

IMPACTO DE LA SEQUIA DE LOS AÑOS 1982—83 EN LA AGRICULTURA DEL ALTIPLANO PERUANO. ESTUDIOS AGROCLIMATOLOGICOS

Por: Ing. José Marengo Orsini *

I.— INTRODUCCION:

La sequía constituye uno de los peores enemigos del hombre; no solamente afecta la vida económica y social de millones de personas sino que de vez en cuando pone en peligro a naciones y continentes enteros.

En el presente trabajo se estudian las características del clima, en relación a los cultivos, en la zona de Puno para los años 1982—83. Estos años se caracterizaron por presentar una de las más extremas sequías en el periodo, que produjeron enormes pérdidas en cosechas y bajas notables en los rendimientos agrícolas y pecuarios, asociado ello a los cambios climáticos propios de la sequía, que determinaron desequilibrios hídricos.

La información empleada está constituida por datos climatológicos, proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, estadística agropecuaria del Ministerio de Agricultura e información de la situación climática mundial durante 1982—83, extraída de los reportes correspondientes de la Administración Nacional de la Atmósfera y Océanos (NOAA) de los Estados Unidos de Norteamérica.

II.— OBJETIVOS:

Los objetivos planteados en el presente trabajo se resumen en:

- Evaluación de los daños causados por la sequía en la zona del altiplano, en los años 1982—83.
- Determinación de las características climáticas de Puno, en los años normales y en un año seco.
- Establecer la dependencia clima—cultivo (para maíz amiláceo), en la zona de Puno durante el año seco, haciendo uso del balance hídrico del cultivo.

III.— REVISION DE LITERATURA:

a) Sequías. Consideraciones Generales:

La sequía es un conjunto complejo de elementos meteorológicos que actúan en el suelo y la atmósfera y que determinan una alteración en el balance hídrico de las plantas. La combinación de deficiencia de humedad en el suelo, la evaporación rápida desde esta superficie y desde las plantas y las altas temperaturas que se tienen en el período de sequedad, dan lugar al marchita-

* Profesor Auxiliar del Departamento de Física y Meteorología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

miento y muerte de las plantas, dependiendo del tipo de cultivo, variedad o fase fenológica.

Vitkevich (1974) plantea que las definiciones de sequía deberían considerar los aspectos del clima involucrados en ella: precipitaciones, combinación de precipitación, temperatura y humedad, velocidad del viento, potencial de agua en el suelo o en función de las condiciones de las plantas. Hare (1985) menciona además algunas interpretaciones de la ecuación de balance hídrico, dando lugar a diversos índices climáticos. Trewartha (1972) señala que las primeras definiciones de sequía constituyeron los llamados índices de aridez, para estudios de clasificación climática o desertificación; entre estos tenemos los de Lang, Martonne, Köppen, Thornthwaite, Palmer, Papadakis, entre otros.

La gran confusión de definiciones de sequía, depende muchas veces de la finalidad de las mismas; así se tienen sequías de precipitación, cuando ésta es estudiada como períodos de lluvia o acumulados en esos períodos, teniéndose los casos de sequía parcial, total o absoluta; sequías atmosféricas que consideran temperaturas máximas y humedad ambiental como indicadores del poder desecante de la atmósfera; sequías agrícolas cuando toma en cuenta la humedad almacenada por el suelo o sequías hidrológicas, cuando se toman en cuenta reducción de caudales o disminución en la napa freática.

La sequía agrícola, puede ser causada por un inadecuado almacenamiento de humedad en el suelo, asociadas a las características de éste y a la demanda de agua de los cultivos, en cada fase fenológica. (Hounam et al, 1975).

Físicamente, la radiación solar es el principal componente ambiental en la producción de biomasa, si la humedad del suelo no es limitante. Pero si el suelo es secado en la sequía, queda expuesto a la radiación solar directa, produciéndose luego marcados cambios en el balance de energía cercano a la superficie; por ello el suelo se hace más caliente en el día y más frío en la noche, resultando en cambio que a la larga dan lugar a erosión. Con la intensificación de la sequía, la vegetación puede morir y si cae una excesiva lluvia en este estado, la erosión puede incrementarse. Algunos suelos son relativamente impermeables y cuando se desecan pueden perder compactación.

Considerando el aspecto meteorológico, la sequía es el resultado de una manifestación regional de fluctuaciones climáticas asociadas a anomalías atmosféricas a gran escala. Ello involucra incremento de subsidencia en una región, tanto en superficie como a gran altura y que dan condiciones de estabilidad atmosférica, que no permiten el desarrollo de nubes de lluvia. Un posible estudio de diagnóstico de sequías, consideraría el desplazamiento de los centros de alta presión desde sus latitudes normales de ubicación, así como la detección de estabilidad atmosférica a gran altura.

Dependiendo de la definición de sequía, es bastante relativo hablar de inicio o fin de la misma. Hounam et al (1975) indican que la sequía no se inicia necesariamente cuando cesa la lluvia, pues podría tenerse agua almacenada en el suelo para mantener el balance hídrico por algún tiempo. Esta situación se complica debido a bajas precipitaciones esporádicas que aportan con cantidades insignificantes a las reservas de humedad en el suelo.

Para estudios climáticos y de planificación agrícola, la definición de un índice de sequía daría lugar a una parametrización de las características espaciales y temporales de esta, con fin de tener una idea de la cuantificación de la severidad o extensión de ésta. El Índice de Sequía de Palmer (Palmer, 1965), representa una medida de las anomalías de humedad, de los valores respectivos del estado de humedad en un mes con relación a un estado climático del mismo. Un procedimiento ponderativo posibilita comparaciones entre realidades diferentes.

