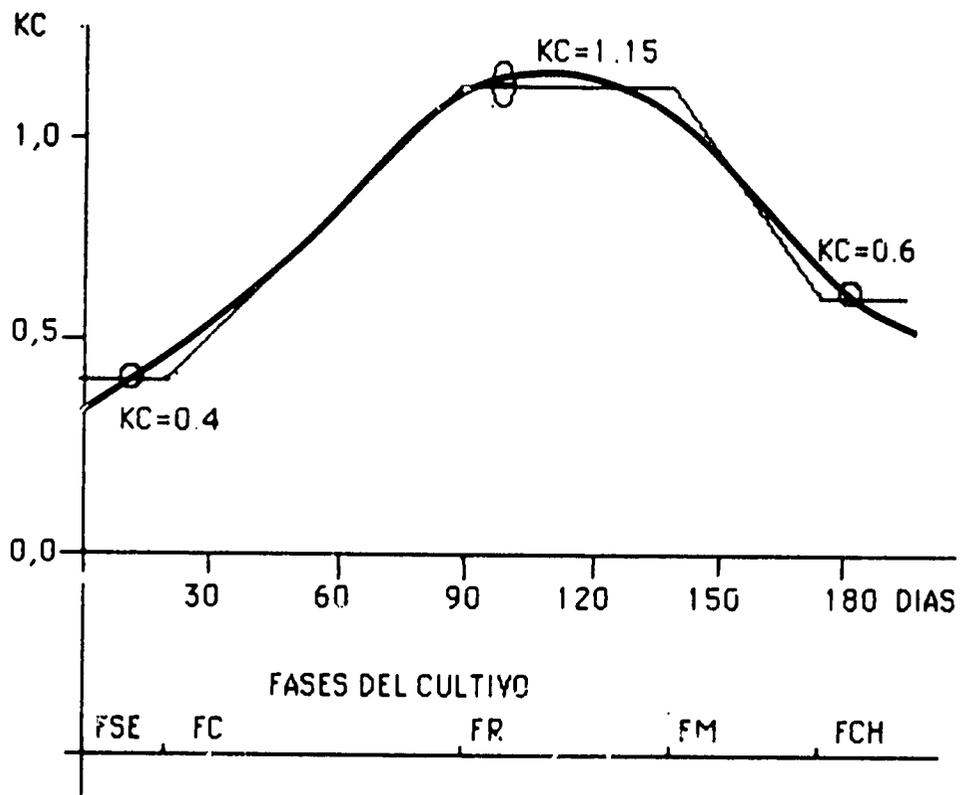


Figura 3.3 Ejemplo de cálculo de coeficientes para el cultivo de maíz.

Condiciones meteorológicas: vientos moderados y humedad relativa media.

Fecha de siembra: octubre.

Duración de las fases del cultivo.

1. Fase de siembra a emergencia (FSE): 20 días.
2. Fase de crecimiento (FC): 70 días.
3. Fase reproductiva (FR): 45 días.
4. Fase de maduración (FM): 40 días.
5. Fase de cosecha (FC): abierto.

Valor de KC (FSE): 0.4

Valor KC (FCH): 1.15

Valor KC (FCH): 0.6

Los valores interpolados de KC y representativos para un cultivo de 6 meses de ciclo son los siguientes:

Primer mes	:	0,45
Segundo mes	:	0,65
Tercer mes	:	0,90
Cuarto mes	:	1,15
Quinto mes	:	1,05
Sexto mes	:	0,80

El cuadro 3.2 presenta los coeficientes mensuales para los cultivos de papa, maíz amiláceo y duro, frijo, trigo y soya con un ciclo de 4 a 8 meses.

#### 3.2.4 Balance hídrico (Palmer, 1965)

El método utilizado considera al suelo conformado por dos capas arbitrarias. La superior, (S), llamada superficial y que podría equivaler a la capa arable, con una capacidad máxima de almacenamiento de agua de

CUADRO 3.2 - VALORES ESTIMADOS DE LOS  
COEFICIENTES DE CULTIVOS (KC)

CULTIVOS	PV	MES DEL CICLO DEL CULTIVO							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PAPA	4	0.45	0.9	1.1	0.85				
	5	0.45	0.7	1.1	1.1	0.9			
	6	0.45	0.6	0.95	1.15	1.05	0.8		
	7	0.40	0.55	0.85	1.10	1.15	1.0	0.8	
MAIZ AMILACEO	4	0.45	0.9	1.15	0.9				
	5	0.4	0.7	0.9	1.15	0.9			
	6	0.4	0.65	0.9	1.15	1.05	0.8		
	7	0.4	0.6	0.9	1.15	1.15	0.95	0.75	
	8	0.4	0.5	0.8	1.0	1.15	1.15	0.9	0.65
MAIZ DURO	4	0.35	0.85	1.1	0.75				
	5	0.35	0.55	1.0	1.1	0.85			
	6	0.3	0.55	0.95	1.1	1.05	0.85		
	7	0.3	0.45	0.8	1.05	1.1	0.9	0.6	
	8	0.3	0.4	0.7	0.9	1.1	1.1	0.9	0.6
FRIJOL	4	0.45	0.85	1.15	0.45				
	5	0.4	0.75	1.15	1.1	0.4			
	6	0.35	0.7	1.0	1.15	0.9	0.3		
	7	0.35	0.65	1.0	1.15	1.15	0.85	0.3	
TRIGO	5	0.45	0.85	1.15	1.1	0.4			
	6	0.4	0.80	1.10	1.15	0.95	0.3		
	7	0.35	0.6	0.9	1.15	1.15	0.85	0.3	
SOYA	4	0.35	0.75	1.0	0.7				

25 mm (1 pulgada) y la inferior (U) con una capacidad variable de almacenamiento.

Para el cálculo del balance hídrico se establecen las siguientes suposiciones:

- a. La evaporación se produce en la capa superior, hasta que todo su contenido de humedad haya sido removido; solo entonces se utiliza la humedad de la capa inferior.
- b. No se produce recarga en la capa inferior si antes no se ha saturado la superior.
- c. Las pérdidas en la capa inferior dependen de las magnitudes de la evapotranspiración potencial, su contenido inicial de humedad y de la capacidad de saturación del perfil del suelo considerado.

Entonces:

$$L_s = S_s \quad \text{o bien:} \quad L_s = (PE - P)$$

$$\text{Si: } (PE - P) < S_s.$$

$L_s$ , es la humedad perdida en la capa superficial.

$S_s$ , es la humedad almacenada en la capa superficial a comienzo de mes.

$PE$ , es la evapotranspiración potencial para el mes.

$P$ , es la precipitación para el mes.

$$L_u = (PE - P - L_s) \frac{S_u}{AWC}$$

$S_u$ , es la humedad almacenada en la capa inferior a principio del mes.

$AWC$ , es la capacidad de almacenamiento en ambos niveles.

### 3.2.5 Índices agroclimáticos

Un índice es una magnitud que interrelaciona variables y permite ponderar las variaciones temporales o espaciales de un fenómeno.

El problema de la sequía agrícola puede ser analizado mediante índices adecuados. En este trabajo se utilizan: 1. El Índice Hídrico del cultivo, 2. El Índice de Condición del Cultivo, 3. El Índice de Humedad del Suelo, 4. El Índice de Palmer y 5. El Índice de FAD.

#### ÍNDICE HIDRICO DEL CULTIVO (IHC<sub>j</sub>)

Fue desarrollado por el CEAS (1979). Tiene la siguiente expresión:

$$IHC_j = \sum_{i=1}^N P_i \cdot KC_{i,j} \quad (\text{mm})$$

Siendo  $P_i \leq$  Capacidad de Campo del Suelo.

$P_i$ , es la precipitación en la etapa  $i$  del cultivo. La suma se inicia con la siembra y termina con la floración, por ser el período de mayor criticidad a la falta de agua.

$KC_{i,j}$ , es el coeficiente del cultivo  $j$  en la etapa  $i$ .

Este índice permite ponderar la precipitación en función de los requerimientos de agua para cada etapa del cultivo.

#### ÍNDICE DE CONDICION DEL CULTIVO (ICC<sub>j</sub>)

Fue desarrollado por Ravelo y Steyaert (1983) y tiene la siguiente expresión:

$$ICC_j = \sum_{i=1}^N \frac{PA_{i-1} + P_i}{RAC_{j,i}} \quad (\text{adimensional})$$

Donde:  $PA_{i-1}$ , es la precipitación ajustada del período anterior.

$RAC_{j,i}$ , es el requerimiento de agua del cultivo  $j$  en el período  $i$ .

$$RAC_{j,i} = PE_i \cdot KC_{j,i}$$

Cuando:  $RAC_{j,(i-1)} < P_{i-1}$

Entonces:  $PA_i = P_{i-1} - RAC_{j,(i-1)}$

Cuando:  $P_{i-1} < RAC_{j,(i-1)}$ , entonces:  $PA_i = 0$

### INDICE DE HUMEDAD DEL SUELO (IHS)

Fue desarrollado por Ravelo y Decker (1979) y su expresión es:

$$IHS = AU_i / AUM \quad (\text{adimensional})$$

con:  $0 \leq IHS \leq 1$

$AU_i$ , es el agua útil en el período  $i$ . Es el término  $S_s$  derivado del balance hídrico por el método de Palmer.

$AUM$ , es el agua útil máxima.

$$AUM = CC - PMP$$

### INDICE DE FAO (I)

Fue desarrollado por Frere y Popov (1977). Su cálculo parte de un método simplificado del balance hídrico que tiene la siguiente expresión.

$$P_i = RAC_{j,i} + S_i - S_{i-1} + DE_i \quad (\text{mm/período})$$

$P_i$ , es la precipitación en el período  $i$ . Generalmente se toman períodos de diez días.

$S_i, S_{i-1}$ , almacenamiento de agua en los períodos  $i$  e  $i-1$ .

$DE_i$ , deficiencias o excesos en el período  $i$ :

Deficiencias cuando:  $DE_i < 0$

Excesos cuando:  $0 < DE_i$

Para el cálculo del índice se supone que la reserva en el período anterior a la siembra es cero:  $S_0 = 0$  y se atribuye al índice el valor 100:  $I_1 = 100$ . Desde el segundo período se calcula según las siguientes condiciones:

$DE_1 < 0$ , entonces:  $I_1 = I_{1-1} + (100 \cdot DE_1) / RC_{1,1}$

$0 \leq DE_1 \leq 100$ , entonces:  $I_1 = I_{1-1}$

$100 < DE_1$ , entonces:  $I_1 = I_{1-1} - 3$

#### INDICE DE SEQUIA DE PALMER (PDI)

El índice de Palmer (1965) es una medida de las anomalías de humedad. Cada valor expresa la desviación del estado atmosférico del mes con respecto al estado climático húmedo promedio del mismo. El procedimiento ponderativo posibilita la comparación entre localidades diferentes. El método para calcular el PDI consiste en los siguientes pasos:

- a. Balance hídrico mensual de una serie larga de años.

Para este paso se utiliza la técnica de Palmer, descrita anteriormente. Como resultado, se obtienen los siguientes valores:

Humedad disponible en ambas capas de suelo al final del mes  
(Ss, Su)

Evapotranspiración Potencial y Actual (PE, ET)

Escorrentía (RO)

Pérdida de humedad en ambas capas (Ls, Lu)

Recarga.

Valores potenciales. Expresan una medida de la máxima condición que podría existir:

Recarga Potencial (PR): Cantidad de agua necesaria para llevar al suelo a capacidad de campo.

Pérdida Potencial (PR): Cantidad de agua que puede perder el suelo siempre que la precipitación durante el período sea cero.

Escorrentía Potencial (PRO): Diferencia entre la capacidad hídrica disponible y la recarga potencial.

- b. Resumen de los resultados para obtener los coeficientes dependientes del clima del área:

Coeficiente de Evpotranspiración.

$$\alpha = \bar{ET} / \bar{PE}$$

Con el que se obtiene la demanda mensual de humedad, ET, climáticamente apropiada para las condiciones existentes (CAPCE).

$$\hat{ET}_i = \alpha * PE_i$$

Coeficiente de Recarga.

$$\beta = \bar{R} / \bar{PR}$$

Usado con la recarga potencial da un estimado de la recarga CAPCE.

$$\hat{R}_i = \beta * PR_i$$

Coeficiente de Escorrentía.

$$\gamma = \bar{RO} / \bar{PRO}$$

La escorrentía CAPCE representa la cantidad de agua que fue requerida para mantener los recursos de humedad del área en un "nivel normal".

$$\hat{RO}_i = \gamma * PRO_i$$

es el coeficiente de pérdida.

$$\zeta = \bar{L} / \bar{PL}$$

$$\hat{L}_i = \zeta * PL_i$$

- c. Calcular la serie usando los coeficientes derivados para determinar la cantidad de humedad requerida para el estado atmosférico normal de cada mes. Los valores CAPCE, descritos anteriormente, son usados para estimar la precipitación CAPCE (P), que es la cantidad de precipitación que debería haberse mantenido

en los recursos de agua del área para conseguir un nivel apropiado.

$$P = ET + R + RO - L$$

Las desviaciones en cada mes representan desviaciones del estado climático húmedo promedio del área.

$$d_i = P_i - P_i$$

$P_i$ , es la precipitación actual del mes  $i$ .

$P_i$ , es la precipitación CAPCE del mes  $i$ .

- d. Conversión de las desviaciones en índices de anomalías de humedad. El valor  $K_i$  es calculado como una medida de la significancia local de las desviaciones de humedad. Esto es inicialmente estimado por una relación empírica ( $K'$ ), que luego es ajustada para un rango de climas ( $K_i$ ).

$$K' = \frac{(\overline{PET} + \overline{R})}{(\overline{P} + \overline{L})}$$

$$K_i = 1,5 \log \frac{(PE_i + R_i + RO_i + 2.8)}{P_i + L_i} + 0,5 \overline{D}_i$$

En Donde:

$$\overline{D}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |D_{i,j}|$$

$i$ : mes,  $j$ : año,  $n$ : número de años.

$K_i$  se evalúa con la siguiente escala de calificación

$4, \leq K_i$  , Extremadamente húmedo.

$3, \leq K_i < 4$  , Muy húmedo.

$2, \leq K_i < 3$  , Moderadamente húmedo.

$1, \leq K_i < 2$  , Ligeramente húmedo.

$-1, \leq K_i < 1$  , Normal

$-2, \leq K_i < -1$  , Sequía ligera.

-3,  $\leq K_1 < -2$ , Sequía moderada.

-4,  $\leq K_1 < -3$ , Sequía severa.

$K_1 < -4$ , Sequía extrema.

### FORMA DE EXPRESION DE LOS INDICES AGROCLIMATICOS

Las variables meteorológicas se pueden expresar en valor absoluto, también pueden ser referidas a los parámetros estadísticos de posición de la serie a la que pertenecen. Finalmente, un modo recomendable consiste en referirlas a formas no paramétricas de caracterización de series estadísticas, como la fragmentación de la serie en partes iguales. En el presente caso se utilizan los percentiles.

#### 3.2.6 Modelos agroclimáticos de rendimiento

La explicación del clima en términos del desarrollo, crecimiento y producción de los cultivos es el propósito principal de los modelos numéricos cultivo-clima.

La interpretación numérica de los datos de clima tienen muchos usos en la agricultura operacional y científica. Algunos de estos incluyen el planeamiento del uso de la tierra, la zonificación de cultivos, la estrategia de su administración, los estudios fisiológicos y morfológicos de los cultivos, la ingeniería genética de la planta, la contribución del impacto climático, la administración del agua de irrigación, y los pronósticos del desarrollo, maduración, rendimiento y producción de cultivos. En efecto, para cualquier empresa agrícola donde el clima se considera de influencia en los resultados finales, un modelo numérico proporcionará una interpretación más racional y objetiva de la influencia del clima que simples consideraciones y suposiciones subjetivas.

Existen, básicamente, 3 tipos de modelos, cada uno de los cuales comprende, de acuerdo a la pregunta del problema agrícola que pretende resolver, un número específico de factores climáticos sensibles a dicho problema. En este informe se tratarán los modelos estadísticos-empíricos y los modelos estadísticos físicos:

a. Modelos estadísticos-empíricos

Los artículos de R. Fisher (1924) y W.M. Obuhov (1949) son ejemplos de trabajos básicos en la búsqueda de relaciones empíricas-estadísticas para calcular rendimientos. Fisher mostró que cuando el número de factores potencialmente influyentes es de un cierto orden, el número de observaciones debe también de ser del mismo orden o mayor. Esto dirige al concepto de los grados de libertad. Obuhov realizó un uso intensivo del análisis de regresión múltiple para estudiar la influencia de las condiciones meteorológicas en los rendimientos.

Este tipo de análisis es usado extensivamente en el tipo de regresiones lineales, expresadas en la forma

$$y = a + \sum_{i=1}^n B_i * X_i$$

Donde  $y$  es el estimado del rendimiento,  $a$  es una constante,  $B_i$  ( $i=1$  a  $n$ ) son coeficientes y  $X_i$  son los  $n$  factores que influyen el rendimiento.

b. Modelos estadístico-físicos

Estos modelos intentan describir matemáticamente los procesos involucrados en el rendimiento y desarrollo del cultivo por medio de los análisis de regresión (Dmitrenko, 1980; Baier, 1973). Baier propuso un modelo de la forma:

$$y = \sum_{t=0}^m V_1 * V_2 * V_3$$

Donde  $y$  es la variable dependiente representativa del rendimiento final o el rendimiento de la parte valorable económicamente de la planta en cualquier estado dado de desarrollo,  $t$ . El valor de  $t$  es determinado por la escala de tiempo biometeorológico desarrollada por Robertson (1968) y varía desde  $t=0$  en el tiempo de siembra,  $t=1$  en la emergencia de la plántula,  $t=2$  en el anudamiento y así sucesivamente hasta  $t=m$  en la maduración.  $V_1$ ,  $V_2$ , y  $V_3$  son funciones no lineales de las variables de entrada seleccionadas,  $X_j$ , tales que:

$$V_j = a_0 + a_1 X_j + a_2 X_j^2$$

Donde  $a_0$ ,  $a_1$ , y  $a_2$  son funciones polinómicas de cuarto grado de  $t$ , los coeficientes de las cuales fueron evaluados por métodos de optimizaciones numéricas para cada función. Las funciones  $V_j$  pueden ser funciones de la temperatura del aire máxima o mínima, humedad del suelo, la relación de evapotranspiración actual a potencial, radiación global. La combinación más informativa de 3 factores, de los 5 enumerados, fue encontrada que era la radiación global, temperatura mínima y la relación evapotranspiración actual a potencial. Los coeficientes en el modelo fueron evaluados usando datos de rendimiento para trigo primaveral en Canadá.

Los modelos desarrollados por Dmitrenko (1980) son otra ilustración de los del tipo estadístico físico. Ellos fueron usados para estimar el rendimiento de trigo invernal, cebada primaveral, maíz, arroz invernal, papas, azúcar de remolacha y

girasol. La relación entre el rendimiento y los factores que influenciaron fue expresada por la fórmula

$$y = y_j(1-P) * f(K) * S(T,R) * h(I)$$

Donde  $y$  es el rendimiento estimado,  $y_j$  es el rendimiento estadístico máximo anual para el ejésimo año.  $P$  es la densidad del cultivo,  $f(K)$  es una función de floración,  $S(T,R)$  es un índice de productividad que encierra una función de los elementos meteorológicos durante los períodos de primavera y verano.  $h(I)$  es un índice que encierra el nivel de rendimiento para varias relaciones de área cosechada a área sembrada.

### 3.2.7 Desarrollo de modelos agroclimáticos de rendimientos

Para los medios y objetivos del proyecto parece suficiente y razonable el planteamiento inicial de modelos estadísticos-empíricos, por tal motivo se describirá a continuación las etapas y los requerimientos para la formulación de un modelo de este tipo:

#### 1RA ETAPA - DATOS:

##### a. Meteorológicos

- Precipitación.
- Temperatura.
- Radiación
- Viento (Sujeto a consideración de acuerdo a su velocidad media mensual, se toma en cuenta para velocidades mayores de 20 km/h).

##### b. Agrícolas

- Rendimientos.
- Calendario de cultivos.
- Prácticas agrícolas.

## c. Suelos

- Constantes Hídricas:
  - . Capacidad de campo.
  - . Punto de marchitez permanente.
- Profundidad del suelo.
- Densidad aparente.

