

ASPECTOS CLIMATICOS DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS EN MEXICO

Por Ernesto Jáuregui Ostos¹

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un intento de delimitar las zonas del país con relación al deterioro potencial de granos almacenados, utilizando un índice propuesto por Brooks.

En las planicies costeras y tierras bajas de México el deterioro potencial (al sur del trópico) es moderado o alto. En la altiplanicie central y el noroeste semiárido el deterioro potencial es bajo la mayor parte del año. En estas dos últimas regiones de bajo índice se encuentran los 2/3 de los graneros (almacenes) del país.

SUMMARY

External climatic conditions are known to be related in a general way to the temperature and humidity of the air in stored produce. Eventhough no satisfactory climatic classification has to the present been devised, an attempt is made to relate climatological data with conditions of stored grains in Mexico.

A deterioration index suggested by Brooks is used to give an indication of the deterioration potential of the different climates of the country.

Three ranges of deterioration index are employed to describe low, moderate an high deterioration potentials.

For some regions of the country (the coastal plains and low lands South of the Tropic of Cancer) the deterioration potential is high or moderate throughout the year.

In the upland region of Central Mexico and the semiarid and arid climates of the Northwest the deterioration potential is low most of the year.

About two thirds of storage facilities in the country are located in these regions of low deterioration potential, which are also regions of high agricultural production.

¹ Investigador del Instituto de Geografía de la UNAM.

1. INTRODUCCION

Es sabido que los dos factores climáticos que afectan el almacenamiento de granos son la elevada temperatura y el alto grado de humedad. Estas condiciones se presentan en diversas regiones del país con diferentes grados de persistencia durante el año. En otras áreas de México existen todo el año buenas condiciones climáticas para la conservación de granos en los almacenes.

En el presente trabajo se utiliza un índice de deterioro potencial (IDP) de los granos (y de otros productos agrícolas) basado en las dos variables climáticas mencionadas. En esta forma se delimitan regiones de México de alto, mediano y bajo deterioro potencial en el almacenamiento de granos según este criterio. En seguida se describe la variación estacional del índice de deterioro potencial en las diversas regiones del país. Con base en la distribución geográfica de los centros de almacenamiento de granos de ANDSA y BORUCONSA, se determina el número de dichos centros ubicados en cada clase del IDP.

Finalmente, se presentan mapas de distribución de la temperatura del punto de rocío, junto con climogramas de humedad-temperatura para diversas regiones del país. En vista de la diversidad de climas en que se almacenan granos en el país, no es posible hacer un análisis detallado del clima local. La valuación del deterioro potencial que se intenta hacer en esta primera parte del trabajo es de carácter general, con objeto de que los resultados sean de cierta utilidad para la planeación de nuevos almacenes o modificación de los existentes. El deterioro de los granos en los almacenes está a veces determinado por las condiciones microclimáticas dentro del almacén, por lo que las conclusiones que se derivan del examen de los datos climatológicos utilizados sólo permiten algunas conclusiones limitadas que se presentan en la parte final de este trabajo. En una segunda parte de la investigación se examinarán las relaciones microclimáticas y el clima local, por medio de mediciones higrotérmicas dentro de los almacenes.

2. CLASIFICACION CLIMATICA

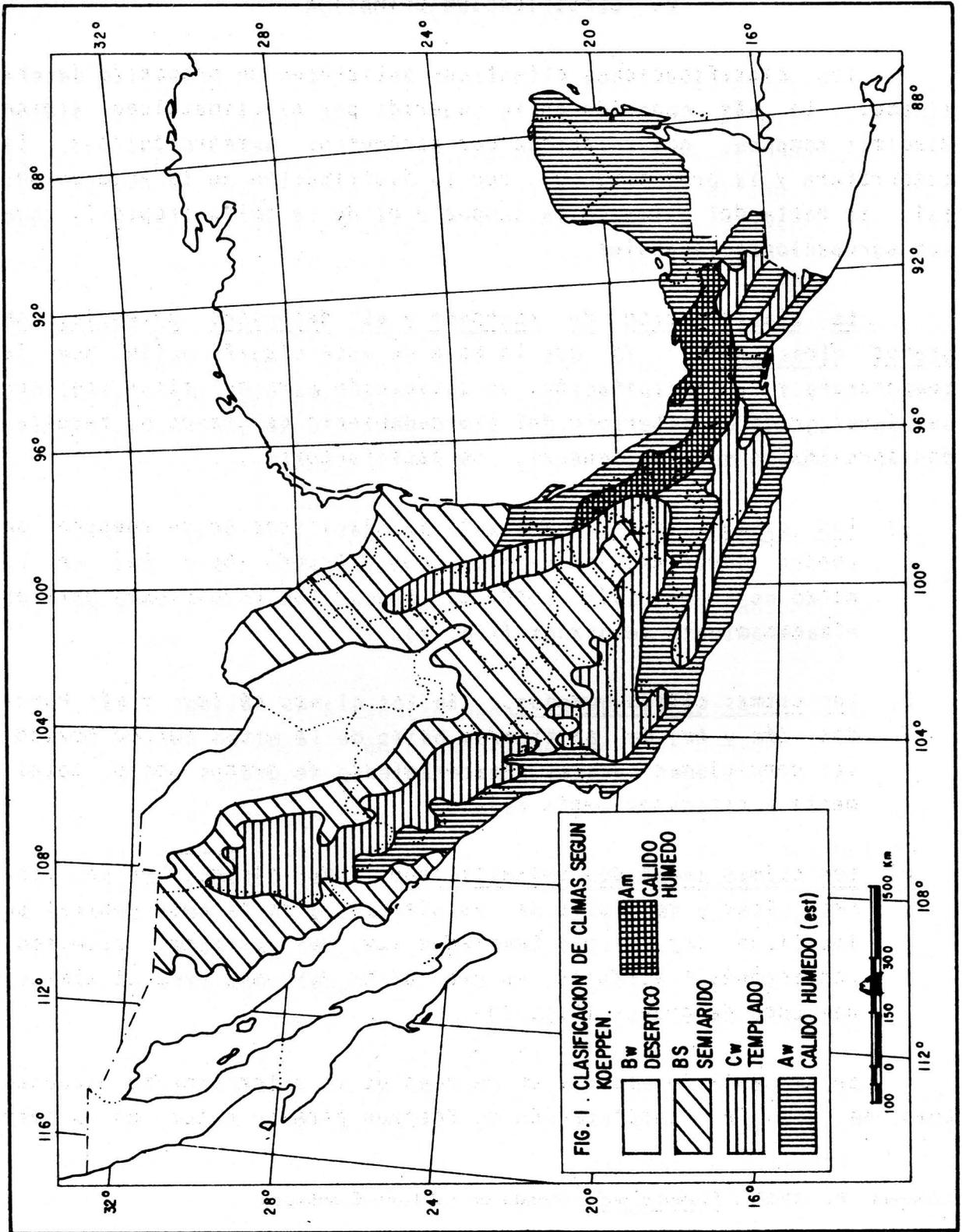
Las clasificaciones climáticas satisfacen un propósito determinado. La más conocida es la sugerida por el climatólogo alemán Vladimir Koeppen, que relaciona dos parámetros meteorológicos: la temperatura y la precipitación, con la distribución de la vegetación; así, se habla del clima de la sabana o el de la selva tropical, que son agrupaciones vegetales.

La clasificación de Koeppen* y el deterioro potencial de granos almacenados. Ya que la base de esta clasificación son la temperatura y la precipitación, su aplicación para delimitar regiones de igual grado de deterioro del almacenamiento de granos da resultados aproximados que, en general, son satisfactorios.

- a) Los climas secos. Mediante la clasificación de Koeppen se pueden demarcar los climas secos y áridos (Bs y Bw) de la mitad norte del país, donde son buenas las condiciones para el almacenamiento de granos (Fig. 1).
- b) Los climas cálido-húmedos. En los climas cálidos y más húmedos (Am y Aw) de las tierras bajas de la mitad sur de México, las condiciones para el almacenamiento de granos son o totalmente o estacionalmente malas.
- c) Los climas templados del altiplano. Por último, en las tierras altas y templadas de las sierras, y en la mesa central se localizan los climas templados (Cw) que ofrecen, asimismo, condiciones favorables, en gran parte del año, para el almacenamiento de granos (Fig. 1).

En la tabla 1A aparece un resumen de lo anteriormente expuesto como se ve, la clasificación de Koeppen permite hacer un primer

* Koeppen, W. (1932). Climatología. Fondo de Cultura Económica.



análisis de los climas de México, y su relación con el deterioro potencial que puede ocurrir en los granos almacenados.

TABLA 1A. LOS CLIMAS SEGUN KOEPPEN Y SU RELACION CON EL DETERIORO POTENCIAL DE GRANOS ALMACENADOS, EN MEXICO.

TIPO DE CLIMA	DETERIORO POTENCIAL DE GRANOS ALMACENADOS	OBSERVACIONES
SECO O ARIDO (Bs y Bw) temperatura media en invierno 10 - 16 ° C	BAJO O NULO	Climas secos y extremos. Alta humedad al amanecer y altas temperaturas 30-40°, o más, en verano. N de la altiplanicie y NW de México. Heladas frecuentes en invierno.
TEMPLADO SUBHUMEDO (Cw) temperatura mensual en invierno entre 8-16 °	BAJO EN LAS SECAS Y MODERADO (en meses lluviosos)	Lluvias y temperatura moderadas. Tierras altas de la mesa central y de ambas sierras Madre. Heladas y bajas temperaturas en invierno desalientan la actividad bacteriológica en granos almacenados.
CALIDO Y HUMEDO (estacional) (Aw, Am) temperatura mensual todo el año entre 19 - 30°, o más	MODERADO EN EPOCA SECA (Nov-Abr) y ALTO en estación de lluvias	Lluvias abundantes estacionales, temperaturas altas. Planicies costeras y tierras bajas al S del trópico de Cáncer en ambos litorales. Proliferación de insectos y de hongos; no ocurren heladas.

3. EL INDICE DE DETERIORO

Un índice de deterioro ideal sería aquel en el que se pudieran cuantificar los efectos de la temperatura y humedad propios de un clima, y el deterioro biológico.

Hasta la fecha no existe un índice de deterioro (ID) completamente satisfactorio. El que se utiliza en el presente trabajo ha sido propuesto por el meteorólogo inglés C. Brooks (1950)*, hace más de 30 años. Este autor considera que las condiciones favorables para el desarrollo de hongos e insectos se producen cuando los granos almacenados se encuentran en equilibrio de humedad relativa mayor de 65% y con temperaturas entre 20 y 35 ° C.

Así, el índice de deterioro de Brooks es una expresión conjunta de la temperatura y humedad del aire al entrar en equilibrio, cuando esta última es mayor de 65% y las temperaturas elevadas.

La expresión de Brooks no toma en cuenta las variaciones diurnas de la temperatura y humedad, ya que los granos almacenados no siguen el ciclo diurno higrótérmico. Es por esta razón que los valores de la temperatura y humedad que intervienen en la fórmula se refieren a valores promedio mensual.

El índice de deterioro I se expresa así:

$$I = \frac{H - 65}{100} v \quad (1)$$

donde: H = humedad relativa mensual
 v = presión de saturación del vapor (mb) a la temperatura media mensual

* Brooks, C.E.P. (1950). Climate in everyday life. Benn. Londres.

El valor mínimo del índice se obtiene con humedad relativa de 65% y es igual a cero.

Los valores negativos que se obtienen con humedad relativa menor de 65% se consideran nulos. El valor máximo del índice es cercano a 10 cuando tanto la humedad como la temperatura son elevados. De modo que se pueden establecer tres categorías de deterioro potencial, así:

	I
Deterioro potencial bajo:	0 - 2
Deterioro potencial moderado:	2 - 5
Deterioro potencial alto:	5 - 10

Mackay y Jamieson (1973)* basándose en estas categorías intentan relacionarlas con los diversos climas, en la forma siguiente: (Ver tabla 1B).

Una vez calculado el índice de deterioro (ID) en un lugar, para 4 meses característicos del año, se puede entrar en la Tabla 1 y, así, determinar el tipo de clima de dicho lugar, o viceversa.

Otra forma de expresar el ID es:

$$I = 1.054^t \frac{(H - 65)}{10} \quad (2)$$

donde: t = temperatura media mensual
H = humedad relativa media mensual

* Mackay, P.J., y M.F. Jamieson (1973). Climate in relation to food storage tropical stores products. Inst. Ministry of Overseas Development.

TABLA 1B. RELACION ENTRE EL INDICE DE DETERIORO Y CLASES CLIMATICAS (Mackay y Jamieson, 1973)

	CLASE CLIMATICA	INDICE DE DETERIORO			
		enero	abril	julio	octubre
Temperatura media mes más frío 18°	Seco-caluroso (lluvia 50 - 500 mm)	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2
	Caluroso estacional (lluvia estacional abun- dante: 500-1500)	0 - 2	0 - 2	2 - 5	2 - 5
	Caluroso húmedo lluvia 1000 mm	5 -10	5 -10	5 -10	5 -10
Temperatura media mes más frío 6°	Cálido estacional (llu- via 500 - 1500 mm)	2 - 5	0 - 2	0 - 2	2 - 5
	Cálido seco (lluvia de 50 - 500 mm)	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2
	Fresco seco	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2
	Fresco estacional	0 - 2	0 - 2	2 - 5	0 - 2

Los resultados que se obtienen con la expresión (2) son semejantes aunque algo mayores que los obtenidos con la ecuación (1) (ambos debidos a Brooks). El coeficiente de 1.054 lo obtuvo este autor haciendo que la suma del ID para los 12 meses diera un valor cercano a 100 para los lugares más húmedos y calurosos del planeta; es decir, en la cuenca del Amazonass, la del río Congo, en Indonesia y la costa atlántica de Centroamérica, así como áreas oceánicas tropicales.

4. LOS DATOS

Los datos de temperatura y de humedad relativa se obtuvieron de los archivos del Servicio Meteorológico Nacional y corresponden al promedio de dos años (1978-79), para 67 estaciones donde se observan ambos parámetros. La distribución de las estaciones utilizadas aparece en la Fig. 2. La región con menor densidad de estaciones es el NW, incluyendo la península de Baja California. Para subsanar esta carencia de datos se utilizaron las estaciones estadounidenses de la frontera (San Diego, El Paso, Phoenix, Del Río y Bronsville) que cuentan con observación de la humedad.

5. RESULTADOS

En la Tabla 2 aparecen los resultados de aplicar la fórmula 1 del ID para cada mes del año. Se puede apreciar que, en general, los resultados concuerdan con la clasificación de climas dada en la Tabla 1. Así, lugares calurosos y secos tales como Chihuahua, Guaymas, Hermosillo, Cananea y C. Juárez, se caracterizan por tener un ID entre 0 y 2 en todos los meses del año. Asimismo, lugares donde el clima es caluroso-húmedo, tales como Veracruz, Chetumal, Tampico, Cozumel, Coatzacoalcos resultaron con valores de ID superiores a 5, como aparece caracterizado en la Tabla 2. Sin embargo, en los climas intermedios (estacionales) la semejanza no fue tan clara. Los climas templados del centro de la altiplanicie resultaron con valores inferiores a 2 todo el año. Sólo excepcionalmente subieron arriba de 5 en algunos meses de la estación lluviosa (Aguascalientes). Los resultados de aplicar la fórmula 2 aparecen en la Tabla 3. Los valores mensuales obtenidos son entre 1/5 y 1/3 más altos que en la Tabla 2. En las últimas columnas (Tabla 2) se muestra la suma anual y el número de meses en que el ID estuvo entre 2 y 5 (moderado) y 5 y 10 (deterioro ferte).