Lo más satisfactorio de este índice es que combina precipitación y temperaturas como variables predictoras, para hacer posible la aplicación del balance hídrico climático mensual, en su estructura matemática. La ocurrencia de sequías depende de la relación entre la distribución de la precipitación y la cantidad normalmente esperada. Hounam et al (1975), presentan el siguiente

FIGURA 1.— INDICE DE SEQUIA DE PALMER (AUGUSTO WEBERBAUER—CAJAMARCA)

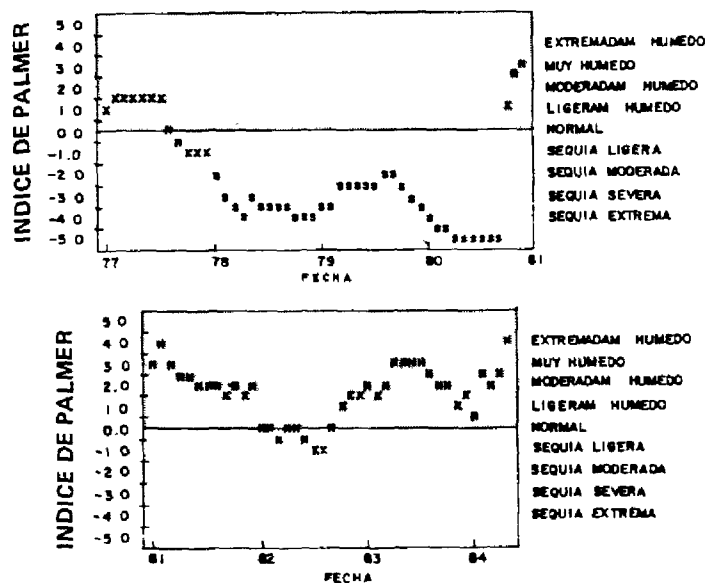
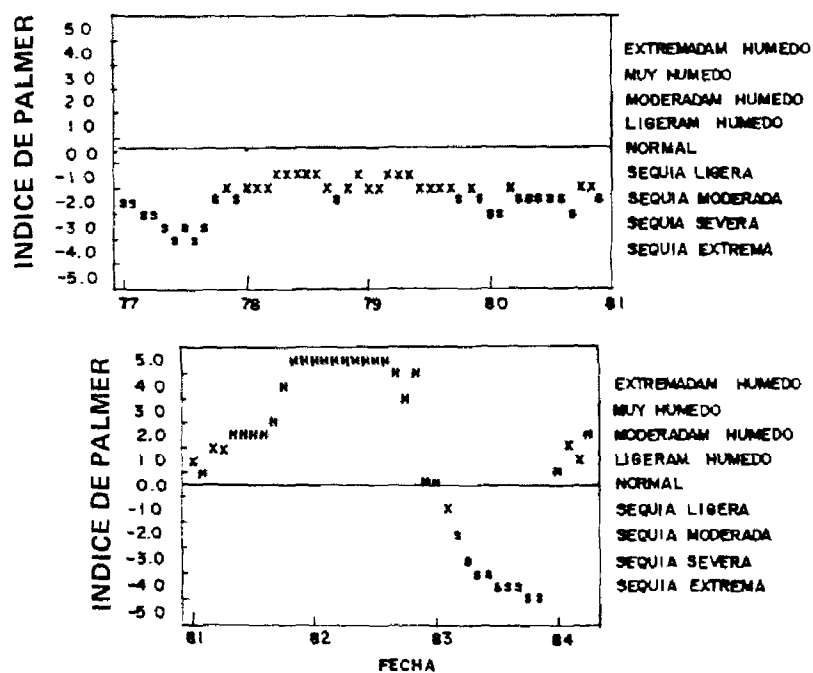


FIGURA 2.— INDICE DE SEQUIA DE PALMER (GRANJA KCAYRA — CUZCO)



cuadro, en el que se tipifica a la sequía en base a intervalos del Índice de Palmer (PDI), indicando la severidad de la misma.

Cuadro 1. Intervalos del Índice de Sequía de Palmer (Hounam et al, 1975)

PDI	Descripción
PDI > 4	Extremadamente húmedo
3 < PDI < 4	Muy húmedo
2 < PDI < 3	Moderadamente húmedo
1 < PDI < 2	Ligeramente húmedo
-1 < PDI < 1	Normal
-2 < PDI < -1	Sequía ligera
-3 < PDI < -2	Sequía moderada
-4 < PDI < -3	Sequía severa
PDI < -4	Sequía extrema

Aplicaciones del Índice de Sequía de Palmer en Perú, se tienen en el Valle del Río Mantaro (Sánchez, 1983) y en diversas localidades de sierra centro, norte y sur, por la OSE-SENAMHI (1984). De esta última publicación, se muestran las figuras 1, 2 y 3 series del PDI en el período 1975-85, para localidades como Cuzco, Cajamarca y Huancayo. Se aprecian los bajos valores en la sierra sur y centro en el año 1982-83, y en Cajamarca en 1979-80; también se observan otros años con sequías menos severas o con excesos de precipitación, dados por valores del índice mayores de 4.

