

propósitos: Establecer una base sólida de datos meteorológicos, captar la información biológica experimental, adecuarla para estudios agrometeorológicos e integrarla para aplicar modelos predictivos y dar recomendaciones de manejo de cultivos (Ascencio, 1990). Por otra parte, en la zona norte en el Campo Agrícola Experimental de Río Bravo del CIFAP, se desarrolla un programa de regionalización agroclimática, según el patrón anual de ocurrencia de lluvias, así como la delimitación de áreas homoclimáticas según la precipitación mensual, lo mismo que para el caso de temperatura media mensual y otros (Villarreal, 1990).

Por su parte, en la zona centro del estado, en la SARH se cuenta con una base de datos de cerca de 150 estaciones de clima con información de más de 15 años de datos y se prueba un modelo climático para dar apoyo a la agricultura de temporal (SFA, 1990).

METODOLOGIA

Una vez centralizada la información de las estaciones meteorológicas, se procedió a su análisis, para lo cual se aplicaron modelos entre los que podemos citar los siguientes. Para estimar la Radiación Global se usó el método de Armstrong (1924) que considera la nubosidad; para la temperatura media anual y medias mensual se usaron dos modelos, el simple o empírico, que considera a la temperatura en función de la altitud y el Método de Gradiente Mediano de las Cruces Ortiz (1987). Para estimar las horas frío se usaron los modelos de DaMota (1963) y Weinberger, en donde se considera la relación que hay entre la temperatura media mensual de los meses de invierno y el número de horas frío. El período libre de heladas se calculó en base a la probabilidad de ocurrencia y el crecimiento vegetal utilizando la evapotranspiración potencial. La información obtenida ya se ha interpretado, y con ayuda de cartografía básica se han elaborado mapas de isolíneas para los diferentes factores que determinan el clima del lugar.

Por otro lado, se adquirió la mayor parte del equipo de la estación agrometeorológica principal y está en proceso de calibración e instalación de equipo.

METODOLOGIA UTILIZADA EN LA ESTIMACION DE ALGUNOS PARAMETROS DEL CLIMA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA "EL CIELO"

Parámetro	METODO	
	Directo	Indirecto
Radiación Global	Actinógrafo	* $R_g/R_o = a + b(n/N)$ (Angstrom) * $R_g/RA = a + bc$ (Frere, Rijks y Rea, 1975)
Temperatura Media	Termógrafo	* $T = f(h)$ Empírico * $T = T_o + b1h$ $AT/Ah \times 100$ Grad. Mediano
Horas Frío	Higrotermógrafo Termógrafo	* $N = 485.1 - 28.52T$ (DaMota, 1983) * $N = 2124.85 - 125.23T$ (Weinberger, Cit. por Ortiz, 1987)
Período libre de heladas		* Probabilidad de ocurrencia a partir del estadístico "Z"
Periodo de crecimiento vegetal		* Modelo simple * Balance de agua * Precipitación y Evapotransp. Pot. (Ortiz, 1987).
Lluvia	Pluviómetro Pluviógrafo	* Índice de Asimetría (I.A.) $I.A. = m - p/p \times 100$ (Ortiz, 1987)
Índice de Datos		* Homogeneidad de los registros (Sved Eisenhart) $1 + 1.1(n/z)$ lím. sup., $-1 + 1.9(n/z)$ lím. inf.
Probabilidad		* Dist. Acumul., Normal, Galton, Gama-Incompleta, Bondad de ajuste Kolmogoror - Smirnov
Evapotranspiración		* $ETP = KT + 15$ $(R_g + 50)(1 + 50 - HR/70)$ Turc * $ETP = 1.6(10T/Ta)$ Thornthwaite * Hargraves Gravimétrico

RESULTADOS Y DISCUSION

Temperatura

La temperatura es considerada como la esencia del clima, siendo posiblemente, el elemento climático más estudiado por su relación con el desarrollo de las plantas. Tiene marcada importancia en la proporción de las reacciones químicas involucradas en varios procesos de crecimiento, solubilidad de minerales, absorción de agua, nutrientes y gases por las plantas y varios procesos de difusión (Ortiz, 1987).

Cuando nos referimos a la temperatura estamos considerando la medida tomada al aire en una caseta meteorológica de madera de doble fondo, a una altura de 2m del suelo y orientada al hemisferio norte.