Los valores anuales fluctúan entre cero (Torreón, Guanajuato,

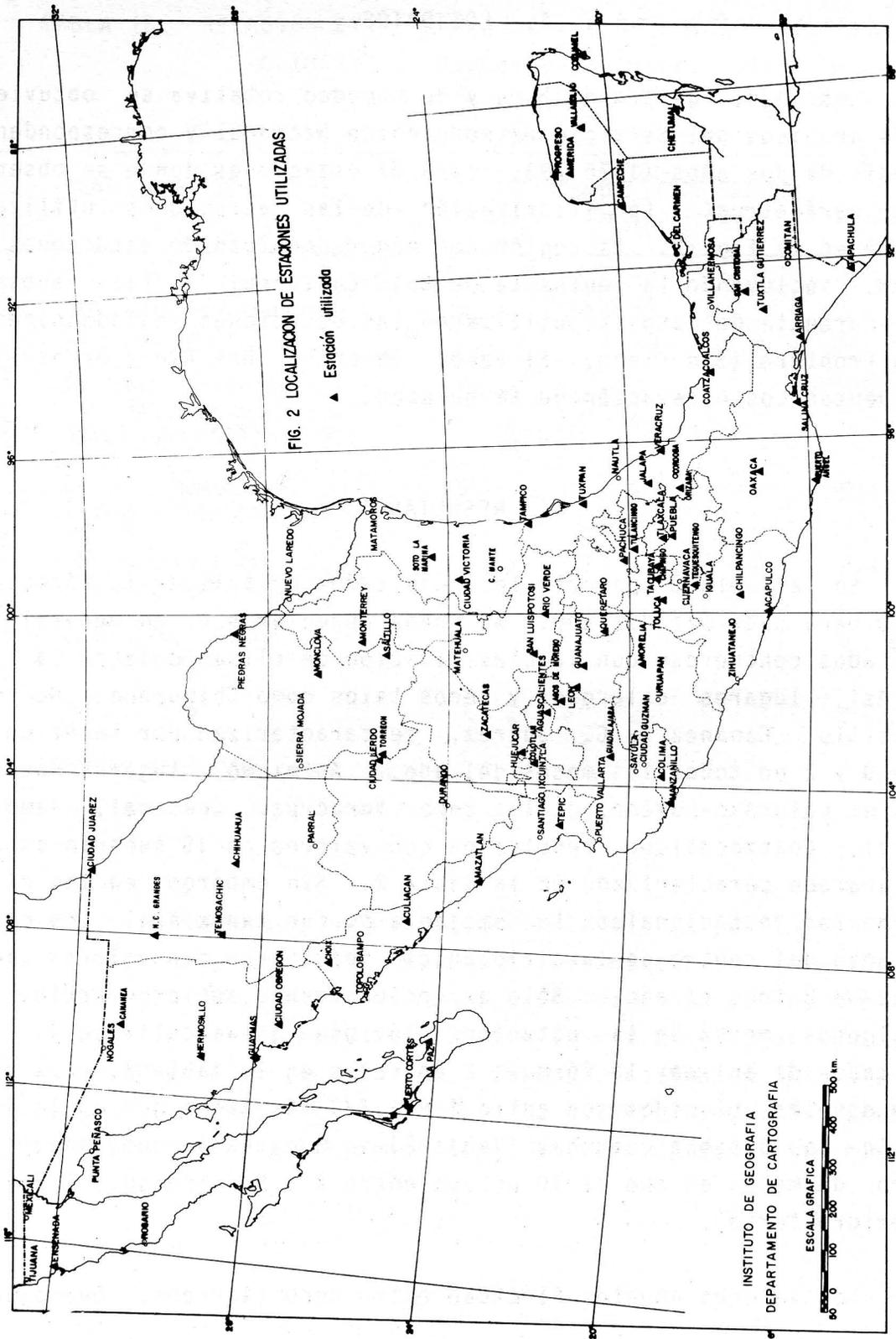


TABLA 2. INDICE DE DETERIORO (Brooks, 1950) $I = \frac{H - 65}{100} v$

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ACAPULCO	2.4	2.4	2.8	3.3	3.1	4.7	3.9	3.3	5.6	4.6	4.2	2.5	43
AGUASCALIENTES	-1.9	-3.5	-4.7	-5.4	-4.9	2.7	3.3	4.0	4.6	3.9	3.4	2.6	25
CAMPECHE	5.1	4.2	3.4	2.6	3.2	4.8	5.3	6.5	7.5	6.7	5.9	4.9	60
CANANEA	-3.3	5.5	-5.6	-10.2	-15.6	-17.0	-11.7	-3.3	-5.7	-9.4	-5.3	-4.1	0
COLIMA	-1.7	-2.5	-3.3	-4.1	-2.7	1.7	3.9	4.3	5.3	4.4	1.9	0	22
COZUMEL	4.9	5.3	5.8	5.7	6.5	7.6	8.5	8.0	8.8	7.8	7.0	5.7	82
CULIACAN	1.4	0	-1.1	-2.1	-3.9	0.8	5.4	5.9	5.4	3.1	1.5	0.3	24
CHETUMAL	7.8	8.0	6.1	7.6	8.3	9.5	9.3	9.0	9.5	9.1	7.9	7.6	100
CHIHUAHUA	-2.9	-3.9	-6.5	-7.8	-10.2	-11.7	-4.6	-3.1	-5.4	4.4	-3.6	2.1	0
CHILPANCINGO	3.1	3.3	3.7	2.7	4.1	4.6	5.8	5.7	5.4	5.2	4.3	3.8	52
ENSENADA	2.1	1.4	1.4	1.9	3.1	3.0	3.7	4.1	3.3	1.9	1.8	1.9	29
GUADALAJARA	-2.4	-4.0	-5.6	-6.0	-4.8	-1.6	2.4	1.7	1.7	2.8	-1.2	-1.5	9
GUANAJUATO	-2.7	-5.1	-6.8	-5.7	-4.1	-0.7	-1.1	-1.1	0	-1.3	-3.5	-1.7	0
GUAYMAS	-2.3	-6.1	-7.0	-7.3	-8.3	-5.3	-1.8	-0.5	-1.9	-3.9	-4.6	-3.9	0
HERMOSILLO	-3.7	-4.7	-6.6	-9.3	-11.6	-14.7	-7.3	-5.5	-8.3	-9.5	-4.4	-3.6	0
HUEJUCAR	-3.5	-4.0	-6.6	-6.7	-6.3	-2.8	0.7	1.8	0.7	-0.2	-2.1	-1.6	3

Tabla 2. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
JALAPA	1.8	1.9	1.5	2.4	2.4	4.5	3.3	3.4	4.0	3.4	2.9	2.8	34
CHOIX	2.2	0.9	-1.8	-3.8	-1.5	5.2	2.9	5.1	4.5	2.6	1.0	1.7	21
ISLA GUADALUPE	2.7	2.7	2.7	2.8	2.9	3.3	3.9	4.2	3.8	3.9	3.5	3.2	39
LAGOS DE MORENO	0.6	0	-1.2	-1.5	-1.1	1.5	2.9	3.3	3.6	2.5	3.2	2.9	21
CD. LAS CASAS SAN CRISTOBAL	2.3	2.2	2.0	2.2	2.2	2.4	2.3	2.4	2.5	2.6	2.3	2.2	28
CD. OBREGON	1.8	1.5	1.0	-1.2	-3.5	-0.4	4.2	6.2	4.8	1.3	0.9	2.2	24
ORIZABA	2.5	1.9	1.3	0.5	1.8	2.8	3.6	3.4	4.1	3.8	2.8	2.3	31
PROGRESO	3.0	2.3	2.5	2.8	4.2	5.8	6.4	6.5	6.4	4.5	2.8	3.2	50
PUERTO ANGEL	3.9	3.6	3.4	3.5	3.8	4.8	4.0	4.4	5.3	5.0	4.1	3.9	50
PUERTO CORTEZ	3.4	3.1	2.9	3.0	3.3	3.9	4.0	4.7	5.5	5.0	4.3	3.4	47
SOTO LA MARINA	3.0	3.1	2.8	3.5	4.1	4.8	3.8	4.2	5.6	5.6	4.1	4.0	49
TEMOSACHIC	0.3	-0.3	-1.0	-2.4	-4.4	-5.3	0.3	1.6	1.3	0.2	0.1	-0.2	4
TOLUCA	-0.6	-1.6	-2.1	-1.8	-0.9	1.3	2.0	1.8	1.9	0.9	-0.1	-0.3	8
TULANCINGO	1.4	0.6	0.5	0.6	1.4	2.7	3.9	3.2	3.5	3.1	2.3	1.8	25
TUXPAN	5.2	5.1	4.8	6.0	7.2	7.8	7.7	7.8	7.2	7.0	6.1	5.3	77
TLAXCALA	-2.1	-2.2	-3.9	-3.6	-2.8	-0.4	0.4	0.6	0.6	-0.2	-1.7	-1.6	2

Tabla 2. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VALLADOLID	3.8	2.8	2.6	1.7	3.7	5.7	5.7	6.9	7.4	6.9	5.7	4.9	58
CD. VICTORIA	1.7	1.0	0.5	1.2	2.4	1.8	1.1	1.8	3.8	3.7	3.1	2.3	24
SALINA CRUZ	4.9	5.3	6.4	6.8	10.3	9.2	8.2	8.5	9.3	6.6	7.6	6.7	90
SALTILLO	-1.7	-2.1	-2.7	-2.2	2.5	-2.0	-0.3	-0.8	0.2	0	-1.6	-1.2	0
SAN LUIS POTOSI	-2.5	-4.5	-5.7	-6.5	-5.0	-2.6	-0.7	-1.2	-0.7	-0.6	-2.0	-2.3	0
TACUBAYA	-1.6	-2.5	-4.2	-2.8	-2.6	0.4	0.8	1.0	1.2	0.8	-0.6	-1.0	4
TAMPICO	3.5	3.9	3.7	5.3	6.5	6.3	5.5	6.9	6.3	4.5	4.7	2.9	60
TAPACHULA	0.3	-0.7	0.4	1.5	1.9	4.4	4.0	3.8	3.9	2.9	3.7	1.8	29
TEPIC	3.2	3.3	3.7	3.5	3.9	5.2	5.7	6.5	7.4	6.4	3.9	3.8	56
TEQUESQUITENGO	-3.3	-7.9	-10.8	-11.2	-11.1	-2.2	-0.3	-2.9	2.9	-1.2	-2.3	-3.5	3
TORREON	-2.3	-4.0	-4.3	-5.0	-8.6	-7.8	-5.3	-5.1	-2.9	-2.7	-2.5	-1.1	0
TUXTLA GUTIERREZ	1.7	0.8	0	0.3	0.4	3.8	3.9	4.6	5.3	3.2	3.1	3.0	30
VERACRUZ	4.7	4.9	5.3	5.7	6.1	5.7	5.5	5.7	5.1	4.4	4.0	4.3	62
ZACATECAS	-3.5	-4.2	-4.7	-6.4	-5.4	-1.1	-0.33	-0.52	0.7	-0.5	-1.2	-1.7	1

Tabla 2. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ARRIAGA	-0.7	-0.7	-0.4	-0.9	0.8	5.1	3.9	4.0	5.2	1.5	-0.4	0	21
COATZACOALCOS	5.3	4.5	4.6	4.1	4.8	5.1	5.8	5.8	6.3	5.9	5.0	5.5	63
COLOTLAN	-1.4	-3.6	-5.6	-6.6	-7.3	-3.2	1.3	1.7	1.6	-0.2	-1.3	-1.0	5
CHAPINGO	-0.3	-0.9	-1.0	-1.6	-0.8	1.2	2.8	2.8	2.9	2.2	1.1	1.0	14
JUAREZ, CD.	-0.2	-0.7	-3.8	-7.8	-7.3	-14.5	-9.3	-8.9	-4.4	-5.2	-2.4	0	0
LEON	-0.2	-2.6	-3.0	-5.4	-4.8	-1.4	1.0	0.7	-0.8	-0.2	-1.3	0.5	2
LERDO, CD.	-4.3	-6.0	-5.8	-7.0	-11.9	-11.4	-6.3	-5.2	-4.6	-3.4	-3.5	-2.1	0
MANZANILLO	0.3	1.7	2.1	3.5	2.1	3.8	4.6	6.1	5.4	6.9	6.8	2.9	46
MAZATLAN	2.6	1.9	3.1	3.9	3.4	4.4	5.0	5.8	6.5	4.8	2.2	2.5	46
MERIDA	3.0	1.8	0	-1.1	1.1	3.8	4.3	4.4	5.0	3.7	4.1	2.2	33
MONCLOVA	-1.7	-3.1	-3.9	-4.8	-3.8	-7.4	-6.3	-5.9	-2.7	-1.4	-1.0	-1.8	0
MONTERREY	-0.4	-0.6	-0.7	0.5	1.0	0.8	4.2	0.8	0.3	1.7	0.9	0.7	11
MORELIA	-0.6	-2.5	-3.8	-4.2	-2.6	0.5	1.5	1.9	1.5	1.0	0.4	0	7
NUEVO CASAS GRANDE	-5.8	-7.2	-9.4	-14.7	-21.2	-21.0	-13.5	-10.1	-7.6	-10.1	-9.9	-4.8	0
OAXACA	-1.8	-0.7	-2.1	-2.2	-0.3	0.5	1.5	0	1.8	0.7	-0.5	-0.2	5
PACHUCA	-1.0	-2.8	-2.3	-2.5	0.2	1.0	1.3	1.5	2.3	1.3	-0.2	0.5	8

Tabla 2. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PAZ, LA	0	-1.2	-0.8	-1.4	-0.9	-1.7	-0.4	-0.4	1.6	1.0	0.3	1.2	4
PIEDRA NEGRAS	0.9	0.5	-0.6	0.3	1.0	0	0	1.7	1.1	1.9	2.0	0.6	10
PUEBLA	-2.1	-2.2	-4.9	-4.1	-2.7	-0.7	0.6	-0.2	1.7	0.8	-1.1	-1.0	2
QUERETARO	-5.1	-6.9	-6.0	-5.6	-4.6	-2.3	-1.0	0	0	-1.0	-0.5	-2.6	0
RIO VERDE	1.0	0.6	0	1.6	0.9	1.0	2.9	1.8	2.8	2.4	2.3	1.6	19