Otras aplicaciones a nivel mundial se dan en los Estados Unidos de Norteamérica, cuando Díaz (1983) y Karl (1983) la aplican en la llanura central, para estudios de planificación agrícola en maíz y de recurrencia de sequías, respectivamente.

b) Situación Climática Regional en 1982-83:

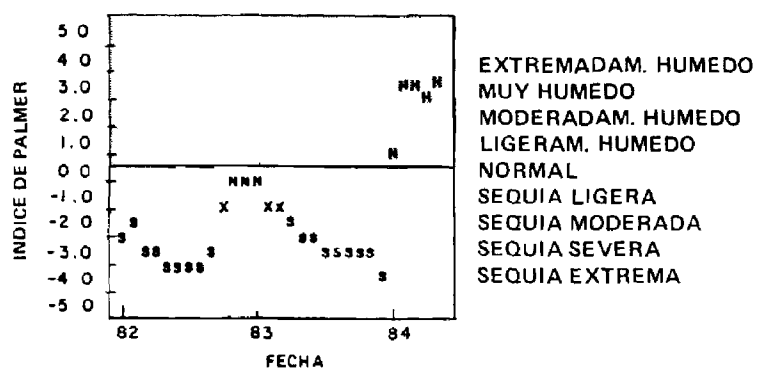
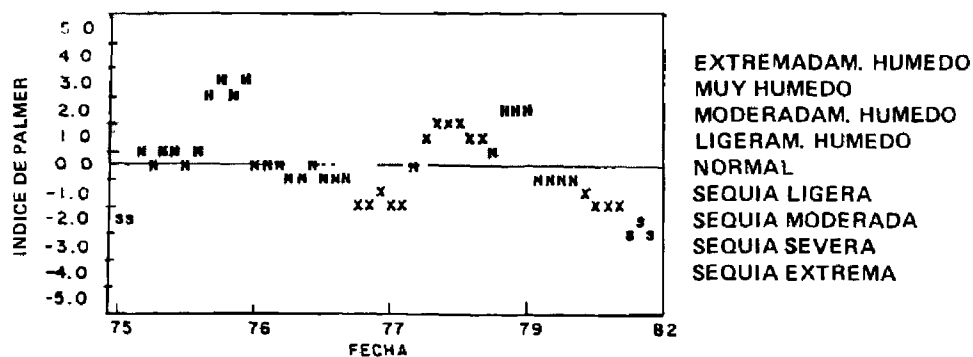
Los años 1982-83 fueron caso especial de estudios, sequías, inundaciones, tormentas, tornados, olas de calor y frío ocurrieron simultáneamente con caracteres anómalos en intensidad y tiempo. El Cuadro II, extraído de los reportes de la NOAA (1982, 1983), con información del Centro de Análisis Climáticos de Washington D.C.; muestra la situación climática a nivel semanal en Sudamérica en este período.

Cuadro II. Situación Climática Semanal en Sudamérica, desde el 31 noviembre 1982, a 16 abril 1983; con relación a la Sequía del altiplano.

(NOAA, 1982, 1983)

Fecha	Evento
06-11-1982	Temperaturas anormalmente altas en la costa occidental de Sudamérica, desde el norte de Chile al sur de Ecuador. Anomalía cálida en Paraguay.
13-11-1982	Zonas húmedas sobre la mitad oeste de Bolivia. Persiste anomalía cálida sobre costas occidentales de Sudamérica. Anomalía fría sobre Uruguay y norte de Argentina.
04-12-1982	Temperaturas anormalmente altas a lo largo de costas occidentales, desde Ecuador hasta el norte de Chile. Precipitaciones sobre lo normal en el sureste

FIGURA 3.— INDICE DE SEQUIA DE PALMER (HUAYAO — HUANCAYO)



Fecha	Evento
	de Brasil, así como partes de Paraguay y Argentina. Norte de Colombia, Venezuela y Noreste de Brasil permanecen secos.
11-12-1982	Persiste sequía sobre Venezuela hasta el suroeste de Brasil; Bolivia recibe precipitaciones anormalmente altas. Anomalía cálida desde costas de Ecuador a Norte de Chile.
18-12-1982	Excepto en el extremo este de Brasil, la mayor parte de el norte del continente permanece seco. Altas temperaturas en el este de Brasil agravan la situación de sequía. Temperaturas sobre lo normal a lo largo de las costas de Ecuador, Perú y Chile.
25-12-1982	Sequía continua desde Colombia al este de Brasil. Abundancia de lluvias sobre Ecuador. Temperaturas anormalmente altas se presentan desde costas de Ecuador a Norte de Chile.
01-01-1983	Costas occidentales desde el norte de Chile al sur de Colombia permanecen cálidas. Precipitaciones excesivas en Ecuador tienden a disminuir.
08-01-1983	Altas temperaturas persisten a lo largo de las costas desde el norte de Chile al sur de Colombia. Ecuador permanece húmedo, sequía en Colombia, Venezuela y Noreste de Brasil. Centro de Chile y Argentina con anomalías cálidas.
15-01-1983	Temperaturas anormalmente altas a lo largo de costas del Pacífico, desde sur de Ecuador a norte de Chile. Ecuador permanece cálido y húmedo. Sequía persiste en gran parte de Colombia, Venezuela y noreste de Brasil. Excesiva precipitación en el norte y centro de Argentina. Anomalía cálida sobre el centro de Chile y sur de Argentina.
22-01-1983	Temperaturas anormalmente altas persisten en casi toda la costa occidental de Sudamérica, así como en el sur de Argentina. Excesivas precipitaciones en Ecuador, sureste de Brasil, norte y centro de Argentina. Sequía persiste en Colombia, Venezuela y extremo noreste de Brasil.
05-02-1983	Sequía disminuye en el noreste de Brasil, pero persiste en el interior de Venezuela y Colombia así como excesos de precipitación se dan en el sureste de Brasil. Persiste anomalía cálida en la costa occidental de Sudamérica.
12-02-1983	Persiste anomalía cálida en costa occidental. Exceso de precipitación en Ecuador, sureste de Brasil y centro de Argentina.
19-02-1983	Excesivas precipitaciones se tienen entre Ecuador y noreste de Perú (263 mm/semana), precipitaciones persistentes sobre Argentina y Uruguay y anomalía cálida en costas occidentales sudamericanas
26-02-1983	Persiste anomalía cálida desde norte de Chile a Ecuador, en costas occidentales. Persiste excesiva precipitación entre Ecuador y norte de Perú. Excesivas precipitaciones en Argentina se expanden a Uruguay y sureste de Brasil.
05-03-1983	Anomalía cálida persiste a lo largo de las costas del Pacífico desde Chile a Ecuador. Disminuyen precipitaciones sobre Argentina y Uruguay.
12-03-1986	Anomalía cálida persiste a lo largo de la costa del Pacífico, desde Chile a sur de Colombia. Excesivas precipitaciones en Ecuador, norte de Perú, Paraguay y noreste de Argentina, e iniciándose en el sur de Brasil.
26-03-1983	Más de 280 mm en la semana caen sobre Ecuador y noroeste de Perú, lluvias abundantes persistentes en norte de Argentina. Persiste anomalía cálida en costas de Pacífico, desde norte de Chile a sur de Colombia.
02-03-1983	Noreste y sureste de Sudamérica soportan abundantes precipitaciones. Anomalía cálida persiste lo largo de la costa del Pacífico, con valores de hasta 6 C sobre lo normal
09-03-1983	Temperaturas por encima de lo normal, desde norte de Chile a sur de Ecuador. Abundantes precipitaciones, mayores de 113 mm/semana causan inundaciones en Ecuador y norte de Perú, lluvia disminuye en Argentina.
16-03-1983	Persisten lluvias abundantes entre Ecuador y norte de Perú, 223 mm acumulados en la semana. Persiste anomalía cálida en costa del Pacífico, desde norte de Chile a sur de Ecuador

