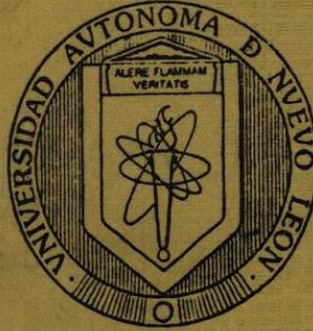


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



INFLUENCIA DE CUATRO ORIENTACIONES DE SURCADO-
EN LA TEMPERATURA DE UN SUELO ARCILLOSO EN LAS
CUATRO ESTACIONES DEL AÑO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

RAFAEL ANTONIO GARZA PEÑA

631

MARIN, N.L.

MAYO DE 1991.

T

S594

.5

G3

C.1



1080060539

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



INFLUENCIA DE CUATRO ORIENTACIONES DE SURCADO-
EN LA TEMPERATURA DE UN SUELO ARCILLOSO EN LAS
CUATRO ESTACIONES DEL AÑO.

T F S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

RAFAEL ANTONIO GARZA PEÑA

MARIN, N.L.

MAYO DE 1991.

10656

T
5594
.5
63

040.631
FAJ
1991
Q.5



UP Central
Library

fr tesis



BU Rabi Rangel Fitas
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA

Tesis elaborada por RAFAEL ANTONIO GARZA PEÑA,
aceptada y aprobada como requisito parcial pa-
ra obtener el titulo de

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS



LIC. ENRIQUE ROSALES MALDONADO
Asesor Principal



PH.D. EMILIO OLIVARES SAENZ
Asesor Auxiliar



ING.M.Sc. FERMIN MONTES CAVAZOS
Asesor Auxiliar

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Reyes Garza Treviño

Sra. Melida Peña de Garza

Que gracias a su ejemplo, de amor, esfuerzo y sacrificio he podido lograr mi primera meta en la vida, nunca podre expresarles mi eterno agradecimiento.

A MIS HERMANOS:

Mirtha

Anibal

Nidia

Gloria

Que siempre me han apoyado en todo momento con sus --
consejos, comprensión, lo cual me ha alentado para seguir-
adelante.

A MIS COMPAÑEROS:

Especialmente a la generación 85-89 de Ingenieros ---
Agrónomos Fitotecnistas.

Por la amistad que nos une y nos unió en el transcur-
so de la carrera y por todo el tiempo que pasamos juntos.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. y a los maestros de la misma, por sus consejos y enseñanzas en mi formación académica.

Al Lic. Enrique Rosales Maldonado, por su apoyo, amistad, asesoría y dedicación profesional para la realización del presente trabajo.

Al p.H.D. Emilio Olivares Sáenz y al Ing. M.Sc. Fermín Montes Cavazos por todas las facilidades, apoyo, participación y asesoría que brindaron para la realización del presente trabajo.

Al proyecto de Producción de Semillas de Hortalizas del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la FAUANL, por su apoyo técnico y económico.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

I N D I C E

	Pág.
1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCION.....	5
3. REVISION DE LITERATURA.....	5
3.1. Conceptos térmicos.....	5
3.1.1. Calor.....	5
3.1.1.1. Radiación.....	5
3.1.1.2. Conducción.....	6
3.1.1.3. Convección.....	8
3.1.2. Temperatura.....	8
3.1.3. Capacidad térmica.....	8
3.2. Variaciones de la temperatura.....	9
3.3. Factores que afectan la temperatura del suelo...;	11
3.3.1. Latitud.....	11
3.3.2. Altitud.....	13
3.3.3. Color.....	15
3.3.3.1. Albedo.....	16
3.3.4. Textura.....	16
3.3.4.1. Variación con la profundidad....	18
3.3.5. Humedad.....	19
3.3.5.1. Evapotranspiración.....	20
3.3.6. Cubierta vegetal.....	20
3.3.7. Orientación.....	22
3.4. Efectos de la temperatura.....	25
3.4.1. Procesos del suelo y transformaciones --- afectadas por la temperatura del suelo...	26

	Pág.
3.4.1.1. Meteorización física de las rocas.....	26
3.4.1.2. Meteorización química de los minerales de las rocas.....	27
3.4.1.3. Producción de materia orgánica..	27
3.4.1.4. Fauna microbiana.....	28
3.4.2. Procesos de la planta afectado por la temperatura del suelo.....	29
3.4.2.1. Absorción de agua y de los minerales.....	29
3.4.2.2. Germinación de las semillas.....	30
3.4.2.3. Crecimiento y desarrollo de las raíces.....	32
3.5. Medición de la temperatura.....	33
3.5.1. Tipos de termómetros que se usan en trabajos con suelos.....	34
3.5.1.1. Termómetro de mercurio.....	34
3.5.1.2. Termómetro termoeléctrico.....	34
3.5.1.3. Termómetro de resistencia eléctrica.....	35
3.6. Medios para modificar la temperatura del suelo..	36
3.6.1. Plásticos.....	37
3.6.2. Drenaje.....	37
3.6.3. Labranza de suelo.....	38
3.6.4. Mantillo.....	38
3.6.5. Orientación de surcado.....	39

	Pág.
4. MATERIALES Y METODOS.....	40
4.1. Localización geográfica.....	40
4.2. Características climáticas y edáficas.....	40
4.2.1. Clima.....	40
4.2.2. Suelo.....	40
4.3. Materiales.....	41
4.4. Diseño experimental y análisis estadísticos.....	44
4.5. Dimensiones del experimento.....	46
4.6. Desarrollo del experimento.....	46
4.6.1. Diseño de equipo.....	46
4.6.2. Preparación del terreno.....	48
4.6.3. Instalación.....	50
4.6.4. Recolección de datos.....	50
4.6.5. Mantenimiento de equipo y terreno.....	50
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
5.1. Temperatura matutina.....	52
5.2. Temperatura vespertina.....	62
5.3. Comparación de medias para semana.....	67
5.4. Interacción orientación-posición y tiempo.....	72
5.5. Modelo de predicción de la temperatura del suelo.	83
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
7. BIBLIOGRAFIA.....	93

INDICE DE CUADROS Y TABLAS

<u>CUADROS</u>	Pág.
1 Representación de los calores específicos de los elementos del suelo.....	17
2 Influencia del tipo de suelo sobre la temperatura a diferentes profundidades.....	18
3 Variación del calor específico de los suelos con diferentes porcentajes de humedad.....	19
4 Distribución de la energía recibida en los cuatro diferentes puntos cardinales.....	24
5 Representación de las diferentes temperaturas en la germinación de algunos cultivos agrícolas....	31
6 Análisis de varianza para la variable temperatura matutina del suelo en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.....	52
7 Análisis de varianza para la variable temperatura vespertina del suelo en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en -	

CUADROS

Pág.

la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.....	62
8 Comportamiento observado de la temperatura promedio del suelo en las diferentes orientaciones y exposiciones, así como las diferencias existentes entre la temperatura matutina y vespertina en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.....	78

TABLAS

1 Comparación de medias de las orientaciones para la temperatura matutina (10:00 A.M.) del suelo.....	53
2 Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Norte-Sur para la variable temperatura matutina del suelo.....	55
3 Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noreste-Suroeste para la variable temperatura matutina del suelo.....	55

TABLAS

Pág.

4	Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Este-Oeste para la variable temperatura matutina del suelo.....	56
5	Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noroeste-Sureste, para la variable temperatura matutina del suelo.....	56
6	Comportamiento de las temperaturas matutinas del suelo de las diferentes exposiciones comparadas con las citadas por Capella Ricci (9).....	62
7	Comparación de medias de las orientaciones, para la variable temperatura vespertina (4:00 P.M.) del suelo.....	63
8	Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Norte-Sur, para la variable temperatura vespertina del suelo.....	65
9	Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noreste-Suroeste, para la variable temperatura vespertina del suelo.....	65

TABLAS

Pág.

10	Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Este-Oeste, para la variable <u>temperatura vespertina</u> del suelo.....	66
11	Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noroeste-Sureste, para la variable - temperatura vespertina del suelo.....	66
12	Comportamiento de las temperaturas vespertinas del-suelo de las diferentes exposiciones comparadas con las citadas por Capella Ricci (9).....	67

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURAS</u>	Pág.
1 Representación de la energía solar entrante en la atmósfera terrestre.....	7
2 Distribución de la radiación en el hemisferio norte en relación con la altitud.....	14
3 Representación de la influencia de cubierta vegetal sobre la temperatura del suelo.....	21
4 Influencia de la exposición sobre la radiación recibida por el suelo.....	23
5 Temperaturas ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año...	42
6 Precipitaciones que prevalecieron durante el desarrollo del experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.....	43
7 Representación de la conexión del sistema medidor de la temperatura del suelo, utilizado en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surca-	

FIGURAS

Pág.

	do en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.....	47
8	Dimensiones de cada termopar utilizado en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de -- surcado en la temperatura de un suelo arcilloso - en las cuatro estaciones del año.....	49
9	Croquis de la distribución de cada uno de los niveles en las diferentes orientaciones en el campo, - dentro del experimento: influencia de cuatro ---- orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.	51
10	Comportamiento observado de la temperatura matut <u>i</u> na del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Norte-Sur, en el experimento: in <u>i</u> fluencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro - estaciones del año.....	58
11	Comportamiento observado de la temperatura matut <u>i</u> na del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noreste-Suroeste, en el experi- mento: influencia de cuatro orientaciones de sur- cado en la temperatura de un suelo arcilloso en - las cuatro estaciones del año.....	59

FIGURAS

Pág.

- 12 Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Este-Oeste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año..... 60
- 13 Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noroeste-Sureste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año..... 61
- 14 Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Norte-Sur, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año..... 68
- 15 Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noreste-Suroeste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en -- las cuatro estaciones del año..... 69

FIGURAS

Pág.

- 16 Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Este-Oeste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año..... 70
- 17 Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noroeste-Sureste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año..... 71
- 18 Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo a través del tiempo (semanas), en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año..... 73
- 19 Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en la interacción de las orientaciones y el tiempo, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año... 75

FIGURAS

Pág.

- 20 Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en la interacción de las orientaciones y el tiempo, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año. 76
- 21 Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Norte-Sur, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año... 79
- 22 Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Noroeste-Suroeste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.. 80
- 23 Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Este-Oeste, en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año... 81

24	Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Noroeste-Sureste , en el experimento: influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.....	82
25	Representación gráfica de la temperatura del suelo-obtenida mediante el modelo número siete.....	90

1. RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicada en el municipio de Marín, N.L.; durante el período del 10 de Abril 1989 al 23 de Marzo 1990. El objetivo de esta investigación fue determinar la temperatura del suelo para cuatro orientaciones de surcado y tres posiciones a través de un año completo.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar-analizado a través del tiempo, el cual estuvo integrado por 12-niveles (cuatro orientaciones por tres posiciones), y seis repeticiones durante 44 semanas, dando lugar a 3168 observaciones.

Se evaluaron las siguientes variables: temperatura matutina y vespertina del suelo (10:00 AM) y (4:00 PM), respectivamente en tres días a la semana.

Para cada uno de los factores en las variables que mostraron diferencia estadística se utilizó la comparación de medias por el método de D.M.S.

Se observó que el factor orientación de surco afectó las temperaturas del suelo, siendo la orientación Norte-Sur la que presentó las temperaturas más bajas durante el desarrollo del experimento, y existió poca diferencia en la temperatura del suelo entre las orientaciones Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noroeste-Sureste.

En cuanto a las exposiciones se mostró que las expuestas al Sur son más calientes que las expuestas al Norte. Así mismo

se determinó que el modelo de regresión que mejor estima la temperatura del suelo fue el modelo 7.

$$Y = 6.4543 + 0.94424 + (X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6)/6$$

En donde:

Y = Temperatura del suelo

Qi = (X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6)/6

X1 = Temperatura máxima del día.

X2 = Temperatura mínima del día.

X3 = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos.

X4 = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos.

X5 = Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos.

X6 = Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos.

2. INTRODUCCION

En la actualidad uno de los principales problemas que enfrenta el hombre es la baja producción de alimento, por lo que se ha visto en la necesidad de buscar nuevas alternativas para obtener una mayor producción y ésto se ha logrado a través de la investigación.

Dentro de las investigaciones realizadas, es importante señalar las relaciones existentes entre los cultivos y los factores ambientales. Sin embargo actualmente no se tienen los medios y conocimientos para modificar los factores ambientales en gran escala, pero se tiene la capacidad necesaria para ajustar muchas prácticas agronómicas a las condiciones del clima.

La temperatura del suelo es uno de los factores ambientales que influyen en el establecimiento, crecimiento y desarrollo de los cultivos ya que tiene una influencia directa en la germinación de la semilla, funcionalidad de las raíces, la tasa de duración del crecimiento de la planta y en la ocurrencia y severidad de algunas enfermedades.

Para una ubicación geográfica dada la temperatura del suelo se ve afectada por la latitud, altitud y época del año; así como la orientación de los surcos. Dicho lo anterior es posible considerar que se pueda modificar la temperatura del suelo a los niveles más adecuados que nos permitan el máximo establecimiento, crecimiento y producción de los cultivos, a través de la manipulación de la orientación de los surcos.

Considerando lo antes mencionado, el objetivo que se plantea para este trabajo es determinar la temperatura del suelo para cuatro orientaciones de surcado y tres posiciones a través - de un año completo en Marín, N.L.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. Conceptos térmicos

3.1.1. Calor.

Se define como energía calórica, a la cantida de calor re-
querido para elevar un grado en la temperatura de una unidad de
masa de agua. La unidad de calor en el sistema métrico es la
caloria (cal) y se define como el calor necesario para elevar
un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua (6,26).

La trasmisión de calor de un lugar a otro puede hacerse -
por numerosos métodos los cuales los más generales en esta -- -
transferencia son: radiación, conducción y convección (5,36).

3.1.1.1. Radiación:

A la transferencia de energía calórica a través del espa-
cio sin un medio portador es denominada radiación. El sol es -
la principal fuente energética que determina el régimen tér-
mico del suelo (5,26).

La radiación solar que llega al límite superior de la at-
mósfera está formado por rayos de distintas longitudes de onda,
siendo principalmente longitudes de onda corta entre 0.3 y 4 μ -
(4,39).

La cantidad de calor recibida al suelo por la radiación so-
lar, depende del año, de la hora del día, de la latitud del lu-
gar y de las condiciones atmosféricas. De la radiación total -

entrante a la atmósfera terrestre, solo el 45% llega al suelo y solamente un 33% es absorbida por éste (Figura 1) (4,25).

3.1.1.2. Conducción.

De acuerdo a la profundidad de un suelo, hay variaciones de temperatura que se derivan de la conducción del calor, por consiguiente se define conducción como la transferencia de calor de unas moléculas a otras de un cuerpo sin que haya movimiento en masa del conjunto (5,6).

Para la medición de la conducción de calor en un suelo se emplea el término de conductividad térmica, definiéndose ésta como "la cantidad de calor de una sustancia transmitida por una unidad de sección transversal, por una unidad de gradiente de temperatura. La conductividad térmica se expresa en calorías por segundo, por centímetro cuadrado, por gradiente de temperatura en grados centígrados o $\text{Cal/seg-cm}^2\text{-}^\circ\text{C}$ (4,26).

