



**ZONIFICACION TOPOCLIMATICA EN LA ZONA  
ANDINA DEL PERU (VALLE DEL MANTARO)**

**POR : VICTOR ROSAS PAYANO**

**1995**

SNMH  
551.58  
R84

Título : Zonificación Topoclimatológica en la Zona Andina del Perú (Valle del Mantaro).

Autor : Víctor Rosas Payano.



## RESUMEN

El trabajo es parte del Estudio Aerometeorológico del Valle del Mantaro, que ha realizado el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú, con la finalidad que los técnicos y agricultores dispongan de una herramienta para la planificación agrícola. Se ejecutó en la zona Andina entre los 3 150 a 3 400 msnm. durante 4 años con observaciones diarias de temperatura mínima en 47 estaciones topoclimatológicas instalados a 0,50 m sobre el suelo.

Los resultados muestran que en condiciones de alta presión atmosférica las temperaturas mínimas como máximas sufren variaciones a niveles inferiores de una caseta estandar, siendo las primeras más bajas y los segundos más altas, así se encontró para Huayao una gradiente térmica de 1,6°C para la mínima. El valle ha sido zonificado de acuerdo a las desviaciones de temperatura mínima y frecuencia de riesgo de heladas, de 0, -2 y -4°C, para el período más crítico (setiembre-noviembre).

El estudio responde a tres interrogantes importantes en la agricultura, cuando, donde y que sembrar, para atenuar o evitar los efectos del impacto de las heladas en los cultivos.



## I. INTRODUCCION

Las heladas desde tiempos remotos ha constituido siempre una constante amenaza para la agricultura andina, en el país las zonas ubicadas entre los 2 000 a 2 600 msnm., se hallan casi libre de heladas, sin embargo pueden presentarse en forma esporádica en los meses de invierno. Las heladas regulares se presentan a partir de los 2 600 msnm. y precisamente el valle del Mantaro se halla dentro de estos límites (3 150 a 3 400 msnm.), donde las plantas están frecuentemente sometidos a las bajas temperaturas por lo tanto al riesgo de heladas.

Existen diversos métodos para evitar o atenuar el impacto de las heladas, pero casi todas son bastante costosas, requiriendo mucho de ellos instalaciones especiales, cuyo costo está fuera de las posibilidades del agricultor.

Una forma económica de la prevención del impacto de las heladas es la zonificación de los cultivos de acuerdo a su sensibilidad al frío, esto se logra elaborando "Mapas de Riesgo de heladas" mediante la técnica de la "Topoclimatología".

Proc.: JSS

## II. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Area de Estudio

El valle del Mantaro se halla en la sierra central en el departamento de Junín y abarca las provincias de Jauja, Concepción y Huancayo, que constituyen la zona agroecológica baja del valle (3 150 a 3 400 msnm.), con una superficie de 58 000 Ha., de relieve plano, suelos de buena calidad con aproximadamente 40 por ciento bajo riego. La agricultura es diversificada, totalmente dedicadas al cultivo de productos alimenticios.

La mayor limitación de estas tierras es la presencia de heladas y una de las medidas más eficaces para prevenir las heladas de irradiación, se basa en el conocimiento de las condiciones que favorecen su establecimiento (SENAMHI, 1980) lo cual se logra mediante el Método Topoclimatológico, técnica que permita evaluar la influencia modificatoria de los geo-biofactores en los elementos climáticos.

### 2.2. Método

El método topoclimatológico, exige la existencia en el lugar de trabajo de una estación meteorológica con una serie histórica de datos no menor de 10 años (Gat, 1986) y la instalación de una red de estaciones temporales (Topoclimatológicas) más o menos densa para el periodo de estudio, estos últimos pueden ser reemplazados por unidades móviles provistos de instrumental meteorológico (SENAMHI, 1982).

#### 2.2.1 Organización de la red

La red estuvo constituida por la estación de referencia (C.P. Huayao) de la red nacional del SENAMHI, con 56 años (1932/1987) de información y de 47 estaciones topoclimatológicas temporales (1984/1987) instalados a 0.50 m. de altura sobre el suelo, constituido estas últimas con un termómetro de mínima bajo protector de radiación Geiger.

#### 2.2.2 Procesamiento de la información

Para el caso de heladas de irradiación la metodología exige la selección de noches típicas de enfriamiento por irradiación, simultáneamente en la estación de referencia, como las topoclimatológicas en función a las siguientes premisas (Gat, 1986 y SENAMHI, 1982):

- Temperatura en caseta estandar (1,60 m.) no mayor a 5°C.
- Nubosidad no mayor de 3 octavos.
- Velocidad del viento no mayor a 1,5 m/seg a una altura de 2 m. sobre el suelo.