2DA ETAPA - METODOS

## a. Regresión Simple

$$y = a + b * X$$

Donde:

- y = rendimiento estimado.
- a = ordenada en el origen.
- b = denpiente.
- x = variable meteorológica.

## b: Regresión Multiple

$$y = a + \sum_{i=1}^m b_i * X_i$$

Donde:

- y = rendimiento estimado.
- $X_i$  = son las variables meteorológicas consideradas que influyen rendimiento.

3RA ETAPA - ANALISIS Y EVALUACION:

- a. Gráficos de los datos. Para la determinación de tendencias o no homogeneidades.
  - Agrícolas
  - Meteorológicos

b. Selección de variables meteorológicas

- Considerar el calendario de cultivos en función de cuando el cultivo esta afectado por esa variable.
- Elaborar un análisis de correlación
- Mediante el uso de técnicas tipo "stepwise" determinar las variables más significativas evitando caer en multicolinealidad.
- Desarrollar el modelo con las variables de mayor coeficiente de correlación.
- Graficar los resultados del modelo (valores estimados versus los valores observados).
- Evaluar el modelo mediante datos de control (datos de una serie de 3 a 5 años que no han sido utilizados en formulación del modelo).

Un error de estimación de 10% a 15% es aceptable.

## CAPITULO IV

## APLICACION DE LOS MODELOS AGROCLIMATICOS

## 4.1 Aspectos Generales

La aplicación de los índices, y modelos agroclimáticos para la evaluación del impacto climático en los cultivos esta supeditada en parte a la disponibilidad de información meteorológica y agrícola actualizada. La evaluación del estado de los cultivos se realizará fundamentalmente mediante el uso del índice hídrico. Este índice presenta la ventaja de requerir solamente datos de precipitación, de allí la posibilidad de poder extender su aplicación a un mayor número de localidades. Los índices de humedad del suelo y el de Palmer se usaran en forma complementaria. La humedad del suelo y el nivel de escorrentía constituyen una importante información adicional para evaluar el deficit y exceso hídrico a los cuales esta expuesto el cultivo. La ocurrencia y magnitud de sequías o excesos de humedad se pueden identificar rapidamente mediante el índice de Palmer.

Los índices y modelos agroclimáticos han sido programados para su ejecución en computadoras de forma de obtener resultados rápidos y correctos.

## 4.2 Evaluación de la Campaña Agrícola 1983-1984

Síntesis

A diferencia de la campaña anterior, caracterizada por condiciones atmosféricas extremadamente anómalas, la campaña agrícola 1983-84 se llevó a cabo normalmente en casi todo el país. Sólo en algunas zonas de la sierra las intensas lluvias ocasionaron algunos daños a los cultivos.

### Análisis

En la zona norte, en el distrito agropecuario de Cajamarca, las intensas lluvias durante los meses de diciembre, febrero y marzo (173%, 237% y 112% de lo normal respectivamente) determinaron elevados valores del índice agroclimático que denotaban problemas de exceso de humedad en el cultivo de trigo (ver cuadro 4.2). Los rendimientos de este cultivo estuvieron por debajo del nivel de otros años con condiciones atmosféricas normales.

En los distritos agropecuarios de Huaraz y Huari, los cultivos de maíz y papa sembrados en setiembre y octubre, se vieron afectados en sus primeras fases de crecimiento por la escasez de precipitación durante dichos meses, (ver cuadro 4.1) que determinó los bajos valores del índice agroclimático (ver cuadro 4.2). La ausencia de lluvias causó, en el distrito agropecuario de Otuzco, un retraso en las siembras de papa y maíz. Posteriormente las intensas lluvias ocurridas en los primeros meses de 1984 causaron problemas de exceso de humedad en los cultivos de trigo, frijol, maíz, y papa, mostrado por los valores del índice excepcionalmente altos (ver cuadro 4.2).

En la sierra central, en el distrito agropecuario de Huancayo, durante los meses de noviembre y diciembre, la precipitación acusó valores bajos (75% y 38% de lo normal respectivamente). Los valores del índice agroclimático denotaban un estado de sequía en la primera fase de los cultivos (ver cuadro 4.2). Posteriormente, en el primer trimestre de 1984, las intensas lluvias (140%, 208% y 120% de lo normal respectivamente para enero, febrero y marzo) determinaron condiciones de exceso de humedad que causaron problemas al cultivo de trigo, aunque los rendimientos no fueron reducidos significativamente. En esos meses, las reservas del suelo se llenaron por completo (ver cuadro 4.3) y hubo una considerable

CUADRO 4.1 VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION  
EN LOS DISTRITOS CON PROBLEMAS

DISTRITO AGROPEC.	ESTACION METEORO- LOGICA	SET		OCT		NOV		DIC		ENE		FEB		MAR		ABR		MAY	
		P	%PN																
CAJAMARCA	WEBERBAUER	19	63	87	115	28	48	118	173	25	33	234	237	124	112	80	134	79	239
OTUZCO	SALPO	15	58	42	74	22	67	176	357	56	66	278	293	25	21	43	58	-	-
HUARAZ	CHIQUIAN	0	0	0	0	30	44	59	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HUARI	CHAVIN	8	27	0	0	0	0	208	215	279	253	328	223	280	175	194	205	35	140
HUANCAYO	HUAYAO	40	87	60	90	53	76	35	39	171	140	242	208	132	119	36	56	21	85
AYACUCHO	AYACUCHO	41	163	44	136	9	29	0	0	83	78	191	182	97	108	32	100	3	33
CUSCO	GJA. KAYRA	6	23	26	54	44	70	100	101	199	143	142	126	71	75	83	217	-	-
PUNO	PUNO	46	155	27	73	30	63	104	109	319	214	330	241	223	163	40	109	18	184
JULIACA	JULIACA	21	86	23	62	26	55	128	145	270	218	166	162	106	115	77	203	20	202
	LAMPA	33	104	44	100	27	44	44	41	392	245	306	227	164	145	83	201	17	196

P: PRECIPITACION ABSOLUTA EN MM.

%PN: PORCENTAJE DE LA PRECIPITACION NORMAL EN %.

CUADRO 4.2

VARIACION DEL INDICE AGROCLIMATICO  
EN LOS DISTRITOS AGROPECUARIOS CON PROBLEMAS

DISTRITO AGROPECUARIO	ESTACION METEOROLOGICA	CULTIVO	MES DE SIEMBRA	INDICES AGROCLIMATICOS MENUSALES						
				1	2	3	4	5	6	7
CAJAMARCA	WEBERBAUER	TRIGO	ENERO	10	95	80	85	90	s/d	s/d
OTUZCO	SALPO	PAPA	DICIEMBRE	95	72	95	68	59	s/d	s/d
HUARAZ	CHIQUIAN	PAPA	SETIEMBRE	15	5	10	21	s/d	s/d	s/d
		MAIZ	OCTUBRE	5	15	21	s/d	s/d	s/d	
HUARI	CHAVIN	PAPA	OCTUBRE	4	4	61	90	90	95	95
		MAIZ	NOVIEMBRE	4	71	90	95	95	95	95
		TRIGO	ENERO	95	95	95	95	95	95	
		FRIJOL	ENERO	95	95	95	95	95	s/d	
HUANCAYO	HUAYAO	PAPA	NOVIEMBRE	28	1	60	98	96	94	98
		TRIGO	DICIEMBRE	3	63	98	96	89	89	
		FRIJOL	NOVIEMBRE	28	1	60	98	96	96	
AYACUCHO	AYACUCHO	PAPA	NOVIEMBRE	5	5	5	61	50	50	44
CUSCO	GJA. KAYRA	PAPA	NOVIEMBRE	28	1	60	98	90	94	98
		MAIZ	SETIEMBRE	16	13	13	27	67	83	72
PUNO	PUNO	PAPA	OCTUBRE	50	17	56	95	95	95	95
		TRIGO	OCTUBRE	52	28	57	95	95	96	95
JULIACA	JULIACA	PAPA	OCTUBRE	30	17	56	95	95	95	95
		TRIGO	OCTUBRE	30	21	32	95	95	95	
	LAMPA	PAPA	OCTUBRE	57	23	4	90	90	90	
		TRIGO	OCTUBRE							

escorrentía que debe haber afectado a las áreas con mal drenaje.

En el distrito agropecuario de Ayacucho, el cultivo de papa se vió afectado por la escasa precipitación de los meses de noviembre y diciembre (19% y 0% de lo normal). Los rendimientos promedios estuvieron significativamente por debajo de los correspondientes a los tres primeros años de esta década (1 t/ha menos que en el año 1980 y casi 5 t/ha menos que en los años 1981 y 1982). Los valores del índice durante los primeros meses de la campaña fueron bajos (ver cuadro 4.2).

En la zona sur de la sierra, en el distrito agropecuario de Cusco, los cultivos de papa y maíz sembrados durante los primeros meses de la campaña se vieron afectados, al inicio, por la escasa precipitación (23%, 54% y 70% de lo normal para setiembre, octubre y noviembre). Los valores bajos del índice agroclimático indicaron situaciones de deficiencia hídrica para los cultivos (ver cuadro 4.2). Luego, las intensas lluvias de enero, febrero y abril (143%, 126% y 216% de lo normal, ver cuadro 4.1), establecieron condiciones de exceso de humedad que causaron algunos daños a los cultivos de papa y maíz. Informes de campo indican algunos daños por anegamiento de cultivos; pero sin ser de consideración. El suelo llegó a saturarse completamente; sin embargo, los niveles de escorrentía no fueron elevados (ver cuadro 4.3).

En el Altiplano, la campaña agrícola en los distritos agropecuarios de Puno y Juliaca, se vio afectada por la excesiva precipitación a inicios del año 1984. El índice agroclimático alcanzo valores muy elevados (ver cuadro 4.2) señalando exceso de humedad en los cultivos de papa y trigo. Los niveles de precipitación superaron ampliamente la capacidad de reserva del suelo y la elevada escorrentía seguramente ha ocasionado una acentuada erosión del suelo en las zonas con pendiente

CUADRO 4.3.a BALANCE HIDRICO EN LOS DISTRITOS AGROPECUARIOS CON PROBLEMAS  
CAMPANA AGRICOLA 1983-1984

DISTRITO AGROPECUARIO: CAJAMARCA ESTACION METEOROLOGICA: CAJAMARCA

	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5
PET	42.2	89.7	102.9	105.6	105.2	97.7	85.0	91.9	84.8	86.6
AET	8.9	20.6	87.0	28.7	105.2	38.1	85.0	91.9	84.8	86.6
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	25.0	25.0	20.2	3.1
SU	2.5	1.1	0.9	0.4	0.4	0.2	100.0	100.0	100.0	100.0
STOR	2.5	1.1	0.9	0.4	13.6	0.2	125.0	125.0	120.2	103.1
SMI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.0	1.0	1.0	0.2
RI	0.1	0.2	0.8	0.3	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	-13.2	25.0	0.0	-4.8	-17.1
DELU	-6.2	-1.4	-0.1	-0.6	0.0	-0.2	99.8	0.0	0.0	0.0
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	31.9	0.0	0.0
DFCT	-83.3	-69.1	-15.9	-76.9	0.0	-59.6	0.0	0.0	0.0	0.0

DISTRITO AGROPECUARIO: HUARAZ ESTACION METEOROLOGICA: CHIQUIAN

	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	0.0	0.0	0.0	30.4	58.8	@	@	@	@	@
PET	99.9	103.0	102.8	101.7	99.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AET	0.0	0.0	0.0	30.4	58.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
STOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SMI	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DELU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DFCT	-99.9	-103.0	-102.8	-71.3	-40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

@ = No hay informacion meteorologica.

DISTRITO AGROPECUARIO: HUANCAYO ESTACION METEOROLOGICA: HUAYAO

	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	11.0	40.1	60.0	52.7	35.1	170.9	242.2	137.1	36.3	21.1
PET	69.2	93.0	108.2	107.9	106.8	99.7	86.4	90.7	86.7	86.3
AET	11.6	40.3	60.1	52.8	35.2	99.7	86.4	90.7	82.5	66.2
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0
SU	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	46.3	125.0	125.0	103.8	58.7
STOR	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	71.3	150.0	150.0	103.8	58.7
SMI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	1.0	0.7	0.4
RI	0.1	0.4	0.6	0.5	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	-25.0	0.0
DELU	-0.6	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	46.2	78.7	0.0	-21.2	-45.1
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.1	46.4	0.0	0.0
DFCT	-77.6	-52.7	-48.1	-55.1	-71.6	0.0	0.0	0.0	-4.2	-20.1

LEYENDA

PREC = precipitación	SMI = Índice de humedad del suelo
PET = evapotranspiración potencial	RI = Índice R.
AET = evapotranspiración actual	DELS = Variación en la reserva de agua en la capa superior del suelo.
SS = agua acumulada en la capa superior del suelo	DELU = Variación en la reserva de agua en la capa inferior del suelo.
SU = agua acumulada en la capa inferior del suelo.	RUNF = escorrentía.
STOR = agua total acumulada en el suelo. (SS + SU)	DFCT = déficit.

CUADRO 4.3.b BALANCE HIDRICO PARA LOS DISTRITOS AGROPECUARIOS CON PROBLEMAS  
CAMPANA AGRICOLA 1983-1984

DISTRITO AGROPECUARIO: CUSCO ESTACION METEOROLOGICA: GJA. KCAYRA

	AGU	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	0.4	5.5	26.0	44.3	100.2	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0
PET	07.5	43.1	108.7	106.1	100.4	94.3	83.9	89.8	86.6	0.0
AET	2.0	6.0	28.2	44.4	100.2	94.3	83.9	84.8	86.6	0.0
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0
SU	0.0	0.3	0.2	0.1	0.1	79.4	125.0	125.0	125.0	0.0
STOR	0.0	0.3	0.2	0.1	0.1	104.4	150.0	150.0	127.4	0.0
SMT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.5	0.8	0.0
RI	0.0	0.1	0.2	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	-18.8	-3.8	0.0
DELU	-1.1	-0.5	-0.2	-0.1	-0.0	79.3	45.0	0.0	0.0	0.0
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0
DFCT	-85.5	-87.1	-82.5	-61.7	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

DISTRITO AGROPECUARIO: JULIACA ESTACION METEOROLOGICA: LAMPA

	AGU	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	392.2	306.1	164.1	83.0	16.3
PET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.1	100.5	99.7	46.3	40.8
AET	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.1	100.5	99.7	46.3	40.8
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	11.7	0.0
SU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	75.0	75.0	75.0	22.4
STOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	86.7	22.4
SMT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.2
RI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-13.3	-11.7
DELU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-52.6
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	291.1	205.6	64.4	0.0	0.0
DFCT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

@ = No hay informacion meteorologica.

DISTRITO AGROPECUARIO: PUNO ESTACION METEOROLOGICA: PUNO

	AGU	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PREC	4.8	46.4	26.7	24.8	104.2	314.4	330.1	223.0	44.4	18.3
PET	82.5	94.0	113.0	115.9	105.2	96.1	86.0	90.3	87.4	78.0
AET	4.9	46.4	26.7	29.8	104.2	96.1	86.0	90.3	84.4	62.1
SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0
SU	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	125.0	125.0	125.0	110.0	66.2
STOR	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	150.0	150.0	150.0	110.0	66.2
SMT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.4
RI	0.1	0.5	0.2	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
DELS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	-25.0	0.0
DELU	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	125.0	0.0	0.0	-15.0	-43.8
RUNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.8	244.1	132.7	0.0	0.0
DFCT	-77.6	-47.6	-86.3	-86.1	-1.0	0.0	0.0	0.0	-3.0	-15.4

LEYENDA

PREC	= precipitación	SMT	= Índice de humedad del suelo
PET	= evapotranspiración potencial	RI	= Índice R.
AET	= evapotranspiración actual	DELS	= Variación en la reserva de agua en la capa superior del suelo.
SS	= agua acumulada en la capa superior del suelo	DELU	= Variación en la reserva de agua en la capa inferior del suelo.
SU	= agua acumulada en la capa inferior del suelo.	RUNF	= escorrentia.
STOR	= agua total acumulada en el suelo. (SS + SU)	DFCT	= déficit.

notable (ver cuadro 4.3). Las figuras 4.1 a 4.3 muestran la variación del índice hídrico del cultivo para distintas localidades y cultivos.

#### 4.3 Aplicación del índice de Palmer

El índice de Palmer es un importante indicador de la ocurrencia de sequía la cual depende de la relación entre la distribución de la precipitación y la cantidad de la misma normalmente esperada. Las figuras 4.4 al 4.8 muestran el comportamiento del índice de Palmer durante los años 1977 a 1984. Aquí se analizarán las campañas agrícolas 1982-83 y 1983-84.

##### 4.3.1 Campaña agrícola 1982-83

Las condiciones en el distrito agropecuario de Huancabamba, al inicio de la campaña, fueron de sequía severa (figura 4.4). Esta situación, tal como lo muestra el índice, había permanecido casi inalterable desde la campaña anterior, por lo que las reservas de agua del suelo debieron estar agotadas y las siembras se retrasaron. En octubre, las condiciones fueron normalizándose según indica el valor del índice. Los cultivos sembrados en noviembre y diciembre se vieron afectados ligeramente por la mayor cantidad de lluvias que determinaron condiciones extremadamente húmedas. Los rendimientos en maíz descendieron en un 4% en relación a la campaña anterior. En papa, por el contrario, el rendimiento promedio se elevó en un 20% en relación a la campaña 81/82.

En el distrito agropecuario de Cajamarca, la campaña agrícola se desarrolló casi normalmente (figura 4.5). Las condiciones fueron favorables durante los primeros meses de la campaña, por lo que el índice se ubicaba entre normal y moderadamente húmedo. En los meses de marzo, abril y mayo de 1983, lluvias superiores a lo normal determinaron condiciones muy húmedas pero que no tuvieron gran efecto sobre los cultivos.

**INDICE HIDRICO MENSUAL**

**DISTRITO AGROPECUARIO: CAJAMARCA**  
**ESTACION: WEBERBAUER**  
**CULTIVO: TRIGO**

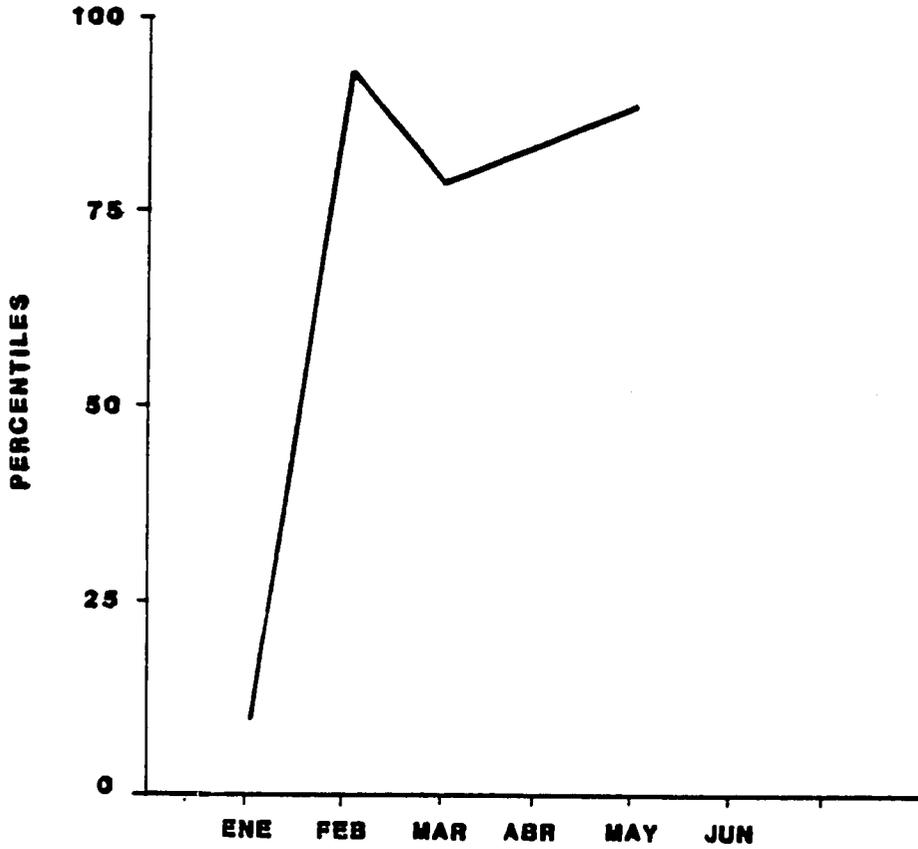


Figura 4.1.a Variación del Índice Hídrico mensual para la campaña 1983/84.