En estos reportes se aprecian sobre todo las sequías en el noreste de Brasil y norte Colombia—Venezuela, anomalías cálidas en costas occidentales, olas de calor en Argentina, Brasil y Chile, y precipitaciones excesivas en Brasil o Paraguay. No se aprecia ni reporta sequía alguna en el altiplano Perú—Bolivia, presentándose en cambio altas precipitaciones en la parte oeste de Bolivia entre noviembre y diciembre 1982.

La WMO (1984), presenta una serie de eventos extremos climáticos en el período 1982—84, en lo referido a anomalías de precipitación. La figura 4 muestra, a nivel mundial, lluvias torrenciales en Ecuador y noroeste de Perú a fines de 1982 a inicios de 1983, asociadas al calentamiento debido a El Niño; excesos de precipitación fueron registrados también en Colombia, Paraguay y en la frontera Argentina—Brasil. Otros eventos de inundaciones ocurrieron también en este período, asociados a cambios en la frecuencia de huracanes y tifones.

La figura 4 muestra también las zonas de sequía, con otro sombreado, se aprecia la sequía en la zona del Sahel, África del este y del sur, sudeste asiático y gran parte de Australia. Esta sequía del sudeste asiático fue consecuencia del desplazamiento de la circulación tropical Walker. Se tiene también sequías en norte de Sudamérica y Noreste de Brasil (Hastenrath, 1983). La sequía del altiplano aparece indicada, sin embargo no se menciona nada de ella; tal vez debido a una falta de información climatológica de la zona.

En este trabajo se tratará de describir y estudiar la sequía en la zona de Puno, tomando en cuenta las condiciones normales del clima y la referencia climática mundial en el período 1982—83, a escala agrometeorológica.

IV.— MATERIALES Y METODOS

a) Información meteorológica:

Los datos climáticos provienen de los archivos del SENAMHI. Comprenden específicamente información mensual de temperaturas medias y extremas, velocidad de viento, humedad relativa, horas de sol y precipitación de la estación climatológica principal Puno (15.8 S, 70.0 W, 3875 msnm), para el período 1970—84 y en el año seco seleccionado; para este último caso la información es a escala diaria.

b) Información Agrícola:

Proviene de los anuarios de la Oficina Sectorial de Estadística OSE, del Ministerio de Agricultura. La estadística agraria comprende el período 1975—85, en los cultivos de papa, maíz amiláceo y maíz duro. No se trabaja con trigo dado que las estadísticas son demasiado recientes e incompletas.