Esta información así seleccionada constituye el banco de datos, con los que se realiza toda las determinaciones.

### 2.2.3 Determinación del período de observación

Para ello se aplica una prueba estadística entre la estación de referencia y cada una de las topoclimatológicas: que consiste en determinar la desviación estandar y su correspondiente cuadrado medio ( $\sigma M$ ) de las diferencias de temperatura mínima a 0.50 m. sobre el suelo, cuyo valor doble del cuadrado medio no debe ser mayor del caso de la isolinia escogido para el cartografiado (SENAMHI, 1982); que, para el estudio se consideró 1°C.

$$\sigma M = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad 2\sigma M \leq 1^\circ\text{C}$$

Donde:  $\sigma M$  = Cuadrado medio de las diferencias.  
 $\sigma$  = Desviación estándar de las diferencias de temperaturas mínimas, entre las estaciones topoclimatológicas y de referencia a 0.50m.  
 $N$  = Número de noches selectivas de irradiación.

### 2.2.4 Determinación de las desviaciones

Se determina el promedio de las diferencias de temperaturas mínimas de la estación de referencia y cada topoclimatológica a 0.50 m. sobre el suelo, en noches selectivas de irradiación (Cuadro N°1).

$$d = \frac{\sum(tn' - tn)}{N}$$

Donde:  $d$  = Diferencias de temperatura mínima de las estaciones de referencia y las topoclimatológicas a 0.50 m del suelo.  
 $tn$  = Temperatura mínima de la estación de referencia.  
 $tn'$  = Temperatura mínima de cada uno de las estaciones topoclimatológicas.

Con dichos resultados se confecciona el mapa de desviaciones No. 1.

### 2.2.4 Determinación de riesgo de heladas

#### a) Cálculo del coeficiente de transformación (K)

Se determina el promedio de las diferencias entre las temperaturas mínimas de la caseta estandar a 1.60 m. y la topoclimatológica a 0.50 m. de la estación de referencia, durante el periodo de observación.

$$K = \frac{\Sigma(Tn - tn)}{N}$$

Donde :  
 K = Coeficiente de transformación.  
 Tn = Temperatura mínima a 1.60 m. en la estación de referencia.  
 tn = Temperatura mínima a 0.50 m. en la estación de referencia.  
 N = Número de noches selectivas.

#### b) Determinación de los umbrales de frecuencias de riesgo de heladas

Se determina en función del coeficiente de transformación (K), para las intensidades de heladas -4°, -2° y 0°C, con las siguientes expresiones (SENAMHI, 1980 y 1982):

$$U = K \pm I - a . p$$

$$U = K \pm I - b . p$$

Donde : U = Umbral (Valor a seleccionar en la serie histórica de la E.de Referencia).  
 K = Coeficiente de transformación.  
 I = Intensidad de la heladas.  
 a = Isolínea negativa (mapa de desviaciones).  
 b = Isolínea positiva (mapa de desviaciones).  
 p = Paso de la isolínea (mapa de desviaciones).

#### c) Determinación de las frecuencias

Estas se expresan en los mapas de riesgo de heladas en porcentajes (Mapas 2 y 3), se determinan con la siguiente expresión:

$$F = 100 \frac{n}{N}$$

Donde : F = Frecuencia relativa (%) que se presentan en los mapas.  
 n = Frecuencia absoluta conforme al umbral en años.  
 N = Número de años de información histórica.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Condiciones térmicas y su influencia en las plantas

El análisis de las normales climáticas de la Estación de Huayao, arroja que las temperaturas medias mensuales tiene poca variabilidad durante el año, siendo 13,4°C su valor más alto (noviembre) y el más bajo 10,2°C (julio); la temperatura máxima, también tiene poca variabilidad cuyos valores extremos son 18 y 20,4°C (febrero y noviembre); mientras que las temperaturas mínimas sufren gran variabilidad, siendo los meses de junio y julio los más fríos con 0,7 y 0,3°C respectivamente, en cambio los valores más altos alcanzan a 6,7 y 6,9°C (enero y febrero). Estos resultados provenientes de caseta estandar (1,60 m.) distan mucho de los que ocurre a niveles inferiores: donde la mayoría de los cultivos se desarrollan. La técnica de la topoclimatología empleada en el presente estudio ha permitido evaluar estos niveles, habiendose instalado estaciones temporales a 0,50 m. sobre el suelo, con los que, se determinó el coeficiente transformación (K) para Huayao de 1,6°C menor que la caseta estandar, bajo condiciones anticiclónicas de alta presión atmosférica. Por consiguiente una temperatura mínima de 1°C en Huayao sería fatal para los cultivos. Igualmente en cuanto a temperatura máxima existe grandes diferencias con los observados a 0,50 m., como en el caso de Huayao que arroja hasta 25°C ó como el de la Comunidad de Usibamba que a niveles inferiores alcanzan hasta 28°C en un cultivo de papa y 26°C en pasto natural.