Efectos de Altitud

Existe una relación muy estrecha de la temperatura con la altitud, usualmente se produce un descenso de cerca de 1.66°C por cada 305m de altitud, existiendo dos gradientes; el libre varía de 0.5 a 0.55°C/100m, y el gradiente altotérmico en relieve que varía de 0.6 a 0.65°C/100m. Esto explica por qué es posible encontrar las mismas especies vegetales ubicadas en diferentes latitudes, que es el otro factor que tiene relación con la temperatura.

La variabilidad de especies vegetales y animales se reduce grandemente conforme aumenta la latitud sobre el nivel del mar.

Estimación de la Temperatura

Este problema se presenta cuando deseamos conocer la temperatura de un lugar. Existen varios métodos, los mas comunes son: el método simple o empírico y el método de gradiente mediano de las Cruces, ambos se basan en la relación de la temperatura con la altitud (Ortiz, 1987).

Utilizando 30 estaciones de la zona sur de Tamaulipas, incluyendo las diez cercanas al área de estudio, se obtuvieron modelos para la temperatura media mensual y anual, los cuales se presentan en los cuadros 1 y 2.

Período de Crecimiento Vegetal

La FAO (1978) en su proyecto de Zonas Agroecológicas utiliza a la evapotranspiración potencial (ETP) en la definición de los periodos de crecimiento. Definiendo éste como el número de días durante el año en el que existe disponibilidad de agua y una temperatura favorable para el desarrollo de cultivos.

Cuadro 1. Modelos para estimar la temperatura media anual en base a la altitud en la zona sur de Tamaulipas (Utilizando 30 estaciones con más de 15 años de datos).

MES	MODELO	COEF. DE CORR.
ENE	17.2423 - 0.002323 (h)	0.71
FEB	19.5675 - 0.0029789 (h)	0.79
MAR	22.831 - 0.0033915 (h)	0.84
ABR	26.5903 - 0.0043772 (h)	0.91
MAY	28.666 - 0.0047618 (h)	0.92
JUN	29.642 - 0.0052828 (h)	0.94
JUL	28.950 - 0.0052371 (h)	0.93
AGO	29.490 - 0.0055705 (h)	0.93
SEP	28.001 - 0.0049928 (h)	0.93
OCT	25.511 - 0.0044751 (h)	0.93
NOV	22.263 - 0.0038238 (h)	0.83
DIC	19.1077 - 0.00272469(h)	0.76

Así mismo, se trabajó para obtener un modelo que estimara la temperatura media anual (ver Cuadro 2),

$$T = 24.822 - 0.004162 h$$

Con este modelo se estimó la temperatura media anual para cinco altitudes del área de estudio, con una $R^2=0.92$.

Cuadro 2. Temperatura media anual para cinco estaciones en la Reserva "El Cielo" utilizando el modelo $T_{an}=24.822-0.004162 h$

Altitud	T anual(°C)
500	22.7
1000	20.7
1500	18.6
2000	16.5
2320	15.2

Con esta información se generó un mapa de isotermas (Fig. 3), el mapa también se elaboró para los valores medios mensuales.