Al disminuir el tamaño de las partículas disminuye la conductividad térmica por que el contacto entre ellas se reduce y no fluye fácilmente el calor, por lo tanto la conductividad térmica de diferentes suelos sigue el orden siguiente: arena>magra* arcilla>turba (4).

*Sedimento arcilloso en que la proporción de carbonatos es variable, oscilando desde 35 a 65%; generalmente, es de color gris azulado.

Radiación Solar Extraterrestre

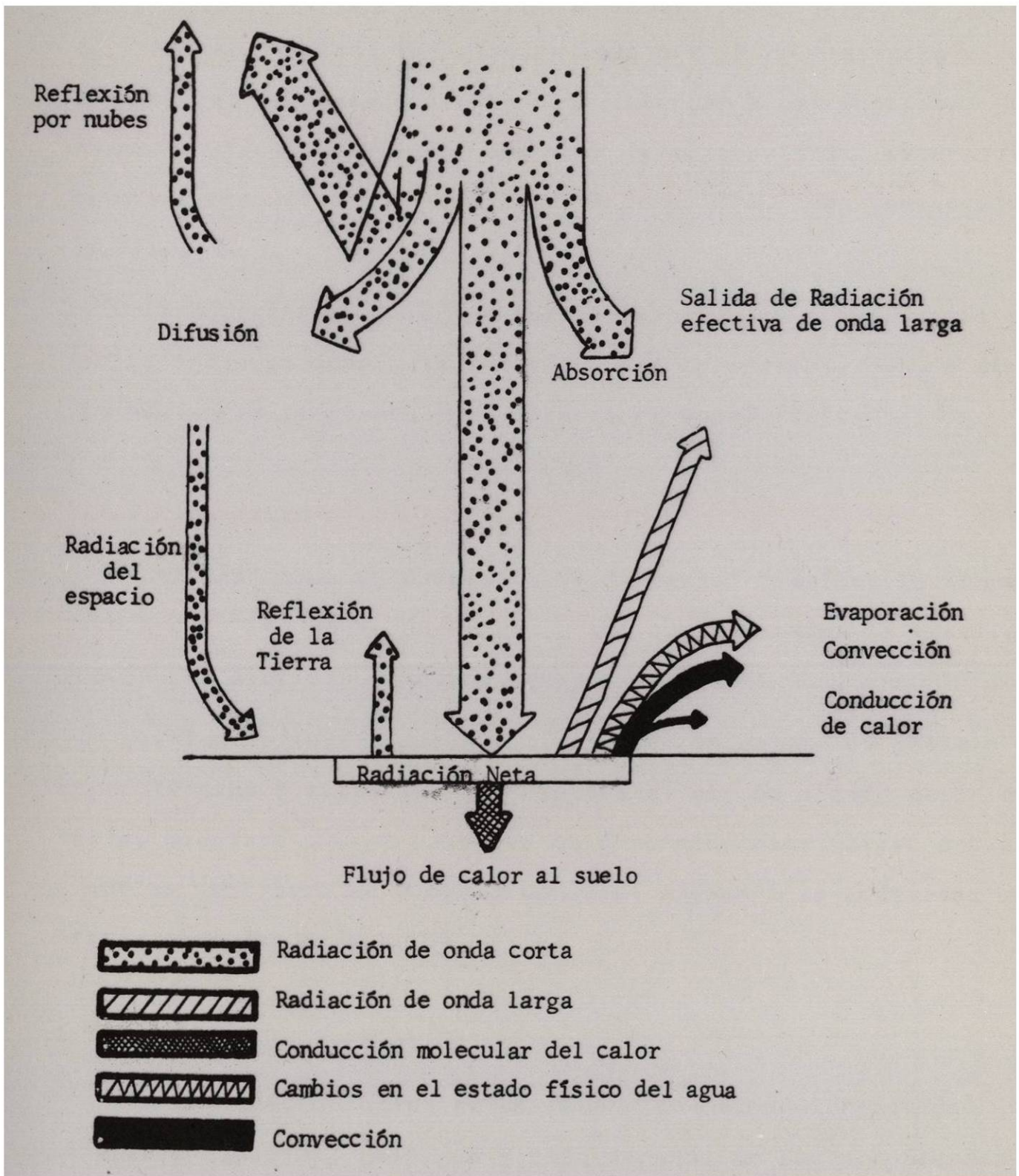


Figura 1. Representación de la energía solar entrante en la atmósfera terrestre (47).

3.1.1.3. Convección.

Al ser dilatada una masa de agua o aire en presencia de calor ésta es desplazada de una capa inferior a una superior, --- siendo sustituida ésta por una masa igual pero fría, este movimiento ascendente y descendente es denominado como convección- (5,36).

La diferencia de temperatura entre la planta y el medio -- que la rodea se debe a la transferencia convectiva, siendo más-intensa entre la planta y el aire (o el agua) (26).

3.1.2. Temperatura.

"El Hand Book of Chemistry and Physics," define la temperatura como la condición de un cuerpo que determina la transferencia de calor a/o de otros cuerpos (26).

La temperatura no debe confundirse con calor, la primera - es un término cualitativo que expresa el estado físico de la materia, mientras que el calor es un concepto cuantitativo debido a que es una forma de energía cinética ligada a la actividad vibratoria de los átomos (5).

3.1.3. Capacidad térmica.

La cantidad de calor en un cuerpo se denomina capacidad -- térmica o capacidad calórica y ésta depende de las propiedades-del cuerpo. Se puede definir como la cantidad de calorías necesarias para cambiar un grado centígrado de temperatura a un gramo de masa de una sustancia dada (4,10,26).

El calor específico es la capacidad de acumular calor de una sustancia en relación con el calor del agua, por lo tanto, el calor específico del agua es de 1 Cal/gr°C, siendo los calores específicos de los demás componentes del suelo menores que el del agua (4,6,26).

Obteniéndose por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{Q}{M(T_2 - T_1)}$$

Donde:

C : Calor específico

Q : Calor

M : Masa

T1 : Temperatura inicial

T2 : Temperatura final

Esta cantidad de calor para producir un cambio en la temperatura dada, depende de la naturaleza del objeto y de su masa, esto nos indica que la absorción de una cantidad de calor por un suelo no asegura necesariamente un aumento rápido de la temperatura (6).

3.2. Variaciones de la temperatura

La temperatura del suelo, depende de la razón de la energía absorbida y la gastada. En las variaciones estacionales ó anuales y las diarias se observa este cambio constante (6).

Esta propagación en las oscilaciones térmicas en el suelo obedece a las siguiente leyes:

1. "Cuando la profundidad crece en progresión aritmética la amplitud de las oscilaciones decrece en progresión geométrica.
2. El retraso de las máximas y de las mínimas es proporcional a la profundidad.
3. Para oscilaciones cuyos períodos son diferentes, las amplitudes se reduce a una misma relación para profundidades proporcionales a las raíces cuadradas de la duración de los períodos" (13,25).

En las áreas tropicales y subtropicales durante el ciclo diurno, el calor generalmente se desplaza de la superficie hacia el subsuelo, debido al calentamiento que origina la penetración de la radiación, por el contrario en el ciclo nocturno, cuando la superficie se enfría, el desplazamiento es del subsuelo hacia la superficie.

En las latitudes media y más alta, sucede lo mismo en el período de verano, sin embargo en el invierno la atmósfera de estas áreas tienen temperaturas generalmente más bajas que el suelo siendo la penetración de la radiación insuficiente para calentarlo, el suelo se enfría paulativamente llegando a congelarse de la superficie hacia abajo (20).

Wollny y Bouyoucos, citados por Baver (4) señalaron en sus investigaciones que en las variaciones diurnas de los suelos influyen la naturaleza del suelo, el tipo de cubierta superficial y la radiación entrante.

En algunas investigaciones se ha observado que al desplazarse el calor lentamente hacia mayores profundidades (20-30cm) existe un mínimo y máximo en las temperaturas diurnas siendo el primero al salir el sol y el segundo se presenta 12 horas después de que lo hizo el máximo en la superficie (13,20,25).

En cuanto a las variaciones estacionales de la temperatura del suelo en profundidad son semejantes a las diurnas. En el hemisferio norte las máximas temperaturas y el máximo de la radiación global se presenta en los meses de Junio y Julio, mientras que los meses de invierno tienen un efecto similar a las temperaturas del ciclo nocturno diario (4).

Se ha observado que en las latitudes medias a cierta profundidad 20-25 m no hay variación diurna ni estacional, existiendo una capa con temperatura invariable, que está más próxima a la superficie (15 m) en los países tropicales.

Y en zonas como Canadá y Siberia donde las temperaturas son extremas es más profunda esta característica (13).

3.3. Factores que afectan la temperatura del suelo

3.3.1. Latitud.

El sol en su recorrido aparente entre los trópicos de Cáncer y Capricornio atravieza dos veces el Ecuador en los equinoccios de primavera, 21 de marzo y en el otoño, 21 de septiembre (8).

Debido a la inclinación del eje de la tierra ($23^{\circ}27'$), el polo norte se aproxima más al sol, hasta el solsticio del 21 de junio, después se invierte el cambio hasta llegar al equinoccio de otoño (21 de septiembre). El polo norte en el solsticio de invierno (22 de diciembre) se aleja del sol y vuelve después a la posición de equinoccio el 21 de marzo. El fenómeno transcurre de manera inversa en el hemisferio sur (8,39,45).

La posición del sol e inclinación a la superficie terrestre determina la longitud del período de insolación, así como el ángulo con el que los rayos del sol llegan a la superficie terrestre, por lo tanto latitudes diferentes, reciben cantidades diferentes de radiación solar durante el año (8).

A latitudes mayores la insolación es menor debido al mayor ángulo con que inciden las ondas de irradiación en la superficie terrestre; a diferencia en el Ecuador la insolación varía solo ligeramente de mes a mes, porque el ángulo de los rayos solares no se desvia mucho de la vertical, según observó Oosting, citado por Willse (8).

Según Carder, citado por Willse (8) debido a la compensación que se produce en latitudes más altas a causa de la mayor duración del día; la insolación total durante la estación de crecimiento puede ser igual en las diferentes latitudes.

Mutsaers (38), observó que el efecto de la orientación de surco en la absorción de la luz es mayor a una latitud arriba de 25° (norte), también concluyó que en las altas latitudes arriba de 55° (norte) la absorción de la luz es mayor que una orien-

tación norte-sur durante el verano y la orientación este-oeste durante el resto del año. Por último a latitudes de 66° (norte) ó más en la orientación este-oeste se obtiene una mejor absorción de la luz durante el año.

Palmer (40), trabajando en el cultivo de manzano, estudió el efecto de la interacción y distribución de la luz a diferentes latitudes ($51^\circ.3'$, 40° , 30° , norte), concluyendo que a espacios de 2 m entre árboles a una latitud de $51^\circ.3'$ norte, había poca diferencia en la orientación este-oeste comparado con los espacios más amplios (3m) orientados al norte-sur, donde se interceptó más luz en el verano, pero menos en otoño. Esta diferencia es mayor a latitudes bajas (30° norte). También observó que a menores latitudes las diferencias entre las orientaciones norte-sur y este-oeste eran menores.

Houghton, citado por Bayer (4) representó la distribución de la radiación en el hemisferio norte según la latitud. En las latitudes bajas, la radiación global incidente y la radiación saliente de onda larga por día son mayores; mientras que en las latitudes altas (30° norte) disminuyen y adquieren un valor constante arriba de los 60° norte (Figura 2).

El albedo en las regiones tropicales es mínimo (<10%), mientras en las latitudes medias aumenta algo y asciende rápidamente en las zonas polares (4).

3.3.2. Altitud.

La temperatura disminuye con la altitud sobre el nivel del mar en el Ecuador, en una relación de 6°C por cada 1000 m-

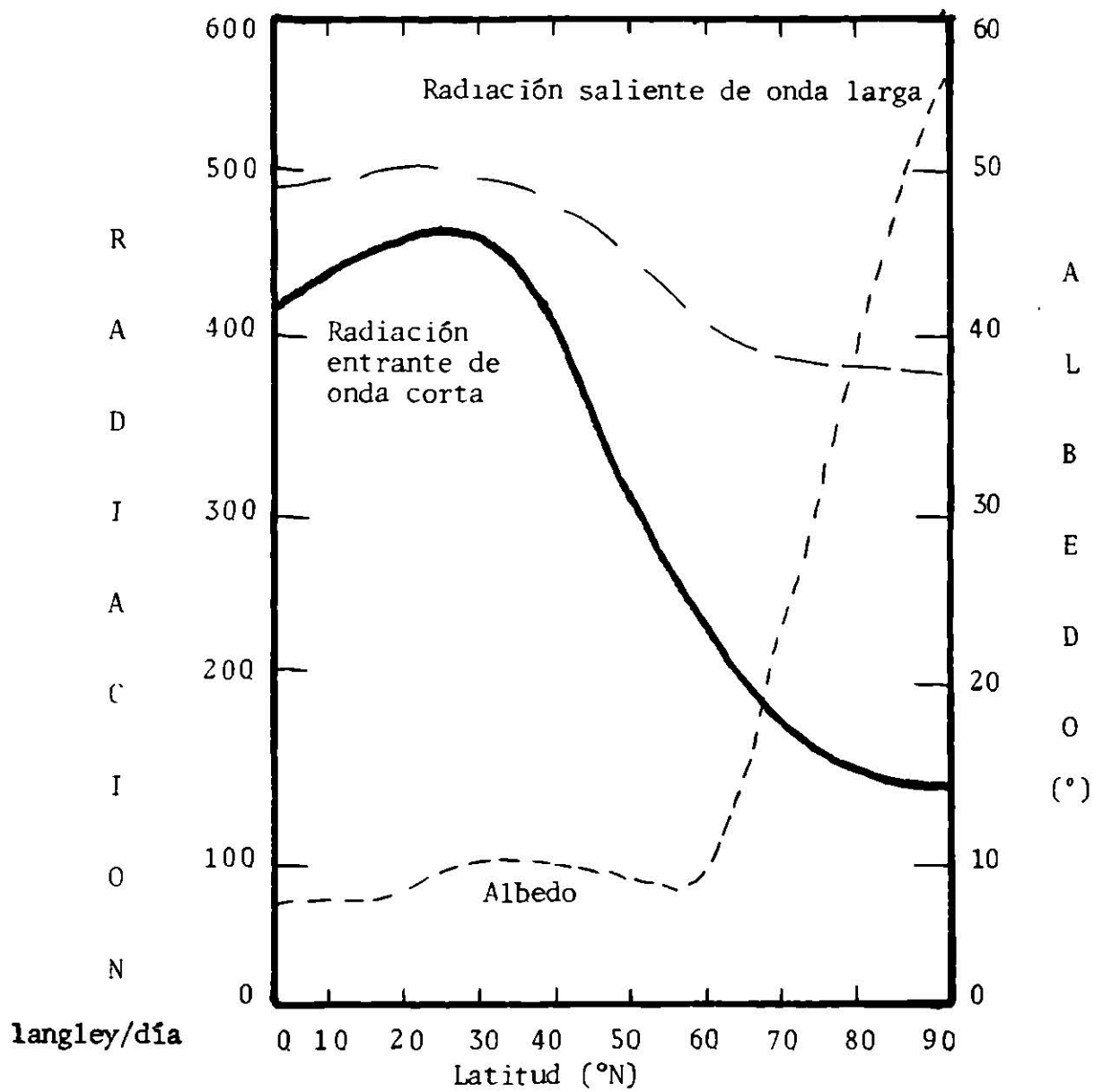


Figura 2. Distribución de la radiación en hemisferio norte en relación con la latitud (4).

de altura. El aire a nivel del mar es más denso, por lo tanto absorbe más energía calórica que el aire de las grandes altitudes; dando lugar a una transferencia de calor al suelo, causa por lo que es más caliente en altitudes inferiores (8,22).