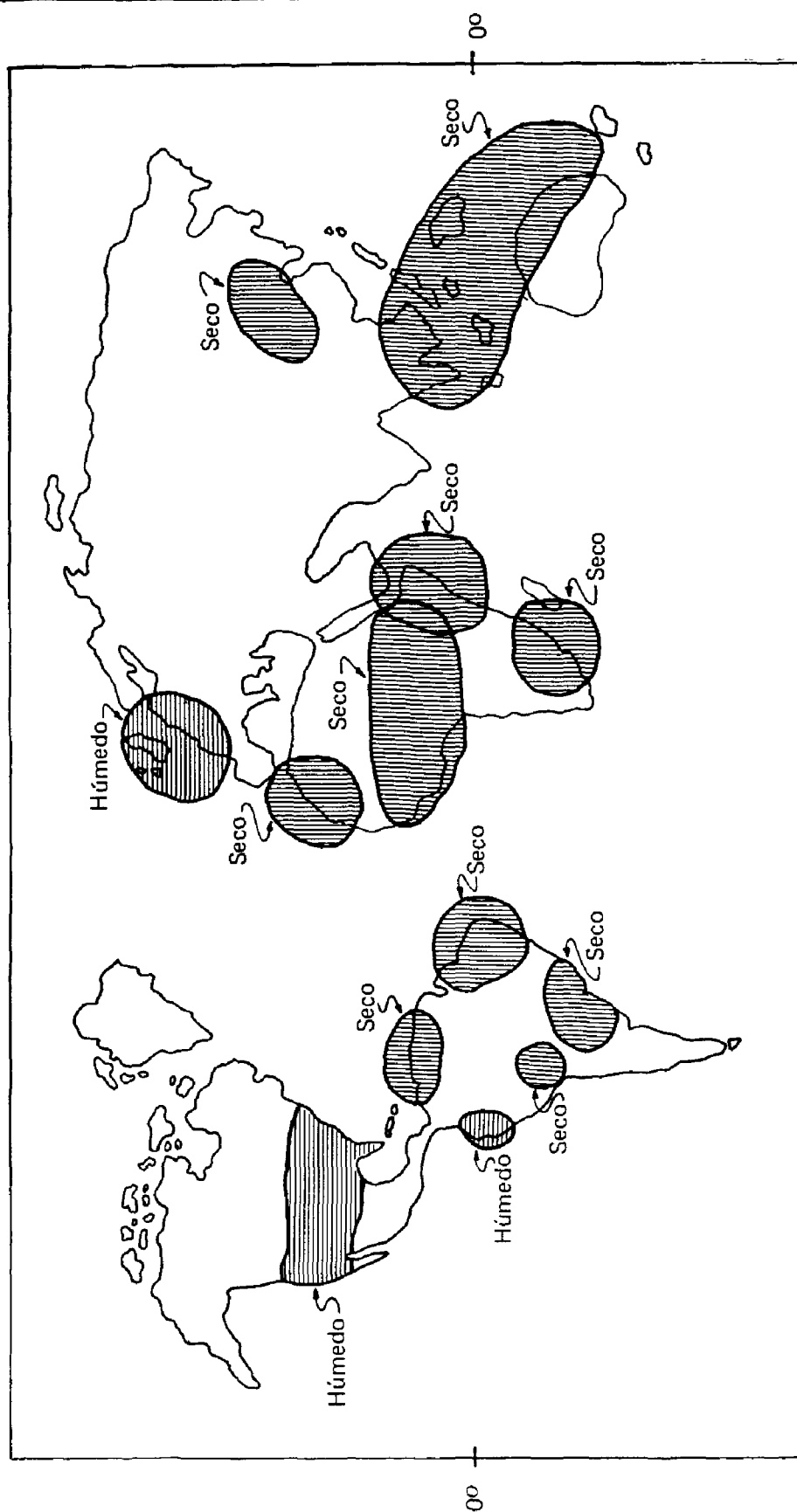
c) Metodología empleada:

Se trabaja con series de tiempo de variables de clima y producción, como referencias. Para seleccionar el año seco se hizo uso de series anuales del Índice de Sequía de Palmer, extraído de OSE—SENAMHI (1984), para Puno.

Una vez seleccionado el año seco, se plantea el balance hídrico climático, para el año promedio y seco, asumiendo una capacidad de humedad máxima almacenada por el suelo, de 150 mm. Se hizo uso del Programa PENMAN, desarrollado por Marengo (1985), para estimar la evapotranspiración potencial.

Luego para establecer la relación clima—producción, se trabaja a escala decadal (cada 10 días), en una campaña agrícola seleccionada y en un cultivo cualquiera (campaña noviembre—abril, para maíz amiláceo). Se plantea el balance hídrico del cultivo, con la ayuda de los factores de ajuste de la evapotranspiración, dados por Doorenbos y Pruitt (1976). Esta escala decadal permitirá identificar los períodos de sequía, que a nivel mensual o anual pasan desapercibidos.

FIGURA 4.- EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACION 1982-84 (WMO, 1984)



V.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

a) Evaluación del impacto de la sequía:

La zona de Puno ha sido y es afectada últimamente por cambios en las condiciones estacionales y anuales del clima bastante extremos. La figura 5 muestra la serie anual de precipitación en Puno desde 1965 a 1985, se aprecian años de baja precipitación como 1966, 1970, 1979, y el más "severo", 1983. En estos años de sequía el total anual oscila entre 400 a 500 mm, lo que indica que de todas formas la lluvia está presente, pero adelantada o retrasada, afectando a los cultivos por la falta de lluvia en la época en que se necesita, es decir entre enero a marzo.

La misma figura muestra las excesivas precipitaciones en 1984 y 1985 (1300 mm/año), que superan ampliamente a lo normal, constituyendo años de inundaciones severas.

La figura 6, muestra la variación del Índice de sequía de Palmer en Puno, desde 1965 a 1984; se aprecian sequías ligeras en 1979 y 1980 y la sequía más extrema en todo el año 1983. Tomando en cuenta que la campaña agrícola considera el año de lluvias, que se inicia en setiembre y termina en agosto del año siguiente, se ha seleccionado al año más seco, para los estudios agrometeorológicos, al año 1982-83.