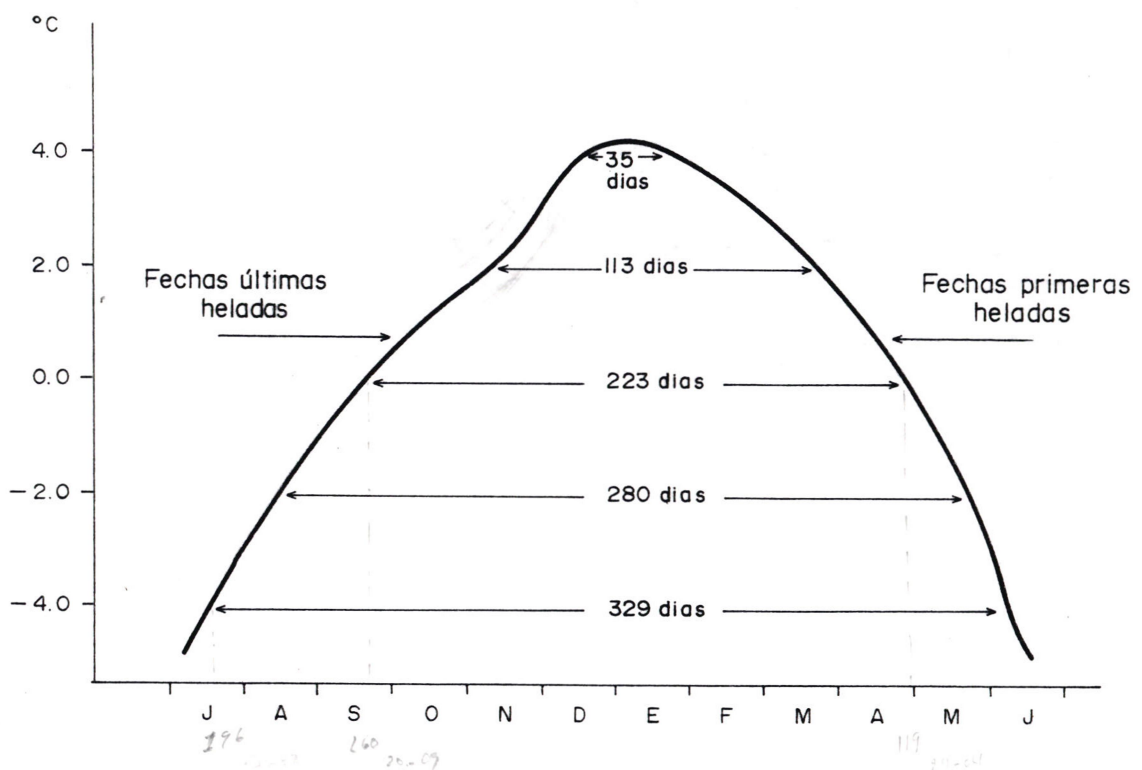
#### 3.2. Clases de heladas en el valle

Del análisis de las planillas y termogramas se determinaron que en el valle se presentan tres clases de heladas: 61 % de heladas típicas de irradiación, 4 % de heladas típicas de advección y 35 % de heladas mixtas. Las heladas de irradiación se presentan regularmente en invierno y esporádicamente en primavera (octubre a diciembre), siendo estas últimas las más perjudiciales a la agricultura.

#### 3.3. Período libre de heladas

Este coincide con el período lluvioso por tanto también con el período agrícola, sin embargo en realidad no es completamente libre de heladas, debido a que las fechas que lo determinan son promedios estadísticos en función de las intensidades de las heladas de 0, -2 y -4°C. Así para heladas de 0°C, el período es de 223 días (19 de setiembre a 30 de abril) con una variabilidad de 38 días, esto quiere decir que aún pueden presentarse heladas después del 19 de setiembre; para -2°C, es de 280 días (18 de agosto a 25 de mayo) y para -4°C, es de 329 días (18 de julio a 12 de junio), como se muestran en el Gráfico No.1.

## PERIODO LIBRE DE HELADAS



Graf. N° 1 Período libre de heladas en N° de días con información a 1.60 m. sobre el suelo de la Estación de Huayao (1931 / 1987) para diferentes niveles de temperaturas críticas.