Jenny en un estudio realizado en Colombia observó que --- existía una disminución de la temperatura del suelo al aumentar la altitud, citado por Frederieh (22).

3.3.3. Color.

Se sabe que los cuerpos blancos son los que reflejan más las radiaciones calóricas que reciben, mientras que los cuerpos negros al contrario las absorben al máximo. Entonces la cantidad de calor absorbido o reflejado por el suelo depende en gran parte de su color, jugado éste además un papel muy importante en los fenómenos de absorción y de reflexión. Los suelos claros pueden absorber hasta un 30% de la radiación, -- mientras que en los suelos oscuros pueden aumentar hasta un 80% (13,20,25).

A.D. Hall, ha comprobado en experimentos realizados a 15-cm de profundidad que hay una diferencia de 2°C entre un suelo claro y uno oscuro; y A. Vernet trabajando a una profundidad de 40 cm obtuvo una diferencia de 3°C entre un suelo claro y uno oscuro, citados por Demolon (13) y Gaucher (25).

Cabe mencionar que el color del suelo; en la práctica no desempeña más que un papel secundario, salvo en casos extremos y en los suelos secos. Dicho color, por ejemplo queda enmasca

rado en el caso de un suelo rico en humus de color obscuro, pero de gran capacidad de retención del agua, este se calentará más lentamente que un suelo claro en las mismas condiciones (13).

3.3.3.1. Albedo.

Como se mencionó anteriormente, el color del suelo juega un papel muy importante en la absorción y reflexión de las radiaciones de calor, así pues se define como albedo, al porcentaje de reflexión que hay sobre una superficie que es reflejada en todas las direcciones (4,17).

La determinación del porcentaje de albedo depende principalmente del color del suelo, pero también influyen el tipo de suelo, el contenido de humedad, el ángulo de incidencia de los rayos solares y la altura del sol sobre el horizonte.

Cuando mayor es la elevación del sol menor es el albedo de la superficie y viceversa, en consecuencia éste es mayor por la mañana temprano y al atardecer por el menor ángulo de elevación del sol (4).

3.3.4. Textura.

Se sabe que el calor específico es la cantidad de calorías que es preciso aportar a un cuerpo para aumentar un grado centígrado a la unidad de masa. Mientras el calor específico de un suelo sea bajo (comparado por supuesto con el del agua) éste se calentará más rápidamente, pero como el calor específico no es el mismo para cada uno de los elementos constitutivos, la rapi-

dez de calentamiento del suelo dependerá de su textura y composición química (25).

Demolon (13), muestra en el Cuadro 1 los calores específicos de los elementos del suelo llevados a la unidad de peso (calorías por gramo) y a la unidad de volumen (calorías por centímetro cúbico).

CUADRO 1. Representación de los calores específicos de los elementos del suelo.

	Calor Específico	
	Por unidad de peso	Por unidad de volumen
Arena	0.19 Cal/gr°C	0.51 Cal/cm ³
Arcilla	0.23 Cal/gr°C	0.55 Cal/cm ³
Caliza	0.21 Cal/gr°C	0.55 Cal/cm ³
Humus	0.47 Cal/gr°C	0.58 Cal/cm ³

En el período de primavera los suelos arenosos elevan la temperatura antes que los arcillosos que lo hacen más lentamente. Por el contrario en el otoño, los suelos de textura gruesa pierden más rápidamente el calor debido a la reirradiación a la atmósfera, que los suelos de textura mediana o pequeña (8, 44).

Schofield, citado por Russell (44) halló que un suelo arenoso de Wobun se enfriaba más rápidamente en tiempo de heladas-

que el suelo más pesado de Rothamsted, observando también que la temperatura media del suelo a 10 y 20 cm de profundidad era de 0.5° y 0.8°C respectivamente, tanto en primavera como en otoño.

3.3.4.1. Variación con la profundidad.

La conducción del calor a través de la capa superficial a capas más profundas es debido a la fluctuación diaria de temperatura del suelo.

Esta fluctuación de la temperatura es gobernada por la conductividad térmica del suelo, y ésta depende de la textura; por ello cuando menor es la conductividad más pequeña es la fluctuación diaria a una profundidad dada (44).

En general se puede mencionar que la conductividad térmica de los diferentes suelos es muy distinta, dando como resultado diferentes temperaturas a distintas profundidades. Esto se puede observar en los datos del Cuadro 2 que presenta Yakuma, citado por Baver (4).

CUADRO 2. Influencia del tipo de suelo sobre la temperatura a diferentes profundidades.

Temperatura en °C según el tipo de suelo

Profundidad (cm)	Arena	Marga	Arcilla	Turba
0	40	33.6	21.5	23.2
5	19.4	18.5	13.7	13.9
10	12.3	10.7	7.7	5.4
20	4.8	3.0	2.2	0.7
30	1.6	0.7	0.6	0.3

3.3.5. Humedad.

En el recalentamiento del suelo la humedad realiza una función mucho más determinante que la textura del suelo. Donde -- los suelos húmedos se calientan menos rápidamente que los sue-- los secos (25).

Esto es debido a 3 motivos principales: "1) el calor específico del agua (por definición es una caloría por gramo o por centímetro cúbico) siendo éste cinco veces más elevado que la medida de los correspondientes a los constituyentes del suelo, así pues mientras más húmedo este el suelo más lento será su calentamiento; 2) la conductividad calorífica aumenta con su contenido de humedad siendo propagadas las radiaciones caloríficas más rápidamente en profundidad, en un suelo húmedo que en uno seco; y finalmente en la evaporación del agua una gran proporción de esta energía calórica es utilizada" (19).

Mitscherlich, citado por Gilbert (27) ilustra en el Cuadro 3, el calor específico de los suelos debido al efecto de variaciones de humedad.

CUADRO 3. Variación del calor específico de los suelos con diferentes porcentajes de humedad.

Calor específico de los suelos con humedad variable
Calor específico en Cal/cm³
a distintos grados de saturación

Suelos	Seco	50% saturación	Saturado
Arena	0.302	0.510	0.717
Humus	0.148	0.525	0.902
Arcilla	0.240	0.532	0.823

3.3.5.1. Evapotranspiración.

La evapotranspiración que ocurre en el suelo, la cantidad de calor empleado en este proceso depende del contenido de la humedad del suelo (6).

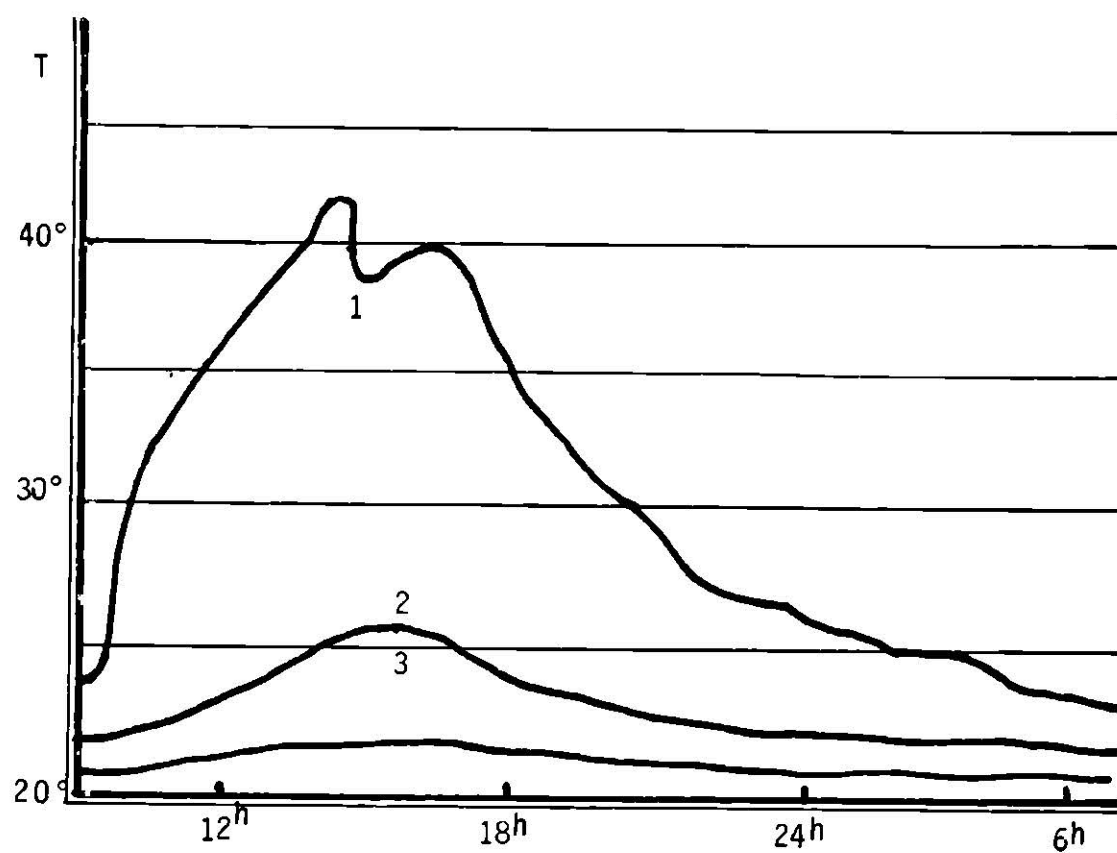
La mayor parte de la evaporación se produce por un aumento de actividad de energía que resulta del efecto del enfriamiento sobre todo en la superficie. Esta energía térmica es perdida por el suelo y vuelve a la atmósfera.

Debido a este proceso de cambio de estado de agua líquida a vapor de agua se consumen 580 cal/gr, siendo esto denominado calor latente de vaporización (4,6).

3.3.6. Cubierta vegetal.

Se ha observado que las variaciones de la temperatura de la superficie del suelo disminuyen en presencia de cualquier clase de vegetación. Esto es, porque la vegetación sobre el nivel del suelo absorbe durante el día la mayor parte de la radiación incidente, de modo que las radiaciones de longitud de onda grande de las hojas de las plantas es el principal suministro de energía al suelo, pues el aire calentado por las hojas absorbentes transporta muy poco de este calor al suelo (22).

Las hojas de las plantas de corta estatura absorben las radiaciones solar del día, por lo tanto no calienta el suelo. Durante la noche las hojas irradian calor nuevamente a la atmósfera, pero disminuye el calor que es irradiado por el suelo (4, 45).



- 1- Suelo desnudo
- 2- Cubierta de Pueraria
- 3- Bosque

Figura 3. Representación de la influencia de la cubierta vegetal sobre la temperatura del suelo (13).

Bernard, citado por Demolon (13) trabajando en Yangambi en contró una diferencia de temperatura entre un suelo desnudo y - el mismo cubierto de bosque de 20°C; mientras con una cubierta forestal la temperatura del suelo varía poco con la profundidad (Figura 3).

Van Wijk et al., citado por Phillips (42) refiriendose a - la temperatura del suelo, menciona que el efecto aislante y mayor albedo de la cubierta vegetal son mucho más importante que el efecto de enfriamiento por evaporación del agua del suelo -- desnudo.

3.3.7. Orientación.

Cuando la superficie es perpendicular a la radiación la -- cantidad de calor que llega al suelo es máxima. Cuando más agu do es el ángulo que se observa entre la radiación y la superfi cie del suelo la cantidad de calor recibida es tanto menor en - las demás inclinaciones. Esto nos permite comprender rápidamen te el papel de la exposición (Figura 4) (4).

Por ejemplo, el ángulo en que los rayos solares inciden en una pendiente que mira al norte es muy distinto, que una pen--- diente que mira al sur.

Wollny, citado por Baver (4) estudió el efecto de exposi-- ción en el calor del suelo y halló que las exposiciones al sur excedían en algunos grados la temperatura de las pendientes cara al norte. También observó que las variaciones entre el día y la noche eran mayores en la exposición al sur, debido a la ac ción más directa de los rayos solares.

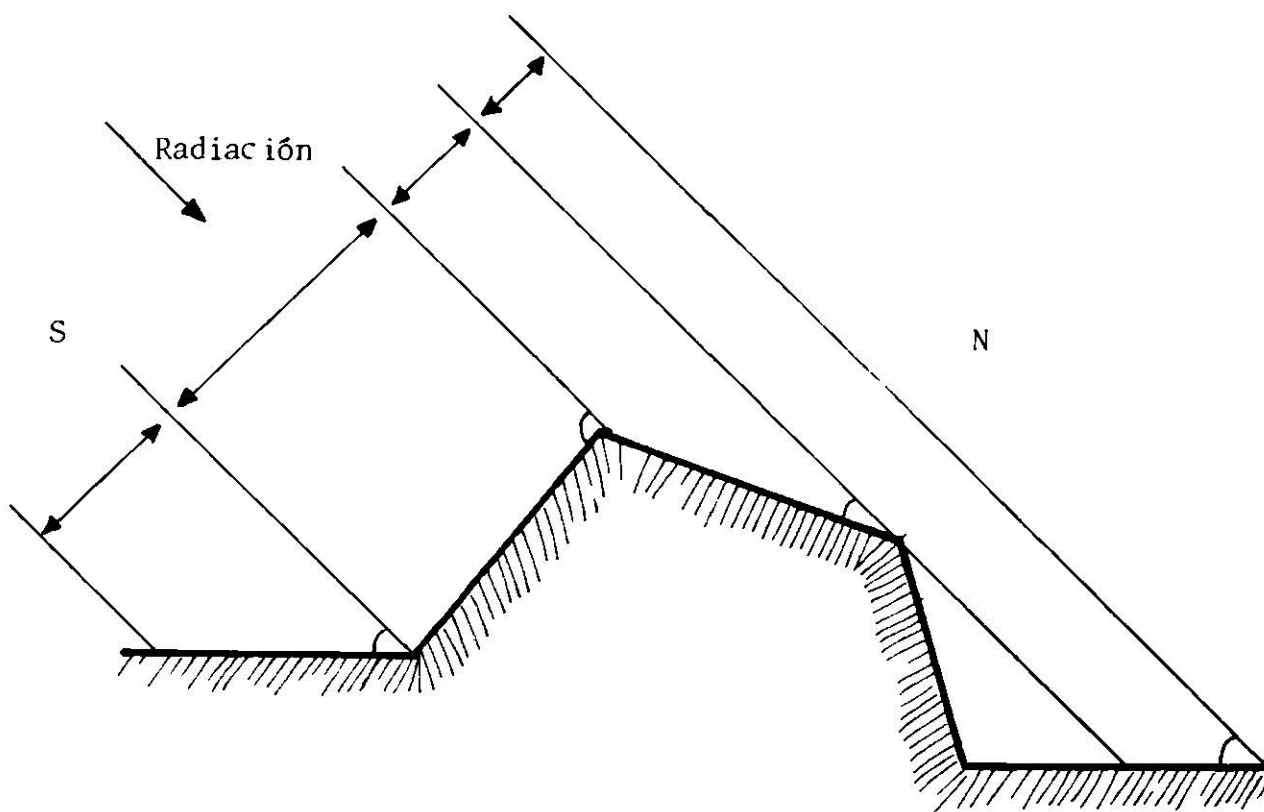


Figura 4. Influencia de la exposición sobre la radiación recibida por el suelo (4).