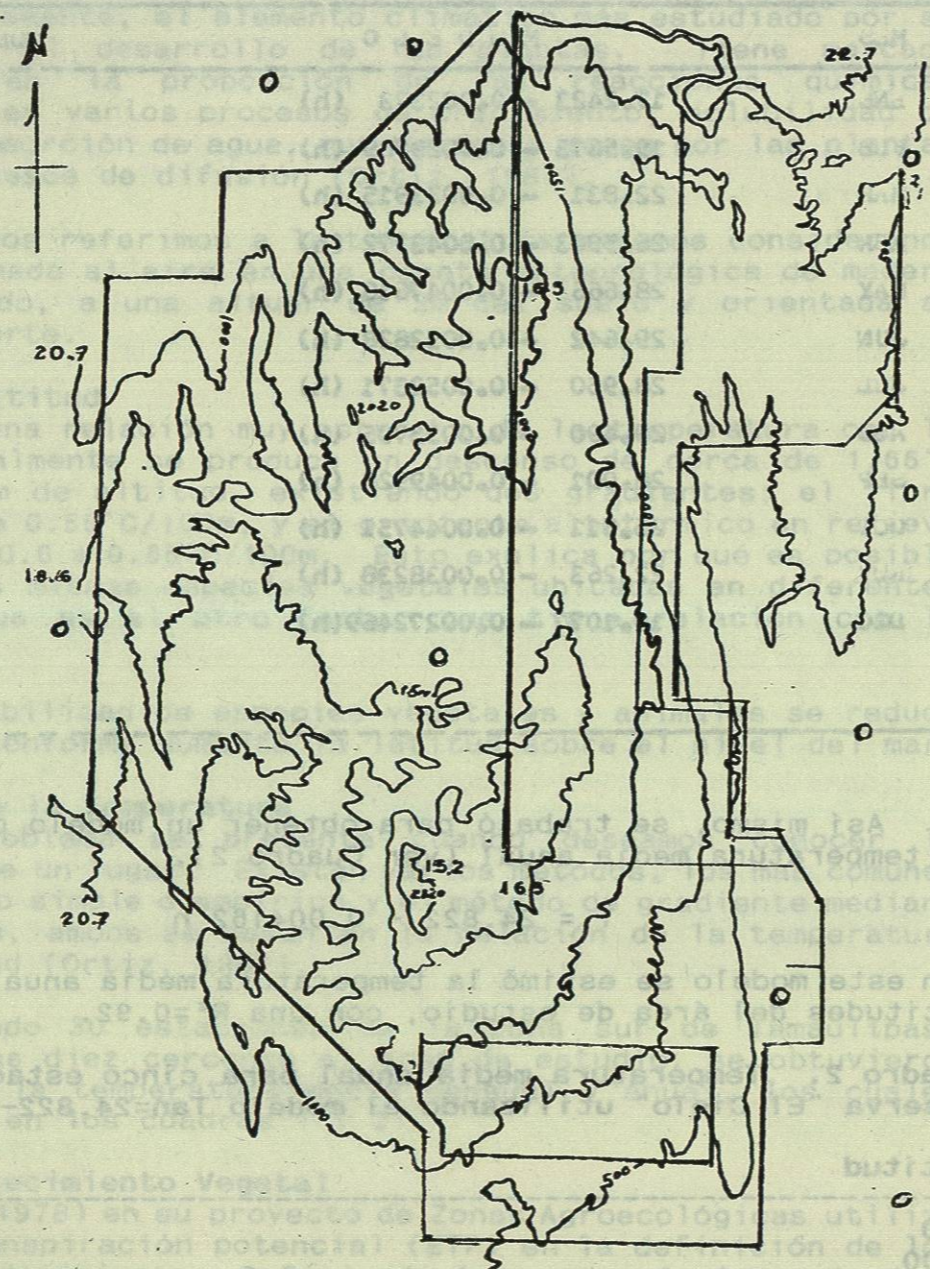


FIGURA 3
 MAPA DE ISOTERMAS (TEMP. °C) MEDIA ANUAL EN LA
 RESERVA DE LA BIOSFERA "EL CIELO"

Relaciones Temperatura-cultivos

La mayoría de las especies vegetales sobreviven a temperaturas entre un rango de 0° a 50°C, con sus excepciones. Cada especie vegetal tiene temperaturas críticas (cardinales) que definen los requerimientos de calor necesarios para su crecimiento y desarrollo (mínima, óptima y máxima) (Rahn, 1939); además de éstas, existen las temperaturas letales, las cuales provocan la muerte de la planta y son más extremas que los valores máximo y mínimo. Aún existen requerimientos más específicos para cada etapa fenológica de cada especie vegetal, y así conocemos óptimos para germinación, floración y fructificación.

Existe una relación general entre la temperatura y las fechas de siembra en las zonas de clima templado, la FAO (1978) relaciona al régimen de Temperatura Media en 24 Hs en el periodo de crecimiento con grupos de cultivos, en cuatro grupos. La relación está basada en la diferencia entre las especies en su forma de fotosíntesis y la respuesta de la fotosíntesis a la temperatura y la radiación, debido a que esas diferencias determinan la productividad cuando los requerimientos climato-fenológicos son reunidos.

Indice Auxégeno e Indice Tanatoclimática

El índice auxégeno se considera como el valor de la temperatura a la cual se propicia el desarrollo vegetal. La FAO (1978) considera el valor de 6.5°C, aunque algunos autores mencionan valores específicos por especie vegetal.