### 3.4. Distribución de las desviaciones térmicas mínimas

Las diferencias de las temperaturas mínimas (Cuadro 1) en noches selectivas de irradiación entre las estaciones topoclimatológicas temporales (0,50 m.) y de estación de referencia C.P. Huayao (0,50 m.), durante 1984 a 1987, son expresados en el mapa de desviaciones No.1, cuyas áreas más frías del valle se sitúa en el Norte, circundada por la isolínea de  $-1^{\circ}\text{C}$ , abarcando la provincia de Jauja y otras dos áreas más pequeñas en las planicies de la parte Suroeste del valle.

CUADRO No. 1 DESVIACIONES DE TEMPERATURAS MINIMAS EN NOCHES SELECTIVAS ENTRE HUAYAO Y LAS TOPOCLIMATOLOGICAS A 0.50 M DEL SUELO.

ESTACION	DESVIACION	ESTACION	DESVIACION
Huayao	0,0	Sincos	6,2 *
Cajas	0,8	Maravilca	-0,6
Acopampa	0,7	Jauja	-1,0
Huaripampa	0,7	Huancan	2,3
La Mejorada	2,6	Hiuacrap.	2,1
S.R.de Ocopa	0,5	La Punta	1,7
La Victoria	2,1	S.P. Saño	0,8
Sicaya	-0,1	Quilcas	0,9
Sta. Ana	-0,2	Chuclu	-1,2
S.Lorenzo	-0,8	Alapa	3,0
Pacamarca	-0,9	Huaycha	0,3
Viquez	4,6	Anta	0,8
Miraflores	2,4	Aza	3,5
Coyllor	1,9	Palian	5,6
Orcotuna	1,2	La Toma	6,2
3 Diciembre	1,0	Hualhuas	1,0 *
Huayucachi	1,0	Huamali	3,3 *
Huayhuasca	0,4	M.Castilla	-0,3 *
S.P.Pampa	0,3	Colpa	1,4 *
Matahulo	-0,4	Muqui	1,7 *
Chongos B.	-0,4	Puzo	0,9 *

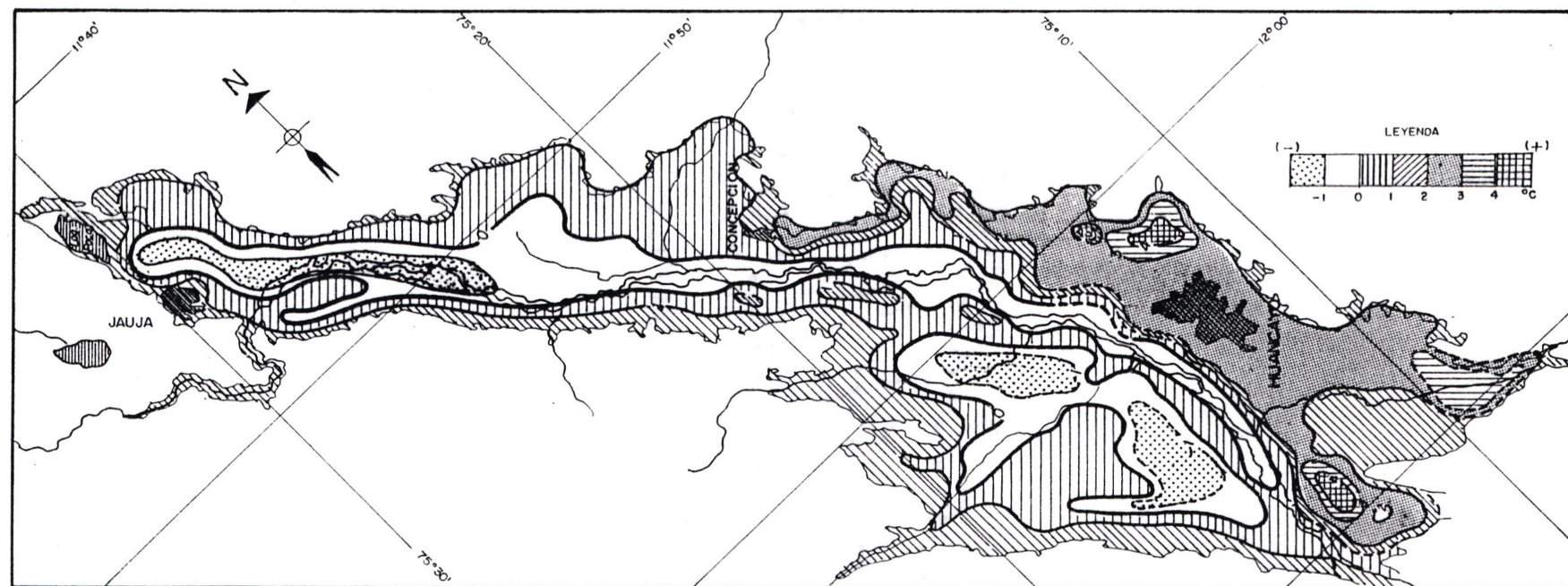
\* Información no confiable por no pasar la prueba y no tener el mínimo de observaciones selectivas.