Schubert, citado por Diehl (17) trabajando con mediciones de radiación global que eran recibidas en una superficie que -- forman un ángulo de 30° con la horizontal y orientada siguiendo los cuatro puntos cardinales, observó la magnitud de energía re cibida concluyendo con los resultados mostrados en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Distribución de la energía recibida en los cuatro diferentes puntos cardinales.

Energía recibida (Cal/gr por cm ²)				
Superficie horizontal	Pendiente 30°			
	Sur	Este	Oeste	Norte
144	185	132	130	72

Donde estas cifras muestran la influencia fundamental de la exposición.

En los trópicos la exposición tiene poca importancia en -- virtud de la gran elevación del sol, pero es más importante en las latitudes medias en las que el sol se eleva menos sobre el horizonte; por ejemplo en el hemisferio norte donde la exposición al sureste es en general, más caliente en primavera, al -- sur en el verano y al suroeste en otoño (4,6).

La orientación de la huerta con respecto al sol y a los -- vientos dominantes influye en el éxito de los cultivos. En la-

República de la Argentina las mejores orientaciones son al nor-este, donde favorece el rápido crecimiento de la mayoría de las legumbres, protegiéndolas contra el exceso de calor, los vientos violentos y la humedad persistente (55).

Sin embargo la intercepción y penetración de la radiación solar, de acuerdo a cada orientación puede diferir de acuerdo a temporada de siembra y la variedad; esto es debido a que el crecimiento vegetativo de las variedades dan diferentes alturas de planta y área de las hojas que pueden variar al cambiar la fecha de siembra (16).

En un estudio realizado durante 2 años con el cultivo de trigo, Dhingra et al., (16) trabajando con tres orientaciones y fechas de siembra encontró diferencias significativas en la cosecha de grano y rastrojo, debido a la orientación. Encontró que la orientación norte-sur se obtuvo 0.20 y 0.22 ton/ha más que en la orientación este-oeste en el primer y segundo año respectivamente. También observó que una siembra bidireccional -- (siembra del lote mitad norte-sur y la otra este-oeste), dió un mayor incremento de la cosecha sobre la orientación norte-sur de 0.3 ton/ha en el primer año y 0.18 ton/ha en el segundo.

3.4. Efectos de la temperatura

La radiación solar es la fuente de toda la energía utilizada en todos los procesos físicos y biológicos; el suelo, medio biológico por excelencia, no escapa a esta ley siendo la temperatura su medición más corriente y más cómoda (25).

Deben considerarse dos aspectos diferentes al discutir los efectos de la temperatura del suelo; siendo uno de ellos el --- efecto sobre los procesos y transformación que ocurren en el -- suelo mismo, (afectando indirectamente a la planta en crecimiento) y el otro los efectos sobre procesos fisiológicos que ocurren en la superficie y en el interior del sistema radical ---- (afectando a las plantas en crecimiento y a los microorganismos que habitan el suelo) (22).

3.4.1. Procesos del suelo y transformaciones afectadas por la - temperatura del suelo.

3.4.1.1. Meteorización física de las rocas.

La expansión desigual de los componentes minerales de las rocas debido a los grandes cambios diurnos de temperatura que - caracterizan el clima, causan la fragmentación y trituración de la roca, constituyendo la principal forma de meteorización. Es to es debido a que las rocas representan agregados de diferen-- tes minerales; teniendo distintos coeficientes de expansión ter mal, dando por resultado una contracción o expansión no unifor-- me debido a las diferentes velocidades de cambio de volumen. En consecuencia, las fluctuaciones de temperatura originan presio nes diferentes en los estratos rocosos, lo cual hace que se --- aflojen y que se produzcan grietas físicas o ranuras (22,53).

3.4.1.2. Meteorización química de minerales de las rocas.

La mayoría de los minerales de que constan las rocas son silicatos complejos de bases por ejemplo, feldespato, los cuales son susceptibles a la hidrólisis en ácido aluminosilícico insoluble.

Al incrementarse la temperatura del suelo la velocidad de descomposición por hidrólisis de los minerales de las rocas aumentan, según la ley de Van T'Hoff. Por ello la velocidad de formación de arcilla debería ser entre dos y tres veces mayor a 30°C que a 20°C y de cuatro a nueve veces mayor que a 10°C.

Jenny, citado por Frederich (22) encontró que en los estados del sur de Norteamérica eran dos o tres veces mayor el contenido promedio de arcillas en un perfil de suelo de un metro de profundidad, que los estados del norte, teniendo un promedio de temperatura de 17.5°C y 9°C, respectivamente.

3.4.1.3. Producción de materia orgánica.

La consecuente velocidad de descomposición de la materia orgánica sigue más o menos estrechamente la ley de Van T'Hoff, la cual establece que las reacciones químicas en el suelo se duplican o triplican por cada 10°C de temperatura de aumento. Entonces los contenidos de materia orgánica disminuyen en regiones con climas más cálidos que en las regiones con clima frío (22).

3.4.1.4. Fauna microbiana.

La temperatura ejerce indirectamente su influencia en el desarrollo de la planta por su efecto en la población microbiana del suelo. La disminución en la actividad microbiana es provocada por condiciones secas debido a las temperaturas altas, mientras que en condiciones húmedas se mantiene la vida de los microorganismos (54).

Algunos organismos tales como las bacterias nitrificantes alcanzan su límite de actividad cerca de 35°C mientras otros necesitan temperaturas más bajas o superiores a 35°C (30,54).

Thomson (54) trabajando sobre incubación, demostró que el desprendimiento del CO₂ (un buen índice de la actividad microbiana) es mayor a 40°C para la mayoría de los suelos que a 35°C. También demostró que había una mayor descomposición de la materia orgánica fosforada a una temperatura mayor de 40°C que a temperaturas más bajas.

Otros estudios han demostrado que en un intervalo de 29° a 35°C se desarrolla el número máximo de microorganismos. Se ha observado que la velocidad de incremento de la actividad microbiana es aproximadamente el doble por cada 10°C de aumento en la temperatura del suelo (54).

La temperatura del suelo puede cambiar el pH, generalmente relacionado con la actividad de los microorganismos, puesto que la actividad microbiana va acompañada de una liberación de CO₂ que al combinarse con agua forma ácido carbónico y otros ácidos (56).

3.4.2. Procesos de la planta afectados por la temperatura del suelo.

3.4.2.1. Absorción de agua y de los minerales.

A principios del siglo XVIII, era conocido que la absorción del agua por las plantas se reduce con las temperaturas bajas del suelo, no sólo teniendo efectos directos en el crecimiento de las raíces sino también efectos indirectos en la absorción de los nutrientes por las plantas (33).

Brown, citado por Kramer (33) observó que la absorción del agua por el zacate bermuda (Cynodon dactylon Pers.) se reducía más por enfriamiento del suelo hasta 10°C, en comparación a el zacate azul (Poa pratensis L.), ésta última prospera en regiones más frías en comparación de la primera que se desarrolla en regiones más cálidas. Por consiguiente la absorción de los solutos por las raíces en ciertos números de especies de plantas es retardada también a bajas temperaturas del suelo.

Existen varias razones por las cuales el descenso de la temperatura del suelo reduce la absorción del agua, pudiéndose explicar en parte el cambio en la viscosidad del agua, en la permeabilidad de la membrana celular y en la actividad fisiológica de las mismas células de la raíz (33,56).

Bialoglowoki, citado por Kramer (33) encontró que había una reducción en la absorción del agua en limón, pomelo y naranja valencia a temperaturas elevadas del suelo (30°C).

Otro estudio realizado por Worley et al. citado por Tisdale (56) señala que existe una disminución en la absorción del

ión potasio por cuatro especies de plantas diferentes al incrementarse la temperatura del suelo.

Esto demuestra que cada variedad o especie de planta cultivada tiene sus temperaturas, máximas, óptimas y mínimas, características que controlan la absorción de agua y de nutrientes por sus raíces (33,43).

3 4.2.2. Germinación de las semillas.

Para iniciar la germinación de las semillas de las plantas cultivadas es importante conocer las diferentes condiciones especiales con el fin de que sirvan de guía para la siembra. Una de estas condiciones especiales es la temperatura del suelo (15,32).

Existen diferentes grados de temperatura por la cual germinan distintas especies, teniendo una temperatura óptima en la cual se desarrollan el mayor porcentaje de las semillas, existiendo también temperaturas máximas y mínimas donde la germinación disminuye (14,22,31).

En la siguiente lista se mencionan las diferentes temperaturas de germinación de algunos cultivos (Cuadro 5) (2,48,51).

Los requerimientos de temperatura en condiciones naturales determinan la época del año en que se efectúa la germinación y son un factor principal en la distribución de las especies (31).

CUADRO 5. Representación de las diferentes temperaturas de germinación de algunos cultivos agrícolas.

Cultivo	Temperatura de germinación en °C		
	Mínima	Optima	Máxima
Maíz	10	20-25	40
Frijol	10	32	37
Trigo	2-4	18-25	30-35
Sorgo	7.2-10	25-27	40
Algodón	14	28	36
Cártamo	5	15	30
Sova	15	20-25	35
Avena	4-5	25-31	31-37
Cebada	3-4	28-31	40-50
Tomate	10	20-25	40
Chile	10-15	25-30	35-40
Melón	18.3	21-32	40.6
Sandía	18.3	35	40.6
Pepino	15.5	20-35	40.6
Ajo	2-3	8-20	35
Cebolla	1.6	12-24	25
Acelga	10-15	18-26	20-25
Lechuga	0	18-24	30-35
Coliflor	4.4	26.7	35
Brócoli	4.4	29.4	35

Se ha observado que muchas plantas cultivadas, germinan en una amplia gama de temperatura desde alrededor de 4.5°C (o a veces cerca de 0°C) hasta un máximo de un límite letal que va de 30° a 40°C (21,31).

Quinby et al. citado por Maiti (35) observaron que la temperatura mínima para la germinación del sorgo es entre 7.2° a 10° y 15.6°C para el crecimiento subsecuente. En este proceso hay una interacción lineal entre la temperatura y la tasa de germinación ésta relación decrece a temperaturas más alta que la óptima. Así mismo Ong y Monteith, citados por Mortera (37), señalan que en el cultivo del mijo perla la germinación aumenta linealmente desde una temperatura base de 10° a 12°C hasta la óptima de 34°C y disminuye a cero, en temperaturas de 45° a 47°C .

Por otra parte Spingfield, citado por González (28) menciona que la temperatura óptima de germinación en Turotia lanata, es de 10° a 25°C y a medida que se aleja de este intervalo (ascendente o descendente) el porcentaje de germinación disminuye.

3.4.2.3. Crecimiento y desarrollo de las raíces.

Las bajas temperaturas pueden ser un factor limitante en el crecimiento de la raíz y en ocasiones la superficie del suelo se vuelve lo suficientemente calurosa como para detener el crecimiento de la misma.

Para la mayoría de las especies la temperatura óptima de crecimiento varía según la etapa de desarrollo, el abastecimiento

to en oxígeno y la misma especie pero debe de ser más o menos - de 20° a 25°C.

Batjer et al. citado por Kramer (33) encontraron que el crecimiento de la raíz de manzano cesa o se vuelve muy lenta en tre 4.5° y 7°C. En otro estudio Barney, trabajando con raíces - del pino del incienso, observó que estas crecían más rápidamente a 20° y hasta 25°C, y que el coeficiente de alargamiento a 5° y a 25°C era inferior a diez por ciento del coeficiente máximo.

3.5. Medición de la temperatura

Entre los factores que influyen en las condiciones del am biente y su relación con el desarrollo de los seres vivos, la - temperatura tiene suprema importancia. La temperatura represen ta una condición o estado temporal y no es por si misma una pro piedad física de la materia; respondiendo ésta a la variación - en la intensidad del calor en el cuerpo. Se han establecido -- técnicas de calibración, donde se usa como base una serie de -- puntos fijos a los cuales se les han asignado valores específicos, estos puntos fijos son el punto de congelación y el punto- de ebullición. Los puntos de congelación y el punto de ebullición del agua son fundamentales, los cuales constituyen la esca la de Celsius (centígrada) (34).

La medición de la temperatura en el suelo se puede hacer- mediante diversos tipos de termómetros, los cuales tienen dife- rente forma de operación (26,34).

3.5.1. Tipos de termómetros que se usan en trabajos con suelos.

3.5.1.1. Termómetro de mercurio.

Este tipo de termómetro está basado en la dilatación del mercurio por el calor. El instrumento registra los cambios que se han alcanzado en la columna de mercurio encerrada en el tubo donde se ha practicado el vacío y que se le ha adaptado una escala convenientemente graduada de acuerdo con el calibre del tubo y la cantidad de mercurio.

Los termómetros de mercurio son muy exactos, pero tienen algunas desventajas como la separación o interrupción de la masa de mercurio dando lecturas erróneas, otro inconveniente es la demora de la indicación en el equilibrio térmico.

Los termómetros de mercurio tienen la ventaja que pueden registrar la temperatura máxima y mínima de un suelo durante un período de tiempo determinado.

En resumen los termómetros de mercurio, permiten la medición con pocas fluctuaciones estables y en extensiones amplias, no son precisos para oscilaciones muy rápidas, ni para medir cambios en superficies muy delgadas o cuando se requieren el registro gráfico de las fluctuaciones de la temperatura durante un largo tiempo (26,34).

3.5.1.2. Termómetro termoeléctrico.

El termómetro termoeléctrico se forma al unir dos hilos de metales distintos formando un circuito cerrado, produciendo-

una fuerza electromotriz a través de dicho circuito y midiendo esta fuerza se puede determinar una diferencia de temperatura. Esta fuerza electromotriz depende de la diferencia de temperatura entre los extremos del circuito y los metales utilizados en su construcción.

En el uso práctico como termómetro, esta muy generalizada la combinación de un par termoeléctrico formado con hierro-constantán o de cobre constantán, (siendo el constantán una aleación que contiene un 60% cobre y 40% níquel).