**INDICE HIDRICO MENSUAL**

**DISTRITO AGROPECUARIO: OTUZCO**  
**ESTACION: SALPO**  
**CULTIVO: PAPA**

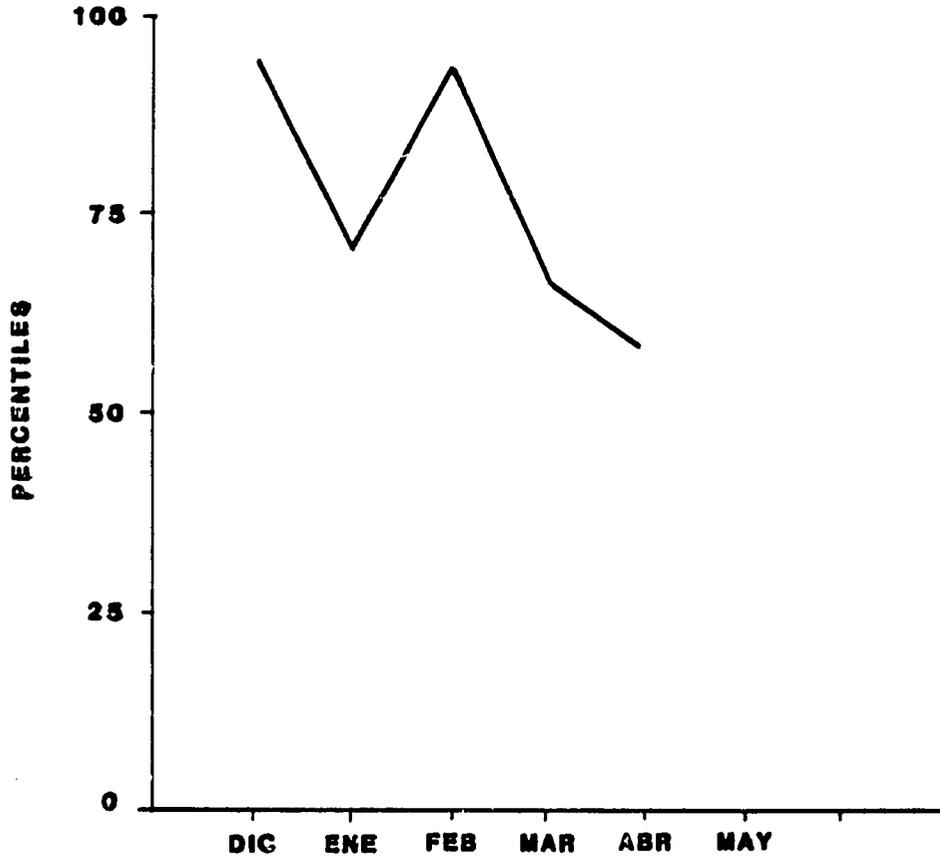


Figura 4.1.b Variación del Índice Hídrico mensual para la campaña 1983/84.

**INDICE HIDRICO MENSUAL**

**DISTRITO AGROPECUARIO: HUANCAYO**  
**ESTACION: HUAYAO**  
**CULTIVO: TRIGO**

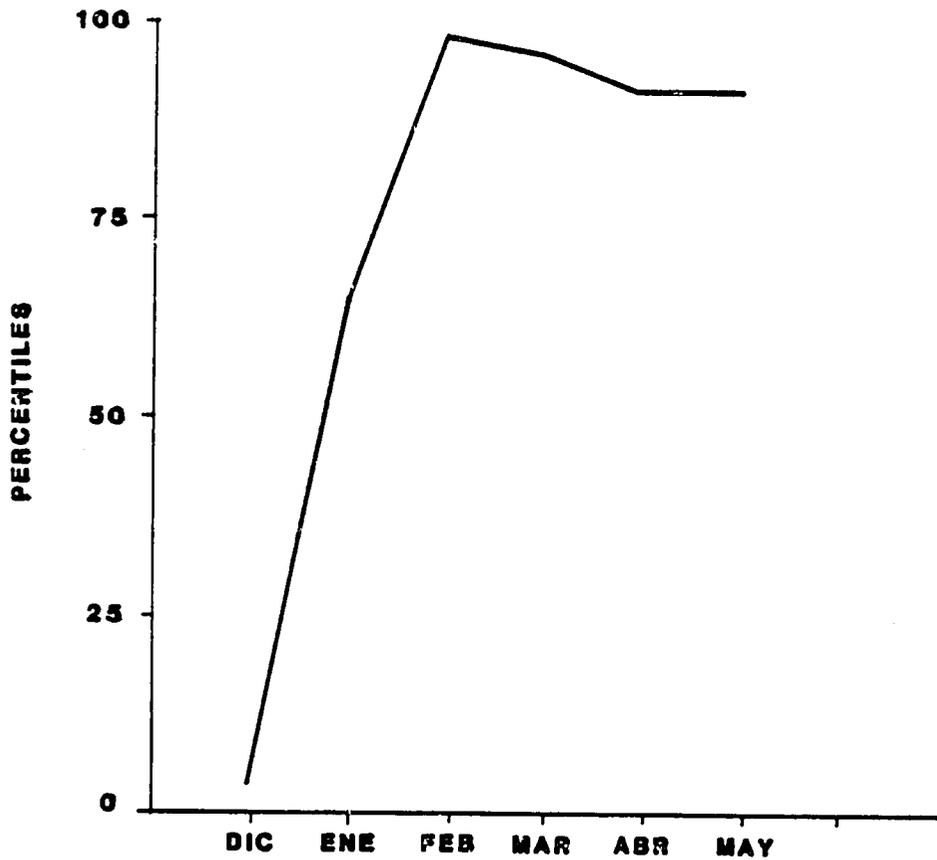


Figura 4.2.a Variación del Índice Hidrico mensual para la campaña 1983/84.

**INDICE HIDRICO MENSUAL**

**DISTRITO AGROPECUARIO: AYACUCHO**  
**ESTACION: AYACUCHO**  
**CULTIVO: PAPA**

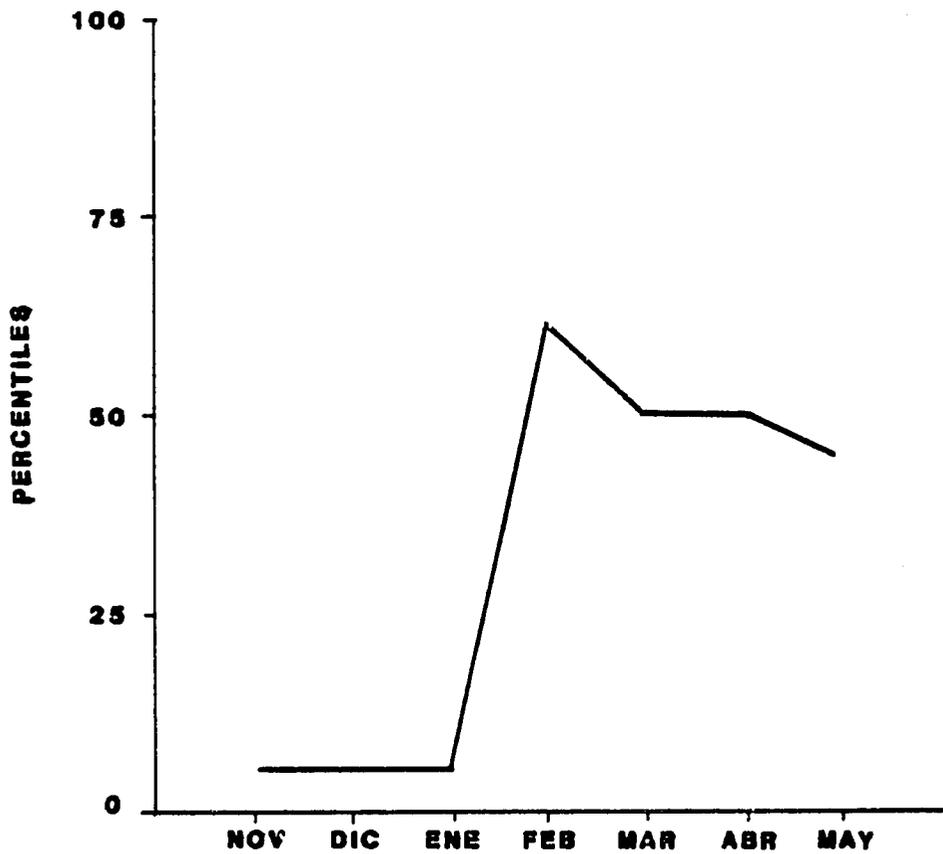


Figura 4.2.b Variación del Índice Hidrico mensual para la campaña 1983/84.

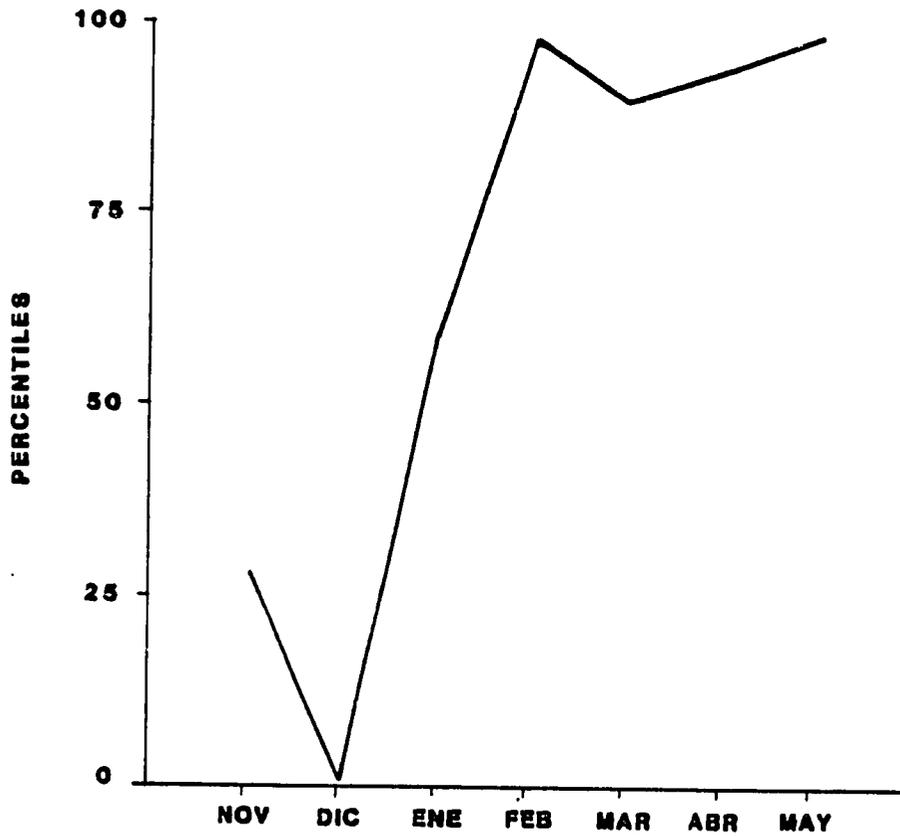
**INDICE HIDRICO MENSUAL****DISTRITO AGROPECUARIO: CUSCO****ESTACION: KAYRA****CULTIVO: PAPA**

Figura 4.3.a Variacion del Indice Hidrico mensual para la campana 1983/84.

**INDICE HIDRICO MENSUAL**

**DISTRITO AGROPECUARIO: PUNO**  
**ESTACION: PUNO**  
**CULTIVO: TRIGO**

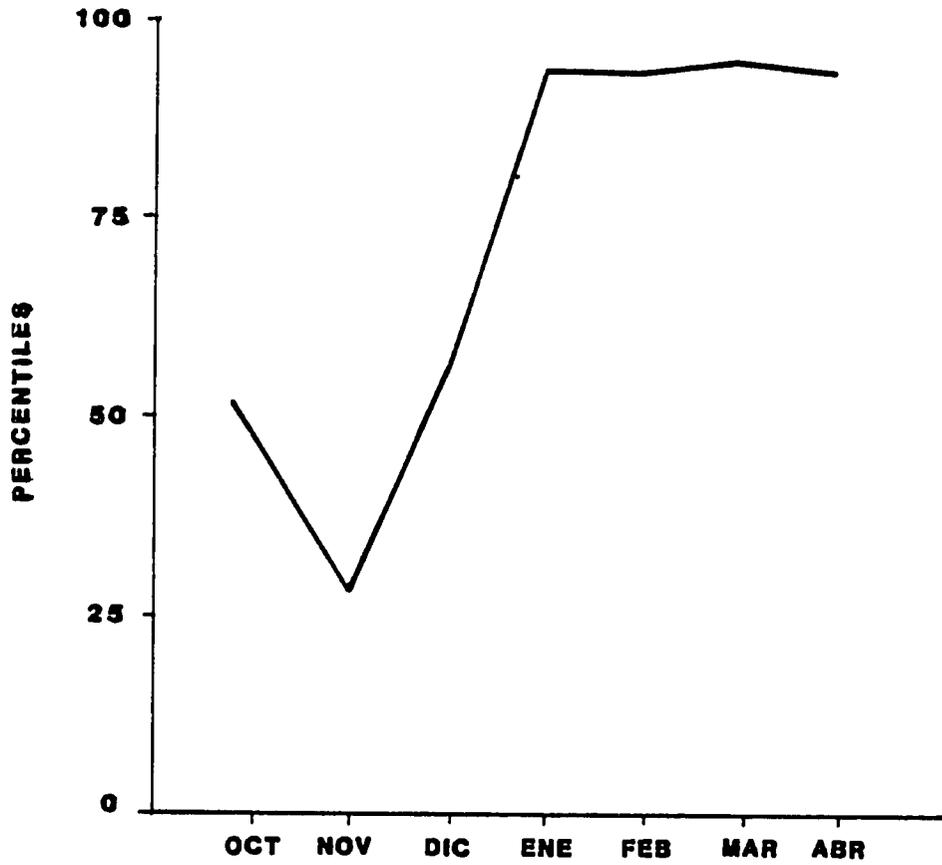


Figura 4.3.b Variación del Índice Hídrico mensual para la campaña 1983/84.

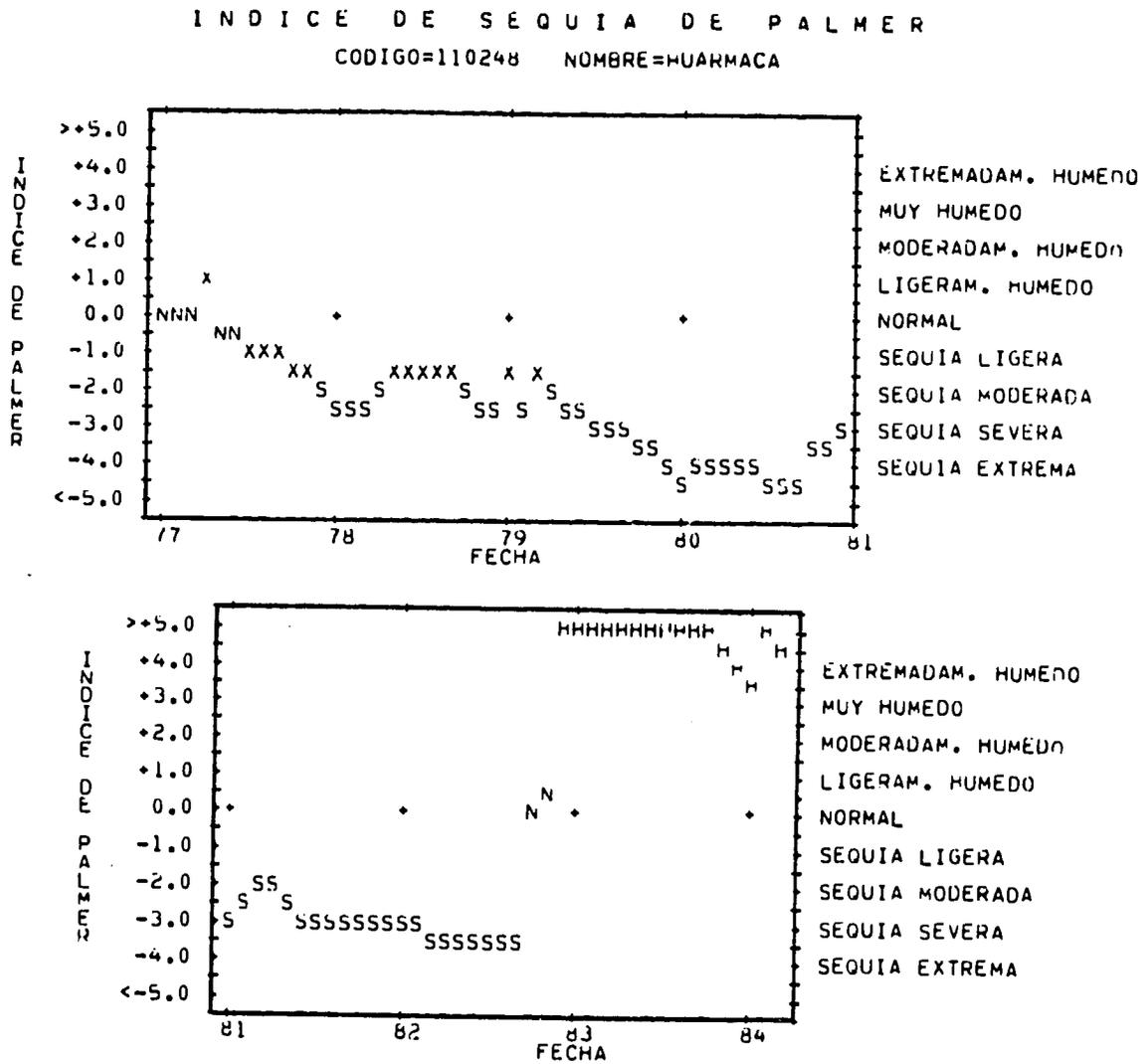


Figura 4.4

Variación mensual del Índice de Palmer  
en el distrito Agropecuario de Huancabamba.

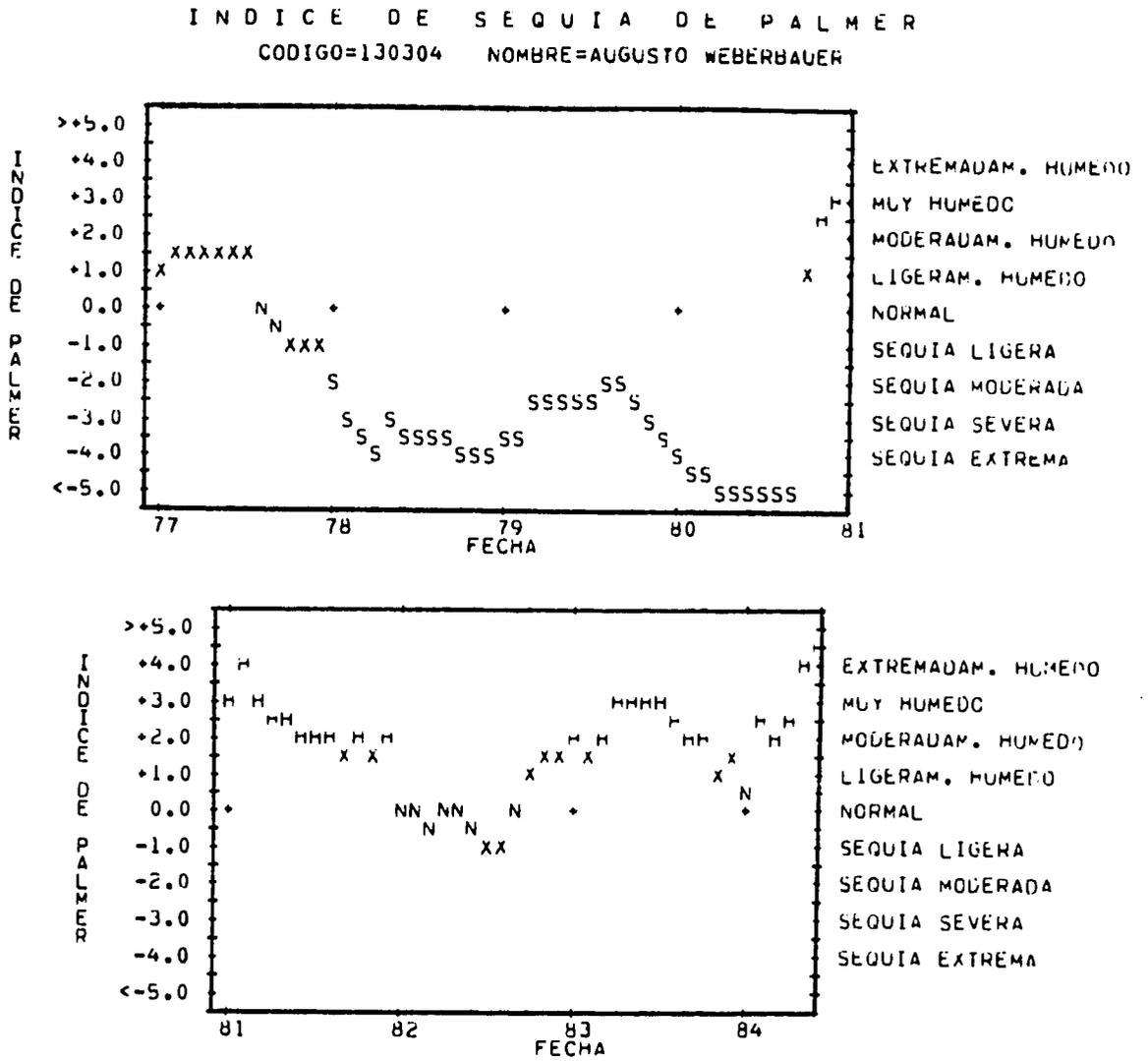


Figura 4.5  
 Variación mensual del Índice de Palmer  
 en el distrito Agropecuario de Cajamarca.