Las áreas comprendidas entre las isolíneas de  $-1^{\circ}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , en mayor parte ocupan las zonas más bajas y circundan al río Mantaro prácticamente en toda su longitud con excepción de una pequeña sección en Jauja. Las zonas con desviaciones positivas respecto a Huayao, que se encuentran después de la isolínea de  $0^{\circ}\text{C}$ , representan a las áreas más productivas y extensas del valle, con 70 % de sus áreas bajo riego, abarca parte de la provincia de Concepción y con aproximadamente el 70 % de la provincia de Huancayo; en éstas zonas se va elevando la temperatura conforme se avanza hacia las laderas como en Pucará y Viquez donde las desviaciones positivas respecto a Huayao llegan a más de  $3^{\circ}\text{C}$ .



# ZONIFICACION TOPOCLIMATOLOGICA EN LA ZONA ANDINA

## VALLE DEL MANTARO



MAPA N°1 DESVIACION MEDIA DE LA TEMPERATURA MINIMA ENTRE LAS ESTACIONES TOPOCLIMATOLOGICAS Y LA REFERENCIA A 0.50 m. SOBRE EL SUELO .

### 3.5 Zonificación por frecuencia y riesgo de heladas

En función de las singularidades de la distribución de las desviaciones térmicas mínimas y de la evaluación de la serie climática de 56 años (1931/1987), de la estación de referencia de Huayao para el periodo setiembre-noviembre, las desviaciones se transforman en porcentajes de frecuencia de ocurrencia de heladas (-4, -2 y 0°C), los que son representados en mapas de riesgo de heladas, destacando en cada uno de ellos las zonas de máximo peligro al norte y la de menor peligro al sur del valle. El mapa No.2 que corresponde a heladas de intensidad -4°C, muestran que la zona III (20 a 50 %) de mayor riesgo se halla en la provincia de Jauja, caracterizada por heladas frecuentes o presencia de heladas de 3 a 4 años en un decenio, mientras la zona Ø (0 a 2 %) de mínimo riesgo se halla al sur, sur - este, laderas occidentales y las laderas orientales del sur del valle, caracterizadas por heladas muy raras, es decir casi nunca se presenta heladas. Para las heladas de -2°C el mapa No.3, muestra la misma tendencia que el mapa No.2, sin embargo se distingue que la zona IV (50 a 100 %) de máximo riesgo también se halla al norte pero, abarcando mayor área y que caracteriza a heladas muy frecuentes, vale decir que las heladas de ésta intensidad se presentan casi todos los años, mientras la zona Ø (0 a 2 %) de mínimo riesgo abarca 2 áreas muy localizadas al sur del valle y parte norte de Huancayo con terrenos totalmente bajo riesgo y que caracteriza a zonas donde casi nunca se presentan años con heladas.