Existen algunas ventajas en la utilización de este tipo de termómetro, como la construcción sencilla y barata; la medición de las oscilaciones rápidas de la temperatura; se pueden registrar cambios de la temperatura en diferentes lugares, se puede tener un registro continuo de las temperaturas en un período de tiempo; y mediante el empleo de dispositivos diseñados, se puede instalar un sistema de mediciones de numerosos pares termoeléctricos llevando la información a un solo punto de recolección, con un considerable rendimiento del equipo y ahorro de trabajo y tiempo (26,34).

3.5.1.3. Termómetro de resistencia eléctrica.

Este tipo de termómetro se basa en el aumento de la resistencia eléctrica de los metales al incrementarse la temperatura. Se compone de un alambre fino de platino, enrollado sobre una armadura de mica o cerámica y encerrado en un tubo para su protección, éste se conecta mediante conductores adecuados a un

dispositivo para medir la resistencia eléctrica, tales como el puente de Wheatstone. En los termómetros más recientes la bobina de platino es sustituida por semiconductores, los cuales registran la disminución de la resistencia eléctrica al aumentar la temperatura. Estos semiconductores se conocen como "termistores", "semiconductores calientes" o "resistencias NTC" (coeficiente negativo de temperatura).

Estos termómetros tienen todas las ventajas del registro eléctrico, los cuales exigen una calibración muy escrupulosa, - por ello representan el instrumento de medición de mayor refinamiento en la experimentación biológica (26,34).

3.6. Medios para modificar la temperatura del suelo

Uno de los factores ecológicos más conocidos por los destacados efectos que ejercen sobre los organismos vivientes es la temperatura del suelo (4,8).

Pequeños cambios en la temperatura del suelo ocasionan -- efectos pronunciados sobre el crecimiento de la planta y su manejo puede tener resultados significativos, sin embargo nuestra capacidad para controlar la temperatura del suelo es todavía limitada (18,26).

Para la modificación de dicho factor ambiental existen diferentes formas o medios, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

3.6.1. Plásticos.

Los materiales plásticos han hecho su aparición en la producción agrícola para cambiar en múltiples aspectos en la agricultura tradicional a la que el productor está acostumbrado. -- Las formas de aplicar los plásticos en la agricultura son muy variadas y uno de los más importantes para la modificación de la temperatura del suelo, es el acolchado o arropado.

Este método produce una serie de alteraciones, principalmente en temperaturas y humedad lo que en la mayoría de los casos favorece la calidad del cultivo que crece bajo esta condición (12).

En un estudio realizado por Andrew, citado por Diaz (12), para observar la relación del arropado de plástico y la madurez del maíz, encontró que existía un aumento en la temperatura del suelo (3.6° a 5.6°C) en los tratamientos con arropado plástico, comparados con los que no tenían plástico.

3.6.2. Drenaje.

La eliminación de los excesos de agua de un suelo facilitan los cambios de temperatura del mismo. Esto es debido a que el estar el suelo en su capacidad de campo, la mayor parte del calor se pierde al evaporarse el agua, por lo tanto estos suelos tienden a ser más fríos que un suelo seco (3,21,22).

Se ha observado que puede haber temperaturas más bajas entre 3.3° a 6.6°C en el piso superficial de un suelo mal drenado,

que en zonas comparativamente bien drenadas (6).

3.6.3. Labranza del suelo.

La labranza produce una capa superior de suelo suelto de características físicas diferentes a los de un suelo no labrado siendo el principal efecto el de disminuir la conductividad del calor del suelo. Como resultado de este proceso, la variación-diurna de la temperatura en días soleados es mayor en varios -- grados en la superficie del suelo labrado, que en la superficie de un suelo no labrado (22,25).

Bennett et al., citado por Phillips (42) trabajando en el estado de Virginia Occidental con el cultivo de maíz, encontraron que a la temperatura promedio de un suelo no labrado fué de 10°C más baja a 2.5 cm de profundidad que en comparación con un suelo labrado.

3.6.4. Mantillo.

Este método es utilizado como una capa de acción aislante dependiendo del material utilizado, dando como resultado una -- disminución de la temperatura del suelo; debido en parte a la -- reflectividad o albedo y de la baja conductividad calórica del material empleado (21,22).

Esto se puede observar en los trabajos realizados por Willis et al., citado por Phillips (42) donde trabajando entre el

8 de junio al 16 de agosto, aplicando 5.65 ton/ha de rastrojo - se pudo disminuir aproximadamente la temperatura del suelo entre 0.1° - 1.5°C a 10 cm de profundidad.

3.6.5. Orientación de surcado.

Actualmente mediante prácticas agronómicas es factible aumentar la eficiencia en el uso de la radiación solar. Una de - estas prácticas agronómicas es la orientación de surco, si en - este caso las dificultades topográficas, límites y formas de -- las praderas lo permitan (59,46).

En Rusia se ha sembrado trigo en orientaciones norte-sur- y este-oeste, y se ha tenido un aumento del 22.6% en rendimiento mayor en la orientación norte-sur que en la este-oeste (59).

Esto es debido a la cantidad de energía recibida, influida por la radiación solar en cada orientación, por lo tanto -- las parcelas mejores orientadas serán más calientes durante el día, mientras que por la noche sufriran un enfriamiento más rápido, pero debido a su temperatura elevada hará posible que el descenso térmico no conduzca a temperaturas críticas (18,25).

Esto puede ser observado en los experimentos realizados - por Acevedo (1), donde trabajando en el cultivo del frijol asociado con maíz en tres fechas de siembra y tres orientaciones - (este-oeste, noreste-suroeste y noroeste-sureste), éstas afectaron más la razón de área foliar de la planta y que solo las --- orientaciones este-oeste y noroeste-sureste, fueron las que produjeron el mayor rendimiento en las dos especies.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización geográfica

Este trabajo se llevó a cabo durante el período de Abril - 1989-Marzo 1990 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el Km. 17.5 de la carretera Zuazua-Marín en el municipio de Marín, Nuevo León. La localización geográfica del lugar está definida por las coordenadas 25°53' latitud norte y 100° - 03' longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich, teniendo una altitud de 375 msnm.

4.2. Características climáticas y edáficas

4.2.1. Clima.

Según la clasificación climática de Köppen, modificado para la República Mexicana por Enriqueta García (23) el clima de la región es del tipo semiárido $BS_1(h')hx'(e')$, con temperaturas medias anuales de 22°C, presentándose las temperaturas máximas en los meses de julio y agosto, siendo estas superiores a los 28°C y en los meses más fríos inferiores a los 18°C (diciembre y enero).

La precipitación promedio anual es de 500 mm con extremo máximo de 600 mm y mínimo de 200 mm, la cual se distribuye principalmente en los meses de julio a septiembre y en proporción -

menor en el resto del año. La nubosidad varia de 90 a 100 días al año presentándose en los meses lluviosos, los vientos predominantes provienen del Norte y Noroeste, con intensidades de alrededor de 20 Km/hr.

Las temperaturas y precipitaciones que se observaron durante el desarrollo del experimento se presentan en las Figuras 5 y 6.

4.2 2. Suelo.

De acuerdo al análisis realizado en el laboratorio de suelos de la F A.U.A N.L., el suelo tiene las siguientes características:

	19% arena
Textura compuesta	52% arcilla
	29% limo
pH	7.3
Densidad	1.3 gr/cm ³
Materia orgánica . . .	3.45 rico en M.O.
Color	
suelo seco . . .	6/3 10 YR café pálido
suelo húmedo . .	4/3 10 YR café oscuro

Los suelos que predominan son los vertisoles de origen aluvial, son sumamente arcillosos, con un contenido de arcillas de 40 a 65% son ligeramente o moderadamente alcalinos, y en ocasiones salinos (49).

4.3. Materiales

Para las labores de preparación del suelo se dispuso de un tractor con los implementos agrícolas requeridos (arado y ras---

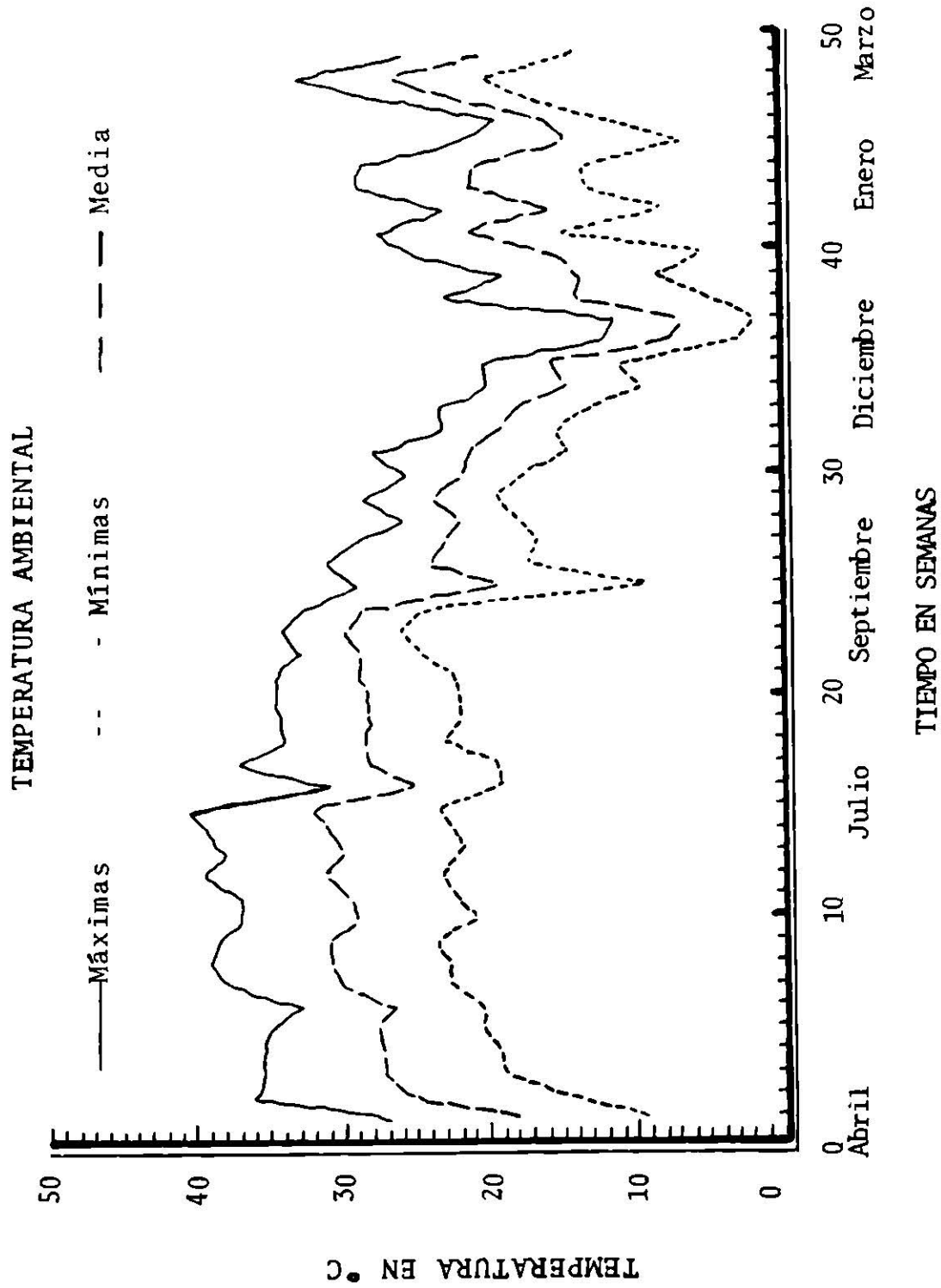


Figura 5. Temperaturas ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

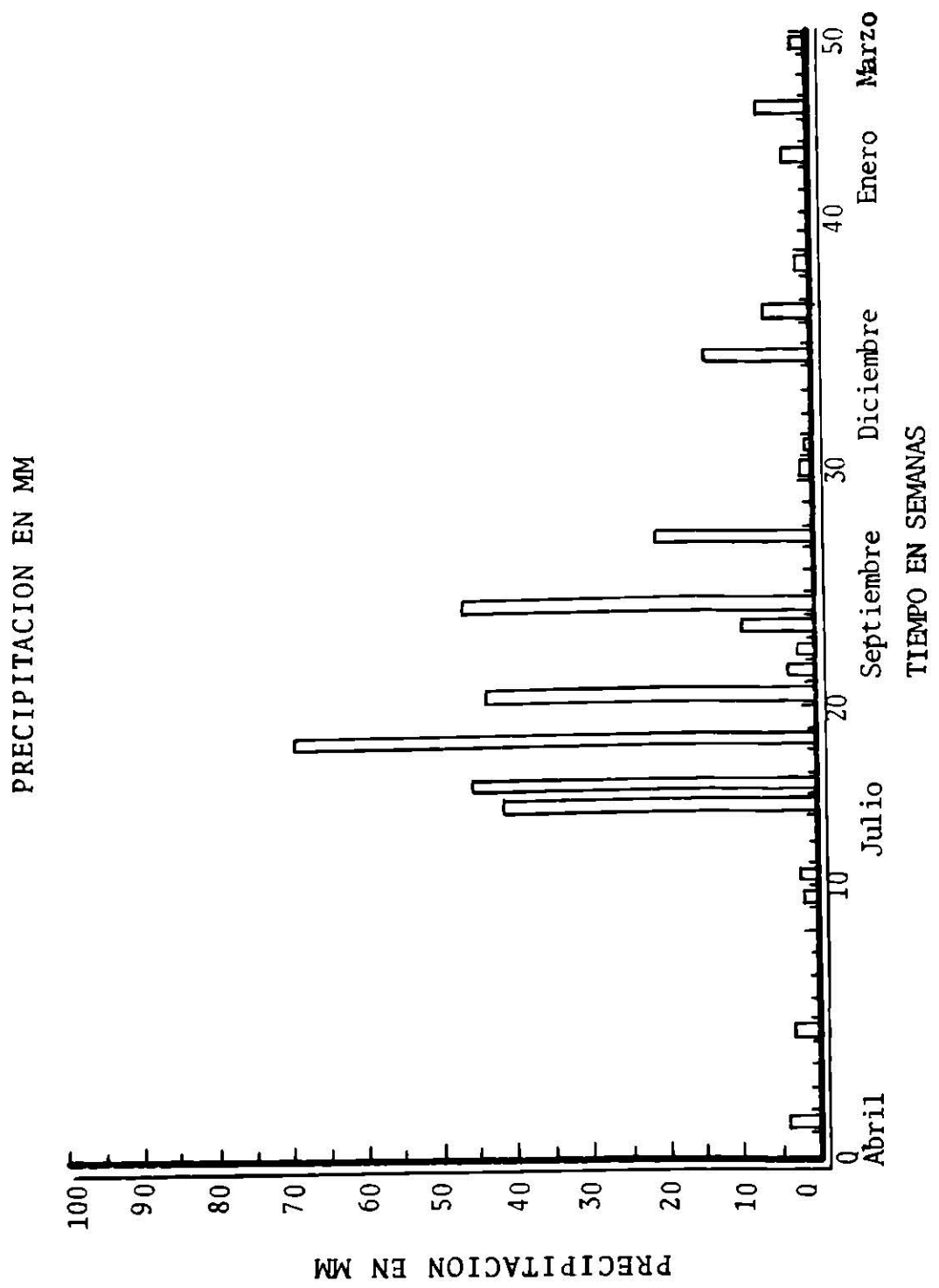


Figura 6. Precipitaciones que prevalecieron durante el desarrollo del experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

tra); también se utilizaron otros materiales como palas, azadones y mochila aspersora, además se emplearon los productos químicos requeridos tales como herbicidas.