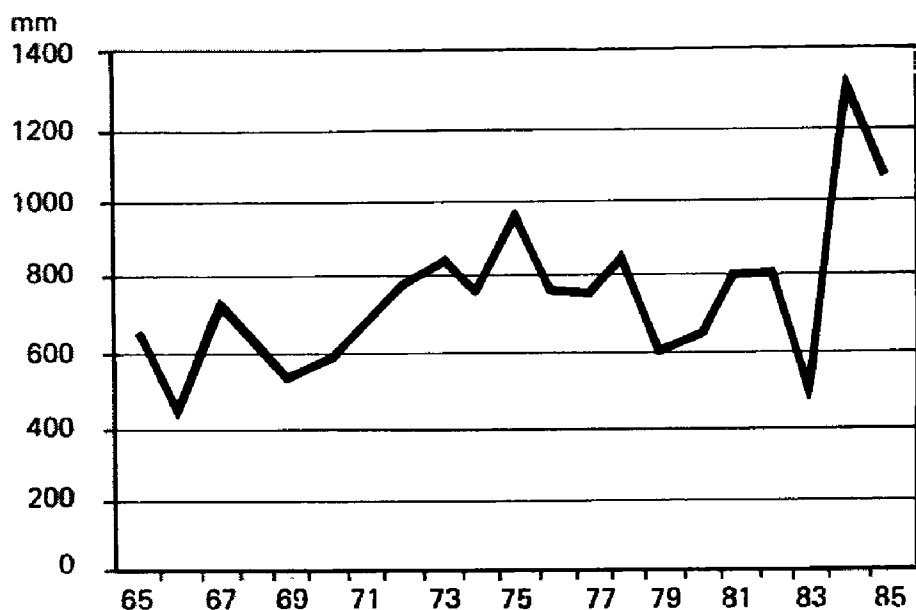
Analizando un poco más este año seco, al inicio del mismo se tenía una extrema humedad, que dificultó un poco las labores culturales, y se sembraron 4,000 Has de papa. En diciembre las lluvias fueron menos frecuentes y se tenía una sequía ligera, que fue acentuándose al iniciarse 1983. En el primer trimestre de dicho año la situación fue de extrema sequía, la producción de papa descendió notablemente, en parte debido a que se sembraron menos Has; se tuvieron bajas aunque no tan apreciables en maíz. (Fig. 7).

Para ilustrar esta parte de evaluación de daños, se presenta el siguiente cuadro, con información proporcionada por la OSE, respecto a una estimación de daños causados por las condiciones anómalas del clima en 1982 y 1983, en la zona norte y centro, aunque esto no es un resultado en si de esta investigación, ayuda a visualizar mejor el impacto del clima en la economía nacional en esos años extremos.

Cuadro III. Pérdidas estimadas de Producción Agrícola en principales cultivos, Producción Pecuaria e Infraestructura de Riego, según zona geográfica en los años anómalos 1982 - 1983. (OSE, 1984)

Zona	Total	Agrícola		Pecuario	Infr. riego
	Mill. soles	Hect. perd o afect.	Mill. soles	Mill. soles	Mill. soles
Norte:	131,595.1	91,097	95,563.1	—	36,032
Amazonas	4.7	3	4.7	—	—
Cajamarca	583.5	1,298	583.5	—	—
La Libertad	14,124.1	9,636	13,942.1	—	182
Lambayeque	23,919.0	12,885	15,819.0	—	8,100
Piura	72,440.5	59,006	49,390.5	—	23,050
Tumbes	20,523.3	8,269	15,823.3	—	4,700
Sur.	198,995.1	236,477	150,082.1	48,873	—

FIGURA 5.— VARIACION MULTIANUAL DE LA PRECIPITACION EN PUNO

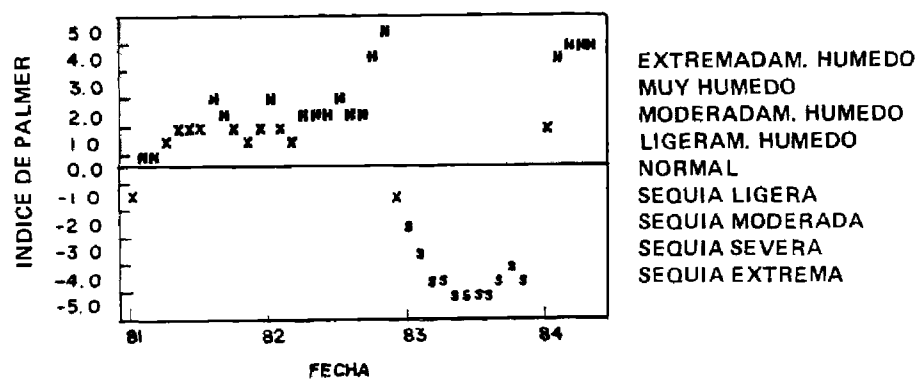
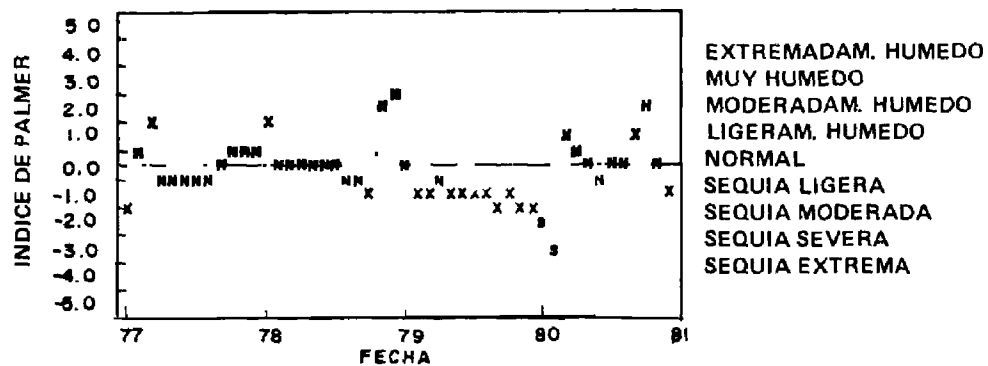


Sur:	198,995.1	236,477	150,082.1	48,873	—
Apurímac	21,650.6	40,775	15,793.6	5,857	—
Arequipa	10,652.3	6,061	3,800.3	6,852	—
Ayacucho	22,361.4	42,108	22,361.4	—	—
Cuzco	41,307.8	66,418	28,742.8	12,560	—
Madre Dños	189.2	769	189.2	—	—
Moquegua	500.0	—	—	500	—
Puno	100,259.0	80,234	79,160.0	21,099	—
Tacna	2,034.8	112	34.8	2,000	—
TOT. NAC. (*)	373,619.0	429,201	284,335.4	48,873	40,410

(*) El total nacional comprende las zonas norte, centro, sur y oriente, solamente se indican en el cuadro las pérdidas en las zonas norte y sur.