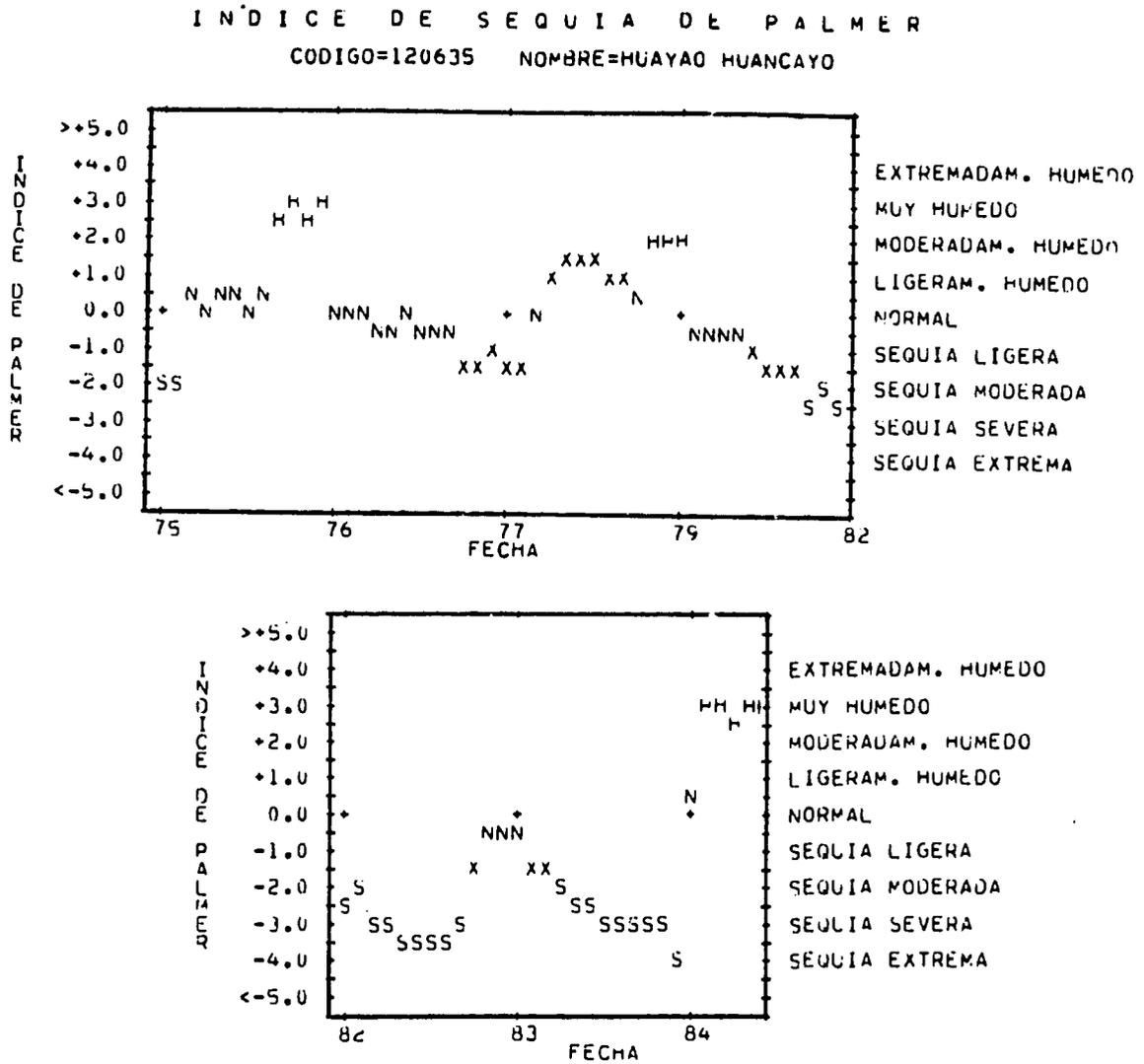


Figura 4.6

Variación mensual del Índice de Palmer en el distrito Agropecuario de Huancayo.

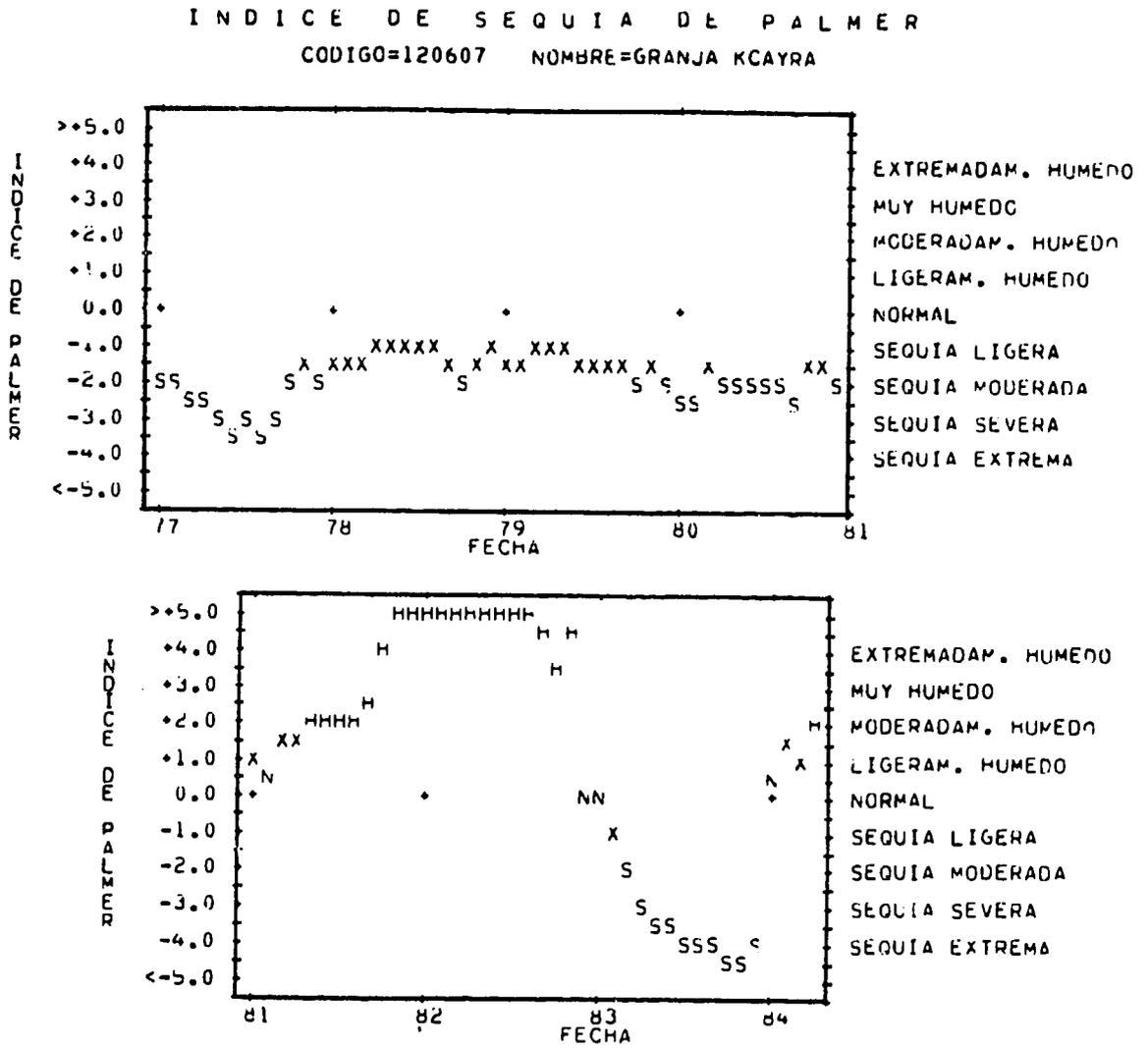


Figura 4.7

Variación mensual del Índice de Palmer en el distrito agropecuario de Cusco.



Sólo en trigo, especialmente el sembrado a inicios del año 1983, la excesiva humedad tuvo un efecto negativo sobre los rendimientos.

En el distrito agropecuario de Huancayo, la temporada agrícola se inició con condiciones de sequía que fueron mejorando hacia el final de 1982 hasta alcanzar condiciones normales (figura 4.6). Escasas lluvias (48% de lo normal) caídas en febrero de 1983, determinaron condiciones de sequía que afectaron a los cultivos de papa, maíz, trigo y frijol que debieron haberse encontrado en períodos sumamente sensibles a las anomalías hídricas. En todos estos cultivos la producción y los rendimientos promedios se vieron reducidos. Al final de la campaña, la situación se agudizó y el índice indicaba sequía severa.

La situación de extrema humedad, en el distrito agropecuario de Cusco, al final de la campaña 81/82 no varió mucho al iniciarse la campaña 82/83; hasta el mes de octubre, el índice indicaba extrema humedad (figura 4:7). Hacia el final del año 1982, las condiciones se normalizaron favoreciendo las siembras. En febrero la precipitación fue del 61% de la normal y se presentaron situaciones de sequía. En los meses siguientes el índice siguió un curso descendente mostrando una situación de sequía severa. Los cultivos más afectados fueron los de maíz y papa que redujeron sus rendimientos. En el caso de la papa, el rendimiento promedio se redujo en 23% en relación a la campaña 81/82.

En el distrito agropecuario de Puno (figura 4.8) al inicio de la campaña 82/83 el índice indicaba una situación de extrema humedad que dificultó un poco las labores culturales; sin embargo, se sembraron cerca de 4,000 hectáreas de papa. Hacia el mes de diciembre las lluvias fueron menos frecuentes y el índice indicaba una sequía ligera que fue acentuándose a inicio de 1983. En el primer trimestre de dicho año, las

condiciones llegaron a ser de extrema sequía. En papa, la producción descendió de 37,796 t en 1982 a 430 t en 1983; los rendimientos se redujeron en un 60% en relación a la campaña anterior.

#### 4.3.2 Campaña agrícola 1983-1984.

En el distrito agropecuario de Huancabamba (figura 4.4) la situación de extrema humedad indicada por el índice, no varió mucho durante toda la campaña, perjudicando el normal desenvolvimiento de las actividades culturales y el desarrollo de los cultivos.

En el distrito agropecuario de Cajamarca (figura 4.5), las condiciones fueron moderadamente húmedas favoreciendo las siembras de papa y maíz que en los meses iniciales, alcanzaron una mayor superficie sembrada que en la campaña anterior. La situación tendió a normalizarse posteriormente según lo indicaba el índice, hacia fines de 1983. La siembra de maíz, en esos meses, fue en promedio 80% mayor que en la campaña anterior. Intensas lluvias en febrero ocasionaron una situación de mucha humedad que siguió una tendencia ascendente hacia el final de la campaña, afectando levemente el cultivo de trigo.

En el distrito agropecuario de Huancayo (figura 4.6), las lluvias estuvieron por debajo de lo normal en los primeros meses de la campaña determinando condiciones de sequía severa que fueron acentuándose hacia fines de 1983, tal como lo indicaba el índice. Esto ocasionó la disminución en el área sembrada de maíz y papa (13% menos en papa y 27% menos en maíz, en relación a la campaña anterior). En enero las lluvias se incrementaron y el índice pasó a mostrar una situación normal que luego cambió muy húmeda.

En el distrito agropecuario de Cusco (figura 4.7), la campaña se inició con lluvias muy reducidas que no aumentaron hasta diciembre inclusive. El área sembrada se vió reducida por falta de humedad y de

semilla. El índice mostraba la situación de sequía extrema. A inicios de este año, la situación tendió a normalizarse favoreciendo al cultivo de trigo que se siembra en diciembre y enero. Los rendimientos promedio en este cultivo, se vieron incrementados en 30% en comparación con la campaña anterior.

En el distrito agropecuario de Puno (figura 4.8), la campaña se inició con una situación de sequía severa, tal como lo muestra el índice. Las siembras de papa fueron ligeramente retrasadas. La situación normal en diciembre y moderadamente húmeda en enero favoreció la siembra de papa y trigo. Posteriormente en los meses de febrero a mayo, el índice muestra una situación extremadamente húmeda que debe haber afectado al cultivo de trigo.

#### 4.4 Modelos de rendimientos para papa

Con la información disponible, se han elaborado modelos de pronóstico de rendimientos basados en precipitación mensual para los distritos políticos de Jauja y Jarpa ubicados en el departamento de Junin. Estos modelos están en una etapa de prueba y experimentación. Ellos necesitan ser evaluados con años de control y podrán ser mejorados con la incorporación de otras variables expuestas al final meteorológicas.

##### 4.4.1 Formulación a priori del modelo

Para la formulación inicial del modelo, se utilizó una fundamentación a priori en base a los calendarios de siembras y cosechas, elaborados a partir de la información estadística mensual agrícola.

Los calendarios de siembra y cosecha en este caso, sirvieron para señalar los meses durante los cuales la precipitación tiene influencia sobre el cultivo. En el caso de Jauja durante la última campaña, el mes de mayor siembra fue octubre. La cosecha se realizó entre marzo y abril.

En el caso de Jarpa, se constató que las áreas de siembras y cosechas se inician en octubre y abril, respectivamente.

Las fases fenológicas también fueron consideradas en el análisis a priori. En el caso de la papa, se estimó una duración de las fases fenológicas particularmente la germinación y tuberización, las cuales ocurren en el mismo mes de siembra y uno o dos meses antes de la cosecha, respectivamente. Se esperaba que los coeficientes de regresión sean positivos durante estos meses ya que probablemente una mayor precipitación afectará positivamente el rendimiento del cultivo.

De acuerdo a estas consideraciones, la formulación inicial del modelo es la siguiente:

$$y = a + b_1P_{10} + b_2P_3 + b_3P_4$$

donde

$y$  es el rendimiento anual promedio de papa

$P_{10}$  precipitación de octubre

$P_4$  precipitación de abril

$a$  intercepto u ordenada en el origen.

$b_1, b_2, b_3$  coeficientes de regresión

#### 4.4.2 Análisis de la información y prueba de modelos

El primer análisis se realizó en función de la matriz de correlaciones entre el rendimiento promedio anual y las precipitaciones mensuales y bimensuales ocurridas desde octubre hasta abril del siguiente año, durante el período 1972-1982.

Por ejemplo en el distrito de Jarpa según este análisis previo, se encontró que las precipitaciones ocurridas en los meses de octubre ( $LP_{10}$ ) y abril ( $P_4$ ) tenían las más altas correlaciones positivas (0.447 y 0.584 respectivamente).

Asimismo, se obtuvo una aceptable correlación positiva con las que sumaban dos meses de precipitación como la suma de las precipitaciones de marzo y abril ( $P_{3-4}$ ) la cual fue de 0.489.

En base a los resultados obtenidos, se utilizó el procedimiento estadístico llamado STEPWISE (opción MAXR) para diferentes combinaciones de variables que tenían una mayor correlación con el rendimiento y una menor correlación entre ellas.

En todas las pruebas, se analizaron fundamentalmente el coeficiente de correlación múltiple (R-SQUARE) y aquel ajustado por los grados de libertad (ADJ R-SQ), así como la significación estadística de los coeficientes de regresión (parámetros estimados) tanto individualmente como en forma conjunta.

El cuadro 4.4 muestra la información que fue utilizada para el cálculo de los coeficientes de regresión.

#### 4.4.3 Análisis de resultados

El cuadro 4.5 muestra los resultados y el análisis estadístico obtenido. Por ejemplo, en el caso del distrito de Jarpa, en la parte superior se aprecia la suma de cuadrados y los cuadrados medios atribuidos al modelo, a los errores y los totales. Se indica además un valor de la  $F = 197.324$  que muestra que el modelo en su conjunto es significativo.

En este cuadro se puede apreciar también el coeficiente de regresión múltiple igual a 0.9826 y el coeficiente de regresión múltiple ajustado por los grados de libertad, igual a 0.9801. Líneas más abajo se puede apreciar los parámetros estimados, el error estándar de los coeficientes de regresión y las pruebas T que indican la significación estadística de cada coeficiente de regresión individualmente.

Es necesario indicar que según los datos empíricos, en el caso de Jarpa, la precipitación del mes de abril y de diciembre explicaron en

CUADRO 4.4

DATOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DE MODELOS EN LOS  
DISTRITOS POLITICOS DE JARPA Y JAUJA

OBS	DISTRITO	CODIGO	SAS		REND	P1	P4
			CULTIVO	AÑO			
1	JARPA	110642					
2	JARPA	110642	PAPAS	73	7.50000	245.2	71.9
3	JARPA	110642	PAPAS	74	6.50000	224.5	32.5
4	JARPA	110642	PAPAS	75	4.10000	63.3	16.9
5	JARPA	110642	PAPAS	76	6.52865	151.9	71.7
6	JARPA	110642	PAPAS	77	6.18557	127.7	41.4
7	JARPA	110642	PAPAS	78	7.00000	197.6	52.0
8	JARPA	110642	PAPAS	79	5.93373	55.9	38.7
9	JARPA	110642	PAPAS	80	7.29500	112.0	37.9
	JARPA	110642	PAPAS	81	8.18912	223.1	58.9

OBS	DISTRITO	CODIGO	SAS		REND	P1	P4
			CULTIVO	AÑO			
1	JAUJA	110503					
2	JAUJA	110503	PAPAS	73	8.0810	235.9	35.8
3	JAUJA	110503	PAPAS	74	9.7360	206.9	62.3
4	JAUJA	110503	PAPAS	75	0.8952	136.4	45.3
5	JAUJA	110503	PAPAS	76	6.1429	99.8	23.0
6	JAUJA	110503	PAPAS	77	10.6000	84.9	38.6
7	JAUJA	110503	PAPAS	78	3.0000	183.0	65.7
8	JAUJA	110503	PAPAS	79	7.0649	108.2	44.8
9	JAUJA	110503	PAPAS	80	8.3913	151.3	77.8
	JAUJA	110503	PAPAS	81	11.2800	111.4	8.5

CUADRO 4.5 RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION DE LOS MODELOS DE RENDIMIENTO PARA PAPA.

SAS  
DISTRITO=JARPA

DEP VARIABLE: REND

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB>F
MODEL	2	393.699	196.850	197.324	0.0001
ERROR	7	6.983163	0.997595		
U TOTAL	9	400.682			
ROOT MSE		0.998797	R-SQUARE	0.9826	
DEP MEAN		6.581341	ADJ R-SQ	0.9801	
C.V.		15.17619			

NOTE: NO INTERCEPT TERM IS USED. R-SQUARE IS REDEFINED.