TABLA 3. INDICE DE DETERIORO

$$I = 1,054 \frac{H - 65}{10} \quad t$$

(Brooks, 1950)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	No. de meses	
														2-5	5-10
ACAPULCO	2.8	2.8	3.3	3.8	3.6	5.4	4.5	3.7	6.5	5.3	4.8	2.9	49	9	3
AGUASCALIENTES	-2.4	-4.4	-5.8	-6.6	-5.9	3.2	4.0	4.9	5.7	4.9	4.3	3.4	30	6	1
CAMPECHE	6.1	5.0	4.0	3.0	3.7	5.5	6.1	7.5	8.7	7.8	7.0	5.8	70	4	8
CANANEA	-4.5	-7.4	-7.3	-12.5	-18.2	-19.6	-12.7	-3.9	-6.7	-11.1	-6.8	-5.3	0	0	0
COLIMA	-2.0	-3.0	-3.9	-4.9	-3.2	2.0	4.6	5.0	6.3	5.2	2.2	0	25	4	2
COZUMEL	5.9	6.3	6.9	6.7	7.5	8.8	9.9	9.2	10.2	9.1	8.2	6.8	96	0	12
CULIACAN	1.7	0	-1.3	-2.5	-4.6	0.9	6.2	6.8	6.1	3.5	1.7	0.3	27	2	3
CHIHUAHUA	-3.9	-5.2	-8.1	-9.6	-12.1	-13.5	-5.4	-3.7	-6.4	5.4	-4.7	-2.9	0	0	0
CHILPANCINGO	3.9	4.0	4.5	3.3	4.9	5.5	7.0	6.8	6.6	6.3	5.3	4.7	63	6	6
ENSENADA	2.7	1.9	1.9	2.4	3.8	3.8	4.5	5.0	4.0	2.4	2.3	2.5	37	10	0
GUADALAJARA	-3.1	-4.9	-6.9	-7.3	-5.7	-2.0	2.9	2.0	2.0	3.5	-1.5	-2.0	10	4	0
GUANAJUATO	-3.5	-6.3	-8.5	-7.0	-5.0	-0.9	-1.4	-1.4	.0	-1.7	-4.4	-2.3	0	0	0
GUAYMAS	-2.9	-7.4	-8.5	-8.6	-9.7	-6.0	-2.1	0.5	-2.1	-4.5	-5.4	-4.8	1	0	0
HERMOSILLO	-4.6	-5.9	-8.1	-1.1	-13.5	-16.6	-8.3	-6.3	-9.4	-10.9	-5.4	-4.5	0	0	0
HUEJUCAR	-4.6	-5.2	-8.3	-8.2	-7.6	-3.3	0.9	2.2	0.8	-0.3	-2.7	-2.1	4	1	0
JALAPA	2.4	2.4	1.9	3.0	3.0	5.5	4.1	4.2	5.0	4.3	3.7	3.6	43	6	1

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	No. de meses	
														2-5	5-10
JUAREZ, CD.	-0.3	-1.0	-5.0	-9.6	-8.7	-16.8	-10.6	-10.2	-5.1	6.4	-3.2	0	0	0	0
LEON	-0.2	-3.3	-3.7	-6.5	-5.7	-1.6	1.2	0.9	-0.9	-0.3	-1.6	0.7	3	1	0
LERDO, CD.	-5.7	-7.7	-7.3	-8.5	-13.9	-13.1	-7.3	-6.1	-5.4	-4.1	-4.3	-2.8	0	0	0
CHETUMAL	9.3	9.5	7.1	8.8	9.7	11.1	10.7	10.3	11.1	10.6	9.3	9.0	116	-	12
MANZANILLO	0.4	2.2	2.5	4.1	2.5	4.4	5.3	7.0	6.2	7.9	7.	3.4	54	6	5
MAZATLAN	3.2	2.4	3.8	4.7	4.0	5.0	5.7	6.7	7.5	5.6	2.6	3.1	54	7	4
MERIDA	3.6	2.1	0	-1.2	1.3	4.3	4.9	5.1	5.8	4.4	4.8	2.7	39	7	2
MONCLOVA	-2.2	-3.9	-4.8	-5.8	-5.7	-8.5	-7.2	-6.7	-3.2	-1.6	-1.2	-2.4	0	0	0
MONTERREY	-0.5	-0.8	-0.6	0.6	1.2	0.9	4.8	0.9	0.4	1.7	1.1	0.9	12	1	0
MORELIA	-0.8	-3.2	-4.7	-5.1	-3.2	0.6	1.9	2.4	1.8	1.2	0.5	0	8	1	0
NUEVO CASAS GRANDE	-7.7	-9.5	-11.7	-17.5	-24.4	-23.9	-15.4	-11.6	-8.8	-11.9	-12.2	-6.2	0	0	0
OAXACA	-2.2	-0.8	-2.5	-2.7	-0.3	0.6	1.8	0	2.1	0.9	-0.6	-0.3	5	1	0
PACHUCA	-1.3	-3.6	-3.0	-3.1	0.2	1.3	1.7	2.0	3.0	1.8	-0.2	0.7	11	2	0
PAZ, LA	0	-1.4	-1.2	-1.7	-1.1	-2.0	-0.5	-0.5	1.8	1.2	0.3	1.4	5	0	0
PIEDRA NEGRAS	1.1	0.7	-0.8	0.3	1.2	0	0	1.9	1.3	2.3	2.5	0.9	12	2	0
PUEBLA	-2.8	-2.9	-6.1	-5.0	-3.4	-0.8	0.8	-0.3	2.2	1.0	-1.4	-1.3	3	1	0

Tabla 3. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	No. de meses	
														2-5	5-10
QUERETARO	-6.6	-8.6	-7.3	-6.9	-5.5	-2.8	-1.2	0	0	-1.2	-0.7	-3.4	0	0	0
RIO VERDE	1.3	0.8	0	1.9	1.1	1.1	3.5	2.2	3.3	3.0	2.9	2.0	23	6	0
SALINA CRUZ	5.7	6.2	7.4	7.8	11.8	10.6	9.5	9.8	10.8	7.6	8.8	7.9	104	0	12
SALTILLO	-2.3	-2.8	-3.4	-2.8	3.1	-2.3	-0.3	-1.0	0.3	0	-2.0	-1.7	0	0	0
SAN LUIS POTOSI	-3.3	-5.7	-7.1	-7.9	-6.0	-3.1	-0.9	-1.5	-0.8	-0.8	-2.5	-3.0	0	0	0
TACUBAYA	-2.1	-3.2	-5.3	-3.6	-3.2	0.5	1.0	1.2	1.4	0.9	-0.8	-1.3	5	0	0
TAMPICO	4.4	4.7	4.4	6.3	7.6	7.3	6.4	7.9	7.3	5.3	5.6	3.6	71	4	8
TAPACHULA	0.4	-0.8	0.4	1.7	2.2	5.1	4.7	4.4	4.6	3.4	4.4	2.1	33	7	1
TEPIC	4.0	4.1	4.5	4.3	4.7	6.2	6.8	7.7	8.8	7.6	4.8	4.7	68	7	5
TEQUESQUITENGO	-3.9	-9.2	-12.4	-12.7	-12.6	-2.5	-0.4	-3.4	3.4	-1.4	-2.7	-4.1	3	1	0
TORREON	-2.9	-5.0	-5.2	-6.6	-10.0	-8.9	-6.1	-5.9	-3.4	-3.3	-3.0	-1.5	0	0	0
TUXTLA GUTIERREZ	2.1	1.0	0	0.4	0.4	4.5	4.6	5.5	6.2	3.8	3.7	3.6	36	6	2
VERACRUZ	5.6	5.9	6.3	6.7	7.1	6.6	6.4	6.6	5.9	5.1	4.8	5.2	72	1	11
ZACATECAS	-4.8	-5.7	-6.2	-8.2	-6.9	-1.4	0.4	-0.7	0.8	-0.6	-1.5	-2.3	1	0	0

Tabla 3. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	No. de meses	
														2-5	5-10
ARRIAGA	-0.8	-0.9	-0.5	-1.09	1.0	5.8	4.5	4.5	6.0	1.8	-0.4	0	24	2	1
COATZACOALCOS	6.4	5.6	5.5	4.8	5.5	5.9	6.7	6.7	7.3	6.9	5.9	6.5	74	1	11
COLOTLAN	-1.8	-4.6	-6.9	-8.1	-8.7	-10.0	1.5	2.1	2.0	-0.3	-1.6	-1.3	6	2	0
CHAPINGO	-0.4	-1.2	-1.3	-2.0	-1.0	1.5	3.5	3.5	3.6	2.8	1.5	1.3	18	4	0
CHOIX	2.8	1.1	-2.2	-4.4	-1.7	-5.9	3.3	5.7	5.3	3.1	1.2	2.1	25	4	2
ISLA GUADALUPE	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	4.1	4.8	5.1	4.6	4.8	4.3	4.0	49	11	1
LAGOS DE MORENO	0.8	0	-1.5	-1.8	-1.3	1.8	3.6	4.1	4.5	3.2	4.0	3.8	26	5	0
CD. LAS CASAS															
SAN CRISTOBAL	3.1	2.9	2.7	2.8	2.9	3.1	2.9	3.1	3.3	3.3	3.0	3.0	36	12	0
CD. OBREGON	2.4	2.0	1.2	-1.5	-4.1	-0.4	4.8	7.0	5.4	1.5	1.1	2.8	28	4	2
ORIZABA	3.2	2.4	1.6	0.6	2.2	3.4	4.4	4.1	5.0	4.6	3.5	2.9	38	9	0
PROGRESO	3.6	2.7	2.9	3.2	4.9	4.6	7.4	7.5	7.4	5.2	3.3	3.8	56	8	4
PUERTO ANGEL	4.5	4.2	4.0	4.1	4.4	5.6	4.7	5.1	6.1	5.8	4.8	4.6	58	8	4
PUERTO CORTEZ	4.2	3.9	3.6	3.7	4.1	4.7	4.7	5.5	6.4	5.9	5.1	4.2	56	8	4
SOTO LA MARINA	3.8	3.9	3.4	4.1	4.8	5.5	4.4	4.9	6.5	6.6	5.0	5.0	58	9	3
TEMOSACHIC	0.4	-0.4	-1.3	-3.2	-5.5	-6.4	0.3	2.0	1.6	0.2	0.2	-0.3	5	1	0
TOLUCA	-0.8	-2.1	-2.8	-2.4	-1.0	1.7	2.5	2.4	2.4	1.1	-1.8	-0.3	10	3	0

Tabla 3. (Continuación)

E S T A C I O N	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	No. de meses		
													ANUAL	2-5	5-10
TULANCINGO	1.9	0.8	0.7	0.7	1.7	3.4	5.0	4.1	4.5	4.1	3.0	2.5	32	6	0
TUXPAN	6.3	6.2	6.5	7.1	8.3	9.1	8.9	9.1	8.4	8.2	7.3	6.5	92	0	12
TLAXCALA	-2.7	-2.8	-4.9	-4.5	-4.5	-5.1	4.9	7.4	3.0	-0.2	-2.2	-2.1	15	2	1
VALLADOLID	4.5	3.3	3.0	2.0	4.3	6.6	7.0	8.0	8.6	8.1	6.7	5.8	68	5	7
CD. VICTORIA	2.3	1.2	0.6	1.4	2.7	2.0	1.2	2.0	4.4	4.4	3.9	2.9	29	8	0

Chihuahua, La Paz) y 100 (Chetumal 116, Cozumel 95), señalando la variedad de condiciones higrotérmicas que se presentan en el país, que van desde las condiciones climáticas más favorables para el almacenamiento de granos hasta aquellas en donde el clima es de lo más adverso, en parte o en la totalidad del año, para dicho propósito.

a) Los Mapas del Índice de Deterioro

En las figuras 3 y 4 se muestra la conformación de las isolíneas del ID para todo el país (con base anual) según las ecuaciones 1 y 2, respectivamente. En general, los resultados son semejantes en ambos mapas; los valores menores de 20 (que representan un ID bajo) se localizan en la altiplanicie y en las regiones secas del NW del país. Las áreas con un ID moderado rodean a la anteriormente descrita y corresponden a una faja de altura intermedia entre el altiplano y la costa.

Finalmente, las regiones de ID alto abarcan las tierras bajas y planicies costeras de México, al sur del trópico de Cáncer.

Al comparar estos mapas del ID anual con el de climas de Koeppen se advierte que hay lugares semiáridos, como el NE de México, donde el ID es alto a pesar de la aparente aridez del clima según la clasificación de Koeppen.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestra la distribución del ID para los meses de enero, abril, julio y octubre. En enero las áreas de ID alto se limitan a la planicie costera del sur del Golfo de México y en Quintana Roo, mientras que la totalidad de la altiplanicie y la península de Baja California mantienen condiciones de ID bajo. Para el mes de julio, en plena estación lluviosa, todas las costas y tierras bajas del Golfo de México (y del Pacífico, hasta Tobolobampo) mantienen condiciones de ID moderado o alto. En la altiplanicie y NW de México, sin embargo, aun en la estación húmeda se mantienen condiciones de ID bajo. En los meses de transición de abril y octubre la extensión de la región de ID alto y moderado es