En la zona sur del país, la sequía fue la causante de estas bajas en la producción, así como de las pérdidas de cabezas de ganado vacuno y ovino, además de pérdidas en hectáreas de cultivo. Comparado con el Total nacional, Puno representa cerca de la tercera parte de las pérdidas totales en millones de soles, la quinta parte de la pérdida de tierras de cultivo y la mitad en las pérdidas pecuarias. Los daños en la zona norte, debido a las inundaciones asociadas al Fenómeno El Niño fueron muy elevados, especialmente en lo referido a infraestructura de riego, pero más bajos en los demás aspectos, comparados con la sequía en el sur.

FIGURA 6.- INDICE DE SEQUIA DE PALMER (PUNO - PUNO)



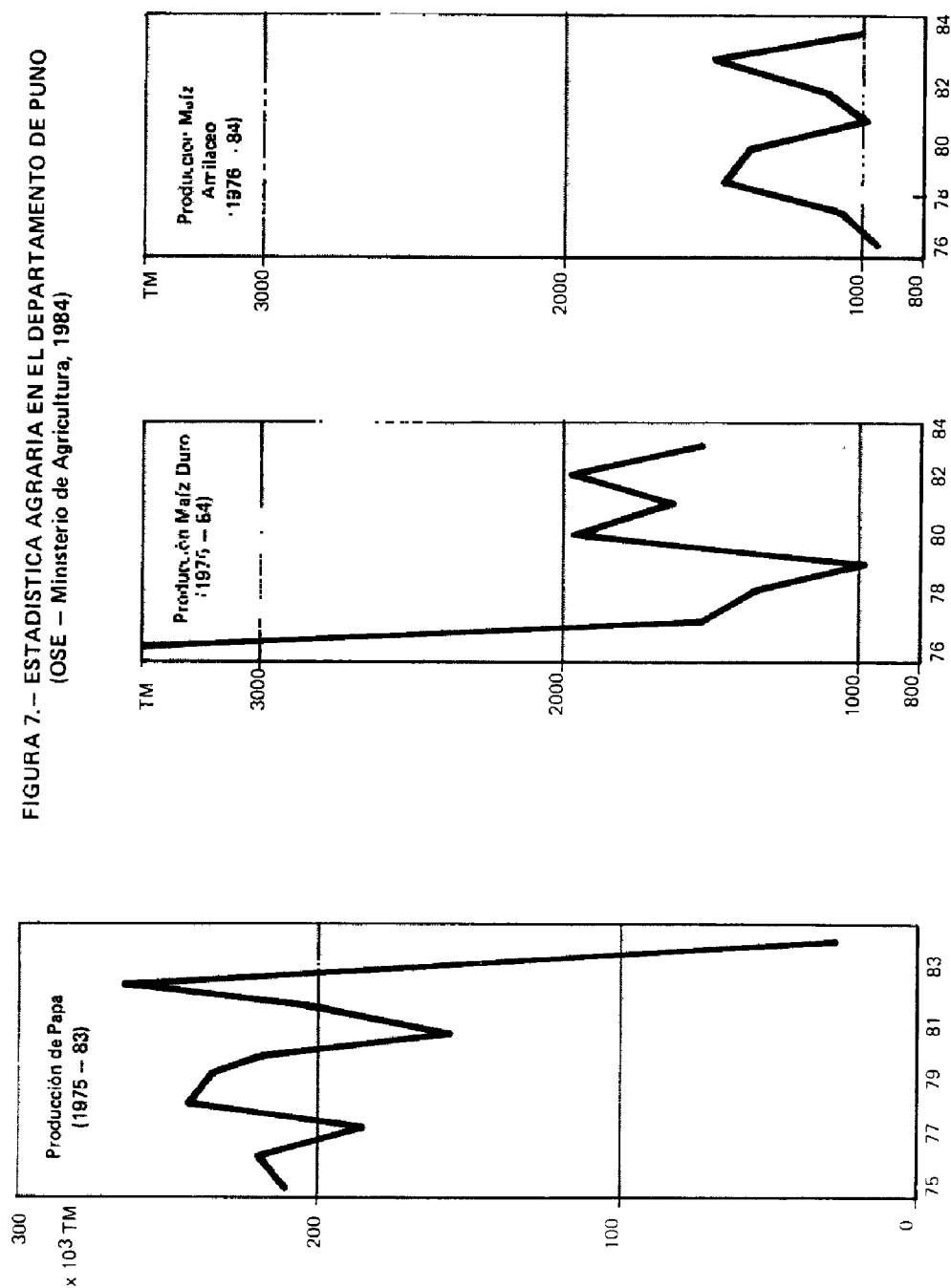


FIGURA 7.- ESTADISTICA AGRARIA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO
(OSE - Ministerio de Agricultura, 1984)

b) Estudios agroclimatológicos en el año de sequía:

La figura 8 muestra las características térmicas y de humedad relativa en Puno, para un año promedio 1970–84 y para el año seco 1982–83. Se aprecian humedades relativas medias del orden de 50 o/o en promedio, que pueden bajar hasta 40 o/o en el año seco; las temperaturas máximas se elevan notablemente en el año seco y las mínimas disminuyen notablemente en este mismo año anormal. Ello se asocia a los cambios climáticos propios de la sequía: alta radiación solar, mayor calentamiento y mayor enfriamiento de la superficie, mayor sequedad ambiental y mayor velocidad de viento, especialmente en el día.

A nivel diario, los cambios son más drásticos, se pueden tener temperaturas máximas cercanas a 20°C, siendo el promedio de 10–12°C, humedades relativas de 30 o/o y temperaturas mínimas de –5°C es claro que la identificación de sequías es más fácil en períodos de tiempo menores a 1 mes.