VARIABLE	DF	PARAMETER ESTIMATE	STANDARD ERROR	T FOR H0: PARAMETER=0	PROB >  T
LP12	1	0.038837	0.005421999	7.163	0.0002
P4	1	0.045483	0.011167	4.073	0.0047

SAS  
DISTRITO=JAUJA

DEP VARIABLE: REND

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB>F
MODEL	1	567.934	567.934	107.514	0.0001
ERROR	8	42.259343	5.282418		
U TOTAL	9	610.193			
ROOT MSE		2.298351	R-SQUARE	0.9307	
DEP MEAN		7.732367	ADJ R-SQ	0.9307	
C.V.		29.72377			

NOTE: NO INTERCEPT TERM IS USED. R-SQUARE IS REDEFINED.

VARIABLE	DF	PARAMETER ESTIMATE	STANDARD ERROR	T FOR H0: PARAMETER=0	PROB >  T
LP10	1	0.095592	0.009219111	10.369	0.0001

mayor medida la variabilidad de los rendimientos.

Se prefirió optar por un modelo sin ordenada en el origen debido a que si la precipitación fuese nula durante la época de tuberización, los rendimientos serían prácticamente nulos.

Desde el punto de vista biológico del cultivo, los resultados son aceptables; los coeficientes de regresión son positivos, lo cual indica que una mayor precipitación en éstos meses, aumentaría los rendimientos. Por otro lado, el coeficiente de la precipitación del mes de abril es más alto que el de diciembre, lo cual indica la importancia de la precipitación en el mes durante el cual el cultivo se tuberiza.

Finalmente las figuras 4.9 y 4.10 muestran los rendimientos reales y estimados por año, para los distritos de Jauja y Jarpa.

#### 4.5 Modelos de descarga de ríos

##### 4.5.1 Análisis de correlación

Se encuentran correlaciones significativas entre caudales registrados en diferentes puntos de cada río (río Quiroz: Paimas y Paraje Grande; río Haura: Casa Blanca, Sayan y Alco) y entre los caudales de cada río y las precipitaciones registradas en sus propias cuencas durante el mes en estudio, el anterior y el antepasado, con excepción de la precipitación del mes antepasado en la estación meteorológica de Andahuasi. (ver cuadro 4.6).

##### 4.5.2 Análisis de regresión

Se generaron modelos de regresión con una a cuatro variables independientes para todas las estaciones hidrológicas seleccionadas, que con excepción de aquellos de una variable para el río Huaura, toman por lo menos la precipitación ocurrida en el mes anterior o antepasado. Las variabilidades explicadas por la regresión ( $R^2$ ) en porcentaje, variaron de

**MODELO DE RENDIMIENTOS  
DISTRITO = JARPA**

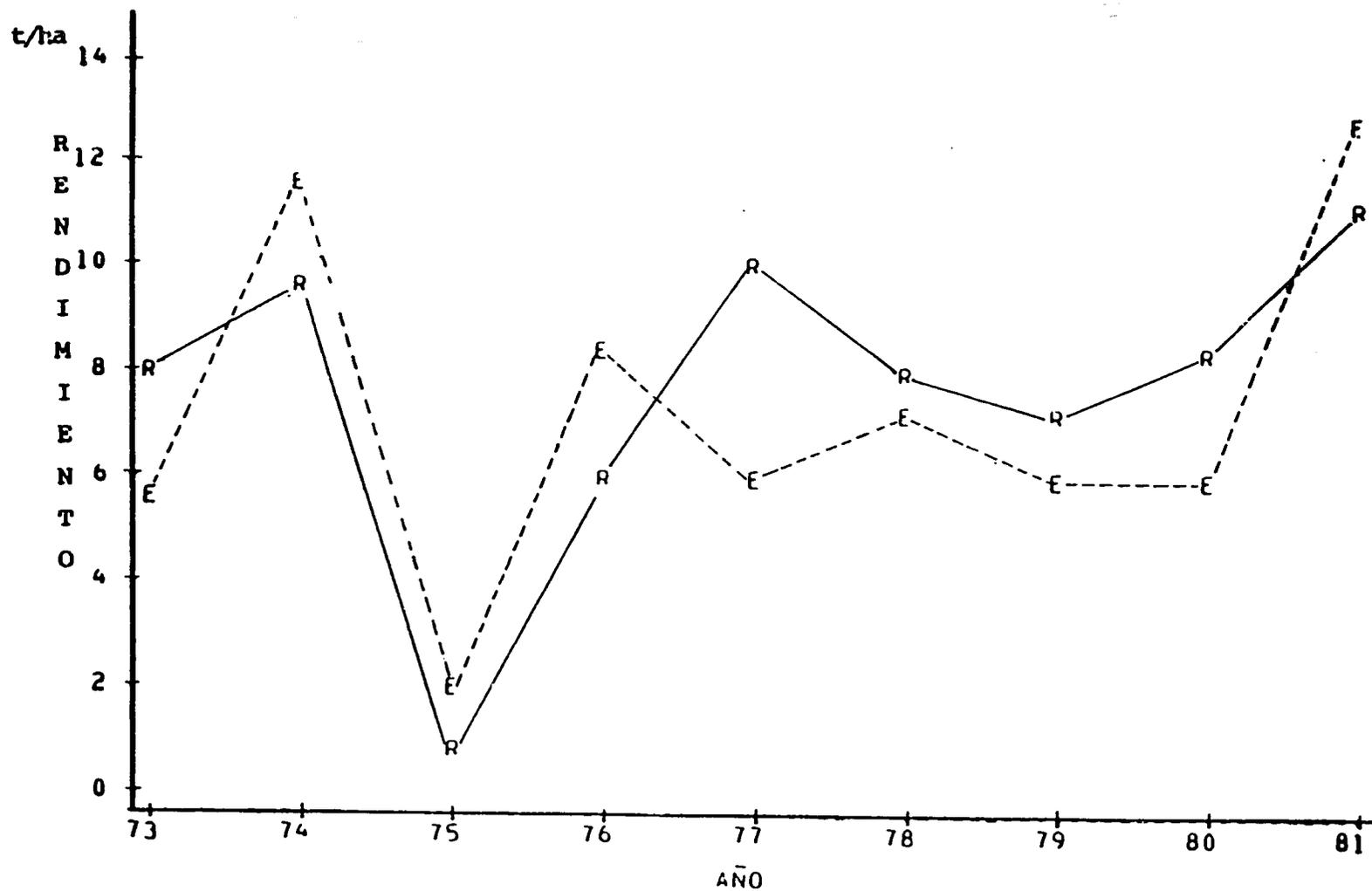


Figura 4.9 Comparación entre los Rendimientos Observados y Estimados basados en la precipitación de Octubre para papa, en el distrito de Jauja

**MODELO DE RENDIMIENTOS  
CULTIVO = PAPA**

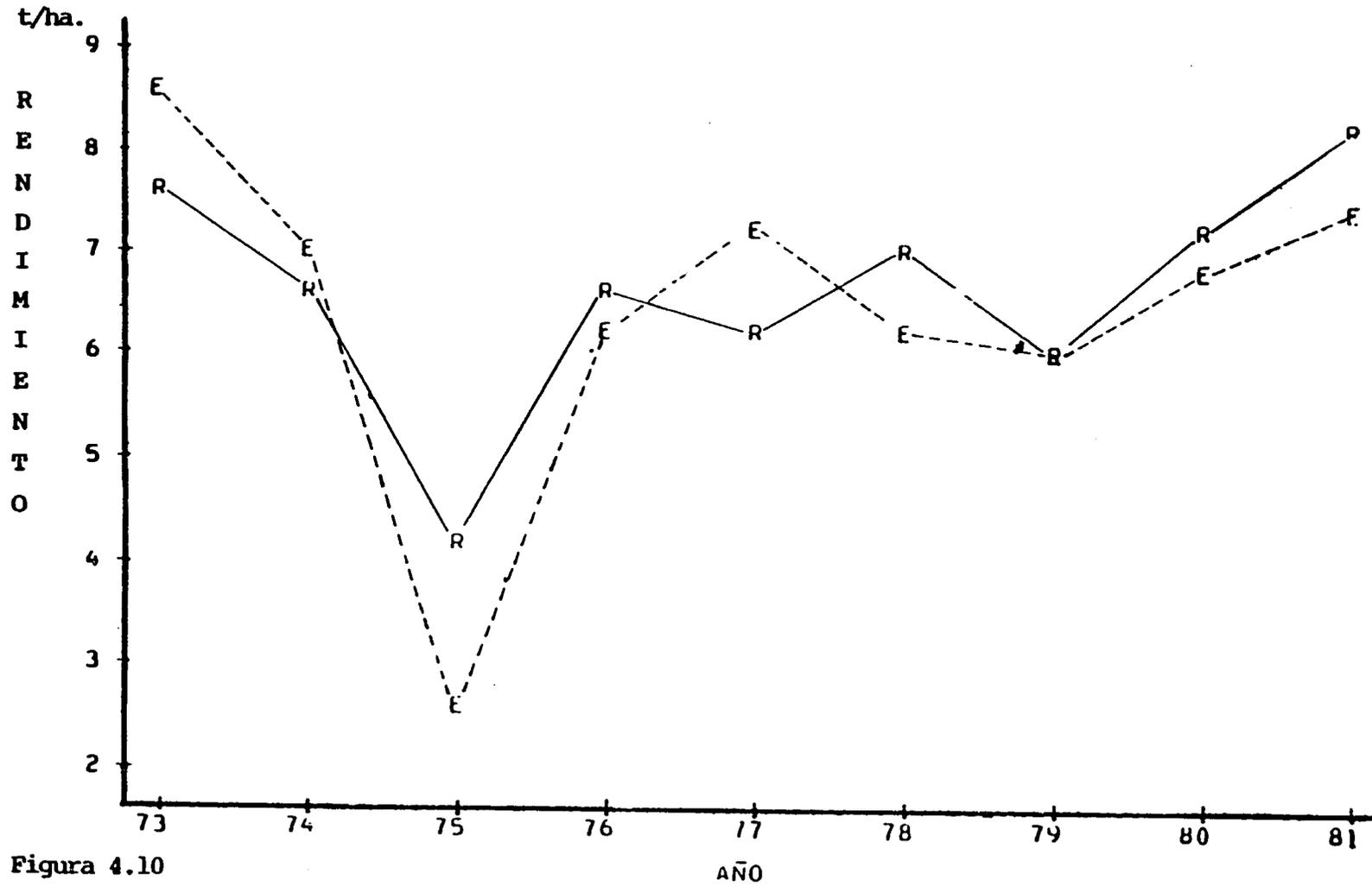


Figura 4.10

Comparación entre los Rendimientos Observados y Estimados Basados en las precipitaciones de diciembre y abril, para papa, en el distrito de Jarpa.

Cuadro 4.6 Matriz de Correlación

Coeficiente de Correlación / probabilidad de RHO=0.0 / número de observaciones

RIO QUIROZ											
CAUDB											
CAUDB	CAUDC	PCPD1	PCPB1	PCPB	PCPC1	PCPC2	PCPC	PCPB2	PCPD	PCPD2	
1.00000	0.95833	0.76778	0.75891	0.69506	0.69094	0.62743	0.61551	0.60602	0.59896	0.58570	
0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
41	40	41	40	40	40	40	40	40	41	41	
CAUDC											
CAUDC	CAUDB	PCPB1	PCPD1	PCPB	PCPC1	PCPC	PCPD	PCPC2	PCPD2	PCPB2	
1.00000	0.95833	0.80753	0.79303	0.71555	0.68360	0.61291	0.61179	0.58453	0.53937	0.53741	
0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0004	
40	40	39	40	40	39	39	40	39	40	39	
RIO HUAURA											
CAUDX											
CAUDX	CAUDY	PCPX	PCPY1	PCPX1	PCPY	PCPZ	PCPY2	PCPZ1	PCPX2	PCPZ2	CAUDZ
1.00000	0.85124	0.79978	0.74543	0.71740	0.70653	0.60535	0.56930	0.48974	0.39103	0.15343	0.00000
0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0003	0.1715	
152	152	84	34	83	35	82	33	81	82	81	0
CAUDY											
CAUDY	CAUDZ	CAUDX	PCPX	PCPZ	PCPY	PCPY1	PCPX1	PCPZ1	PCPY2	PCPX2	PCPZ2
1.00000	0.93848	0.85124	0.72790	0.70441	0.68348	0.57595	0.53996	0.38889	0.36735	0.28715	0.18892
0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0014	0.0016	0.0451
192	40	152	120	115	75	74	119	114	73	118	113
CAUDZ											
CAUDZ	CAUDY	PCPX	PCPY	PCPY1	PCPX1	PCPZ1	PCPZ	PCPY2	PCPX2	PCPZ2	CAUDX
1.00000	0.93848	0.79432	0.78623	0.71679	0.68034	0.58147	0.55232	0.53575	0.40972	0.31771	0.00000
0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0009	0.0004	0.0131	0.0764	
40	40	36	40	40	36	33	33	40	36	32	0

## Variables

CAUDB	Caudal en Los Encuentros	CAUDX	Caudal en Casa Blanca
CAUDC	Caudal en Paraje Grande	CAUDY	Caudal en Sayan
PCPB	Precipitación en La Tina, mes en estudio	CAUDZ	Caudal en Alco
PCPB1	Precipitación en La Tina, mes anterior	PCPX	Precipitación en Oyon, mes en estudio
PCPB2	Precipitación en La Tina, mes antepasado	PCPX1	Precipitación en Oyon, mes anterior
PCPC	Precipitación en Sausal de Culucan, mes en estudio	PCPX2	Precipitación en Oyon, mes antepasado
PCPC1	Precipitación en Sausal de Culucan, mes anterior	PCPY	Precipitación en Cochaquillo, mes en estudio
PCPC2	Precipitación en Sausal de Culucan, mes antepasado	PCPY1	Precipitación en Cochaquillo, mes anterior
PCPD	Precipitación en Ayabaca, mes en estudio	PCPY2	Precipitación en Cochaquillo, mes antepasado
PCPD1	Precipitación en Ayabaca, mes anterior	PCPZ	Precipitación en Andahuasi, mes en estudio
PCPD2	Precipitación en Ayabaca, mes antepasado	PCPZ1	Precipitación en Andahuasi, mes anterior
		PCPZ2	Precipitación en Andahuasi, mes antepasado

57% en un modelo de una variable independiente para el río Quiroz, hasta 95%, en un modelo de 4 variables para el río Huaura (ver cuadro 4.7), el cual se gráfica en la figura 4.11.

Estos modelos fueron generados con 36 y 19 observaciones para los ríos Quiroz y Huaura, respectivamente y cubren los primeros años de la década 1970 - 1979. Los resultados obtenidos indican que es posible generar modelos con series hidrológicas y de precipitación para el pronóstico de descargas de los ríos. Dichos modelos serían aptos para su uso operacional previa comprobación de consistencia y calibración.

En el área de evaluación del estado de los cultivos y pronóstico de cosechas, estos modelos de estimación de descargas de ríos basados en la precipitación nos permitirían extender el alcance de los modelos estadísticos de pronóstico de rendimientos o producción a zonas con irrigación.

CUADRO 4.7      MODELOS PRELIMINARES DE ESTIMACION DE DESCARGAS DE RIOS

Rio Quiroz	R <sup>2</sup>
CAUDC = 6.5740 + 0.1797PCPB1	0.647
CAUDC = 5.4286 + 0.1327PCPB1 + 0.0745PCPB	0.724
CAUDC = 2.9653 + 0.0855PCPB1 + 0.0937PCPB + 0.1403PCPC2	0.740
CAUDC = 5.7961 + 0.1384PCPB1 + 0.1094PCPB + 0.2928PCPC - 0.0875PCPD	0.764
Rio Huaura	
CAUDZ = 1.6528 + 0.3901PCPY	0.736
CAUDZ = 2.8065 + 0.3366PCPY + 5.5078PCPZ2	0.870
CAUDZ = -1.6941 + 0.2899PCPY + 0.1527PCPX1 + 4.6998PCPZ2	0.908
CAUDZ = 11.4117 + 0.2315PCPX + 2.5569PCPZ + 2.2216PCPZ1 + 7.0508PCPZ2	0.946

Leyenda.

CAUDC:	Caudal mensual en Paraje Grande.
CAUDZ:	Caudal mensual en Alco.
PCPB:	Precipitación mensual en La Tina, mes en estudio.
PCPB1:	Precipitación mensual en La Tina, mes anterior.
PCPC:	Precipitación mensual en Sausal de Culucan, mes en estudio.
PCPC2:	Precipitación mensual en Sausal de Culucan, mes antepasado.
PCPD:	Precipitación mensual en Ayabaca, mes en estudio.
PCPX:	Precipitación mensual en Oyon, mes en estudio.
PCPX1:	Precipitación mensual en Oyon, mes anterior.
PCPY:	Precipitación mensual en Cochaquillo, mes en estudio.
PCPZ:	Precipitación mensual en Andahuasi, mes en estudio.
PCPZ1:	Precipitación mensual en Andahuasi, mes anterior.
PCPZ2:	Precipitación mensual en Andahuasi, mes antepasado.

**DESCARGAS MENSUALES DEL RIO HUAURA**  
**(Estacion hidrologica Alco)**

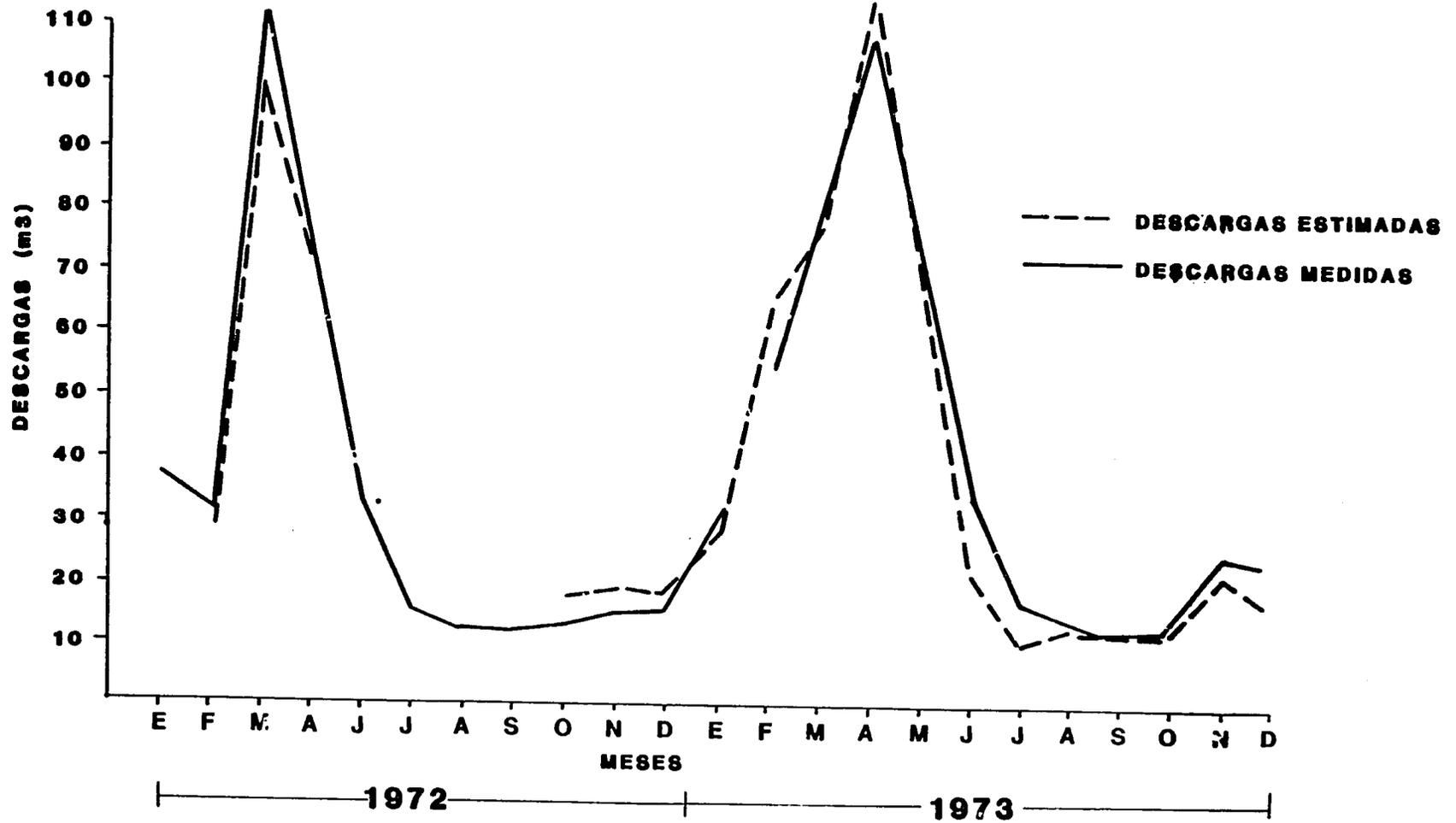


Figura 4.11 Comparación entre valores observados y estimados de caudales mensuales del río Huaura

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el curso de capacitación se han logrado los objetivos establecidos en el mismo. Las siguientes conclusiones específicas están basadas en los resultados obtenidos durante el periodo de capacitación.