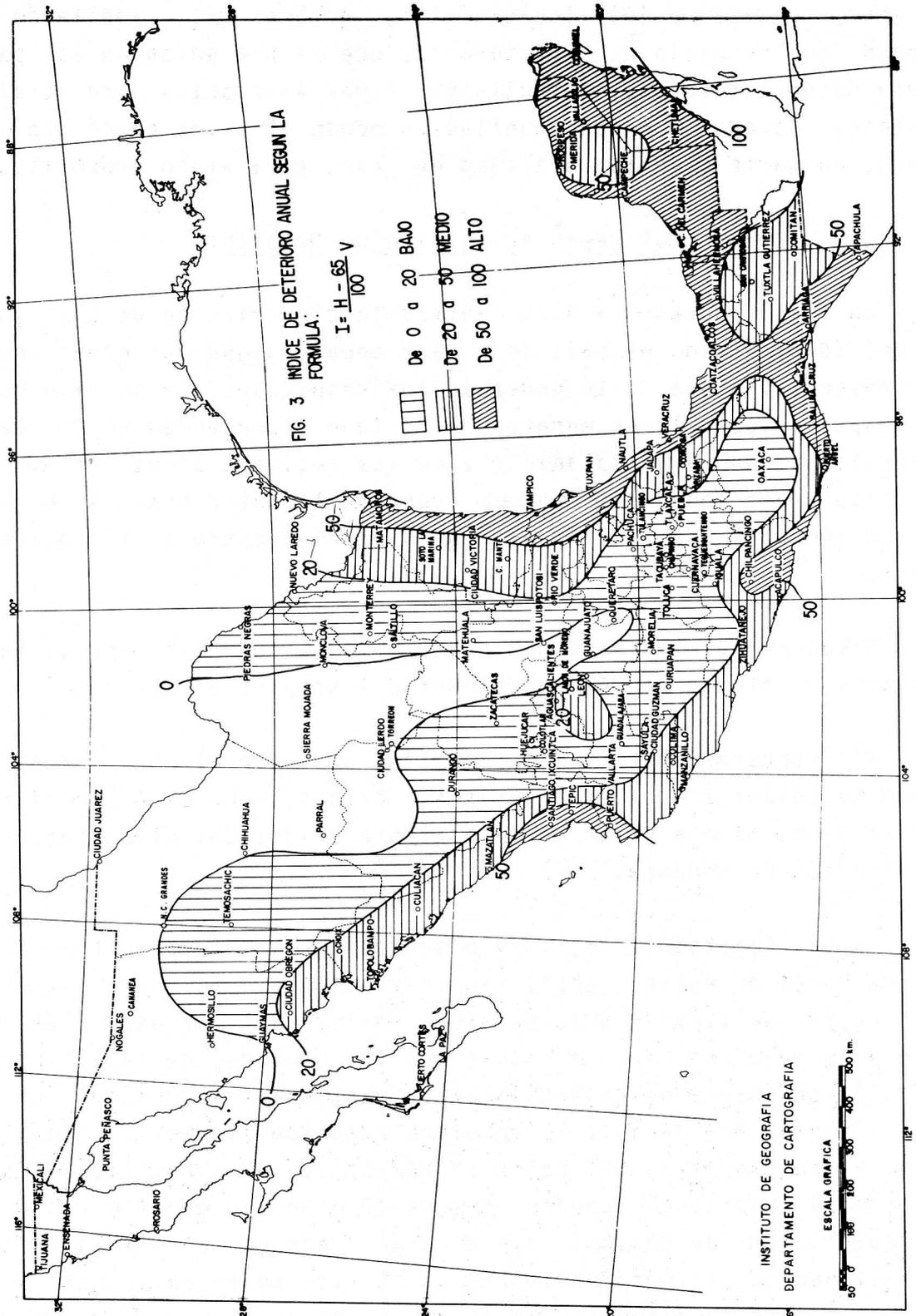
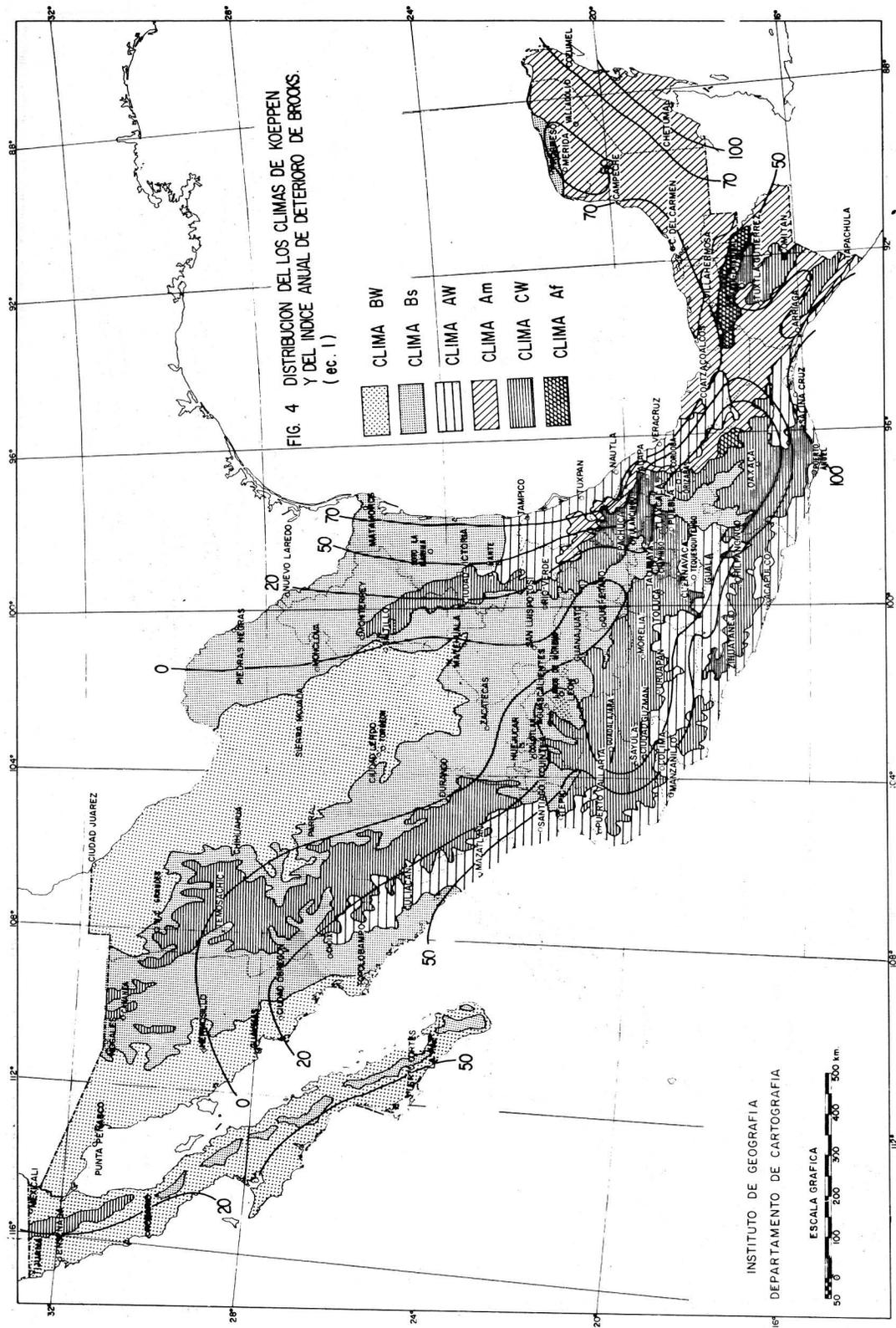


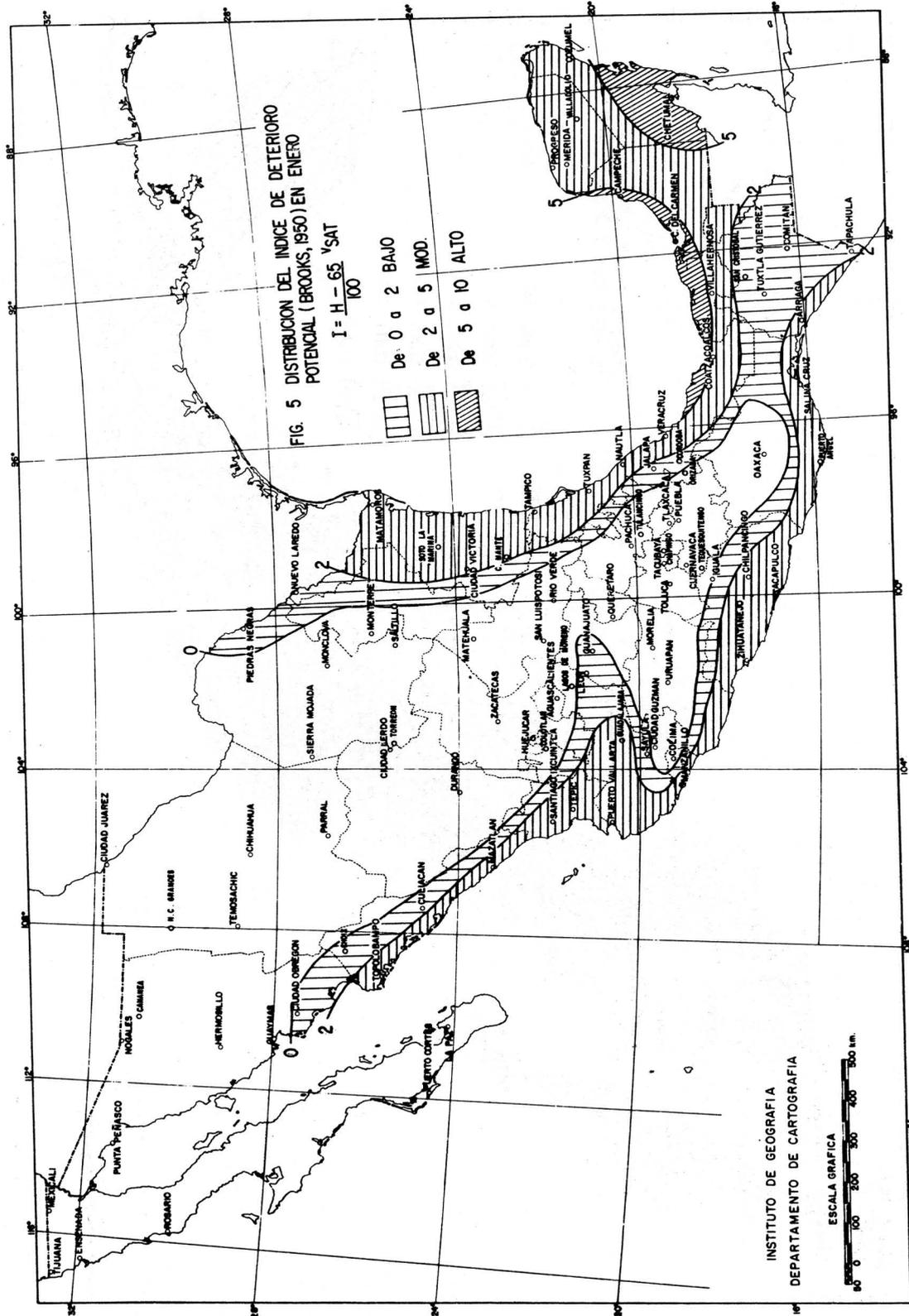
FIG. 3 INDICE DE DETERIORO ANUAL SEGUN LA FORMULA:

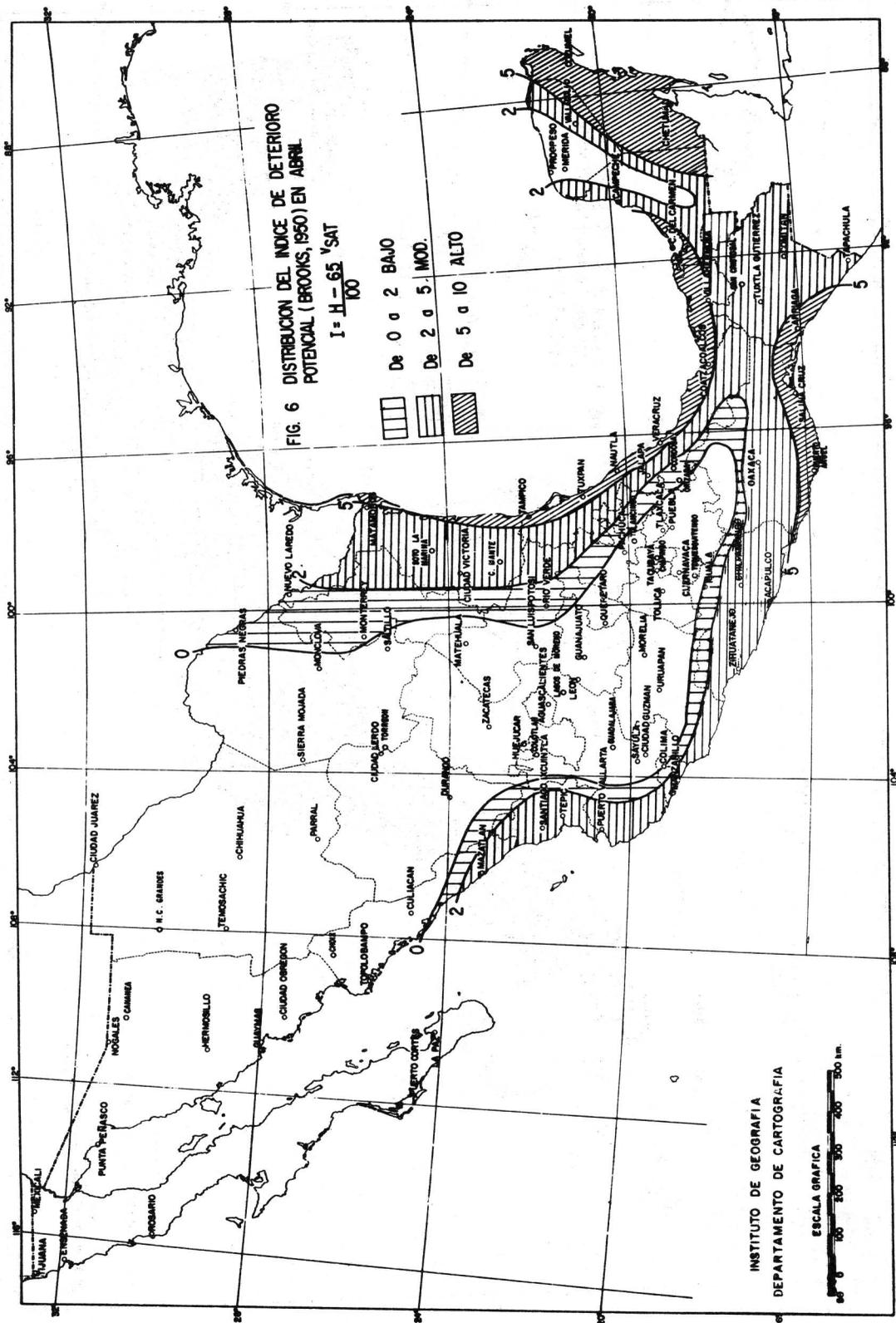
$$I = \frac{H - 65}{100} V$$

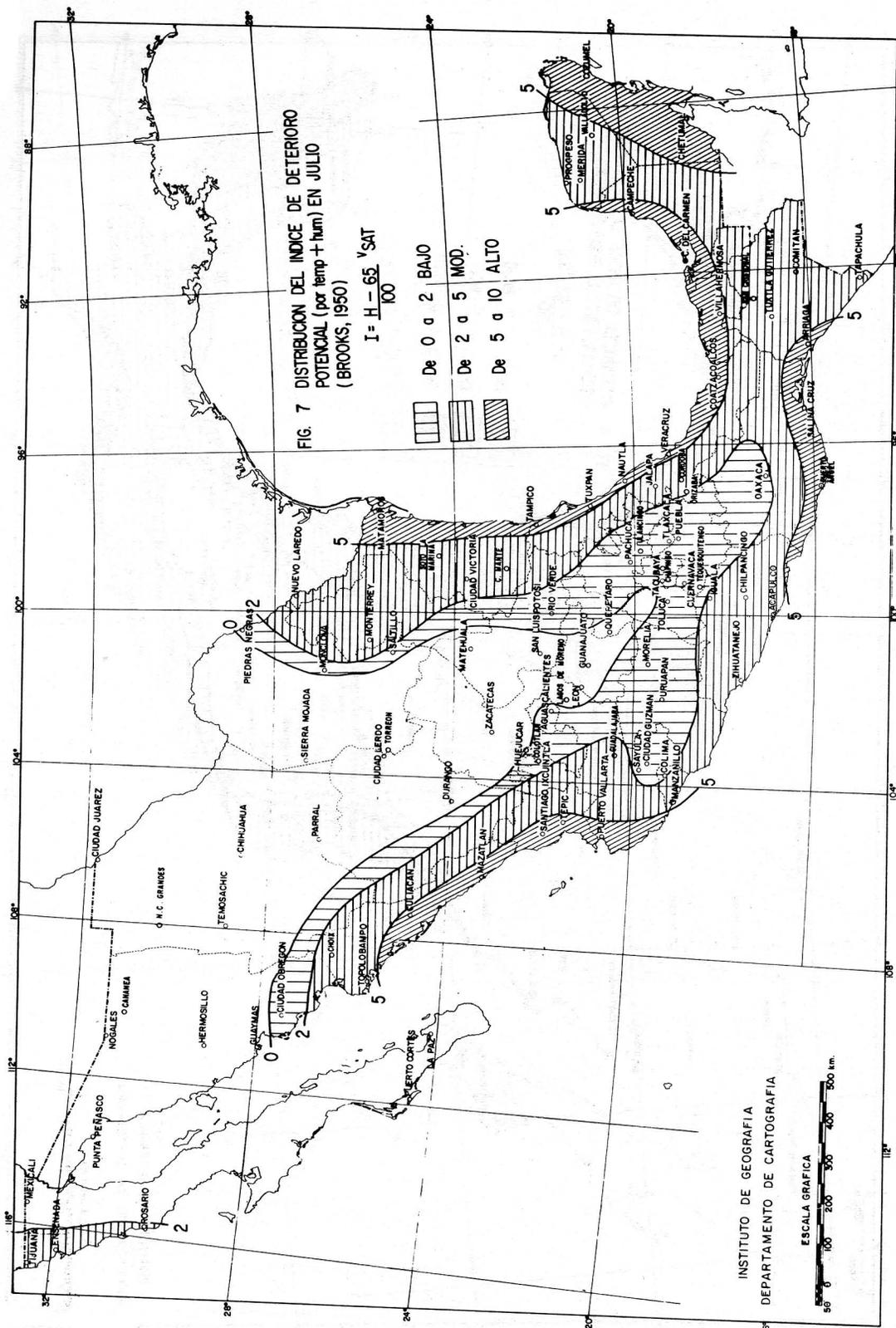
- De 0 a 20 BAJO
- De 20 a 50 MEDIO
- De 50 a 100 ALTO