### 3.6. Zonificación agroclimática de los cultivos

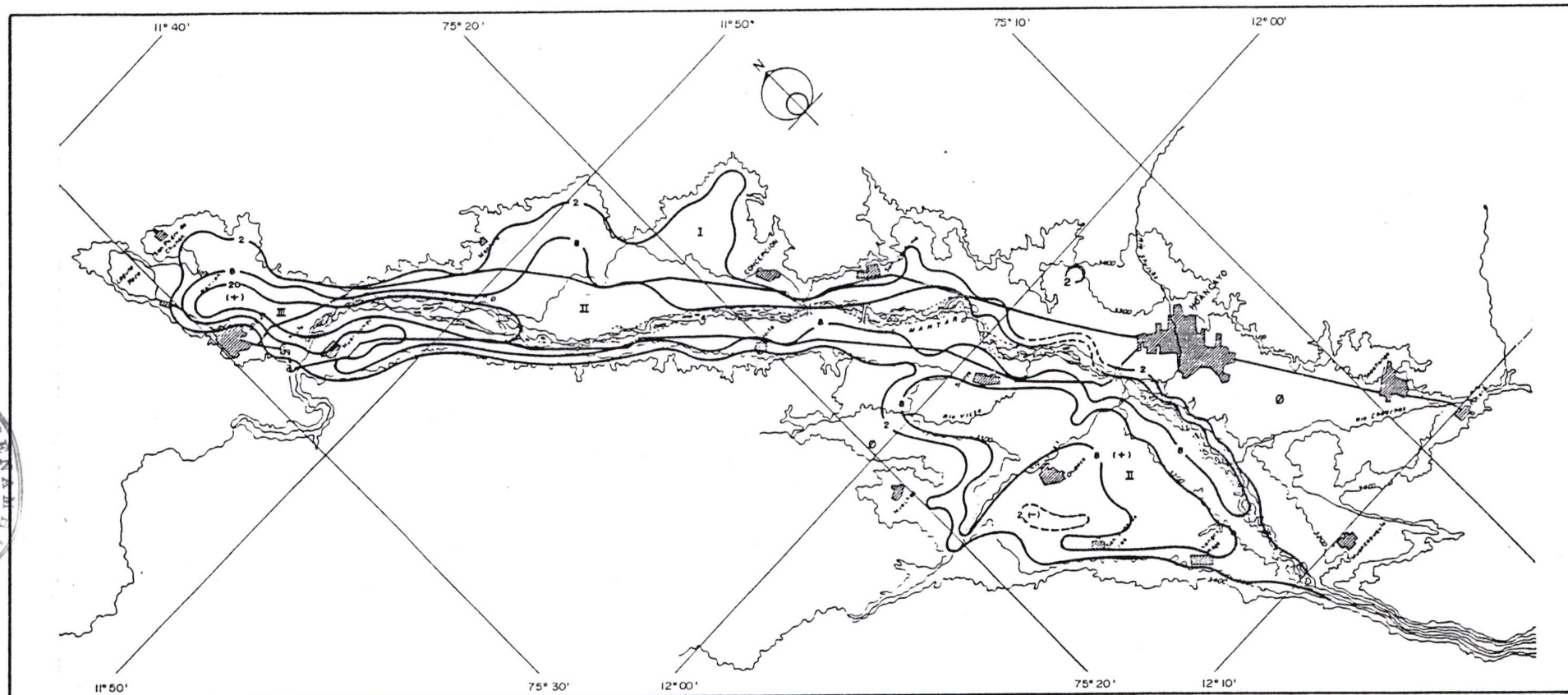
En función de la distribución térmica (Mapa N°1), riesgo de heladas (Mapas Nos. 2 y 3), agua de riego y las temperaturas críticas de los cultivos, se realiza la zonificación con la finalidad de optimizar el uso de las tierras en el valle.

En las zonas circundadas por la isolíneas de -1°C y que corresponde a las de máximo riesgo de heladas y también son áreas bajo cultivo en secano, por tanto deben cultivarse plantas que a la vez sean tolerantes a las heladas como a la sequía: cebada, trigo, cebolla, quinua, habas y avena.

En las zonas comprendidas entre las isolíneas de 0 a -1°C, son áreas de menos frío, puede sembrar: ajo, espinaca y col, también clones de papa tolerantes a las heladas.

Las zonas entre 0 y 1°C, son tierras con agua de riego donde puede sembrarse la papa con clones mejorados de alto rendimiento, así como alcachofa, lechuga, apio y maíz de variedades tolerantes a heladas.

Las zonas ubicadas por encima de 1°C, corresponde a superficies más cálidas del valle y con tierras para el cultivo de maíz, de variedades mejoradas. Es importante mencionar que dentro de ésta zona existen áreas potenciales para el establecimiento de huertos frutícolas (manzano, durazno, peros, quindo y otros).



BIBLIOTECA  
BENEFICIA

ZONIFICACION TOPOCLIMATOLÓGICO DEL VALLE DEL MANTARO EN FUNCION DE PERIODOS CRITICOS DE HELADAS

FRECUENCIA DE OCURRENCIA PARA HELADAS DE  $-4.0^{\circ}\text{C}$  EN EL PERIODO DE SETIEMBRE A NOVIEMBRE A 0.5m SOBRE EL SUELO