1. Se ha realizado el control de calidad y depuración de la información meteorológica y agrícola.
2. Varios índices agroclimáticos han sido aplicados a un mayor número de localidades y cultivos que los considerados actualmente en el boletín agroclimático. Se ha elaborado un análisis detallado de las campañas agrícolas 1982/83 y 1983/84.
3. Los modelos estadísticos-empíricos de rendimientos y descargas de los ríos se presentan como importantes áreas de investigación y aplicación en la evaluación del impacto climático.
4. Se ha obtenido capacitación en el uso de microcomputadores, estableciéndose las ventajas y limitaciones de su uso.

Además, se ha elaborado un programa de actividades para el periodo Noviembre de 1984 a Noviembre de 1985. Dicho programa comprende:

RESPONSABILIDADES DE SENAMHI

- Rehabilitación y operación de la red de estaciones meteorológicas del proyecto.
- Implementación de la red de telecomunicaciones. Entre tanto se instale esta red, se considera indispensable la recepción en Lima de datos mensuales de unas 30 estaciones, por vía telefónica o telegráfica.
- Compra del siguiente equipo
  - a. Un microcomputador compatible con el del sistema de OSE.

- b. Un equipo de impresiones para la producción del boletín.
- c. Un digitalizador.
- Actualización periódica de los archivos meteorológicos e hidrológicos.
- Implementación de la recolección y archivo de la información fenológica a escala territorial.

#### RESPONSABILIDADES DE OSE

- Actualización de los calendarios de cultivo.
- Realización de encuestas agrícolas.
- Recopilación de información histórica de rendimientos de cultivos.
- Compatibilización de la información agrícola con la zonificación ecológica del país.

#### RESPONSABILIDADES CONJUNTAS DE SENAMHI Y OSE

- Publicación mensual del boletín agroclimático. Su aparición no debería exceder el 8vo. día laborable del mes posterior al que se refiere.
- Para el efecto, mantener reuniones el 5to., 6to. y 7mo. día laborable de cada mes.
- Realizar reuniones trimestrales para la evaluación de los resultados obtenidos.
- Intercambiar información agrícola y meteorológica permanentemente
- Promover la capacitación adicional del personal en:
  - 1.1. Formulación de modelos fisiológicos.
  - 1.2. Uso de información de satélites.
- Remitir a NOAA/AISC un informe de actividades mensual.

## BIBLIOGRAFIA

- Allredge, L.R. and N.S. Gil. (1976). Ridge Regression: An Annotated Bibliography. *Int. Stat. Rev.*, 44:355-360.
- Baier, Wolfgang. (1973). Crop Weather Analysis Model. *Int. J. Biometeorol.*, 17:313-320.
- Dmitrenko, V.P. (1980). Handbook on Methods of Analysing and Quantitative Evaluation of Agrometeorological Conditions for the Cultivation of Grain Crops in a Particular Region. Leningrad, Gidrometeoizdat. 49 pp.
- FAO (1977). Crop Water Requirements Irrigation and Drainage. Paper No. 24.
- FAO, Unesco. (1975). Soil Map of the World. Volume IV.
- Fisher, R.A. (1924). The Influence of Rainfall on the Yield of Wheat at Rothamstead. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, Ser. 3.2/3:89-142.
- Israelsen, O.W. and Hansen, V.E. (1962). Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY.
- Nyrop, R.F. (1981). Peru, a Country Study. American University (Washington, D.C.), Foreign Area Studies.
- Obuhov, V.M. (1949). Yield and Meteorological Factors. Moscow, Gosplanizdat. 316 pp.
- Palmer, W.C. (1965) Meteorological Drought. Research Paper No. 45, U.S. Weather Bureau, Washington, D.C.
- Ravelo, A.C. and W.L. Decker (1979) The Probability Distribution of a Soil Moisture Index. *Agric. Met*, 20:301-302.
- Robertson, George W. (1968) A Biometeorological Time Scale for a Cereal Crop Involving Day and Night Temperatures and Photoperiod. *Int. J. Biometeorol.*, 12:191-223.
- Robertson, George W. (1983). Draft-Guidelines on Crop-Weather Models. Task Force on Crop-Weather Models. World Meteorological Organization. Geneva.
- Valdivia, P., J. (1977). Meteorología General. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Sanchez, Walter (1982) Agrometeorological Assessment Models for Economic Planning and Rural Development in the Mantaro Valley of Peru. Columbia, Missouri.

ANEXO 1

ESTIMACION DE LA CAPACIDAD HIDRICA  
DE LOS SUELOS DE ALGUNAS ESTACIONES  
METEOROLOGICAS.

CUADRO A.1 ESTIMACION DE LA CAPACIDAD HIDRICA DE LOS SUELOS DE ALGUNAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL SENAMHI - PERU

ESTACION METEOROLOGICA		MAPA MUNDIAL DE SUELOS (FAO-1970)		RANGO Y PROMEDIO DE LA CAPACIDAD HIDRICA ESTIMADA (mm/m)
CODIGO	NOMBRE	TIPIFICACION	DESCRIPCION	
110248	HUARMACA	KI7-3b	KASTANOEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA Y LITOSOLES; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
110252	JAEN	KI5-3b	KASTANOEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, VERTISOLES PELICOS Y LITOSOLES; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
110253	BAGUA CHICA	KI5-3b	KASTANOEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, VERTISOLES PELICOS Y LITOSOLES; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
110341	LLAMA	HI6-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, LITOSOLES Y KASTANOEZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
110353	COCHABAMBA	Re3-1a	REGOSOLES EUTRICOS, TEXTURA GRUESA, YERMO-SOLES CALCICOS Y FLUVIO-SOLES; LLANO A ONDULADO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
140306	CHACHAPOYAS	Be3-3b	CAMBISOLES EUTRICOS, TEXTURA FINA, LITOSOLES Y VERTISOLES CROMICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
110377	RIOJA	Ao25-3c	ACRISOLES ORTICOS, TEXTURA FINA, CAMBISOLES DISTRICOS Y LITOSOLES; FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTECOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
140305	CAJAMARCA	HI6-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, LITOSOLES Y KASTANOEZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
130304	A. WEBERBAUER	HI6-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, LITOSOLES Y KASTANOEZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$

110369	SAN JUAN	HI6-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, LITOSOLES Y KASTANZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
140309	TARAPOTO	Ao26-3c	ACRISOLES ORTICOS, TEXTURA FINA, CAMBISOLES EUTRICOS Y LITOSOLES; FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
110386	NAVARRO	Fx3-32	FERRALSOLES XANTICOS, TEXTURA FINA; ACRISOLES PLINTICOS, ACRISOLES ORT- ICOS Y FERRALSOLES PLINT- ICOS; CON INCLUSIONES DE GLEISOLES DISTRICOS, GLEISOLES PLINTICOS Y ARENOSOLES ALVICOS; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
110370	SAN MARCOS	HI6-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, LITOSOLES Y KASTANZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
120310	EL PORVENIR	Vc2-3a	VERTISOLES CROMICOS, TEXTURA FINA Y FLUVIO- SOLES; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
110374	HUAMACHUCO	IHI-C	LIYOSOLES, PHAEZEMS HAP- LICOS; FUERTEMENTE SOCA- VADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
154100	SALPO	IBh-C	LITOSOLES Y CAMBISOLES HUMICOS; FUERTEMENTE SO- CAVADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
154115	CHAVIN	HI13-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, FLUVIOSO- LES Y LITOSOLES; FUERTE- MENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$
110538	CHIQUIAN	I-HI-KI-bc	LITOSOLES, PHAEZEMS LUV- ICOS Y KASTANZEMS LUVI- COS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO Y FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
140405	HUANUCO	HI13-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA, FLUVIOSOLES Y LITOSOLES; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	150 - 100 $\bar{x} = 125$

110551	AHBO	I-HI-KI-bc	LITOSOLES, PHAEZEMS LUVICOS Y KASTANZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO Y FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
110593	CERRO DE PASCO	Th8-a	ANDOSOLES HUMICOS, GLEISOLES HUMICOS Y CAMBISOLES HUMICOS; CON INCLUSIONES DE HISTOSOLES; LLANO A ONDULADO.	100 - 150 125
110554	TARMA	I-HI-KI-bc	LITOSOLES, PHAEZEMS LUVICOS Y KASTANZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO Y FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	75 - 125 100
110503	JAUJA	KK1-3a	KASTANZEMS CALCICOS, TEXTURA FINA, PHAEZEMS LUVICOS Y FLUVIOSOLES; LLANO A ONDULADO.	125 - 175 150
120635	HUAYAO-HUANCAYO	KK1-3a	KASTANZEMS CALCICOS, TEXTURA FINA, PHAEZEMS LUVICOS Y FLUVIOSOLES; LLANO A ONDULADO.	125 - 175 150
110642	LAYVE	HI11-3b	PHAEZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA; KASTANZEMS LUVICOS, ANDOSOLES MOLICOS Y FLUVIOSOLES; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	100 - 150 125
140654	AYACUCHO	Tv5-b	ANDOSOLES VITRICOS, KASTANZEMS HAPLICOS Y LITOSOLES; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO.	100 - 150 125
120605	ABANCAY	I-HI-KI-bc	LITOSOLES, PHAEZEMS LUVICOS Y KASTANZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO Y FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	75 - 125 100
110684	ANTA	I-HI-KI-bc	LITOSOLES, PHAEZEMS LUVICOS Y KASTANZEMS LUVICOS; FUERTEMENTE ONDULADO A COLINADO Y FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$

140608	CUSCO	KI3-3a	KASTANZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA; GLEISOLES CALCAREOS Y KASTANZEMS CALCICOS; CON INCLUSIONES DE GLEISOLES EUTRICOS Y FLUVIOLES; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
120607	GRANJA KAYRA	KI3-3a	KASTANZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA; GLEISOLES CALCAREOS Y KASTANZEMS CALCICOS; CON INCLUSIONES DE GLEISOLES EUTRICOS Y FLUVIOLES; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
110686	PARURO	KI3-3a	KASTANZEMS LUVICOS, TEXTURA FINA; GLEISOLES CALCAREOS Y KASTANZEMS CALCICOS; CON INCLUSIONES DE GLEISOLES EUTRICOS Y FLUVIOLES; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
110690	CCATCCA	I-Bd-c	LITOSLES Y CAMBISLES DISTRICOS; FUERTEMENTE SOCAVADA A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
110779	LAMPA	I-Bh-c	LITOSLES Y CAMBISLES HUMICOS; FUERTEMENTE SOCA- VADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
110803	VITOR	I-Re-c	LITOSLES Y REGOSLES EUTRICOS; FUERTEMENTE SOCA- VADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
120839	LA PAMPILLA	I-Tv-c	LITOSLES Y ANDOSLES VITRICOS; FUERTEMENTE SOCAVADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$
120708	PUNO	Th8-a	ANDOSLES HUMICOS; GLEISOLES HUMICOS Y CAMBI- SLES HUMICOS; CON INCLU- SIONES DE HISTOSLES; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
120784	GRANJA SALCEDO	Th8-a	ANDOSLES HUMICOS; GLEISOLES HUMICOS Y CAMBISLES HUMICOS; CON INCLUSIONES DE HISTOSLES; LLANO A ONDULADO.	175 - 125 $\bar{x} = 150$
110441	RECUAY	I-To-c	LITOSLES Y ANDOSLES OCRICOS; FUERTEMENTE SOCA- VADO A MONTAÑOSO.	125 - 75 $\bar{x} = 100$

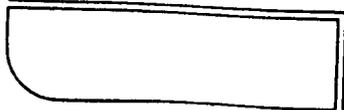
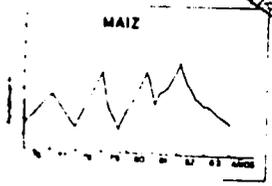
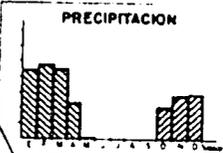
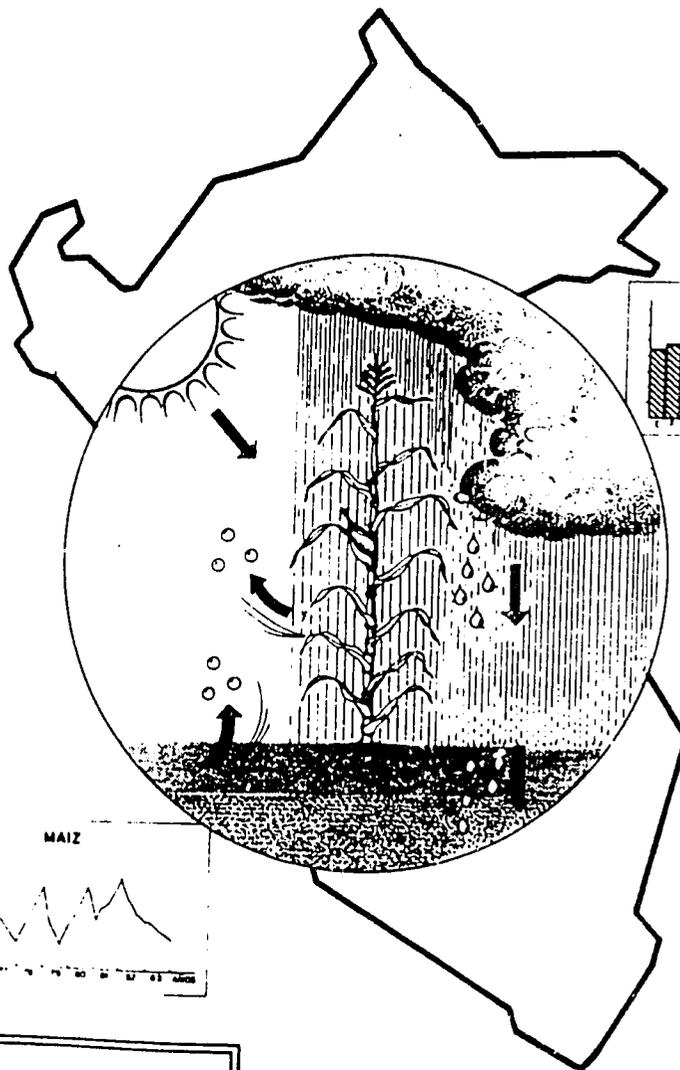
ANEXO 2

PROTOTIPO DEL BOLETIN AGROCLIMATICO  
MENSUAL DEL PERU

# BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
OFICINA SECTORIAL DE ESTADISTICA  
OSE



## CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACION	
ASPECTOS METODOLOGICOS	
I    SINTESIS	
II   ANALISIS POR LOCALIDAD	
CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS	
DEPARTAMENTALES	
PUBLICACIONES ANTERIORES	
GLOSARIO	

## PRESENTACION

Este boletín es publicado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), del Sector Aeronáutica y la Oficina Sectorial de Estadística (OSE), del Ministerio de Agricultura. Su preparación representa un esfuerzo multidisciplinario, denominado: "SISTEMAS DE ALERTA DEL IMPACTO AGROCLIMATICO", implementado dentro del proyecto Planificación Agrícola y Desarrollo Institucional (PADI), auspiciado por el Gobierno del Perú y la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) del los Estados Unidos de Norteamérica. El apoyo técnico al programa proviene del Servicio Meteorológico de los Estados Unidos de Norteamérica (NOAA/AISC) y de la Universidad de Missouri-Columbia.

Uno de sus principales objetivos es suministrar, a las entidades públicas y privadas vinculadas a la agricultura, información actualizada y confiable sobre el efecto de las condiciones meteorológicas en la producción y productividad agrícola. Esta información permitirá la toma de decisiones a corto y largo plazo, en un marco de referencia agrometeorológicamente fundamentado.

En el presente ejemplar figura un número limitado de estaciones meteorológicas, posteriormente, a medida que se ajuste el método y se implemente el sistema de recolección y transmisión de datos serán incorporadas otras, hasta completar una red densa. Esto también posibilitará aumentar la frecuencia de la publicación.

### ASPECTOS METODOLOGICOS

La evaluación del estado de los cultivos y el efecto de las condiciones meteorológicas en la productividad se efectúa mediante índices agroclimáticos.

Los parámetros utilizados son: precipitación, temperaturas extremas, coeficientes de cultivos, calendarios de siembra/cosecha e información sobre características edáficas, estados fenológicos y prácticas agrícolas. Los índices agroclimáticos son expresados en percentiles. La humedad del suelo y el balance hídrico mensual son estimados por el método de Palmer.

Para el presente boletín, se ha calculado los índices hídricos para el maíz, papa, frijol y trigo, según los calendarios de siembra/cosecha de cada localidad.

## I. SINTESIS

A la manera de un titular periodístico, tiene la finalidad de capturar la atención del lector mediante un párrafo corto y objetivo que describa el estado general de los cultivo en relación a la ocurrencia de eventos meteorológicos anormales. En este párrafo, no se incluye información cuantitativa.

## II. ANALISIS

En esta sección se amplía y documenta lo expuesto en la síntesis. Se debe responder, básicamente, a las preguntas: ¿Que ocurrió? ¿En donde? ¿Cuando y con que magnitud? ¿Que efectos se esperan?

Aquí se incluyen gráficos, mapas y cuadros con información pertinente a localidades afectadas.

## CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS DEPARTAMENTALES

En unas ocho páginas, como máximo, se informará sobre los antecedentes agroclimáticos de un departamento por cada boletín, de acuerdo al siguiente temario:

### 1. Geografía:

Localización, extensión, fisiografía, hidrografía y climatología del departamento, así como su población y tasa de crecimiento.

### 2. Agricultura:

Uso actual y potencial de la tierra, cultivos, rendimientos, producción y calendario agrícola por distritos agropecuarios.

## GLOSARIO

1.    **NORMAL O NORMAL CLIMATICA**  
  
Es el promedio de todas las observaciones de una variable meteorológica dada (temperatura, precipitación, índices, etc.) para un período 10 a 30 años. Por ejemplo, la normal de la precipitación mensual es el promedio de la precipitación mensual observada durante 30 años. En algunas localidades se utiliza el valor promedio de un menor número de años.
2.    **TEMPERATURA MINIMA**  
  
La temperatura más baja registrada en un período de 24 horas.
3.    **TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA MENSUAL**  
  
La temperatura más baja registrada en un período de un mes.
4.    **TEMPERATURA MINIMA MAXIMA MENSUAL**  
  
La más alta de todas las temperaturas mínimas registradas en un mes.
5.    **TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO MENSUAL**  
  
Promedio de todas las temperaturas mensuales registradas en un mes.
6.    **HELADA METEOROLOGICA**  
  
Descenso de la temperatura por debajo de 0° C.
7.    **HELADA AGRONOMICA (Según cultivo)**  
  
Descenso de la temperatura, no necesariamente por debajo de 0° C, que afecta a uno o varios cultivos.
8.    **INTENSIDAD DE LA HELADA**  
  
Temperatura mínima alcanzada durante el mencionado evento.
9.    **INDICE HIDRICO DEL CULTIVO (o simplemente índice)**  
  
Forma de expresar la precipitación acumulada hasta el mes de evaluación en relación a las necesidades hídricas del cultivo en cada etapa de su desarrollo.
10.   **PERCENTIL**  
  
Frecuencia relativa acumulada de la ocurrencia del índice hídrico del cultivo expresado en escala de valor. Valores cercanos o iguales a 50 indican situaciones normales.
11.   **INDICE DE HUMEDAD DEL SUELO**  
  
Relación entre la humedad de suelo del mes en estudio y la capacidad hídrica máxima de dicho suelo.
12.   **INDICE HIDRICO DE FAO**  
  
Señala las situaciones de deficiencia hídrica para el cultivo.