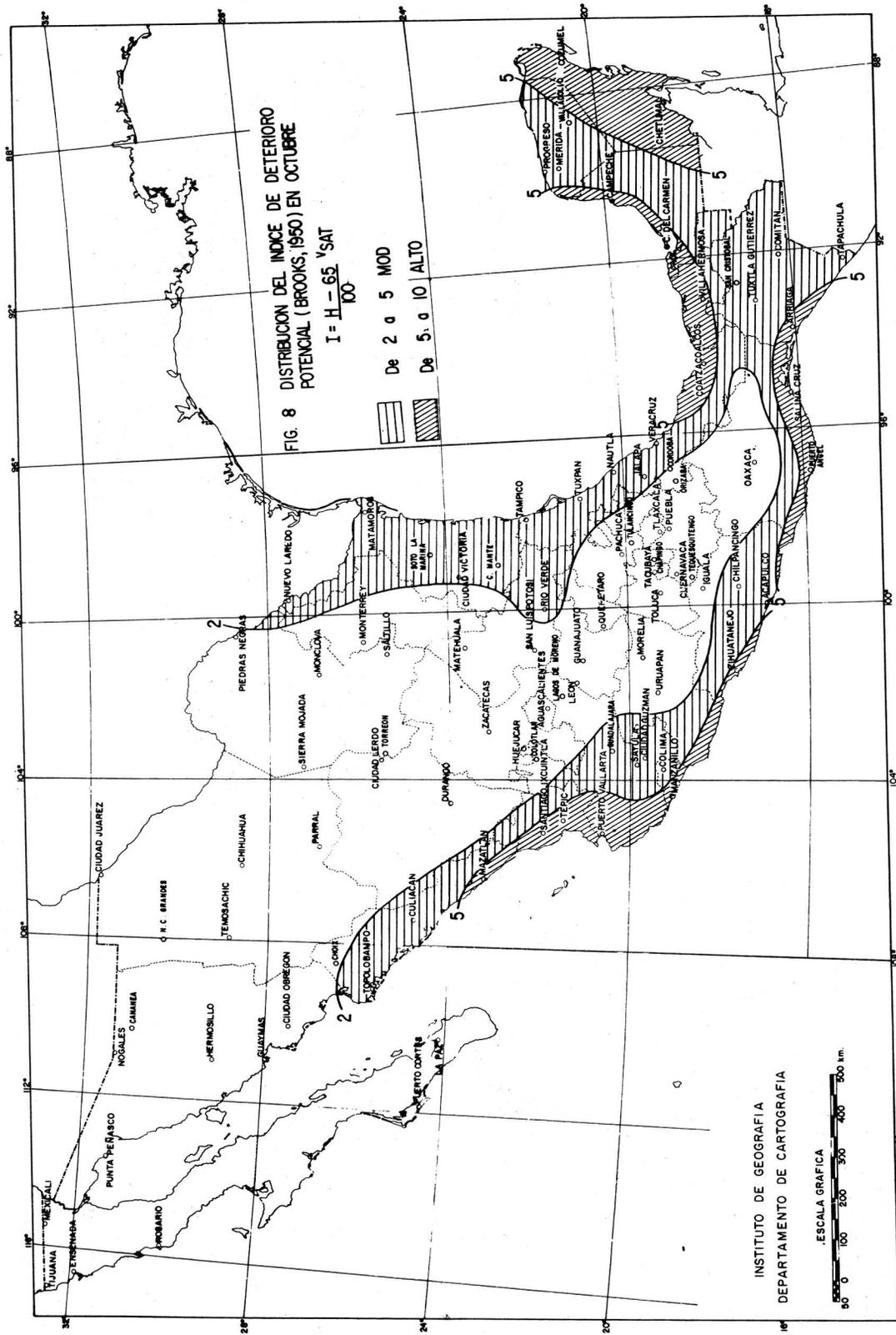
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
 DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA
 ESCALA GRAFICA
 0 100 200 300 400 500 Km.