El índice tanato climático se considera como el valor de la temperatura que causa la muerte del cultivo, para este caso, probablemente la información más importante sea la fecha de helada (Ortiz, 1987), sobre todo la primera y la última helada, ya que con esa información podemos obtener el período libre de heladas. Para el área de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", se aplicó la metodología señalada por Ortiz (1987) en base a la probabilidad de ocurrencia. Aquí se presenta para tres estaciones procurando tomar una en la parte húmeda, otra en la templada y una tercera en la zona seca (Cuadros 3, 4 y 5).

Para hacer este análisis es necesario tener acceso a los archivos locales de las estaciones meteorológicas ya que dicha información no está publicada. La información que reportan los encargados de las estaciones es el número promedio de días con heladas; Romo (1985) propuso un criterio para meses libre de heladas el valor de la probabilidad al 5% usando la fórmula siguiente:

Prob(%) = No. de días por 100 / años de observación con helada

Otro intento es el trabajo de Ponce (1984) en donde relaciona el número de días con heladas (NH) con la temperatura media mínima (Tm).

Cuadro 3. Joya de Salas. Periodo Libre de Heladas (29 años de registro).
 Lat. 23°10'33" N
 Long. 99°16'22" W
 Alt. 1560 msnm

AÑO	FECHA DE LA ULTIMA HELADA	CODIFICACION	FECHA DE LA 1a. HELADA	CODIFICACION
1961	9/MAR	59	16/OCT	20
1962	10/ENE	1	10/NOV	45
1963	22/ENE	13	10/NOV	45
1964	14/ENE	5	6/OCT	10
1965	9/MAR	59	-	-
1966	6/MAR	56	3/NOV	38
1967	8/FEB	30	2/OCT	6
1968	11/MAR	72	12/DIC	77
1969	15/FEB	37	23/NOV	56
1970	17/FEB	39	6/NOV	41
1971	4/MAR	54	29/NOV	64
1972	21/FEB	43	15/DIC	80
1973	7/MAR	67	20/DIC	85
1974	-	-	12/NOV	47
1975	26/FEB	48	14/NOV	49
1976	26/FEB	48	3/NOV	38
1977	7/MAR	88	20/DIC	85
1978	11/MAR	61	10/DIC	75
1979	9/MAR	59	25/NOV	60
1980	5/FEB	27	29/NOV	64
1981	26/ENE	17	11/NOV	46
1982	-	-	-	-
1983	30/ENE	21	25/DIC	90
1984	-	-	-	-
1985	-	-	-	-
1986	-	-	28/DIC	93
1987	31/MAR	81	-	-
1988	-	-	9/NOV	44
1989	12/MAR	62	27/FEB	1

Cuadro 4. Estacion Juamave, Periodo Libre de Heladas (29 años de registro).
 Lat. 23°24'27" N
 Long. 99°22'31" W
 Alt. 750 msnm

AÑO	FECHA DE LA ULTIMA HELADA	CODIFICACION	FECHA DE LA 1a. HELADA	CODIFICACION
1960	-	-	-	-
1961	26/FEB	48	-	-
1962	14/ENE	5	15/NOV	13
1963	15/FEB	37	30/NOV	28
1964	23/FEB	45	-	-
1965	26/FEB	48	21/DIC	49
1966	27/ENE	18	3/NOV	1
1967	13/FEB	35	11/DIC	39
1968	24/MAR	74	-	-
1969	15/MAR	65	20/NOV	18
1970	5/FEB	27	17/NOV	15
1971	3/MAR	53	7/DIC	35
1972	17/FEB	39	22/DIC	50
1973	12/FEB	34	29/NOV	27
1974	-	-	-	-
1975	26/FEB	48	31/DIC	59
1976	25/FEB	47	-	-
1977	10/ENE	1	22/DIC	50
1978	-	-	-	-
1979	16/ENE	7	-	-
1980	3/MAR	53	-	-
1981	24/ENE	15	-	-
1982	15/ENE	6	-	-
1983	-	-	25/DIC	53
1984	-	-	-	-
1985	-	-	-	-
1986	-	-	-	-
1987	-	-	-	-
1988	26/ENE	17	-	-
1989	-	-	24/DIC	52
		21	15	