MAPA N° 2

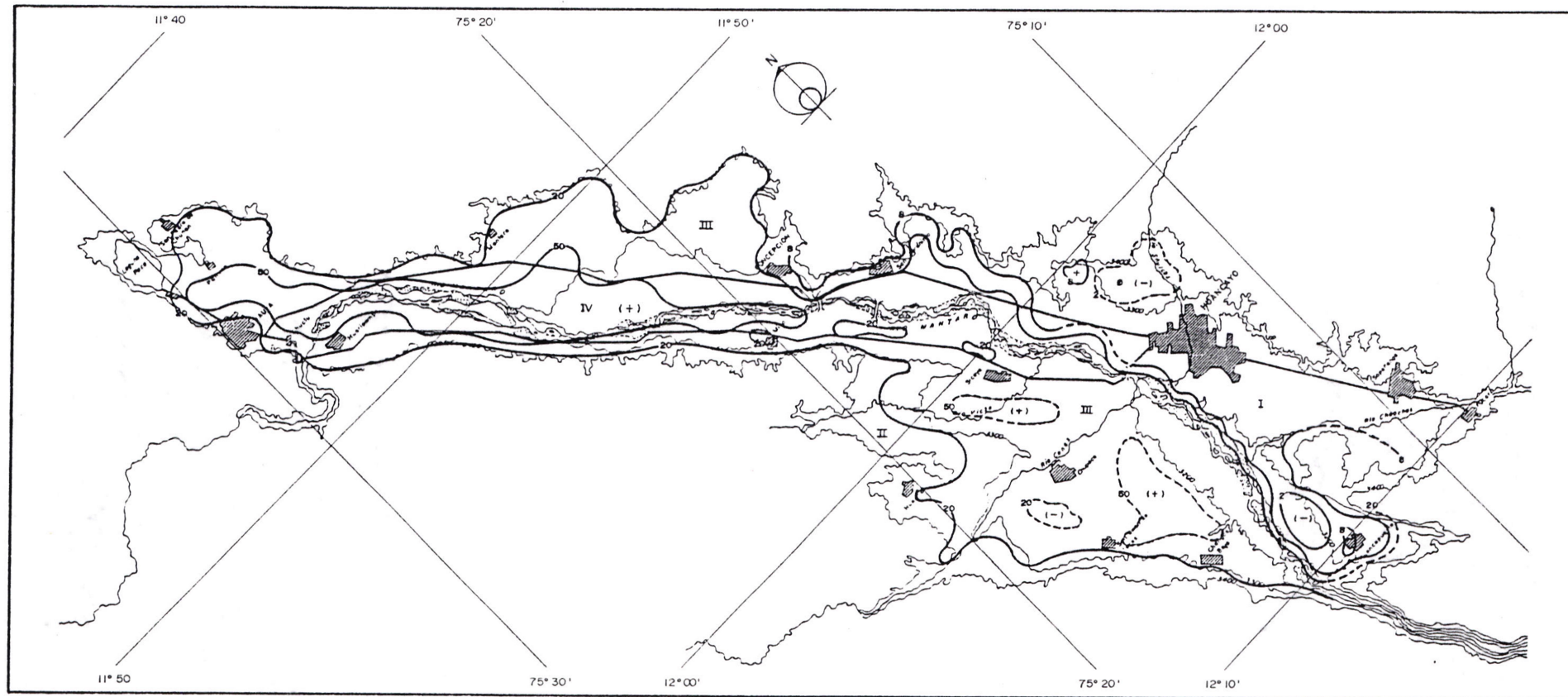
LEYENDA

- ISOLINEA DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS
- ISOLINEA PROBABLE
- CARRETERAS
- RIOS

ZONA	Frecuencia de ocurrencia (%) (años frost)	CARACTERIZACION	DESCRIPCION-RIESGO
I	0 - 2	años de helado muy raramente.	casí nunca se presentan años - helado
II	2 - 8	años de helado raramente.	de 1 a 2 años - helado en 50 años
III	8 - 20	años de helado eventualmente.	de 1 a 2 años - helado en 10 años
IV	20 - 50	años de helado frecuentemente.	de 3 a 4 años - helado en 10 años
	50 - 100	años de helado muy frecuentes.	helados casi todos los años.

TEMPERATURAS MINIMAS PERJUDICIALES PARA ALGUNOS CULTIVOS: ( $^{\circ}\text{C}$ )

CULTIVOS ANUALES	BROTAMIENTO	FLORACION	MADURACION LECHOSA
PAPA	-2 a -3	-1 a -2	-1 a -2
MAIZ	-2 a -3	-1 a -2	-2 a -3
CEBADA	-7 a -8	-1 a -2	-2 a -4
TRIGO	-9 a -10	-1 a -2	-2 a -4
AVENA	-8 a -9	-1 a -2	-2 a -4
ARVEJAS	-7 a -8	-2 a -3	-3 a -4
HABAS	-5 a -6	-2 a -3	-3 a -4
ZANAHORIA	-6 a -7		
ESPINACA	-7		
BETERRAGA	-6 a -7	-2 a -3	



ZONIFICACION TOPOCLIMATOLÓGICO DEL VALLE DEL MANTARO EN FUNCIÓN DE PERIODOS CRÍTICOS DE HELADAS

FRECUENCIA DE OCURRENCIA PARA HELADAS DE  $-2.0^{\circ}\text{C}$  EN EL PERIODO DE SETIEMBRE A NOVIEMBRE A 0.5m SOBRE EL SUELO

MAPA N° 3

LEYENDA

ISOLINEA DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS ———  
 ISOLINEA PROBABLE - - - - -  
 CARRETERAS ———  
 RIOS ———

ZONA	Frecuencia de ocurrencia (%) años hasta	CARACTERIZACION	DESCRIPCION - RIESGO
0	0 - 2	años de helada muy raramente.	casi nunca se presentan años - helada.
I	2 - 8	años de helada raramente.	de 1 o 2 años - helada en 50 años.
II	8 - 20	años de helada eventuales.	de 1 o 2 años - helada en 10 años.
III	20 - 50	años de helada frecuentes.	de 3 o 4 años - helada en 10 años.
IV	50 - 100	años de helada muy frecuentes.	heladas casi todos los años.