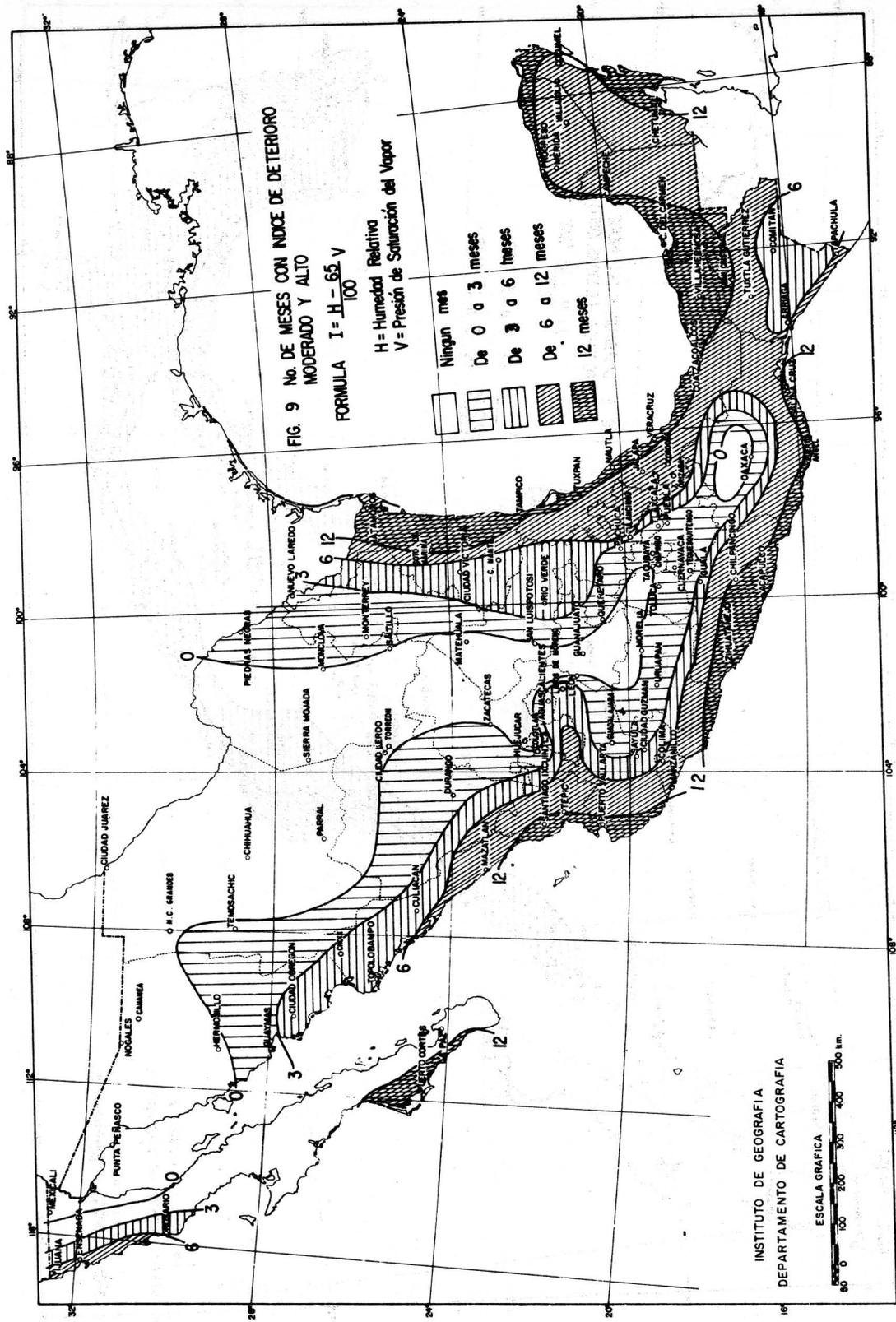


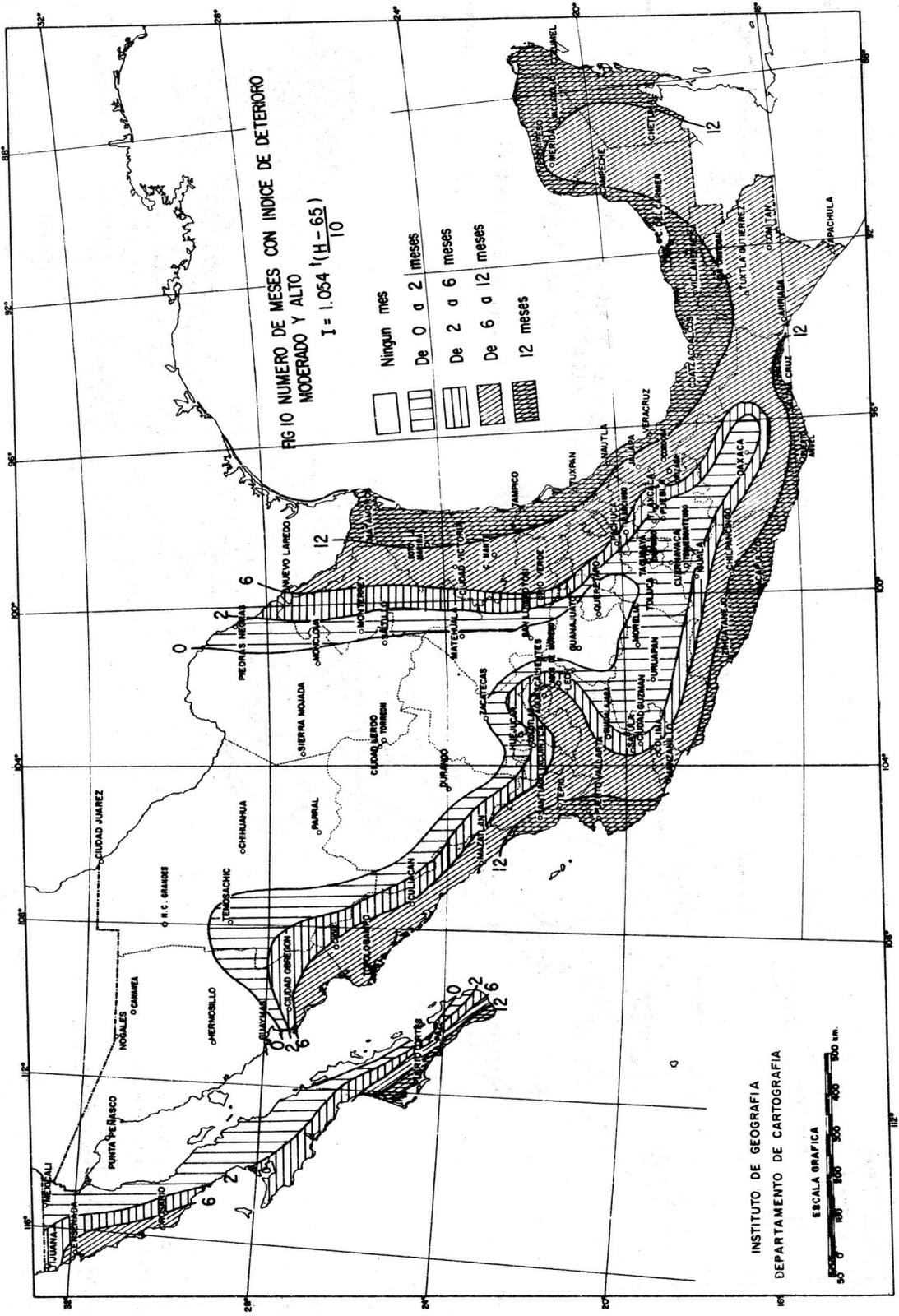


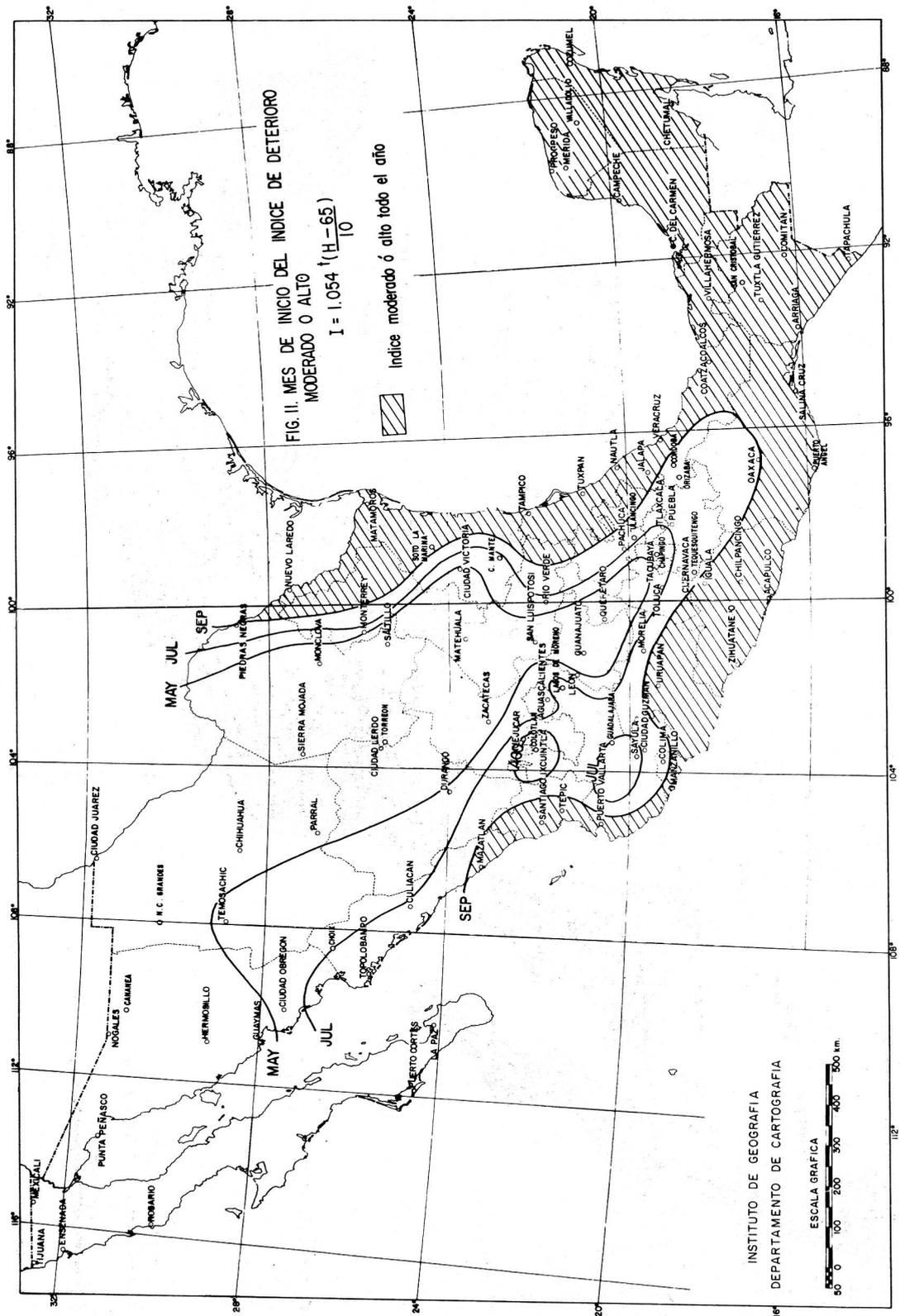


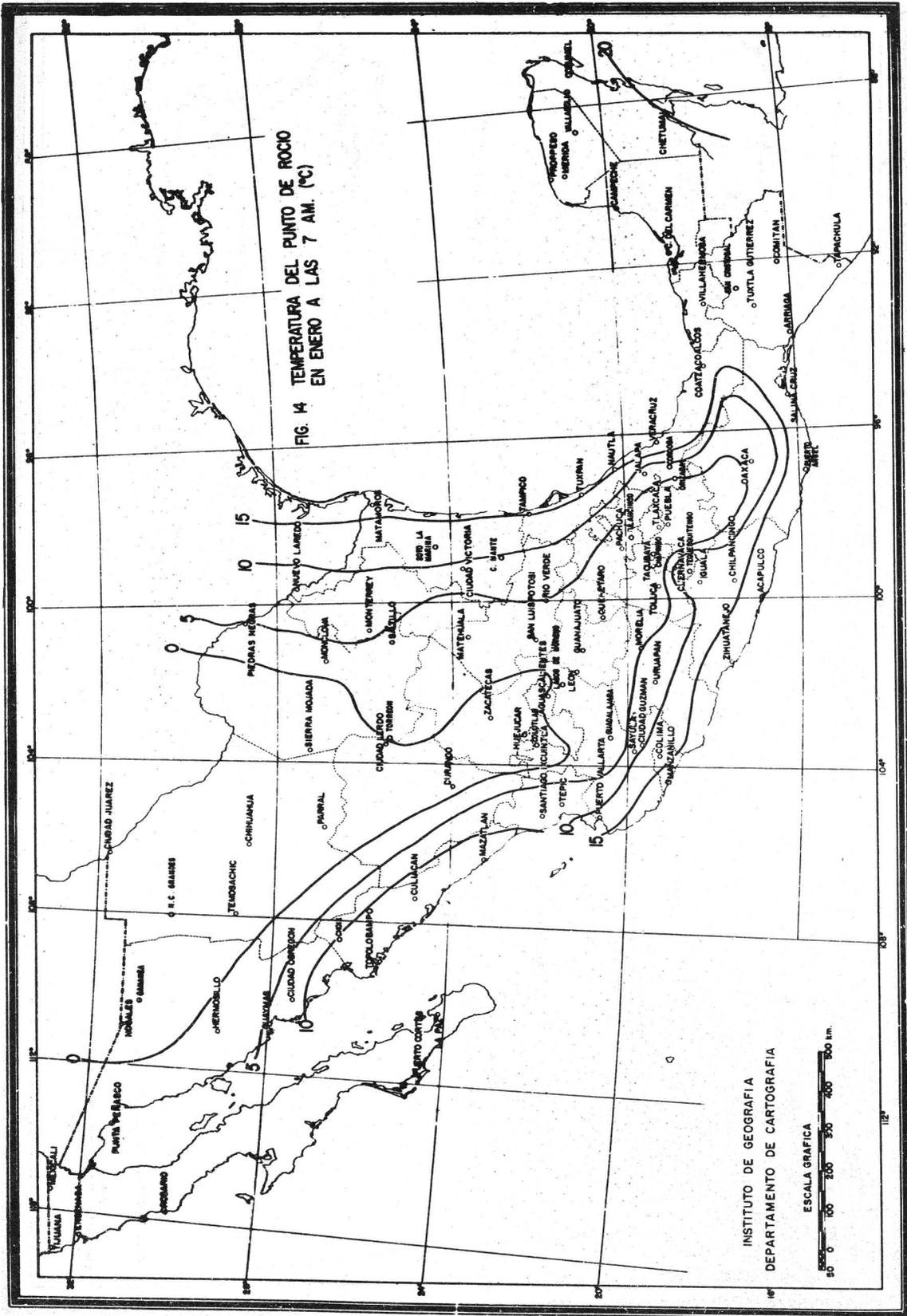


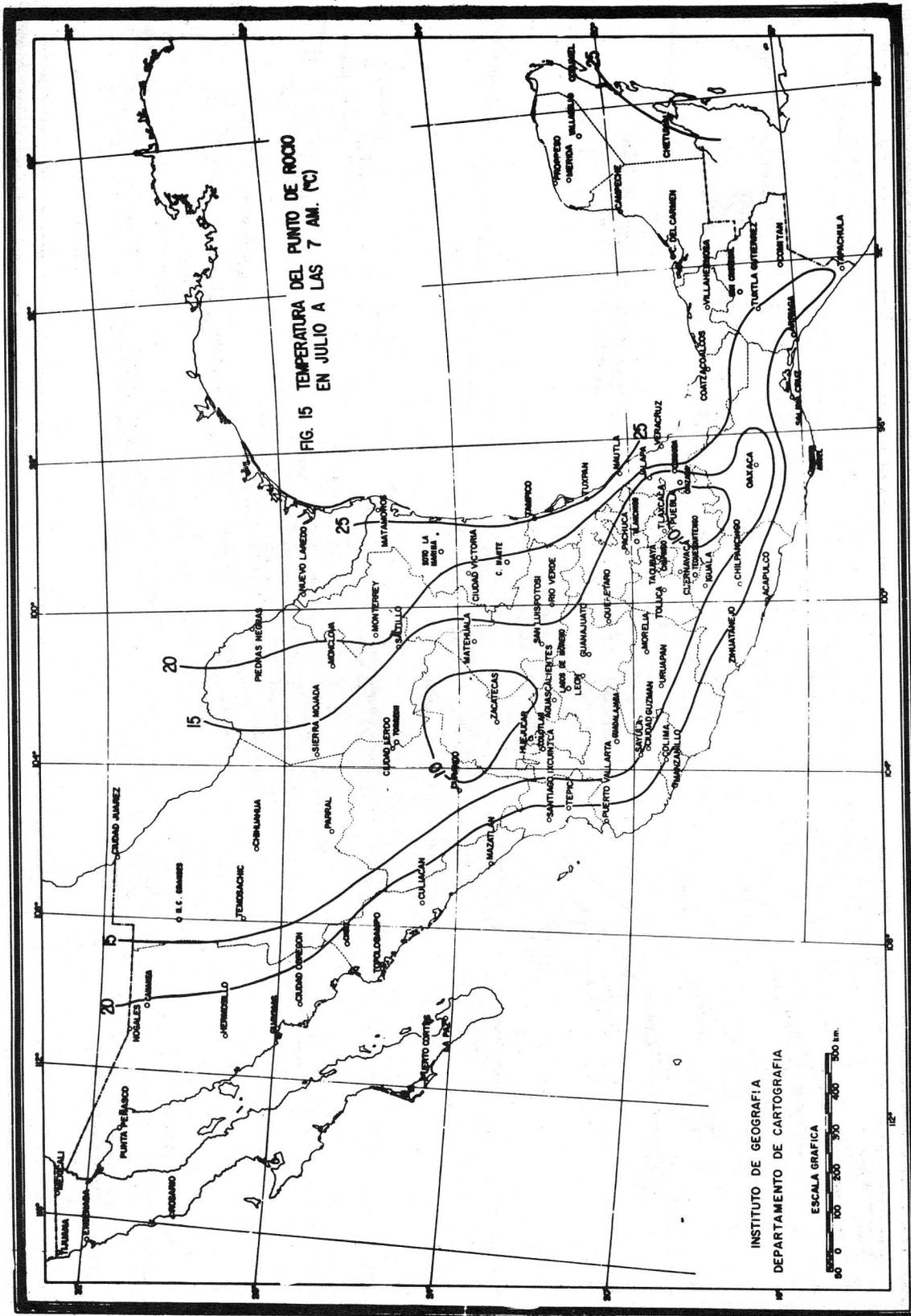












intermedia en relación con la correspondiente a los meses extremos de enero y julio.

b) Meses con ID Alto y Moderado

En la figura 9 se han marcado las áreas con 3, 6 y 12 meses de ID alto y moderado (según ecuación 1). Las áreas con menos de 3 meses de ID moderado y alto se localizan en la altiplanicie y en el NW de México.

En la figura 10 se ha empleado la ecuación 2 para determinar la extensión del ID moderado y alto. Los resultados son muy semejantes a los obtenidos con la fórmula 1.

Finalmente, en la figura 11 se muestra la distribución del mes de inicio de ID moderado y alto en el país. A partir del mes de septiembre se inician las condiciones de ID moderado y alto en la región intermedia entre el borde del altiplano y las tierras bajas.

6. LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE ALMACENTAMIENTO DE GRANOS DE ANDSA Y BORUCONSA EN RELACION CON EL ID

En las figuras 12 y 13 se muestra la distribución de los centros de almacenamiento de Boruconsa y ANDSA en el país, así como las líneas del ID. Se advierte que la mayor parte de las bodegas se localizan en la región centro y sur del altiplano, donde es bajo el ID.

En la Tabla 4 se muestra el número total y el porcentaje de los almacenes de BORUCONSA y ANDSA localizados en cada categoría del ID.

de humedad, presentándose entonces la condensación en forma de rocío (sobre las plantas) o de niebla.

La temperatura del punto de rocío, T_d , es de interés en el almacenamiento de granos, ya que la temperatura del aire dentro de un almacén no siempre es homogénea. La diferencia de temperaturas entre dos áreas de un silo o granero puede ocasionar que los granos se deterioren (Justice y Bass, 1979).*

Esto sucede cuando el aire tibio del granero se mueve a un rincón más frío y se enfría hasta alcanzar su punto de rocío. Es entonces cuando la humedad del aire se deposita en los granos en forma líquida. Esta situación se presenta cuando los granos están en una zona entre un muro, que por su cara externa se ha enfriado, y el aire tibio del interior del granero. Otro lugar en donde puede acumularse rocío dentro de un granero (por la noche y al amanecer) es en la porción superior de la masa de granos, en su parte central, cuando el techo tiene poca inercia térmica (techo de lámina) (Muir, 1973).**

a) Los Mapas del Punto de Rocío

Por lo anteriormente señalado, se muestra en las figuras 14 y 15 la distribución de la temperatura del punto de rocío (T_d) en los meses extremos de enero (el mes más frío) y julio (el más cálido) a las 7 a.m.

En enero, en el altiplano la T_d es inferior a 5° C, mientras que en las costas (donde la humedad es más abundante) varía entre 15 y 20° C. En julio, mes típico de lluvias, la T_d se eleva de 5 a 10° C

* Justice, L. y L. Bass (1979) Principles and Practices of Seed Storage. Castle House Pub. Ltd.

** Muir, W.E. (1973) Temperature and Moisture in Grain Storages. Grain Storage Part of a System R. Sinha (ed).

en todo el país, siendo mayor el aumento en la altiplanicie, donde la fluctuación anual de T_d es más acentuada.

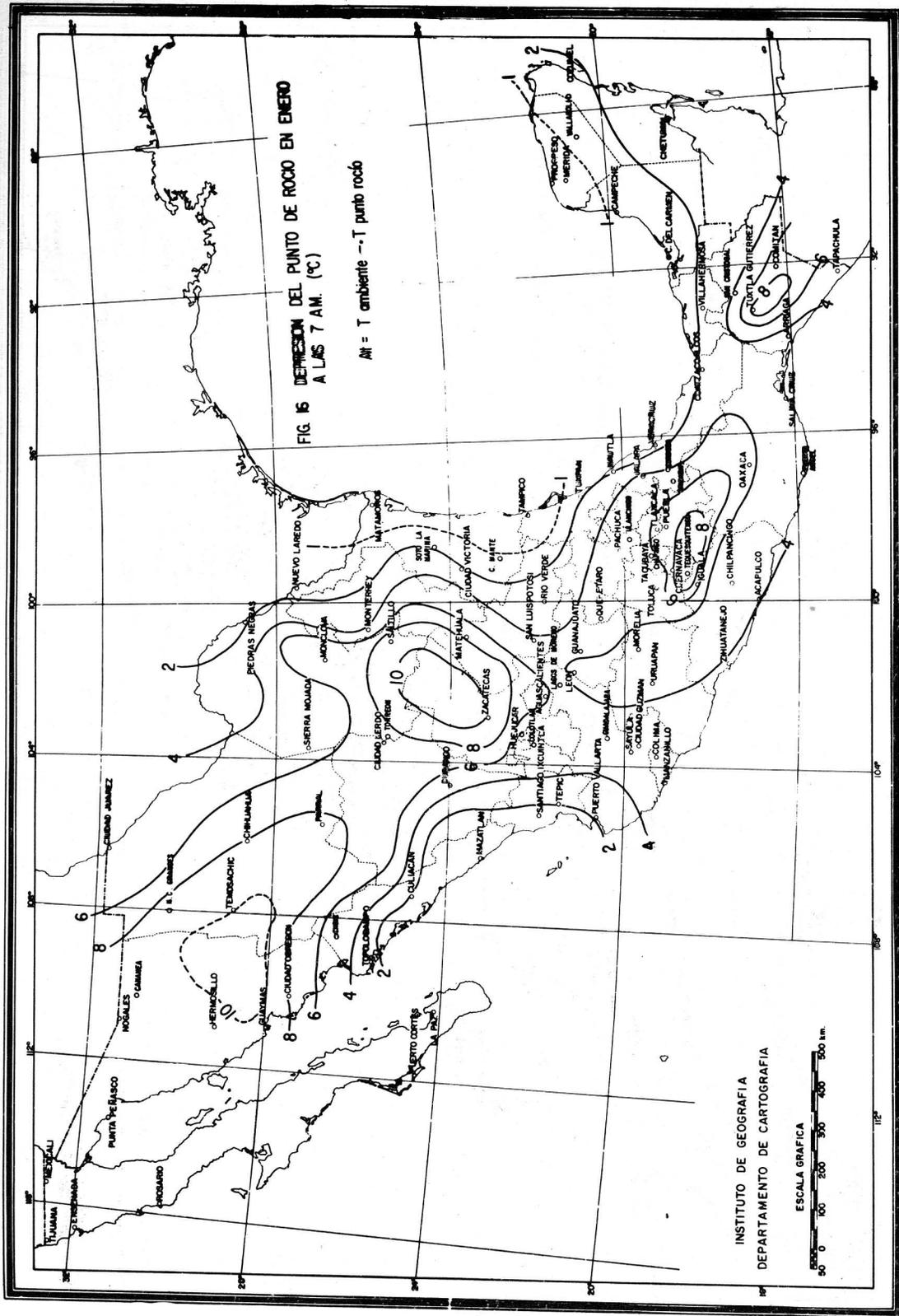
En las figuras 16 y 17 se muestra la depresión del punto de rocío (Δt_d), que es la diferencia entre la temperatura ambiente (T_a) y la del punto de rocío (T_d) a las 7 a.m. y para los meses de enero y julio.