Para el diseño del equipo fué necesario el siguiente material: 10 m de cable termopar (formado por constantan cobre), -- 150 m de cable No.22, 8 swichts de 10 tiros c/u con perilla, 4 cajas de madera de 16 cm de largo por 12 cm de ancho, equipo para soldar (tipo cautín) y un termómetro digital.

4.4. Diseño del experimento y análisis estadísticos

Las variables estudiadas fueron: temperatura matutina del suelo (10:00 AM) y temperatura vespertina del suelo (4:00 PM).

El diseño experimental utilizado en este trabajo fué un -- diseño completamente al azar analizado a través del tiempo, -- teniendo los siguientes factores: el factor A que esta comprendido por 12 niveles.

NIVEL	ORIENTACION	POSICION
1	Norte-Sur	1 (Este)
2	Norte-Sur	2 (Lomo)
3	Norte-Sur	3 (Oeste)
4	Noreste-Suroeste	1 (Noroeste)
5	Noreste-Suroeste	2 (Lomo)
6	Noreste-Suroeste	3 (Sureste)
7	Este-Oeste	1 (Norte)
8	Este-Oeste	2 (Lomo)
9	Este-Oeste	3 (Sur)
10	Noroeste-Sureste	1 (Noreste)
11	Noroeste-Sureste	2 (Lomo)
12	Noroeste-Sureste	3 (Suroeste)

y el factor B Tiempo (semanas).

El modelo estadístico correspondiente fué el siguiente:

$$Y_{ijk}: U + T_j + E_{ij} + S_k + E_{ik} + T_{sjk} + E_{ijk}$$

$$i = 1 \dots\dots R = 6$$

$$j = 1 \dots\dots N = 12$$

$$k = 1 \dots\dots S = 44$$

$$ijk = 3168 \text{ observaciones}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una variable respuesta

U = Media general

T_j = Efecto del j ésimo nivel

E_{ij} = Error debido al efecto de niveles por repetición

S_k = Efecto de la k -ésima semana

E_{ik} = Error debido al efecto de semanas por repetición.

T_{sjk} = Es la interacción de los dos factores

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima observación de una de las unidades experimentales, el cual surge por el efecto conjunto de todos los factores no controlados por el diseño.

La comparación de medias se hizo de la siguiente forma: primeramente se compararon la media de las cuatro orientaciones y después se compararon la media de las posiciones dentro de cada orientación para cada una de las variables.

En lo que se refiere al análisis estadístico de los datos fué utilizado el paquete de diseños experimentales FAUANL, versión 1,9; elaborado por el p.H.D. Emilio Olivares Sáenz*.

*Catedrático de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

También se estimó un modelo para predecir la temperatura del suelo en función de la temperatura ambiental. Se evaluaron 10 modelos diferentes para estudiar esta relación utilizando el análisis de regresión y se seleccionó el modelo con mayor R^2 y menor número de variables.

4.5 Dimensiones del experimento

El área total comprendida en el desarrollo de este experimento fue de 100 m^2 , teniendo un área para cada orientación de 25 m^2 , siendo esta dividida en los sub-áreas de 12.5 m^2 .

Dentro de las sub-áreas de 12.5 m^2 se levantó un surco individual de 3 m de largo por 0.90 m de ancho donde en cada uno se localizaron tres repeticiones; para cada uno de los niveles estudiados, dando un total de seis repeticiones.

4.6. Desarrollo del experimento

4.6.1. Diseño del equipo.

Al inicio del experimento se desarrolló y conectó el sistema* utilizado para medir la temperatura del suelo. La conexión del sistema se observa en la Figura 7 donde está implantado en una caja de madera de 16 cm de largo por 12 cm de ancho, el

*Desarrollado por el Lic. Enrique Rosales Maldonado. Catedrático de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

cual se acciona por medio de 2 switch de 10 tiros c/u. Dando lugar a la formación de un circuito que al ser operado correctamente se podía tomar datos de temperatura lo más rápido posible

En el sistema se utilizó un par termo-eléctrico o termopar formado por un cable constantan (cobre), con una longitud de 10 cm de largo. Una de las puntas está soldada y sirve como unión medidora, el otro extremo es para la conexión del circuito, todos los termopares están conectados al switch mediante un alambre del mismo diámetro (Figura 8).

4.6.2 Preparación del terreno

En la preparación del terreno se realizó una labranza primaria con un arado de discos, prosiguiendo la labranza secundaria utilizando para ello una rastra.

Una vez preparado el suelo se procedió a levantar un bordo de protección delimitando todas las áreas y sub-áreas del experimento, éste fue realizado a mano mediante azadón y pala. Teniendo dividido el terreno se prosiguió al levantamiento del surco.

En cada orientación había dos surcos y se corrigió c/u a $8^{\circ} 23'$ al Noreste debido a la declinación magnética. Este dato fue obtenido mediante una extrapolación de la Cd. de Monterrey, N.L. $8^{\circ} 27.3'$ y la Cd. de Montemorelos, N.L. $7^{\circ} 56.2'$ calculados en los años de 1975 a 1980 (57).

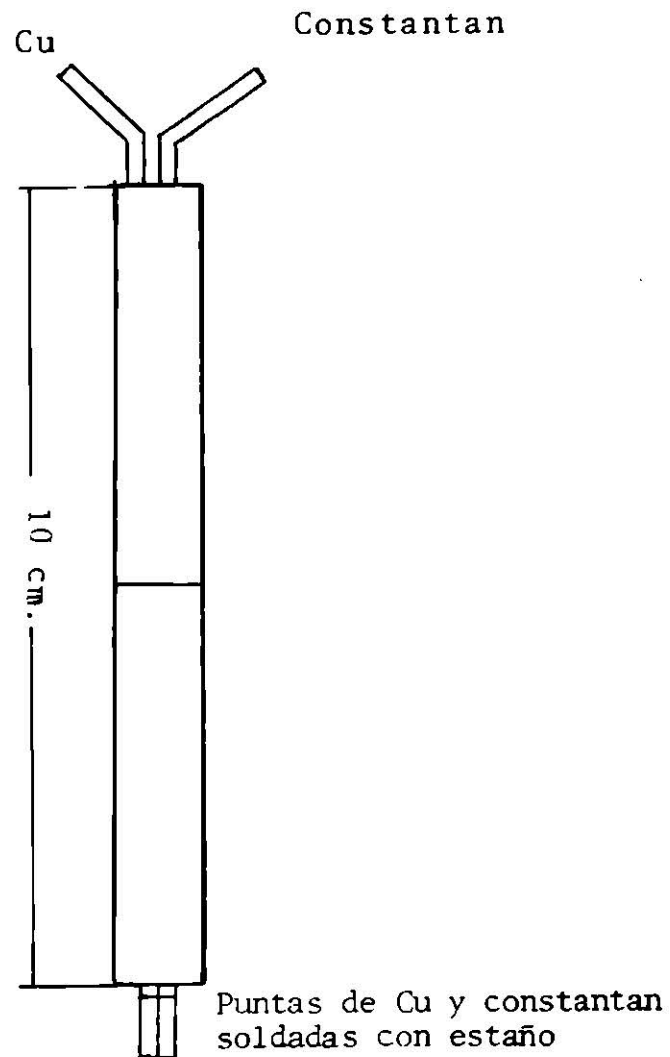


Figura 8. Dimensiones de cada termopar utilizado en el experimento. Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

4.6.3. Instalación.

En la Figura 9 se observa la posición de cada uno de los niveles en las diferentes orientaciones. Cada orientación es ta comprendida por 18 termopares dando lugar a 6 repeticiones con 3 termopares en cada una, cada termopar da una posición diferente de la orientación. Los termopares se colocaron a 5 cm de profundidad.

4.6.4 Recolección de datos.

Los datos fueron tomados durante un período de 44 semanas, iniciando el día 10 de abril de 1989 y se concluyó el día 23 de marzo de 1990. Tomándose temperaturas matutinas y vespertinas, a las 10:00 AM y 4:00 PM respectivamente, durante 3 días a la semana.

4.6.5. Mantenimiento de equipo y del terreno.

Durante el período de trabajo se tuvo que mantener limpio el área de trabajo de todo tipo de malezas para evitar que influyera en la toma de datos. Esto fué posible mediante deshier bes y aplicación de productos químicos como los herbicidas (Fae na, 5 ml/lts de agua).

También se tuvo que dar mantenimiento al equipo para evitar el acumulamiento de tierra en el sistema y se dificultara su accionar.

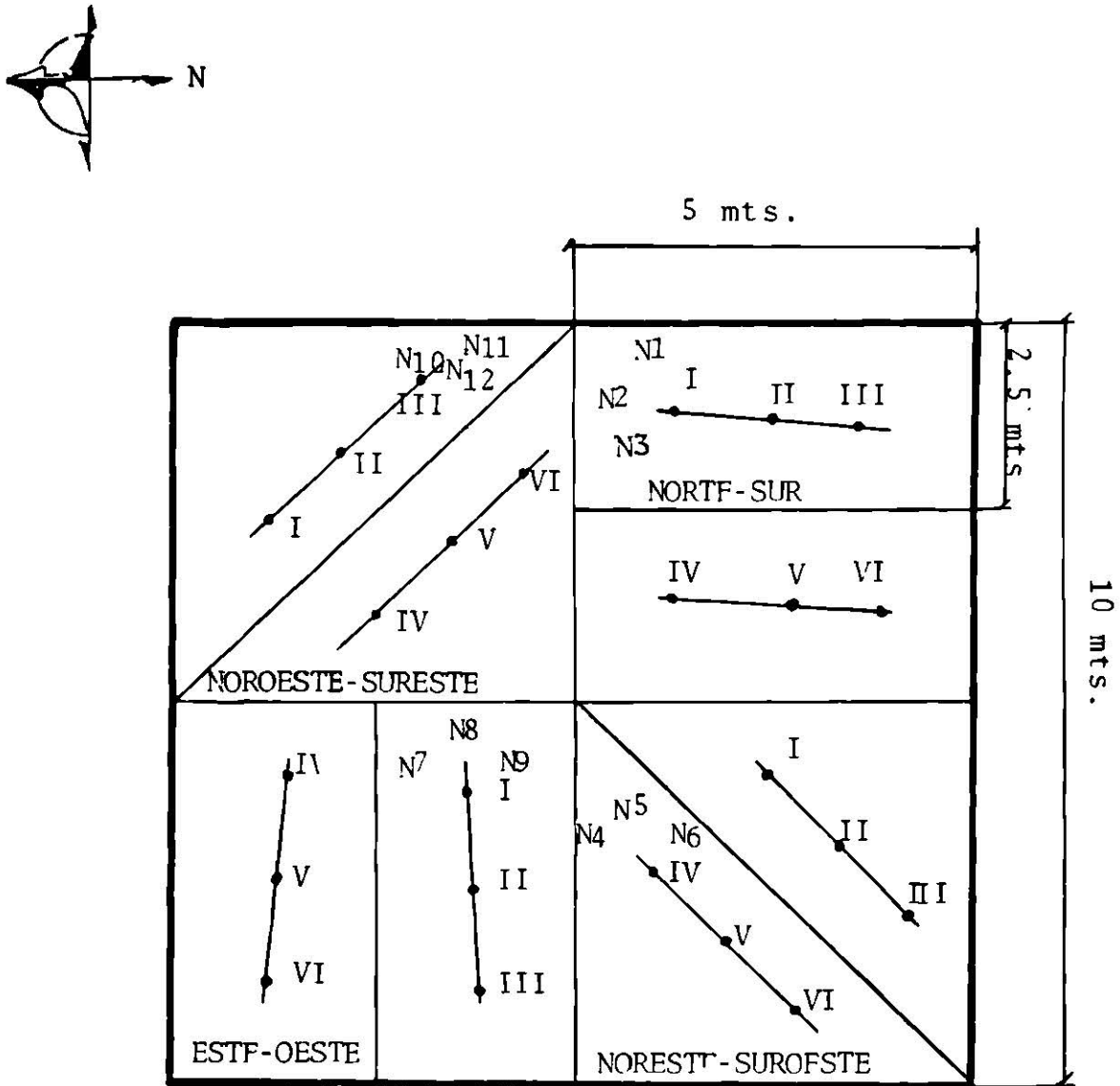


Figura 9. Croquis de la distribución de cada uno de los niveles en las diferentes orientaciones en el campo, dentro del experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados fueron analizados en forma individual para cada una de las variables, primeramente se presentan los resultados de temperatura matutina del suelo (10:00 AM) y posteriormente los de temperatura vespertina del suelo (4:00 PM). Para cada variable se hizo una comparación de medias, siendo dividida en comparación de orientaciones y orientación-posición.

5.1. Temperatura matutina

El análisis de varianza (Cuadro 6) para esta variable mostró diferencia significativa al (0.01) para el factor (A) ---- orientación-posición, factor (B) tiempo y la interacción (AxB).

CUADRO 6. Análisis de varianza para la variable temperatura matutina del suelo en el experimento: Influencia de -- cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

F.V.	gl.	S.C.	C.M.	Fcal.	P F
Factor "A"	11	954.25	86.750000	5.2180**	0.0000
Error (a)	60	997.50	16.625000		
Factor "B"	43	99616.00	2316.651123	960.1542**	0.0000
Error (b)	215	518.75	2.412791		
A x B	473	12020.25	25.412790	13.0139**	0.0000
Error (c)	2365	4618.25	1.952748		
Total	3167	118725.00			

**Altamente significativo

La comparación de medias para el factor A (orientación-posición) se divide en: una comparación de orientaciones y una -- comparación de posición dentro de la orientación.

Comparación de Orientaciones.

Las medias de los orientaciones se obtuvieron promediando las 3 posiciones y las 44 semanas (Tabla 1).

En la prueba de la temperatura matutina se observó que la orientación que presentó el valor más alto fué la Noreste-Suroeste, siendo estadísticamente igual a la Este-Oeste y Noroeste-Sureste; pero estadísticamente mayor a la Norte-Sur, donde ésta última fué la que presentó la media más baja (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de medias de las orientaciones para la temperatura matutina del suelo.

Orientación	Medias (°C)
Noreste-Suroeste	27.43 A
Este-Oeste	27.08 A
Noroeste-Sureste	27.07 A
Norte-Sur	26.64 B

Significancia = 5%
DMS = 0.41

Estos resultados son muy similares a los observados por -- Cantú (7) en un trabajo donde encontró, que en la orientación - Norte-Sur se registraron las temperaturas más bajas.

Yao y Shaw (58) y Tanner et al. (52) informan que la radiación solar que alcanza la superficie del suelo es mayor en los-

surcos con una orientación Este-Oeste, desde las 8 hasta las 16 horas, en tanto que en la orientación Norte-Sur, el sol alcanza la superficie del suelo en cantidades considerables sólo al medio día.