## PUBLICACIONES ANTERIORES

1. BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU  
ENERO 1984  
Descripción del departamento de Junín
2. BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU  
FEBRERO - MARZO 1984  
Descripción del departamento de Cajamarca
3. BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU  
ABRIL 1984  
Descripción del departamento de Cuzco
4. BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU  
MAYO - JUNIO 1984  
Descripción del departamento de Puno
5. BOLETIN AGROCLIMATICO MENSUAL DEL PERU  
JULIO 1984  
Descripción del departamento de Ayacucho

Se solicita a los lectores de este Boletín Agroclimático tengan a bien hacer llegar sus comentarios y sugerencias a:

ING. RAUL CACERES MARISCAL	ING. JORGE VALENCIA JUSTO
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI	Oficina Sectorial de Estadística OSE
República de Chile 295-208	Cahulde 805 - 2do. piso
Lima	Jesús María - Lima
Teléfono 327624	Teléfono 717594
anexos: 15 n 18	

ANEXO 3

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

CUADRO A.3. Valores medios mensuales de evapotranspiración potencial y estimaciones de la capacidad hídrica de los suelos.

ESTACION Y CODIGO	DISTRITO AGROPEC.	DPTO.	ALT. (m)	PERIODO (años)	EVAPORACION POTENCIAL (mm)												CAPACIDAD H HIDRICA (1) (mm)
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
HUARMACA 110248	HUANCABAM	PIURA	2100	7	79.0	64.7	77.0	74.4	77.2	82.1	98.6	104.1	100.9	102.5	91.4	89.8	H 150 - 100
JAEN 110252	JAEN	CAJAMARCA	740	20	141.3	138.8	135.3	136.4	134.7	125.6	124.5	139.1	151.6	155.9	159.5	151.8	T 150 - 100
BAGUA CHICA 110253	BAGUA	AMAZONAS	522	16	153.1	151.7	145.9	147.1	141.6	128.8	124.2	132.1	148.2	157.2	165.0	160.0	T 150 - 100
LLAMA 110341	CHOTA	CAJAMARCA	2100	10	97.7	95.4	99.2	102.7	109.1	110.9	113.9	112.8	109.6	103.2	103.1	99.9	T 150 - 100
COCHABAMBA 110353	CHOTA	CAJAMARCA	1200	20	104.9	106.5	106.5	105.4	107.2	103.0	99.8	105.2	107.5	106.6	104.8	106.6	T 125 - 75
SAN JUAN 110369	CAJAMARCA	CAJAMARCA	2224	20	103.7	102.6	102.1	104.8	107.7	108.3	112.3	113.2	109.2	110.7	107.7	107.6	T 150 - 100
SAN MARCOS 110370	SAN MARCOS	CAJAMARCA	2254	19	123.2	119.5	119.0	120.6	118.4	112.8	108.0	116.6	124.5	126.1	124.8	123.9	T 150 - 100
HUAMACHUCO 110374	HUAMACHUCO	LA LIBERTAD	3220	19	101.2	99.1	99.1	101.6	102.0	98.1	96.9	102.4	105.1	102.0	101.6	100.2	T 125 - 75
RIOJA 110377	ALTO MAYO	SAN MARTIN	848	16	114.0	116.1	114.6	118.6	116.8	110.9	106.9	107.2	112.5	118.9	120.0	118.0	T 125 - 75
NAVARRO 110386	ALTO MAYO	SAN MARTIN	195	17	125.9	119.6	116.3	116.8	115.2	110.4	106.0	113.3	118.0	122.5	121.8	120.3	T 175 - 125
RECUAY 110441	HUARAZ	ANCASH	3394	10	47.2	95.2	94.5	99.0	101.7	95.4	93.7	97.8	101.1	100.6	102.9	100.2	T 125 - 75
JAUJA 110503	JAUJA	JUNIN	3410	42	93.8	82.9	90.1	82.6	83.5	75.9	80.8	89.4	90.1	101.7	103.6	98.4	H 175 - 125
CHIQUIAN 110538	HUARAZ	ANCASH	3350	14	95.6	90.7	94.0	100.5	100.9	97.4	95.6	99.9	103.0	102.8	101.7	99.3	T 125 - 75
AMBO 110551	HUANUCO	HUANUCO	2064	16	123.4	118.8	116.9	124.0	123.0	114.8	110.6	117.8	123.2	127.2	131.1	124.9	T 125 - 75

CUADRO A.3 (continuacion). Valores medios mensuales de evapotranspiracion potencial y estimaciones de la capacidad hidrica de los suelos.

ESTACION Y CODIGO	DISTRITO AGROPEC.	DPTO.	ALT. (m)	PERIODO (anos)	EVAPORACION POTENCIAL (mm)												CAPACIDAD HIDRICA	
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	M (1)	(mm)
TARMA 110554	TARMA	JUNIN	3051	14	108.3	107.3	105.0	104.0	96.3	89.7	85.1	92.4	98.0	107.1	109.6	109.2	T 125 - 75	
CERRO DE PASCO 110593	PASCO	PASCO	4333	22	90.4	85.8	88.6	87.8	87.2	80.2	75.8	81.2	83.6	89.6	91.2	91.2	T 150 - 100	
LAIVE 110642	HUANCAYO	JUNIN	4096	13	96.4	97.0	96.4	93.6	84.0	74.6	70.2	76.2	86.2	94.6	98.2	96.6	T 150 - 100	
ANTA 110684	ANTA	CUSCO	3435	15	105.7	105.1	105.4	100.2	88.1	75.9	76.6	85.8	98.7	111.6	112.5	107.8	T 125 - 175	
PARURO 110686	CUSCO	CUSCO	3084	14	110.3	109.9	108.3	106.6	95.7	89.8	88.8	100.6	110.7	124.9	124.3	117.8	T 175 - 125	
CCATCCA 110690	CUSCO	CUSCO	3700	7	97.4	96.2	96.2	96.8	88.9	82.2	73.2	83.0	90.6	100.8	104.7	99.6	T 125 - 75	
LAMPA 110779	PUNO	PUNO	3892	18	101.1	100.5	99.7	96.3	80.8	69.2	65.1	77.0	91.0	102.9	111.2	104.3	T 125 - 75	
EL PORVENIR 120310	TARAPOTO	SAN MARTIN	339	18	133.1	116.9	121.0	111.4	110.6	102.4	110.7	120.6	121.9	130.1	130.2	131.4	H 175 - 125	
HUANUCO 120404	HUANUCO	HUANUCO	1894	14	114.1	97.9	105.7	105.0	104.8	95.6	100.1	110.5	109.3	124.4	121.9	116.5	H 150 - 100	
ABANCAY 120605	ABANCAY	APURIMAC	2377	13	115.2	100.2	107.3	104.2	100.5	88.5	92.3	106.0	112.4	136.1	129.2	119.6	H 125 - 75	
G. KCAYRA 120607	CUSCO	CUSCO	3219	25	94.3	83.9	89.8	86.6	81.5	72.8	76.4	87.5	93.1	108.7	106.1	100.4	H 175 - 125	
HUAYAO 120635	HUANCAYO	JUNIN	3350	26	99.7	86.4	90.7	86.7	83.6	76.4	81.0	89.2	93.0	108.2	107.9	106.8	H 175 - 125	
PUNO 120708	PUNO	PUNO	3875	17	96.1	86.0	90.3	87.4	78.0	66.4	69.9	82.5	94.0	113.0	115.9	105.2	H 175 - 125	
LA PAMPILLA 120839	AREQUIPA	AREQUIPA	2350	20	127.0	107.5	117.6	109.2	97.5	82.0	88.6	104.7	121.0	142.4	148.2	143.0	H 125 - 75	
A. WEBERBAUER 130304	CAJAMARCA	CAJAMARCA	2536	17	97.7	85.0	91.9	84.8	86.6	78.8	86.8	92.2	89.7	102.9	105.6	105.2	H 150 - 100	
LA JOYA 130804	AREQUIPA	AREQUIPA	1268	2	159.5	129.0	141.5	114.5	106.5	91.5	97.5	108.0	127.0	147.0	167.0	165.0	H 125 - 75	

1) Metodos usados para la estimacion de la evapotranspiracion potencial: T. Thornthwaite ajustado a las condiciones locales.

ANEXO 4

INFORMACION SOBRE EVENTOS AGROCLIMATICOS

AÑO	MES	FUENTE DE INFORMACION Y RESUMEN EVENTOS AGROMETEOROLOGICOS
1963-64		<p>FUENTE: HD1411U5, 61-84, USDA, Economic Research Service, p. 42.</p> <p>EVENTOS: Debido a mejoras en el suministro de agua, la producción de arroz experimentó un crecimiento. La cosecha de café continua en aumento. La producción global de algodón no mostró cambio. Los mejores rendimientos en la mayoría de las grandes áreas agrícolas compensaron las bajas obtenidas en algunos valles norteños por la escasez de lluvias durante el primer período del cultivo. Problemas crónicos por efectos del estado atmosférico, los costos de los fertilizantes y el bajo nivel tecnológico continuaron limitando la producción agrícola.</p>
1964-65		<p>FUENTE: 1965 USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 113, FEB, 1965.</p> <p>EVENTOS: La producción de trigo fue buena a pesar de la prolongada sequía ocurrida prematuramente. La producción de cebada incrementó ligeramente por efecto de una disminución de la humedad en áreas del centro y del Sur por más que fuera compensado por los altos rendimientos en otras zonas productoras. La producción de maíz también fue elevada sólo ligeramente por los efectos del mal tiempo en la sierra y zonas del Este.</p>
1965		<p>FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 154, MARZO, 1966.</p> <p>EVENTOS: La escasa lluvia restringió el agua disponible para irrigación en la región de la costa durante el inicio de 1965, prevaleciendo condiciones normales de crecimiento en la región de la Sierra. La producción de trigo continuó casi al mismo nivel de 1964, mientras en el maíz la producción y rendimientos continuaron elevándose. Se observó también una recuperación significativa en cebada, quinua, papas, yuca y garbanzos, los cuales proveen el alimento básico a la población rural. Sin embargo, la producción de arroz fue baja debido a la competencia del algodón por áreas bajo riego, en la región norte del país.</p>
1965		<p>FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL ECONOMIC REPORT NO. 28, 6 DEC, 1965.</p> <p>EVENTOS: Fueron observados incrementos en la producción de maíz, café, y plátano; sin embargo fueron observadas bajas en arroz, algodón y tabaco.</p>
1965-66		<p>FUENTE: USDA. ECONOMIC RESEARCH SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL ECONOMIC REPORT NO. 33, 5 DEC. 1966.</p> <p>EVENTOS: Condiciones adversas en el tiempo a inicios de 1966 afectaron a varios cultivos en el Perú y la producción agrícola total declinó por segundo año consecutivo. Un tiempo frío y una temprana sequía contribuyeron a una</p>

baja significativa en los rendimientos de cultivos alimenticios básicos que se producen en la sierra, incluyendo maíz, trigo, cebada y papas. Una elevación en los insumos del gobierno fomentó una recuperación significativa en la producción de arroz. La producción de frijoles, camotes, azúcar y yuca también incrementaron.

1966

MIDYEAR REVIEW.

FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 163, AGOSTO 1966.

EVENTOS: Sequía en la Sierra norte redujo el aprovisionamiento de agua para irrigación en la costa norte durante el inicio del año. Por la helada y la sequía se esperó una seria pérdida en el ganado y reducciones en la producción de cultivos alimenticios en gran parte de la Sierra Sur. Hubo un cambio de cultivos de algodón a arroz y a otros de tipo alimenticio.

1966

FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 187, MAYO 1967.

EVENTOS: Heladas prolongadas y una sequía severa afectaron el altiplano del Sur peruano y una gran parte de la Sierra central a inicios de 1966, afectando la producción de cultivos. Sin embargo, en la Costa los productores incrementaron el área de cultivo del arroz en respuesta al más alto apoyo en precios y por tanto se elevó la producción. Bajos precios en el algodón llevaron a algunos productores a transferir tierras a cultivos alimenticios más provechosos y el área cosechada fue menor por segundo año consecutivo.

1967

MIDYEAR

FUENTES: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 198, SETIEMBRE DE 1967.

EVENTOS: La agricultura peruana se benefició por la precipitación por sobre lo normal en 1967 la cual mejoró los rendimientos de pastos y cultivos en la Sierra y proveyó de abundante agua para irrigación. Una elevación en la producción de alimentos fue anticipada. Los precios otorgados por el gobierno y otros programas, para elevar la producción, contribuyeron a una expansión en el área arrocería. La cosecha de 1967 fue estimada a un nivel record con la elevación de maíz en costa, debido a la demanda por las industrias lácticas y avícolas. La mayoría de los otros cultivos alimenticios en la Sierra estuvieron por sobre los niveles de 1966; en papas se espera igualar, el record de cosecha de 1967.

1967

FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 222, 19 DE ABRIL, 1968.

EVENTOS: Una baja significativa en el rendimiento de los principales cultivos de exportación fue parcialmente compensada por una recuperación de la sequía que incrementó la producción de cultivos y ganado en la Sierra. El alto precio de compra del arroz dado por el

gobierno, llevó a cambiar tierras irrigadas destinadas a algodón a arroz. La producción de 1967 de este cultivo fue un record. El área maizera también incrementó en respuesta a la creciente demanda de granos alimenticios; con rendimientos mejorados la producción se incrementó 8 por ciento por sobre los promedios más altos hasta ese tiempo. La producción de otros cultivos alimenticios incluyendo cebada y papas casi recuperaron sus niveles normales.

1968 FUENTES: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 261, 21 ABRIL, 1969.

EVENTOS: El Norte del Perú experimentó una severa sequía que provocó reducciones críticas de agua de regadío y redujo la producción de muchos cultivos alimenticios. Aunque, las condiciones de húmed.d en áreas productivas alimentarias de la Sierra, se reportaron como casi normales a inicios del año es probable que continúe la reducción de la producción agrícola debido a recortes en el agua para riego en la Costa. La sequía del Norte también redujo el cultivo de trigo en la sierra, en más del 20 por ciento.

1969 MIDYEAR FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, ERS-FOREIGN 279, OCTUBRE, 1969.

EVENTOS: Los lluvias a fines de 1968 acabaron con la severa sequía existente. Condiciones adecuadas de humedad en la Sierra, unidas a los mayores aprovisionamientos de agua de regadío en la costa, llevarían a mostrar un incremento en la producción agrícola de 1969. La ocurrencia tardía de precipitación no evitó una aguda caída en la producción de azúcar para 1969; en el caso de algodón también se espera una menor producción en este año. En algunos importantes áreas productoras de algodón, se realizaron plantaciones de arroz después que se observara que el primer cultivo tendría un rendimiento limitado. La producción de maíz en 1969 estaría cerca del nivel de 1967, ayudada por algunos cambios de los cultivos de algodón por maíz. Se espera también un incremento significativo en la producción de los cultivos alimenticios como trigo, cebada y papas, en la región de la Sierra.

1970 FUENTE: OSP, ISSN02514494, NO. 12.  
EVENTOS: Un terremoto dañó a Huaraz.

1970 FUENTE: HD1411U5, ERS-FOR, USDA 312, P. 12.  
EVENTOS: Después de las condiciones de sequía que persistieron hasta inicios de 1969, las condiciones para la agricultura fueron casi normales. La producción incrementó en más de 4 por ciento comparada con el incremento de menos de 1 por ciento en 1969. Mejores condiciones para el riego y mayores plantaciones determinaron un nivel record en la producción de arroz; los

rendimientos en azucar se recuperaron bastante desde el año anterior. La cosecha de algodón fue mayor en el Norte pero declinó en la zona central.

- 1970-71 FUENTE: WORAGSIT 353A93, 29/2, WAS 1-12, 1971, P. 14.  
EVENTOS: Se cultivó algodón casi al mismo nivel del año anterior. El área de cultivo se redujo, reflejando el efecto de los precios más bajos y las condiciones de sequía.
- 1971 FUENTES: HD1411U5, ERS-FOR, 328-339, 334, P. 24.  
EVENTOS: Se incrementó la producción en granos. El trigo subió en 10 por ciento, maíz en 5, arroz en 2 y cebada en 1 por ciento. La caña de azucar y el café se elevaron en 6 y 5 por ciento respectivamente. El algodón descendió en 9 por ciento. El tiempo fue favorable en terminos generales y las lluvias en el interior del país proveyeron de abundante agua para el riego en áreas de la costa. Inundaciones debidas a problemas de regadio, afectaron áreas de algodón Pima causando una reducción de 7 por ciento en esta variedad de fibra extra larga.
- 1972 FUENTE: 3538D101.22 550-42, PERU: A COUNTRY STUDY, P. 132.  
EVENTOS: Hubieron 1.3 millones de hectáreas de cultivo bajo riego: 700,000 en la costa y 500,000 en la sierra. Antes de los años 70 el uso del agua habia sido incontrolado y desperdiciado grandemente.
- 1972 FUENTES: HD 1411.U5 USDA, ERS-FOR, 341-355,17.  
EVENTOS: Excesivas lluvias e inundaciones, durante el mes de abril redujeron los cultivos en la costa, incluyendo al algodón. En la Sierra, también las lluvias y un tiempo inusualmente cálido redujo las cosechas de cultivos alimenticios básicos, particularmente en papas. La producción de arroz descendió acentuadamente.
- 1973 FUENTE: HD 1411.U5 USDA, ERS-FOR, 356-365, P. 24.  
EVENTOS: Las condiciones agrícolas fueron generalmente favorables y la producción se recuperó hasta casi los niveles pico de 1970 y 1971. Prematuras y fuertes precipitaciones dañaron algunos cultivos en la costa, incluyendo el arroz, pero esto fue compensado por las irrigaciones y el rendimiento de los cultivos en la sierra norte. El maíz y la cebada tuvieron mayores rendimientos. Hubieron mayores plantaciones de algodón y se alcanzó un nivel record en cosecha de caña de azucar.
- 1974 FUENTE: 22575, 13175, P. 4.  
EVENTOS: En general durante 1974, las condiciones meteorológicas fueron favorables pero la producción global se incrementó sólo ligeramente debido al incremento en el precio de los insumos agrícolas.

- 1974 FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL ECONOMIC REPORT NO. 103, ABRIL, 1975.  
EVENTOS: La producción agrícola conjunta incrementó sólo 2 por ciento debido a la pérdida de incentivos en los precios y los disturbios asociados con la reforma agraria. Los granos y otros cultivos alimenticios tales como las papas y frijoles aumentaron poco. Un descenso en 4 por ciento en la producción de arroz creó crucial problema alimentario.
- 1975 FEB FUENTE: WORAGSIT 3538A93, 29/2, WAS 1-12, 6-75, P. 5.  
EVENTOS: La Sierra central del Perú presentó condiciones secas durante el mes de Febrero, el cual es el mes de media estación para cultivos de verano; pero esta condición mejoró con las fuerte lluvias en marzo.