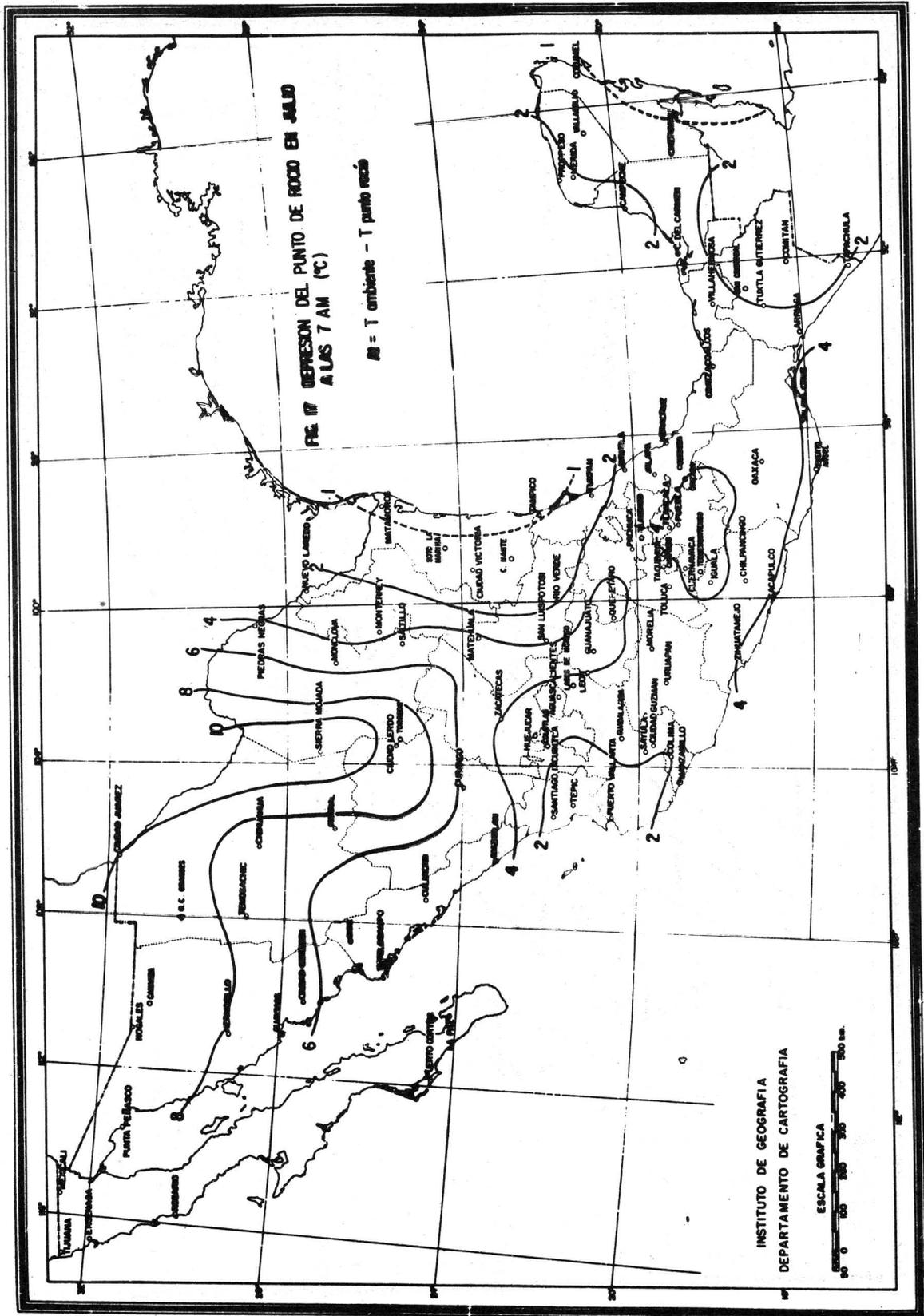
A esta hora la Δt_d es mínima con respecto al resto del día. De nuevo, se advierte que los valores más bajos se localizan en las costas, particularmente en las correspondientes al Golfo de México, el Caribe y en Nayarit y Sinaloa donde Δt_d es de 1 o 2° C tanto en enero como en la estación lluviosa. Es en estas regiones del país donde el riesgo de condensaciones dentro de los almacenes es mayor a lo largo de todo el año. Hacia el interior del país, es decir, en la altiplanicie, la Δt_d aumenta apreciablemente a 6 - 10° C durante todo el año. Conviene hacer notar que en la mayor parte del estado de Sonora y en la península de Baja California la Δt_d es considerable, lo que señala las buenas condiciones higrotérmicas que ahí prevalecen para el almacenamiento de granos.

b) Variación Diurna del Punto de Rocío

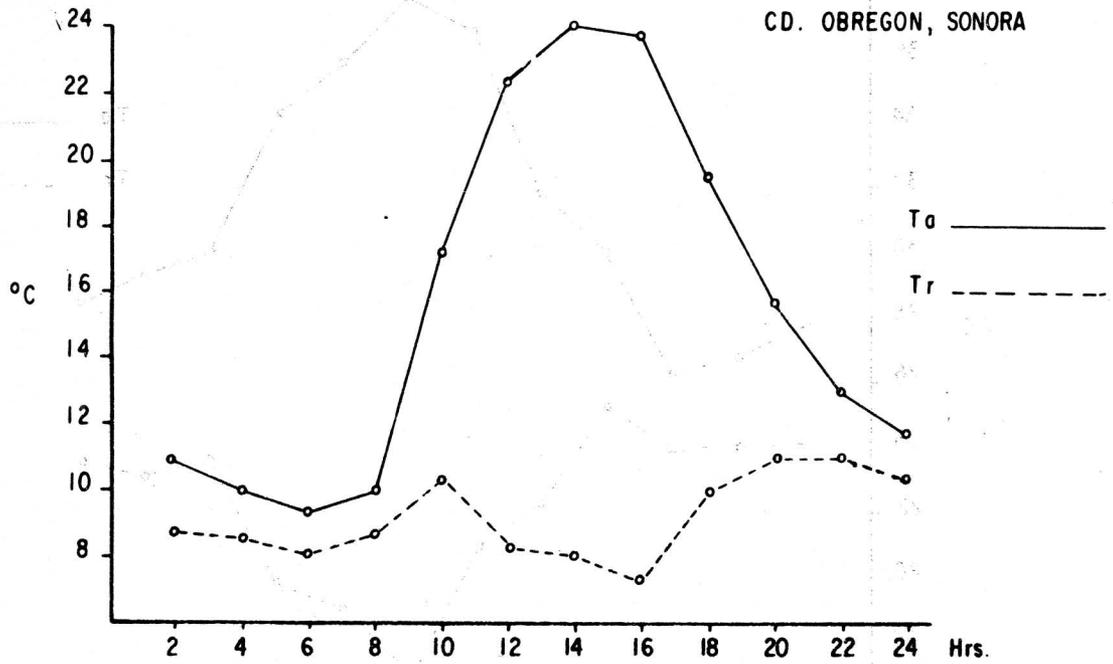
En la figura 18 se muestra la variación diurna de la temperatura ambiente (T_a) y la correspondiente al punto de rocío (T_d) para Ciudad Obregón, Son., en los meses característicos de enero, abril, julio y octubre.

Puede advertirse que a partir de la medianoche (y hasta el amanecer) la temperatura ambiente se encuentra muy cerca del punto de rocío (T_d), señalando el periodo del día en que pueden ocurrir condensaciones dentro de los graneros. A medida que el Sol calienta el aire, la separación entre ambas temperaturas (Δt_d) se hace más marcada, hasta alcanzar un máximo después del mediodía y, por tanto, reduciéndose el riesgo de condensaciones. Este patrón de variación de T_a y T_d durante el día es característico para casi todo el país.





ENERO



ABRIL

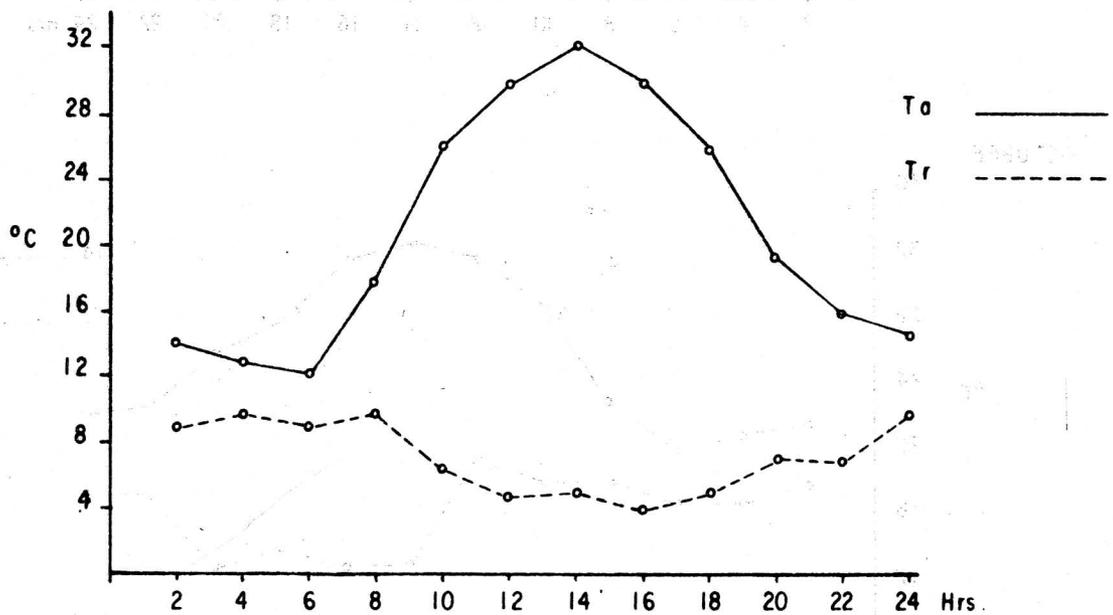
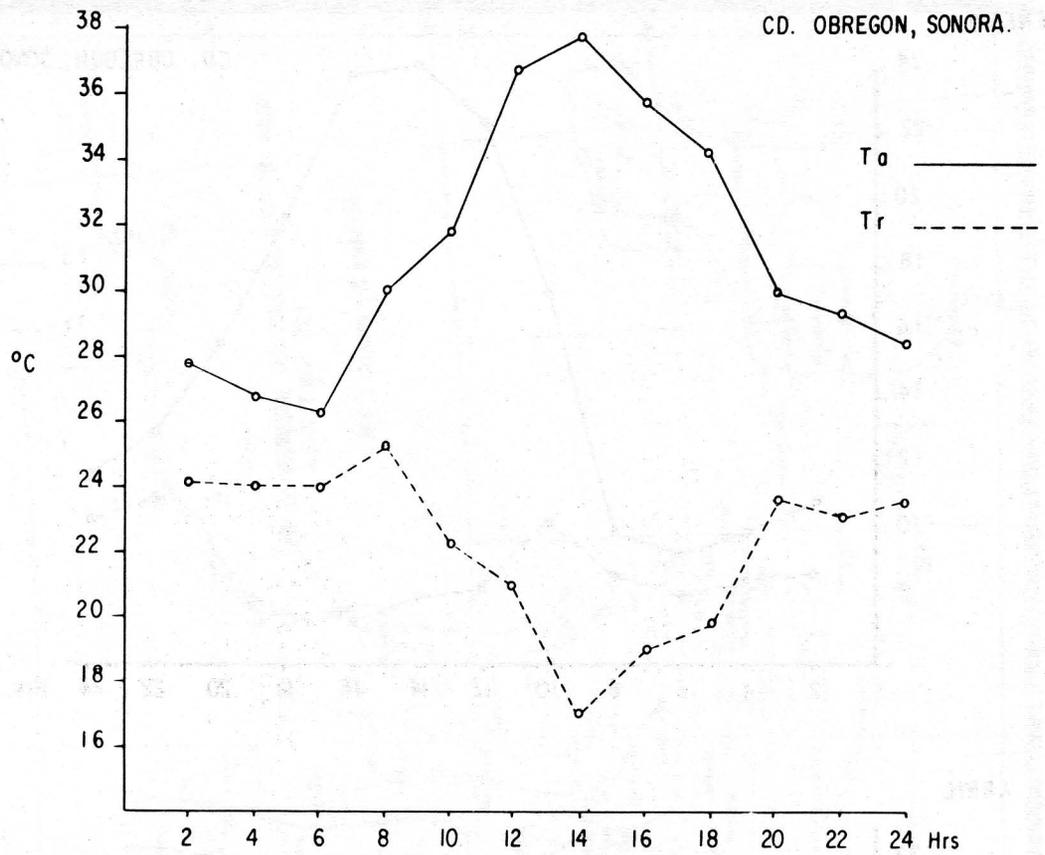


FIG. 18 VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE (T_a) Y EL PUNTO DE ROCIO (T_r).