Analizando la velocidad del viento, es de esperar un incremento en esta cantidad, especialmente en horas del día. La figura 9 muestra la variación de la velocidad del viento en el año seco, comparado con el promedio; se aprecian incrementos de velocidad mensual de hasta 5 m/seg entre noviembre a enero. Cabe destacar que esta zona presenta promedios relativamente altos en velocidad, del orden de 3 a 4 m/seg, comparado con otras regiones del país. En el año de sequía, en los períodos secos de enero a marzo se tuvieron velocidades diurnas de hasta 10 ó 14 m/seg, de gran poder evaporante, dada su alta temperatura y baja humedad.

Tal vez, lo dicho anteriormente sea un indicador de los llamados “vientos secos”, que determinan sequías atmosféricas más que sequías agrícolas propiamente dichas; puesto que si bien llovió, ésta no fue oportuna en el tiempo. Las causas físicas de estos vientos secos se asocian a la presencia de altas presiones, específicamente continentales, como sucede en la zona de Siberia (Vitkevich, 1974).

Respecto a la disponibilidad de agua para cultivos y al balance hídrico en sí, la figura 10 muestra los climogramas de balance hídrico en el año promedio 1970–84 y en el año seco 1982–83; la evapotranspiración potencial se incrementa notablemente en el año seco, mientras que la precipitación en el mismo se adelanta a octubre–noviembre, tendiéndose bajas precipitaciones en los meses donde normalmente la precipitación es máxima.

En el año seco, la situación de déficit de humedad perdura casi todo el año, salvo pequeñas reservas en octubre, que no satisface la demanda de agua de los mismos; comparado con el año normal, normalmente existen períodos de almacenamiento, exceso y consumo entre enero a mayo, pero en el año seco, ello no sucede. Sí bien se presentan relativamente altas precipitaciones entre febrero a abril, ello no alcanza a regenerar la humedad al suelo; determinándose déficit de casi 11 meses, contra los 6 ó 7 normales en el año.

Referido al cultivo en estudio, y a la campaña seleccionada, la figura 11 muestra el balance hídrico del cultivo a nivel decadal, desde la última de octubre a la primera de abril. Las barras sombreadas corresponden a la evapotranspiración del cultivo; las blancas, a la precipitación y la línea quebrada representa la reserva de humedad en el suelo. Se indican también las fechas aproximadas de las fases fenológicas Siembra (SI), Floración (FL) y Cosecha (CO). Se aprecia que al inicio de la campaña suceden dos décadas de alta precipitación, que regeneran agua al suelo y que evitan el déficit. Entre diciembre y febrero la evapotranspiración del cultivo supera ampliamente a la precipitación, se consumen las reservas de humedad almacenada en el suelo y se tiene un déficit de humedad que abarca desde fines de enero a todo febrero.

Este déficit de humedad sucede en una fase donde ésta es crítica, en la etapa reproductiva de la maduración, y es precisamente en esta fase donde se producen daños irreversibles a la planta, que si bien no la matan, queda afectada por stress hídrico y afectar la posterior formación del grano. A fines de marzo una precipitación abundante regenera en algo el consumo de humedad, pero no lo satisface plenamente. Las bajas de producción en este cultivo, podrían explicarse climática-

FIGURA 8.— CARACTERISTICAS TERMICAS Y DE HUMEDAD RELATIVA EN PUNO

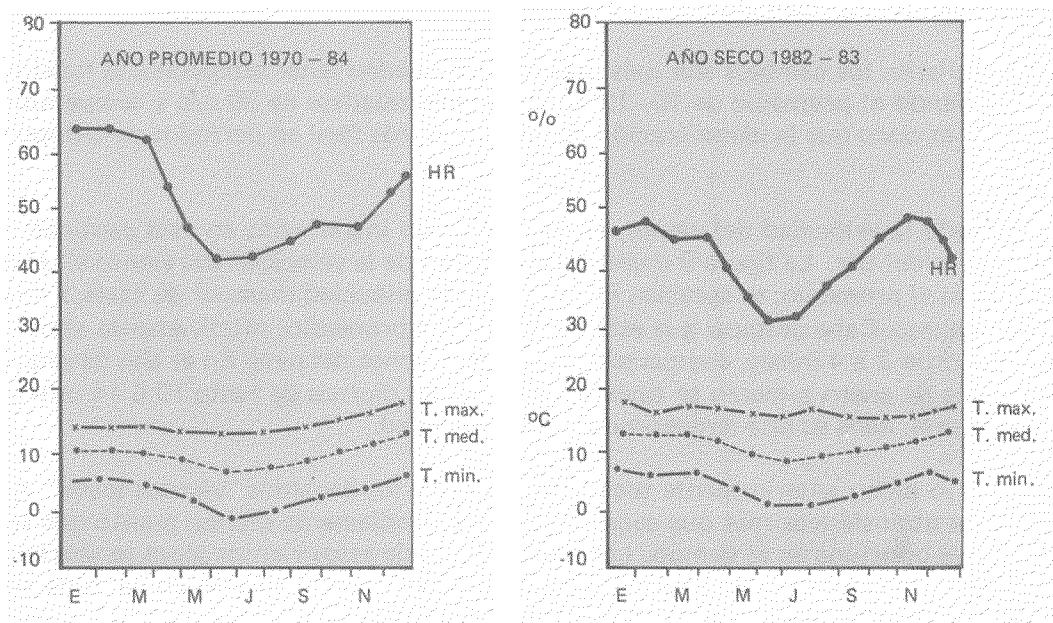


FIGURA 9.— VELOCIDAD DEL VIENTO EN PUNO