- 1975-76 FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL REPORT NO. 122, JULIO 1976.  
EVENTOS: Si bien hubieron grandes cosechas de arroz y maíz, el incremento en la producción global de alimentos fue ligera. La producción de algodón en 1975 se redujo debido a una disminución en el área plantada. Los agricultores prefirieron sembrar maíz, sorgo y frijoles en los terrenos destinados a algodón debido a los bajos precios otorgados a este producto y al lento movimiento comercial de las agencias estatales. El rendimiento en azúcar se incrementó ligeramente, alcanzando un estimado de 1 millón de toneladas, a pesar de los problemas laborales y técnicos en los principales ingenios azucareros. Los cultivos alimenticios como tuberosas, frutas y verduras experimentaron un ligero incremento en su producción; hubo sin embargo eventuales reducciones en la producción de papa. La principal falta de incentivo fue la política de colocar precios artificialmente bajos a los alimentos, para beneficiar a los consumidores urbanos. Se requirieron grandes cantidades de alimentos importados que compensaran el estancamiento en la producción agrícola. Grandes áreas de desierto serán irrigadas con los nuevos proyectos de irrigación. El proyecto Chirapiura, programado para concluirse en 1977, incorporará 115,000 nuevas hectáreas a la agricultura. La primera etapa del proyecto Tinajones, que irriga actualmente a 68,000 hectáreas en el departamento de Lambayeque, estuvo casi concluido a fines de 1975. La nueva planta de fertilizantes en Talara produce solo 15,000 de las 45,000 toneladas que se esperaban. El gobierno subsidió el precio de los fertilizantes para los agricultores.
- 1976 FUENTE: VOL. 26, OCTUBRE 77, P. 243.  
EVENTOS: Se registraron temperaturas por sobre lo normal, especialmente en el Norte y áreas centrales de la Costa. La escasa precipitación en las regiones andinas, que determinó el descenso en el nivel de los ríos usados para irrigaciones en la costa, ocasionó pérdidas agrícolas.
- 1976 FUENTE: USDA, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, FOREIGN AGRICULTURAL ECONOMIC REPORT NO. 136, MAYO 1977.  
EVENTOS: Los buenos rendimientos obtenidos en los cultivos alimenticios se vieron contrapuestos con las bajas en las producciones de algodón y de azúcar. Las intensas lluvias registradas en enero y febrero y la severa sequía experimentada durante octubre y noviembre afectaron a los cultivos de papa, maíz, arroz y caña de azúcar.
- 1976 DIC FUENTE: 11177, 122974, P. 14.  
EVENTOS: Las condiciones de sequía que afectaron los cultivos, especialmente en el Altiplano, fueron mitigadas por las recientes lluvias.
- 1977 FUENTE: WORAGSIT 353A93, 29/2, WAS 13-15, USDA, GRS, 7/77, P. 27.  
EVENTOS: Heladas e inundaciones que siguieron a la sequía de 1976 han dañado seriamente a los cultivos alimenticios y pastos.

- 1977 MAR FUENTE: 3777, 3877, P.11.  
EVENTOS: Los cultivos alimenticios que fueron afectados por la sequía, en el Altiplano, no se recuperaron con las lluvias caídas a finales de diciembre.
- 1977 FUENTE: WORAGSIT 3538A93, 29/2, WAS 13-15, USDA, ERS 7/77, P. 19.  
EVENTOS: Las lluvias del mes de enero modificaron las condiciones de sequía que afectaron durante dos meses al Perú. Se reportaron inundaciones en la zona andina durante el mes de marzo.
- 1977 ABR FUENTE: 51177, 42877, P. 16.  
EVENTOS: La región de Puno fue afectada por una severa sequía.
- 1977 JUN FUENTE: 61077, 6177, P. 18.  
EVENTOS: La severa sequía que afectó la región de Puno a inicios de año fue seguida por las recientes heladas y granizadas que dañaron seriamente a los cultivos.
- 1977 JUN FUENTE: 81177, 63077, P. 18.  
EVENTOS: Se llevó a cabo un programa de emergencia de ayuda alimentaria.
- 1977 NOV FUENTE: 11278, 12977, P. 18.  
EVENTOS: En noviembre, lluvias oportunas cayeron sobre importantes áreas agrícolas del país. Sin embargo, en el valle de Chanchamayo, lluvias intensas ocasionaron ciertos daños a los cultivos, y en el departamento de San Martín se inundaron varias áreas.
- 1977 FUENTE: WORAGSIT 3538A93 29/2 WAS 15, SUPPL. 17, USDA, ERS, P. 20.  
EVENTOS: Un retraso en las plantaciones, por la ocurrencia de una larga temporada seca, fue el principal factor causante de las bajas en la producción de azúcar, arroz, papa y tabaco. En el mercado, se produjo una disminución de papas, azúcar y aceite vegetal. La producción de arroz se vio también reducida por una disminución de agua de riego. La escasez de papa no fue superada hasta bien entrado el año, en la época de la cosecha principal. La producción de maíz, sorgo, y azúcar se incrementó, mientras que la cosecha de trigo fue pequeña y la producción de café decayó. La producción de tabaco se redujo por una disminución en el área de cultivo.
- 1978 FUENTE: VOL 28, OCTUBRE 79, P. 17.  
EVENTOS: En el norte del país, los cultivos de arroz no se beneficiaron con las lluvias de fines de marzo, ya que la prolongada sequía sufrida los había afectado seriamente. No se tendría otra cosecha hasta abril de 1979. Durante 1978 se sembró sorgo en casi 30,000 hectáreas de tierras donde habitualmente se sembraba arroz, pero que se encontraban, esta vez, afectadas por la sequía.

- 1978 AGO FUENTE: 101878, 81578, P. 19.  
EVENTOS: La sequía limitó el área sembrada, especialmente de maíz.
- 1978 DIC FUENTE: 1157912878, P. 18.  
EVENTOS: La temporada seca limitó el área sembrada especialmente en maíz y arroz.
- 1978 FUENTE: AGSIT 3538A93 29/2-2, 1-7, USDA ESCS 78-79, P. 1.  
EVENTOS: La severa sequía sufrida produjo serios recortes en la producción de soya y granos comestibles, y se produjo cierta baja en la producción de arroz en las principales zonas de cultivo del país.
- 1978 FUENTE: 3538A93, 29/2, 16-24, USDA, ECONOMIC, STATISTICS AND COOPERATIVE SERVICE, WORLD AGRICULTURAL SITUATION, WAS 16, P. 23.  
EVENTOS: La persistencia de las condiciones atmosféricas, inusualmente secas y cálidas, limitó las perspectivas agrícolas. Las plantaciones de arroz se vieron reducidas por la escasez de agua para riego.
- 1978 FUENTE: 3538A93, 29/2-2, 1-7, USDA, ESCS 78-79, P. 22.  
EVENTOS: El desarrollo de los cultivos de granos y oleaginosas se vio limitado por una severa sequía.
- 1978 FUENTE: AGSIT 3538A93, 29/2-2, 1-7, USDA ESCS 78-79, p. 22.  
EVENTOS: La agricultura respondió pobremente a las expectativas, debido a los efectos de la sequía sobre las áreas bajo riego en la Costa norte, al reducirse el agua de los principales reservorios a niveles insuficientes. En la Sierra, la sequía redujo la producción de granos y solo la papa se libró de sus efectos, al igual que algodón y café. La producción de café se benefició con los altos precios y las lluvias oportunas. El algodón se benefició por los mejores precios, el uso racional del agua y la no aparición de pestes; la producción de azúcar decayó debido a la reducción en los rendimientos y a las menores áreas cosechadas por causa de la disminución de agua para riego. El elevado costo de los insumos afectó también la producción agrícola.
- 1979 FUENTE: 41279, 32279, P. 18.  
EVENTOS: La plantación del cultivo de arroz de 1979, programada con miras a cosechar a mitad de año, se retrasó por el período seco de enero a marzo, plantandose sólo una área pequeña.
- 1979 FUENTE: 71679, 52979, P. 22.  
EVENTOS: Este fue el segundo año consecutivo en que el cultivo de arroz se vio afectado por el retraso en la siembra y la reducción en la superficie sembrada.
- 1979 FUENTE: 3538A93, 29/2, 16-24, USDA, ECONOMIC, STATISTICS AND COOPERATIVE SERVICE, WORLD AGRICULTURAL SITUATION, WAS 19, JULIO 1979, p. 29.  
EVENTOS: Una severa sequía siguió afectando las áreas agrícolas reduciendo la producción de arroz, algodón y azúcar.

- 1979 FUENTE: VOLUME 24, OCTUBRE 80, P. 244.  
EVENTOS: En los últimos cuatro meses del año, en la zona central del país, la precipitación estuvo por debajo de lo normal; las cantidades totales de precipitación fluctuaron entre 50 y 70 por ciento de lo normal.
- 1979 FUENTE: 353A93, 29/2, 16-24, USDA, ECONOMICS, STATISTICS, AND COOPERATIVE SERVICE, WORLD AGRICULTURAL SITUATION, WAS 20, OCTUBRE 1979, P. 24.  
EVENTOS: Las condiciones de sequía experimentadas a inicio de año, fueron modificadas por las lluvias que contribuyeron a mejorar las perspectivas agrícolas.
- 1979 DEC FUENTE: FOOD OUTLOOK, 1-29-80, P. 3.  
EVENTOS: Las ligeras lluvias presentadas en el Norte no fueron suficientes para reabastecer las reservas de humedad del suelo en la región productora de arroz.
- 1979 FUENTE: AGSIT 3538A93, 29/2-2, 1-6, 79-80, R79080, WESTERN HEMISPHERE, P. 30.  
EVENTOS: La producción agrícola total permaneció a niveles bajos en 1979, incrementándose sólo ligeramente desde 1978. La producción de alimentos decreció en dos por ciento, al nivel más bajo de los años 70. La principal causa de la baja producción de 1979 fue el segundo año de sequía. La sequía contribuyó a que los productores decidieran reducir el área para el cultivo de papa; la sequía también contribuyó a la reducción de los rendimientos en maíz y arroz, sin embargo la mayor área sembrada, comparando con periodos previos a la sequía, proveyó de mayores ingresos y compensó los bajos rendimientos, permitiendo que la producción de maíz incremente en 9 por ciento y la de arroz en 4 por ciento. Aunque la producción de trigo se elevó en 6 por ciento sobre la de 1978, debido a un incremento en los rendimientos por el mayor uso de variedades mejoradas, los resultados estuvieron marcadamente debajo de los niveles anteriores a 1978. La producción de sorgo continuó su tendencia ascendente que se inició en los primeros años de la década del 70, mientras que la producción de cebada permaneció inalterable. La producción de algodón mejoró, debido a un incremento de 20 por ciento en el área cultivada. El incremento en la producción de café fue el resultado de nuevas plantas introducidas, condiciones adecuadas de precipitación en las zonas productoras y un mayor uso de fertilizantes. La sequía redujo los rendimientos en azúcar.
- 1970's FUENTE: 3538D101.22, 550-42, PERU: A COUNTRY STUDY P. 68  
EVENTOS: En los últimos años de la década del 70, dos años consecutivos de sequía en el Altiplano del departamento de PUNO causaron pérdidas en los cultivos, superiores a 80 por ciento en algunas localidades.
- 1970's FUENTE: 3538D101 22, 550-42, PERU: A COUNTRY STUDY P. 132  
EVENTOS: En los finales de la década del 70 se perdieron casi 200,000 hectareas, en la Costa, por el incremento de la salinidad.

- 1980 FUENTE: 3538A93, 29/2, 16-24, USDA ECONOMIC, STATISTICS AND COOPERATIVE SERVICE, WORLD AGRICULTURAL SITUATION, WAS 21, ENERO 1980, P. 29.  
EVENTOS: En la Costa en las áreas agrícolas bajo riego, el aprovisionamiento de agua estuvo por debajo de los niveles del año anterior.
- 1980 FEB FUENTE: 3-14-80, 2-19-80, P. 20.  
EVENTOS: Una severa sequía afectó a las provincias de la costa norte y a otras menos extensas de la sierra sur, causando daños a la producción agrícola. Las condiciones para el cultivo de cereales fueron bastante deficientes.
- 1980 ABR FUENTE: 4-18-80, 4-9-80, P. 21.  
EVENTOS: El gobierno tomó medidas para facilitar el incremento de áreas bajo riego. En la región amazónica fuertes lluvias causaron grandes inundaciones.
- 1980 FUENTE: AGSIT 3538A93, 29/2-2, 1-6, 79-80, R79080, WESTERN HEMISPHERE, P. 31.  
EVENTOS: Aunque se registraron insuficientes lluvias en el primer trimestre, el mayor riego ha mejorado las perspectivas respecto a la producción de algodón. El café cultivado en las vertientes orientales de los Andes no ha sido afectado por la sequía; pero las intensas lluvias probablemente afectaran la mayor producción.
- 1980 JUL FUENTE: 8-8-80, 7-2-80, P.23.  
EVENTOS: La sequía restringió la producción de cultivos alimenticios, especialmente del arroz.
- 1980 DIC FUENTE: 2-17-81, 1-9-81, P. 21.  
EVENTOS: Las condiciones de sequía continuaron prevaleciendo en el Norte y en la Sierra durante el mes de Diciembre.
- 1980 FUENTE: 3538A93, 29/2, 16-24, USDA, ESCS, 12-80, P. 35.  
EVENTOS: La sequía de tres años consecutivos continuó durante la mayor parte del año 1980, por lo que se espera que la producción agrícola sufra nuevamente una reducción. Se presentaron algunas lluvias en la última parte del año pero se espera que la producción de azúcar vuelva a sufrir un descenso para 1981. Se importará maíz, arroz y trigo.
- 1980 FUENTE: 3538A93, 29/2-2, 5 1980-81, USDA, ECONOMICS AND STATISTICS SER., AGRICULTURAL SITUATION: WESTERN HEMISPHERE P. 30.  
EVENTOS: La producción agrícola se redujo en un 4 por ciento en 1980, debido a los efectos acumulados de una sequía de tres años que afectó las zonas agrícolas del Perú. Desde una base per capita, la producción agrícola fue la más baja en los últimos 30 años. El rendimiento de los cultivos se redujo en un 11 por ciento desde 1979. La sequía hizo desistir a los agricultores de incrementar el área plantada por lo que el área cosechada y los rendimientos se redujeron. Muchos productores cambiaron sus cultivos a algodón por lo que este fue el único cultivo que no decreció de la producción total.

- 1981 FUENTE: 2-17-81, 1-9-81, P. 21.  
EVENTOS: A inicios de enero una ligera lluvia mejoró parcialmente la situación de sequía.
- 1981 FEB FUENTE: 2-24-81, FOOD OUTLOOK. P. 3.  
EVENTOS: En el norte del Perú el período de sequía continuo afectando el crecimiento de los cultivos.
- 1981 FEB FUENTE: 3-24-81, FOOD OUTLOOK. P. 3.  
EVENTOS: La falta de lluvias afectó severamente a los cereales y otros cultivos alimenticios.
- 1981 FUENTE: VOL 31, OCTUBRE 82, P. 341.  
EVENTOS: En Las zonas central y sur del país, las intensas lluvias ocurridas de enero a marzo, afectaron los puentes y arrasaron secciones de carreteras y líneas de ferrocarril.
- 1981 MAR FUENTE: 4-13-81, 3-23-81, P. 21.  
EVENTOS: A inicios de marzo, lluvias torrenciales causaron grandes inundaciones en varias áreas del país.
- 1981 MAR FUENTE: 5-15-81, 4-5-81, P. 22.  
EVENTOS: La intensa lluvia presentada durante el mes de marzo restauró las reservas de agua para riego que se habian consumido completamente durante la sequía de tres años.
- 1981 SET FUENTE: NOA 92481, 01013, NO. 1, TELEX V.  
EVENTOS: En algunas zonas de la Sierra se experimentó un período seco durante ocho semanas.
- 1981 SET FUENTE: 10-27-81, FOOD OUTLOOK, P. 4.  
EVENTOS: El período seco que afecto a la Sierra continuo durante el mes de setiembre retrasando las siembras de maíz y papa.
- 1981 FUENTE: 10-16-81, 10-4-81, P. 19.  
EVENTOS: La producción de trigo, maíz, cebada y sorgo se incremento debido a un mejor aprovisionamiento de agua para riego y a una mayor área sembrada.
- 1981 OCT FUENTE: 11-16-81, 11-2-81, P. 20-  
EVENTOS: El período de sequía continuo durante el mes de octubre en la región de la Sierra.
- 1981 FUENTE: NOA 10981, 0104, NO. 2, TELEX V.  
EVENTOS: Se retraso la siembra de maíz y papa debido a 10 semanas sin precipitación.
- 1981 NOV FUENTE: NOA 12981, 0102, NO. 9, TELEX V.  
EVENTOS: Fuertes chubascos y granizadas causaron que se registrara una cantidad de lluvia diaria de 50 a 125 mm. en localidades esparcidas en las vertientes orientales de los Andes.

- 1981 DIC FUENTE: NOA 123181, 0102, NO. 11, TELEX V.  
EVENTOS: El día 23 de diciembre cayo una granizada en la zona central del país. Los reportes indican que la lluvia supero los 76 mm. y duro varias horas.
- 1982 FUENTE: 3-12-82, 2-2-82, P. 20.  
EVENTOS: La producción de arroz de 1981 se incrementó reflejando el hecho de una mayor área sembrada y las condiciones atmosféricas adecuadas que se registraron durante la estación.
- 1982 ENE FUENTE: NOA 2383, 0103, NO. 14, TELEX V.  
EVENTOS: El valle del río Huallaga fue practicamente destruido por inundaciones alrededor del día 25 de enero. Estas avenidas se produjeron cuando se derrumbo un muro de lodo, que a forma de represa habia bloqueado el río Chontayacu. Un aguacero, ocurrido el día 21, daño los alrededores de la ciudad del Cusco.
- 1982 ENE FUENTE: OSP, ISSN02514494, NO 12.  
EVENTOS: Durante los ultimos días de enero, intensas lluvias cayeron sobre varias áreas del Perú causando severos daños y grandes pérdidas en varios departamentos. Los más seriamente afectados fueron los departamentos de San Martin, Cusco y Huanuco. En San Martin las lluvias cayeron sobre la cuenca del río Santillana que alimenta al río Chontayacu, causando repetidos derrumbes. Se envio ayuda por parte del gobierno y la Cruz Roja. Hacia mediados del mes de febrero nuevamente cayeron lluvias intensas en diversas partes del país, incrementandose el caudal de los ríos incluyendo a los de las vertientes occidentales como el Rimac, cerca de Lima.
- 1982 ENE FUENTE: 3-12-82, 2-2-82, P. 20.  
EVENTOS: El día 25 de Enero ocurrieron lluvias torrenciales en varias partes del centro y sur del país causando derrumbes y daños.
- 1982 ENE FUENTE: NOA 21181, 0102, NO. 15, TELEX V.  
EVENTOS: En el ultimo enero, las áreas vecinas al valle del río Huallaga, en el Noreste, y las vecinas al Cusco, en el Sureste fueron seriamente danadas por huaycos. El gobierno declaro a estas zonas en estado de emergencia.
- 1982 MAR FUENTE: 4-27-82, FOOD OUTLOOK, P. 3.  
EVENTOS: La sequía afecto a tres departamentos norteños principales productores de arroz.
- 1982 MAR FUENTE: 5-14-82, 5-5-82, P. 19.  
EVENTOS: El río Ucayali se desbordo inundando las riberas y destruyendo los cultivos. El gobierno y organizaciones internacional les proveyeron de asistencia a esta zona.
- 1982 MAR FUENTE: NOA 32582, 0103, NO. 18, TELEX V.  
EVENTOS: En la zona de Tingo Maria, entre el 7 y el 20 de marzo se reportó una precipitación superior a los 500 mm. en un período de dos semanas. Los aguaceros estuvieron concentrados en una área pequeña.

- 1982 MAY FUENTE: 5-25-82, FOOD OUTLOOK, P. 3.  
EVENTOS: Mientras que en el Norte persistía la sequía, en la zona Central este del país, el río Ucayali rebalzó su cauce inundando grandes áreas.
- 1982 MAY FUENTE: NOA 61682, 0102, NO. 23, TELEX V.  
EVENTOS: La sequía continuó afectando las reservas de agua para irrigaciones y la agricultura, las cuales ya eran insuficientes.
- 1982 JUL FUENTE: NOA 71582, 0102, NO. 27, TELEX V.  
EVENTOS: Las lluvias, eventuales y en localidades dispersas, continuaron siendo insuficientes para atenuar las condiciones de sequía en el Norte.
- 1982 JUL FUENTE: NOA 73082, 0102, NO. 28, TELEX V.  
EVENTOS: Varios períodos de lluvia ligera, aliviaron en algo la situación de sequía en la Sierra norte.
- 1983 ABR FUENTE: FBIS, VOL VI, NO. 80, FOREIGN BROADCAST INFORMATION SERVICE, DAILY REPORT LATIN AMERICA.  
EVENTOS: 111,000 has. de cultivo se perdieron totalmente por causa de las inundaciones en el Norte y la sequía en el Sur. 226,000 has. adicionales fueron afectadas causando un decrecimiento de 680,000 toneladas de comestibles tales como papa, platano, arroz, trigo, cebada y maíz. El azúcar tuvo que ser importada para compensar las pérdidas sufridas por las lluvias torrenciales.