JULIO



OCTUBRE

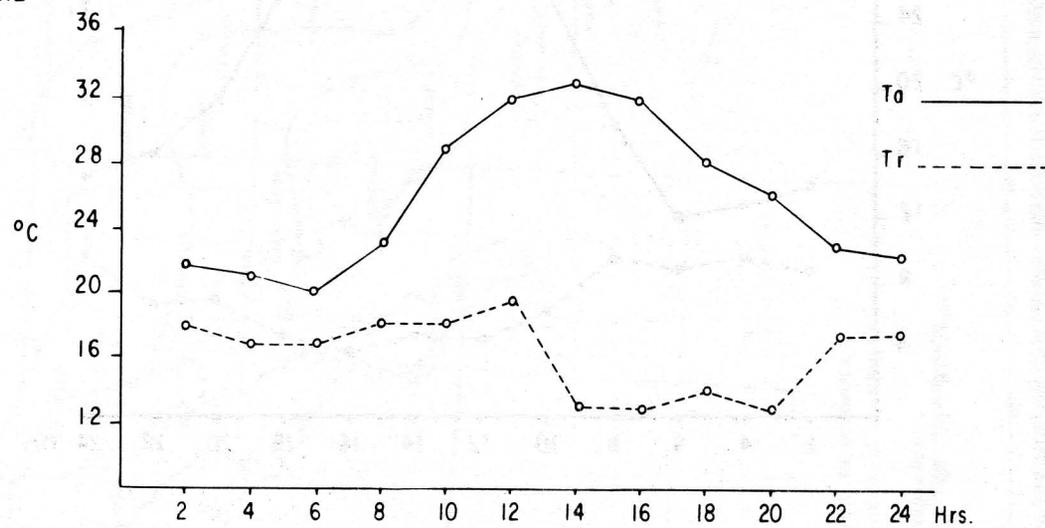


FIG. 18 (CONTINUA).

Es decir, mientras la T_d se mantiene con poca variación durante el día, la T_a exhibe una amplitud que es mayor en los climas secos del altiplano y del NW del país, y reducida en las zonas costeras.

8. LOS CLIMOGRAMAS HIGROTÉRMICOS

Una forma conveniente de presentar en forma gráfica los valores medios de temperatura y humedad mensuales de un lugar es por medio de los climogramas. En esta forma se puede dar una indicación del potencial del clima de un lugar para soportar o mantener la actividad de insectos o la proliferación de hongos. En esta forma el climograma determina cuáles son los meses del año en que las condiciones higrotérmicas favorecen o restringen el deterioro de los granos almacenados.

En la figura 19 se muestran dos climogramas con los límites físicos (higrotérmicos) necesarios para la proliferación de la palomilla de las bodegas, Cadra cautela. Puede verse que este insecto tiene condiciones favorables para su desarrollo desde mayo hasta octubre en el Valle de México (Tacubaya). En cambio, este mismo insecto puede mantenerse en actividad durante todo el año en un lugar costero como Veracruz.

9. EL CLIMA Y EL DISEÑO DE BODEGAS

Los cambios de temperatura y de radiación solar tienen efecto menor en la temperatura de los granos del centro de un granero grande que en el de uno más pequeño, ya que el calor tiene que recorrer mayor distancia de la pared hasta el centro. Por otra razón, en la estación calurosa los graneros grandes se mantienen a temperaturas más bajas que los graneros pequeños. Sin embargo, los graneros pequeños (de 40 a 80 m³) disipan más rápidamente el calor generado por el deterioro de los granos recién cosechados. En consecuencia, como señala Muir (1973), la temperatura en el interior de un granero

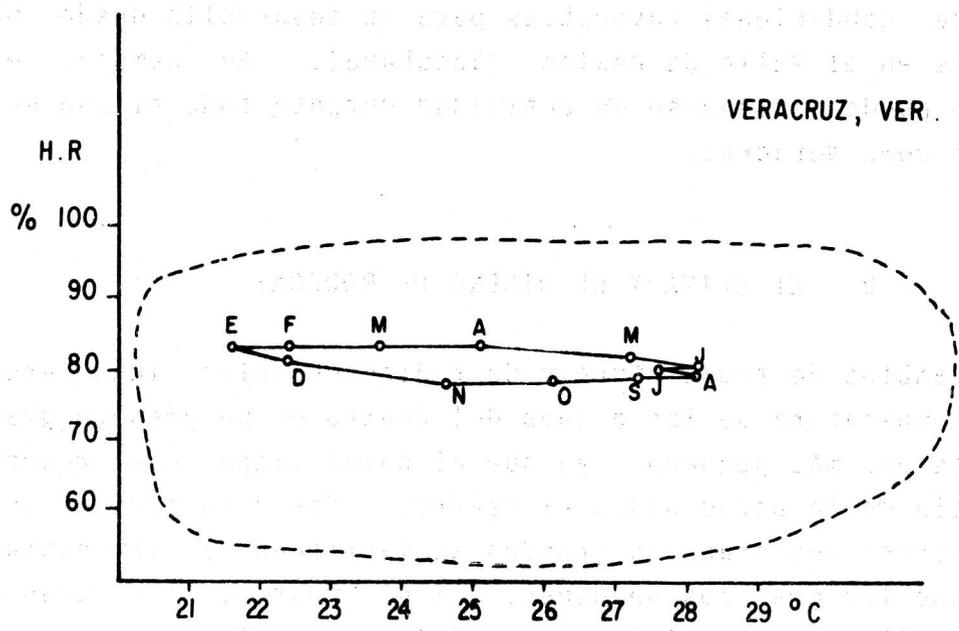
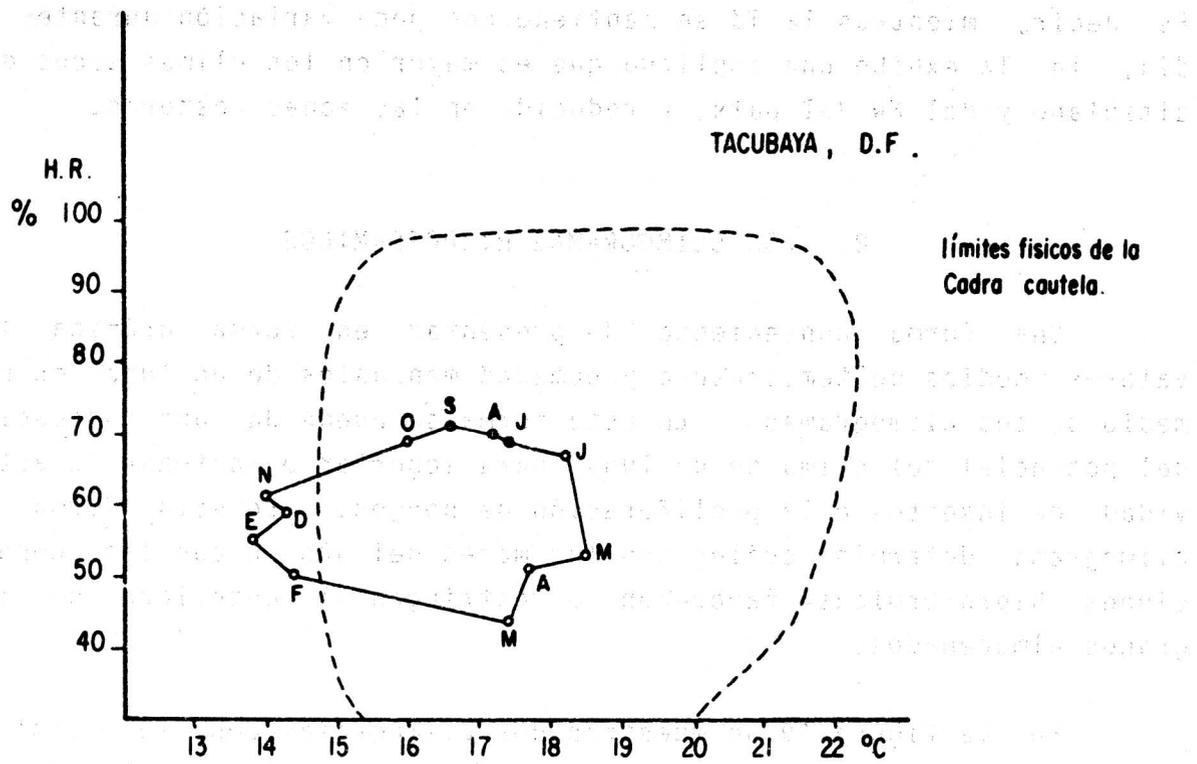


FIG. 19 CLIMOGRAMAS HIGROTÉRMICOS.

pequeño subirá menos con respecto a la temperatura del aire exterior que cuando se trata de graneros grandes. A este respecto conviene señalar la necesidad de realizar mediciones higrotérmicas dentro y fuera de las bodegas, en los diversos climas del país, con objeto de cuantificar los contrastes microclimáticos con el aire exterior.

CAPACIDAD DE LAS BODEGAS EN MEXICO

a) Bodegas Pequeñas

Los graneros o bodegas pequeñas, aun con ser numerosas (1732 conos con una capacidad conjunta de 79 000 toneladas), representan solamente el 6% de la capacidad total de almacenamiento de BORUCONSA. Esto da una capacidad unitaria promedio de 45 toneladas por cono.

La geometría del granero cónico, así como la considerable inercia térmica del material de sus muros permiten obtener, en cualquier clima, las ventajosas condiciones de almacenamiento que ofrecen los graneros o bodegas pequeñas. Si los muros del cono son suficientemente aislantes el transporte del calor del exterior se efectúa lentamente reduciendo el gradiente térmico en el interior del granero. Finalmente, si el granero cónico se pinta de blanco, la mayor parte de la radiación solar incidente sobre su superficie es reflejada, lo que ayuda a mantener baja la temperatura del interior del cono durante la estación calurosa y, consecuentemente, se reduce el riesgo de deterioro de los granos. Aun con las ventajas que presentan los conos, desde el punto de vista de la preservación de los granos, su uso en los campos del país parece haberse desalentado (y aun abandonado en algunos lugares) en razón tanto de su reducida capacidad, como por la dificultad para la operación de carga desde su parte superior.

TABLA 5. CAPACIDAD DE LAS BODEGAS (toneladas)

R E G I O N	BORUCONSAS		ANDSA
	conos	bodegas	bodegas
Noroeste	8	1,212	9,660
Norte	32	419	-
Noreste	-	2,366	4,810
Occidente	38	466	4,569
Centro-Norte	42	335	-
Centro	48	370	4,275
Oriente	68	411	-
Centro - Sur	13	410	-
Peninsular	-	1,809	-
Istmo	46	504	-
Promedio	45	427	

b) Las Bodegas Grandes

En la Tabla 5 se muestran las capacidades medias de los almacenes de granos en las diversas regiones del país.

Las capacidades mayores corresponden a las bodegas (o grupos de bodegas) de ANDSA, encontrándose las más grandes en la región NW, con más de 9 000 toneladas de capacidad, en las que el índice de deterioro es reducido.

Las bodegas de BORUCONSA, con ser grandes, tienen, en general, sólo un décimo de la capacidad de las grandes bodegas (o grupos de silos) de ANDSA.

En las regiones semiáridas y áridas del norte y NW, donde es bajo el riesgo de lluvias en los meses posteriores a la cosecha, es

usual y practicable el almacenamiento de granos a cielo abierto. Estos graneros se limitan lateralmente por muros de costales estibados, cubriéndose luego el conjunto con mantas impermeables.

En estos mismos climas secos se utilizan también bodegas inflables de plástico. Todavía se desconocen las condiciones higrotérmicas que prevalecen en el interior de estas estructuras.

10. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han examinado las relaciones entre los factores climáticos (temperatura-humedad) y el deterioro potencial de los granos almacenados. En primer término se ha utilizado la clasificación climática de uso universal propuesta por V. Koeppen. Con esta clasificación se obtiene una primera regionalización del deterioro potencial para el país (Tabla 1).

Con objeto de obtener mejor delimitación de las diversas regiones de deterioro potencial del país, se ha aplicado un índice de deterioro potencial (IDP) que se basa en los dos factores climáticos principales que afectan directamente a la conservación de los granos: la temperatura y la humedad ambiente.

Los resultados de la aplicación del IDP muestran que en el país se da toda la gama de condiciones higrotérmicas: desde las que permiten la conservación de granos en condiciones casi ideales en la mayor parte del año (climas frescos y secos), así como las que favorecen en alto grado el deterioro biológico, y por proliferación de insectos (climas húmedos y calurosos).

La delimitación de las tres categorías del IDP en el ámbito nacional ha dado los siguientes resultados preliminares (Tabla 4):

Más de la mitad (3/5) de los centros de almacenamiento del país (ANDSA y BORUCONSA) se encuentran localizados en la región donde

el IDP es bajo. Esta región corresponde, en general, a la altiplanicie mexicana y NW árido del país. Sólo una quinta parte de los centros de almacenamiento se encuentran en regiones de IDP alto que son, en general, las tierras bajas y planicies costeras al sur del trópico de Cáncer. Finalmente, otra quinta parte (aproximadamente) de los centros de almacenamiento está situada en regiones del país donde el IDP es moderado. Estas son regiones donde el IDP es considerable en la estación de lluvias.

La mayor proporción de centros de almacenamiento en regiones de IDP bajo parece tener su origen en que en dichas regiones (centro y norte del altiplano) se concentra gran parte de la población del país, siendo, al mismo tiempo, tierras de alta producción de granos.

En las regiones costeras y tierras bajas se presenta con cierta frecuencia el riesgo de condensaciones de vapor de agua dentro de los graneros (y en su parte superior) al ocurrir la temperatura mínima, especialmente en las noches despejadas del invierno.

Los granos que se almacenan con contenido de humedad más alto se deterioran menos, en localidades del altiplano, durante la estación fría (y seca).

De la información anterior se pueden derivar recomendaciones para el diseño y operación de los almacenamientos de granos de acuerdo con los índices de deterioro característicos encontrados para las diversas regiones geográficas del país. Con objeto de reducir las mermas por deterioro de los granos originadas por el clima, la agencia gubernamental correspondiente, podría alentar el almacenamiento, a largo plazo, de granos en aquellas regiones donde el índice de deterioro es mínimo.

Asimismo, para las regiones del país con un índice alto de deterioro, pueden establecerse normas de diseño de futuros almacenes que tiendan a reducir los efectos adversos del clima, tales como la ventilación para abatir la temperatura de los granos.

Para establecer dichas normas se requiere realizar mediciones higrotérmicas en el interior y exterior de los diversos tipos de bodegas que existen en los distintos climas, en particular en aquellos donde el índice de deterioro es elevado. Esto hará factible establecer modelos que permitan la predicción de las condiciones higrotérmicas en el interior de las bodegas a partir de los datos de temperatura y humedad registrados rutinariamente en las estaciones climatológicas.

RECONOCIMIENTO

El autor agradece a las autoridades del Servicio Meteorológico Nacional las facilidades otorgadas para la extracción de los datos climatológicos. Los licenciados en geografía, Francisco Cruz y Graciela Pérez V. se encargaron de la extracción, depuración, procesamiento y graficado de los datos. La Sra. Ma. Magdalena Leyva realizó el trabajo estenográfico. El Sr. Arturo Reséndiz C. se encargó de los dibujos.