Estos resultados pudieron ser también influenciados por la acción de los vientos; como en el caso de la orientación Norte-Sur, la cual está influenciada durante una parte del año por vientos de origen polar (en el invierno), siendo esta orientación una de las más afectadas por encontrarse paralela a la dirección de los vientos (Cantú, 7).

En las orientaciones Noreste-Suroeste, Este-Oeste, Noroeste-Sureste no se encontró diferencia significativa. Estos resultados pueden explicarse debido a una mayor penetración y mejor distribución de los rayos solares sobre las diferentes exposiciones que comprenden a estas orientaciones. Estos resultados son similares a los obtenidos por Crandall et al. (11) y Acevedo (1).

Comparación de posición dentro de la orientación.

En la comparación de medias efectuada dentro de la orientación Norte-Sur, se encontró que la posición Este fué la que presentó la media más alta, siendo diferente estadísticamente a la posición del Lomo y Oeste que resultaron ser estadísticamente iguales (Tabla 2, Figura 11).

Tabla 2. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Norte-Sur, para la variable temperatura matutina del suelo.

Posición	Media °C
Este	27.36 A
Lomo	26.57 B
Oeste	25.97 B

Nivel de significancia = 5%
DMS = 3.71

En la orientación Noreste-Suroeste, la posición donde se encontró la media más alta fué el Lomo siendo estadísticamente diferente a la posición Sureste y Noroeste donde estas posiciones también fueron diferentes estadísticamente, teniendo que la posición Noroeste presentó la media más baja (Tabla 3, Figura - 12).

Tabla 3. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noreste-Suroeste, para la variable temperatura matutina del suelo.

Posición	Media °C
Lomo	28.19 A
Sureste	27.43 B
Noroeste	26.66 C

Nivel de Significancia = 5%
DMS = 0.71

Dentro de la orientación Este-Oeste se encontró que no hay diferencia significativa entre ninguna de las posiciones, sin embargo, la posición del Lomo resultó con una media mayor (Tabla 4, Figura 13).

Tabla 4. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Este-Oeste, para la variable temperatura matutina del suelo.

Posición	Media °C
Lomo	27.51 A
Sur	26.87 A
Norte	26.85 A

Nivel de significancia = 5%
DMS = 0.71

Dentro de la orientación Noroeste Sureste se encontró que no hay diferencia significativa entre ninguna de las posiciones sin embargo, la posición del lomo resultó con una media mayor (Tabla 5, Figura 14).

Tabla 5. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noroeste-Sureste, para la variable temperatura matutina del suelo.

Posición	Media °C
Lomo	27.43 A
Suroeste	26.94 A
Noreste	26.84 A

Nivel de significancia = 5%
DMS = 0.71

Los resultados obtenidos sobre la variable temperatura del suelo matutina (10:00 AM), pueden ser explicados basandose en lo siguiente: por la mañana al salir el sol la exposición de levante (Este), es la primera que es alcanzada con mayor intensidad por los rayos solares calentándose rápidamente, pero también se enfria más rápidamente que las otras exposiciones. Debido a que, los rayos solares no inciden directamente sobre esta posición después del cenit, por lo que se observa una temperatura media diurna moderada en esta exposición.

Debido a que el municipio de Marín, N.I., se encuentra en el hemisferio norte la exposición al Sur es calentada más intensamente que la exposición al Norte. En cuanto a la exposición Oeste se esperaría que fuera menos caliente que la Este, por -- que los rayos solares por la mañana (10:00 AM) no alcanzan con gran intensidad a esta exposición.

Los resultados encontrados en este trabajo en cuanto a la orientación de la exposición, coinciden con las observaciones dadas por (Alsina, 3, Garre, 24; Grimaldi, 29), quienes mencionan que las posiciones Norte nunca son alcanzadas directamente por los rayos solares, por lo tanto son las más frías.

El comportamiento que se presentó en las diferentes exposiciones, comparados con los citados por Capella Ricci (9) son -- muy similares. Donde se observó que las exposiciones que estan expuestas al Sur son más calientes, comparadas contra las ex--- puestas al Norte (Tabla 6).

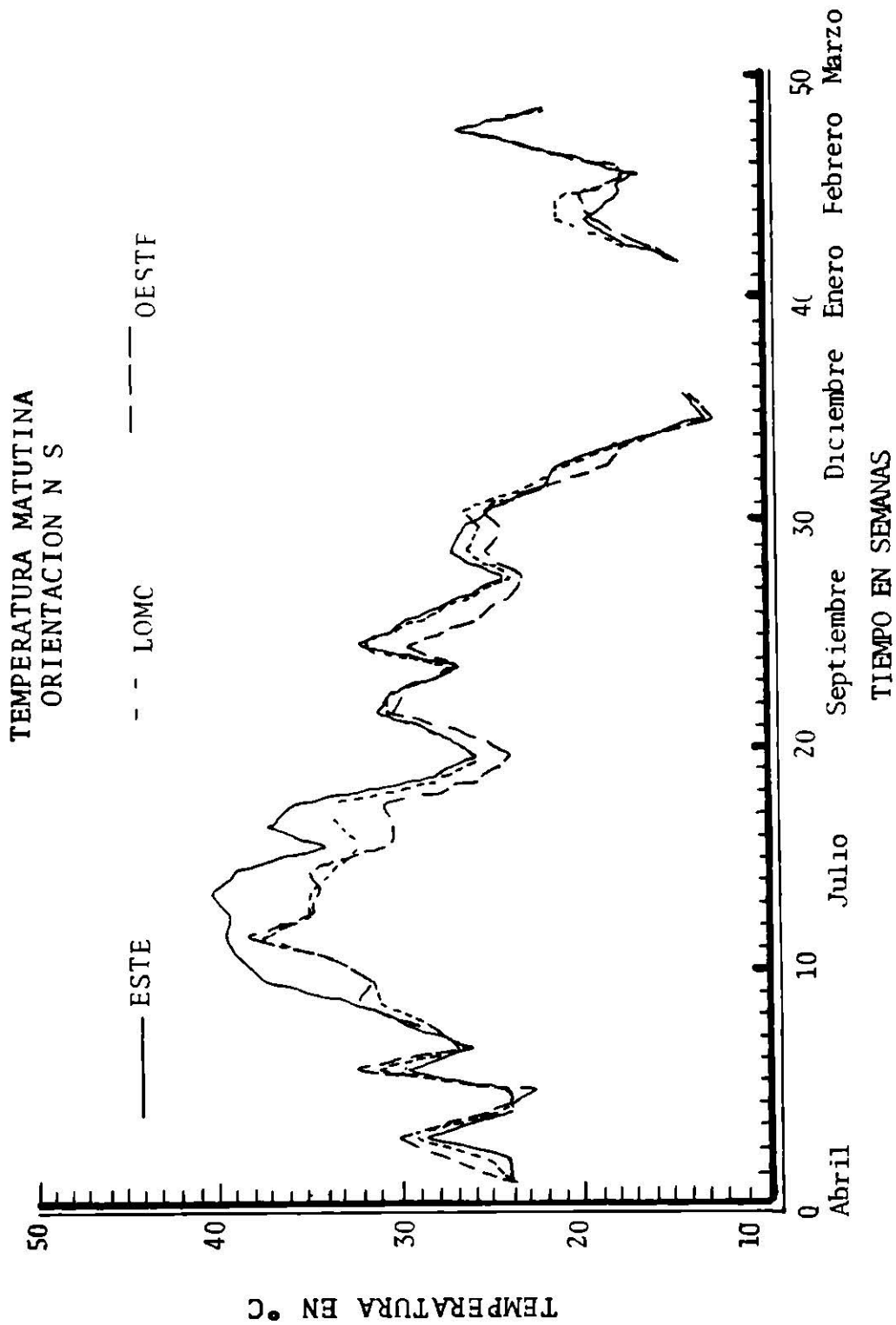


Figura 10. Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Norte Sur, en el experimento. Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

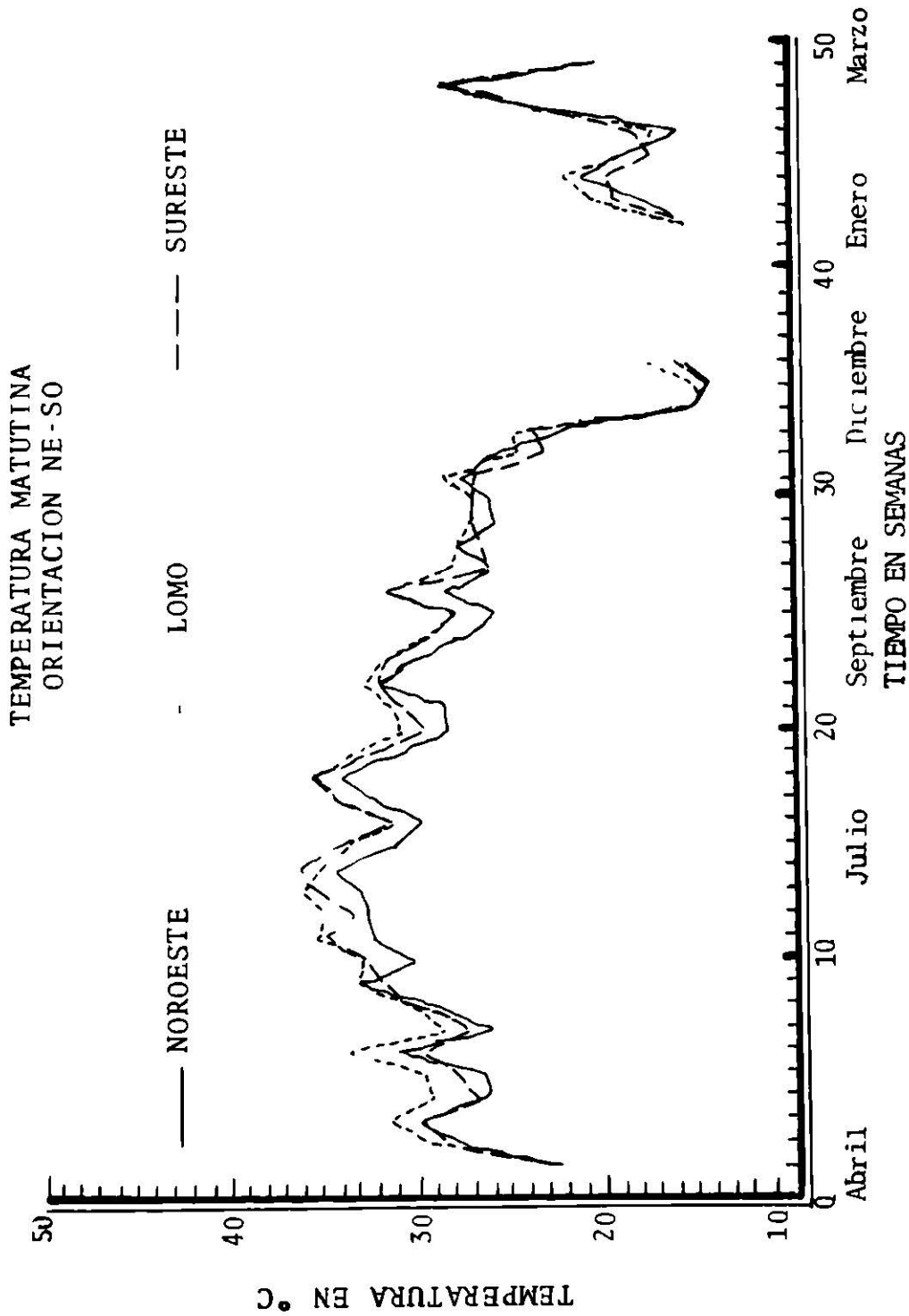


Figura 11. Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noreste Suroeste, en el experimento Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año

TEMPERATURA MATUTINA
ORIENTACION E O

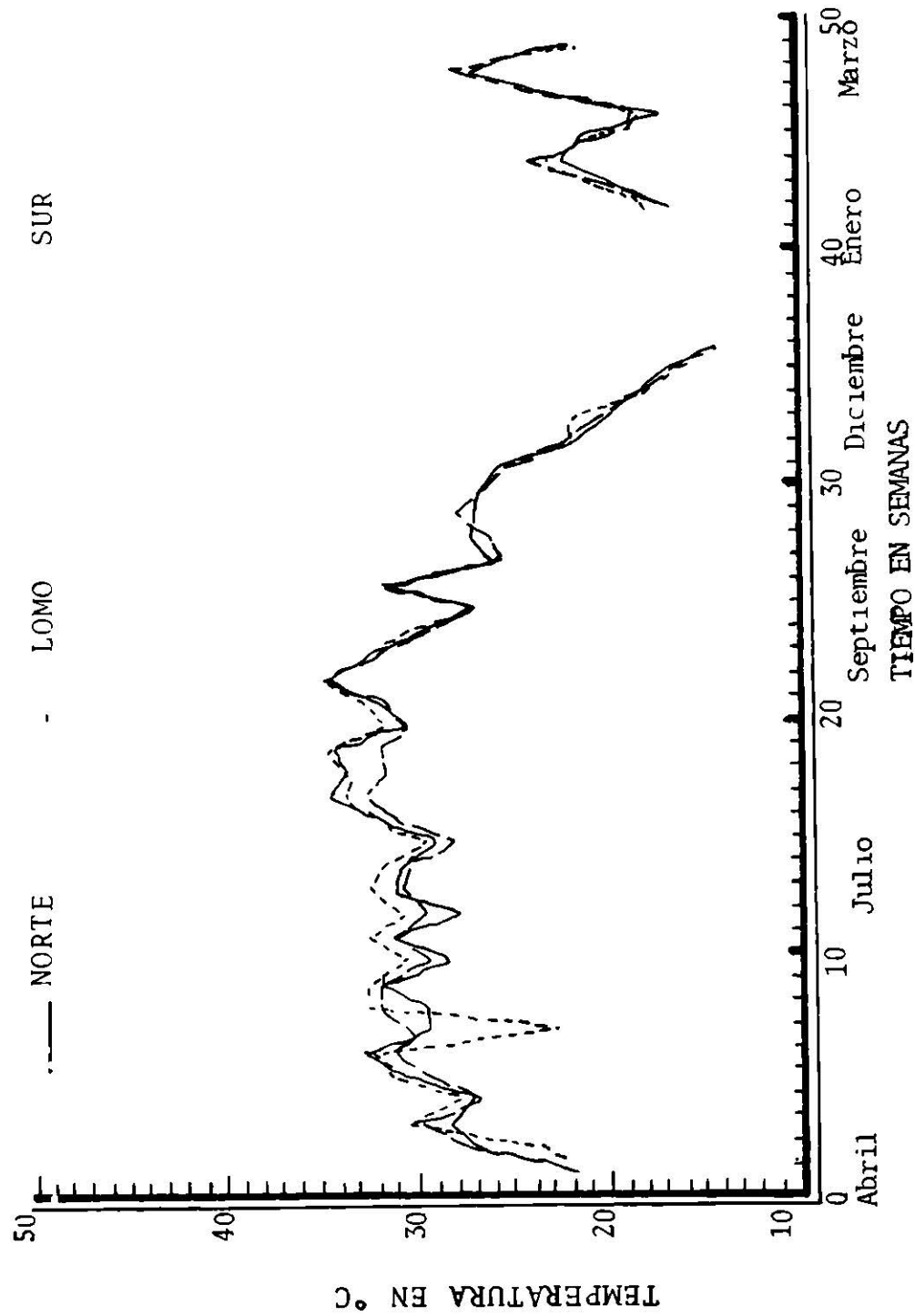


Figura 12. Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Este Oeste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un ue o ar illoso en las cuatro estacione del año.