TEMPERATURAS MINIMAS PERJUDICIALES PARA ALGUNOS CULTIVOS: ( $^{\circ}\text{C}$ )

CULTIVOS ANUALES	BROTAMIENTO	FLORACION	MADURACION LECHOSA
PAPA	-2 o -3	-1 o -2	-1 o -2
MAIZ	-2 o -3	-1 o -2	-2 o -3
CEBADA	-7 o -8	-1 o -2	-2 o -4
TRIGO	-9 o -10	-1 o -2	-2 o -4
AVENA	-8 o -9	-1 o -2	-2 o -4
ARVEJAS	-7 o -8	-2 o -3	-3 o -4
HABAS	-5 o -6	-2 o -3	-3 o -4
ZANAHORIA	-6 o -7		
ESPINACA	-7		
BETERRAGA	-6 o -7	-2 o -3	

#### IV. CONCLUSIONES

El estudio ofrece una respuesta al hecho que ocurran heladas a niveles inferiores de una caseta estandar (1.60 m sobre el suelo), cuando aún en éstas no han alcanzado a 0°C, así mismo el método topoclimatológico ha permitido establecer que tanto las temperaturas mínimas como la máxima en condiciones anticiclónicas de alta presión atmosférica, sufre variaciones a niveles inferiores, las primeras son más bajas y las segundas son superiores que los registrados en caseta estandar.

En noches de fuerte enfriamiento por irradiación la gradiente térmica en la estación de referencia entre la observada a 1.60 m y a 0.50 m sobre el suelo es 1.6°C.

Estos resultados revelan que los datos climáticos provenientes de redes de estaciones meteorológicas nacionales, no estarían reportando lo que ocurre a niveles inferiores donde la mayoría de las plantas se desarrollan. Por tanto es recomendable usar estos datos con mucha cautela cuando se realiza investigaciones con fines agrícolas, así mismo deben de realizarse observaciones a niveles inferiores de una caseta estandar en zonas agrícolas importantes del país.

Durante el período de estudio (1984/1987), se determinó que el 83 % fueron heladas de irradiación las que regularmente ocurren en invierno y esporádicamente de octubre a diciembre cuando más daños causan a los cultivos.

La distribución de las desviaciones térmicas mínimas a 0.50 m sobre el suelo, entre la estación de Huayao y las topoclimatológicas, determinan que la zona Norte es más frío que el Sur. El método también ha permitido extrapolar los datos climáticos de Huayao a todo el valle, realizándose la zonificación de acuerdo a la frecuencia de riesgo de heladas de 0, -2 y -4°C, para el período crítico (setiembre-noviembre), especialmente noviembre, en que las plantas se encuentran en el estado fenológico más sensible al frío (pre-floración y floración).

La zonificación arroja que, en la parte Norte del valle se localizan las zonas de máximo riesgo de heladas con valores que van en ascenso desde 20 % para -4°C y de 50 % para -2°C; en cambio en el extremo Sur las frecuencias van de 0 a 20 %, que caracteriza a heladas muy raras hasta eventuales.

Por consiguiente será necesario seleccionar los cultivos con variedades tolerantes a las heladas, antes de sembrar en zonas de alto riesgo.

La distribución de las temperaturas mínimas como la zonificación expresan que las áreas con cultivos bajo riego, arborizadas y de laderas occidentales, son zonas de menos riesgo de heladas, las que revelan la influencia modificatoria de los factores topográficos, edáficos y vegetación en los elementos del clima, haciéndolas más benignas.

En conclusión el estudio responde a tres interrogantes indispensables e importantes para el agricultor, cuando, donde y que sembrar para atenuar o evitar los efectos del impacto de heladas.

#### V. BIBLIOGRAFIA

1. GAT, Z. Curso regional sobre agrometeorología de las zonas semi-áridas. Lima-Perú. 1986.
2. MANNARELLI, L. Evaluación de la peligrosidad de heladas en la agricultura del departamento de Puno. Lima-Perú. 1983.
3. MARHT, L. Nocturnal Topoclimatology. WCP-117. Ginebra. 1986.
4. SENAMHI. Directivas para la cartografía de heladas. Lima-Perú. 1980.
5. SENAMHI. Investigaciones topoclimatológicas en el valle de Ica. y Dictamen agrometeorológico sobre la distribución de las heladas en la Comunidad de Usibamba. Lima-Perú. 1982.