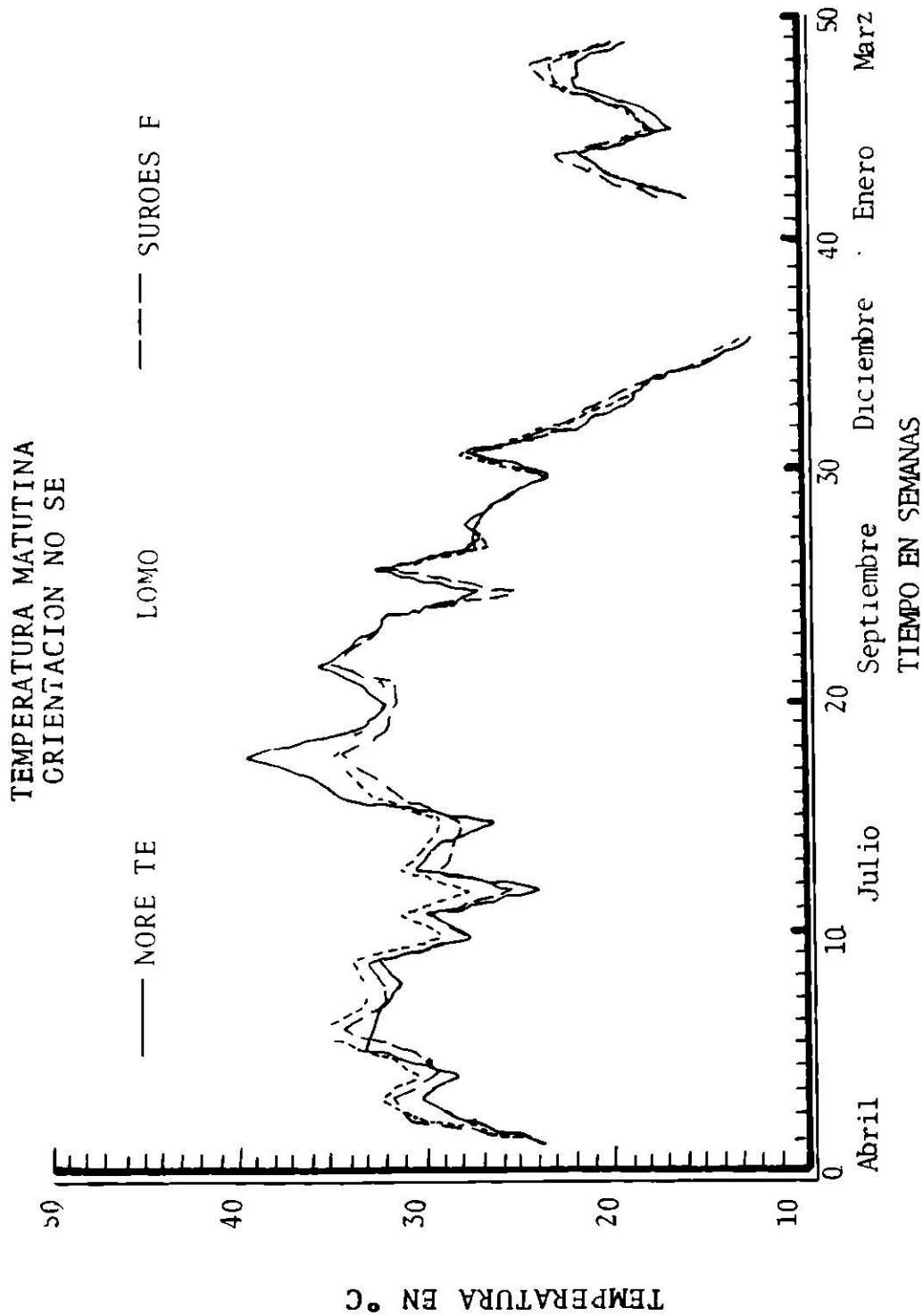


Figura 13. Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noroeste Sure te, en el experimento. Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

Tabla 6. Comportamiento de la temperatura matutina del suelo en las diferentes exposiciones, comparadas con las citadas por Capella Ricci (9).

Orientación del surco	Posición	Temperatura promedio	Resultados obtenidos	Resultados citados por Capella Ricci
NE-SO	Sureste	27.43	1	3
N-S	Este	27.36	2	5
NO SE	Suroeste	26.94	3	2
F	Sur	26.87	4	1
E O	Norte	26.85	5	8
NO SE	Noreste	26.84	6	7
NE SO	Noroeste	26.66	7	6
N S	Oeste	25.9	8	4

5.2. Temperatura vespertina

El análisis de varianza (Cuadro 7) mostró una diferencia altamente significativa para los niveles factor (A) orientación posición, factor (B) tiempo y la interacción (AxB).

CUADRO 7. Análisis de varianza para la variable temperatura vespertina del suelo en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

F.V.	gl.	S.C.	C.M.	Fcal.	P F
Factor "A"	11	5962.25	542.022705	16.7679**	0.000
Error (a)	60	1939.50	37.325000		
Factor "B"	43	115344.50	2682.430176	863.6802**	0.000
Error (b)	215	667.75	3.105814		
AxB	473	8711.75	18.418076	7.3800**	0.000
Error	2365	5902.25	2.495666		
Total	3167	138528.00			

** Altamente significativo

La comparación de medias para el factor A (orientación-posición se divide en: una comparación de orientaciones y una comparación de posición dentro de la orientación.

Comparación de orientaciones.

En la prueba de comparación de medias de temperatura vespertina se observó que la orientación Noroeste-Sureste fué la que present´ el valor más alto siendo diferente estadísticamente a las orientaciones Este-Oeste, Noreste-Suroeste y Norte Sur; las orientaciones Este Oeste y Noreste-Suroeste resultaron estadísticamente iguales, pero estadísticamente diferentes a la orientación Norte-Sur siendo ésta la que presentó el valor más bajo.

Tabla 7. Comparación de medias de las orientaciones para la temperatura vespertina (4:00 PM) del suelo.

Orientación	Medias (°C)	
Noroeste Sureste	33.37	A
Este-Oeste	32.34	B
Noreste-Suroeste	31.96	B
Norte-Sur	30.61	C

Significancia = 5%
DMS= 0.57

En este experimento la temperatura vespertina del suelo es el resultado del calor acumulado a través del día hasta las 4:00 PM. Este proceso empieza al momento de la salida del sol, existiendo durante la mañana una temperatura del suelo mínima -

Tabla 1) comparada con la temperatura del suelo por la tarde (Tabla 7).

Los resultados obtenidos en la Tabla 1 comparados con los de la Tabla 7 muestran que solo hay diferencia en el comportamiento de las orientaciones. La máxima temperatura del suelo por la mañana (10:00 AM) se encontró en la orientación Noreste Suroeste, mientras que por la tarde (4:00 PM), se presentó en la orientación Noroeste Sureste. En las orientaciones Este este y Norte-Sur fueron similares en la mañana y en la tarde en cuanto al orden de la tabla.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Pendleton y Dungan (41), donde encontraron que no había diferencia significativa entre las orientaciones Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste, concluyendo que estos resultados eran intermedios entre las orientaciones Norte Sur y Este Oeste. También observaron que las intensidades de la luz fueron más altas a medio día en la orientación Norte-Sur que en la Este-Oeste, pero que estas fueron más bajas durante la mañana y la tarde.

Comparación de posición dentro de la orientación.

En la comparación de medias para la orientación Norte Sur, se encontró que las posiciones Lomo y Este fueron estadísticamente iguales, siendo diferentes a la posición Oeste (Tabla 8, - Figura 14).

Tabla 8. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Norte-Sur, para la variable temperatura vespertina del suelo.

Posición	Medias (°C)
Lomo	31.51 A
Sureste	30.69 A
Noroeste	29.64 B

Se encontró que en la orientación Noreste-Suroeste, la posición Lomo obtuvo la media más alta siendo estadísticamente diferente a las posiciones Sureste y Noroeste, siendo éstas dos últimas también estadísticamente diferentes (Tabla 9, Figura 15).

Tabla 9. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noreste-Suroeste, para la variable temperatura vespertina del suelo.

Posición	Medias (°C)
Lomo	33.44 A
Sureste	32.24 B
Noroeste	30.19 C

Nivel de significancia = 5%
DMS = 0.99

La posición donde se presentó la media más alta en la orientación Este-Oeste fue la posición Lomo, siendo estadísticamente diferente a las posiciones Sur y Norte, donde éstas dos últimas son estadísticamente iguales (Tabla 10, Figura 16).

Tabla 1 . Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Este-Oeste, para la temperatura vespertina del suelo.

Posición	Medias (°C)
Lomo	33.48 A
Sur	32.09 B
Norte	31.09 B

Nivel de significancia = 5°
MS = .99

En la comparación de medias para la orientación Noroeste-Sureste, se encontró que las posiciones Lomo y Suroeste fueron estadísticamente iguales, siendo la posición Lomo, estadísticamente diferente a la Noreste (Tabla 11, Figura 17).

Tabla 11. Comparación de medias para las posiciones dentro de la orientación Noroeste Sureste, para la variable temperatura vespertina del suelo.

Posición	Medias (°C)
Lomo	34.07 A
Suroeste	33.41 AB
Noreste	32.63 B

Nivel de significancia = 5°
DMS = 0.99

Con respecto a las exposiciones se observa que en la temperatura vespertina (4:00 PM) tienen un comportamiento similar con respecto a la temperatura matutina (10:00). Observándose

también que las exposiciones expuestas al Sur son las que presentaron las temperaturas con medias más altas, en relación a las expuestas al Norte donde se observaron las temperaturas más bajas. Estos resultados se compararon con los citados por Capella Ricci(9) en la Tabla 12.

Tabla 12 Comportamiento de la temperatura vespertina del suelo en las diferentes exposiciones, comparados con los citados por Capella Ricci 9 .

Orientación del surco	Posición	Temperatura Promedio	Resultados obtenidos	Resultados citados por Capella Ricci
NO SE	Suroeste	33.41	1	2
NO F	Noreste	32.63	2	
NE SO	Sureste	32.24	3	3
F	Sur	32.00	4	1
F-	Norte	31.09	5	8
N	Este	30.69	6	5
NE SO	Noroeste	30.19	7	6
N S	Oeste	29.64	8	4

5.3. Comparación de medias para semana

En la comparación de medias para el factor Tiempo (semanas), las medias se obtuvieron promediando las tres lecturas tomadas en la semana sobre las cuatro orientaciones, tres posiciones y seis repeticiones.

TEMPERATURA VESPERTINA
ORIENTACION N-S

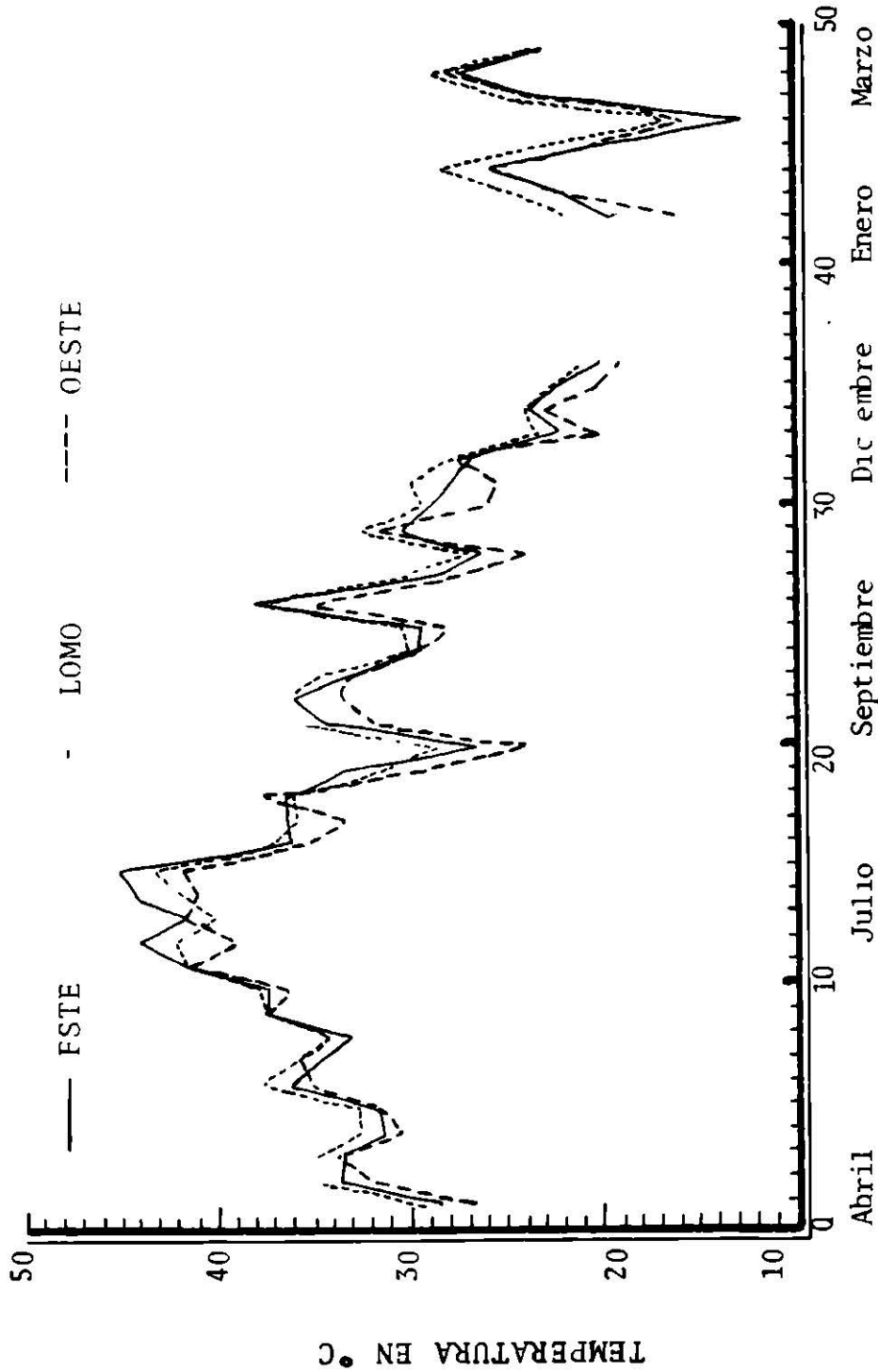


Figura 14. Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Norte Sur, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

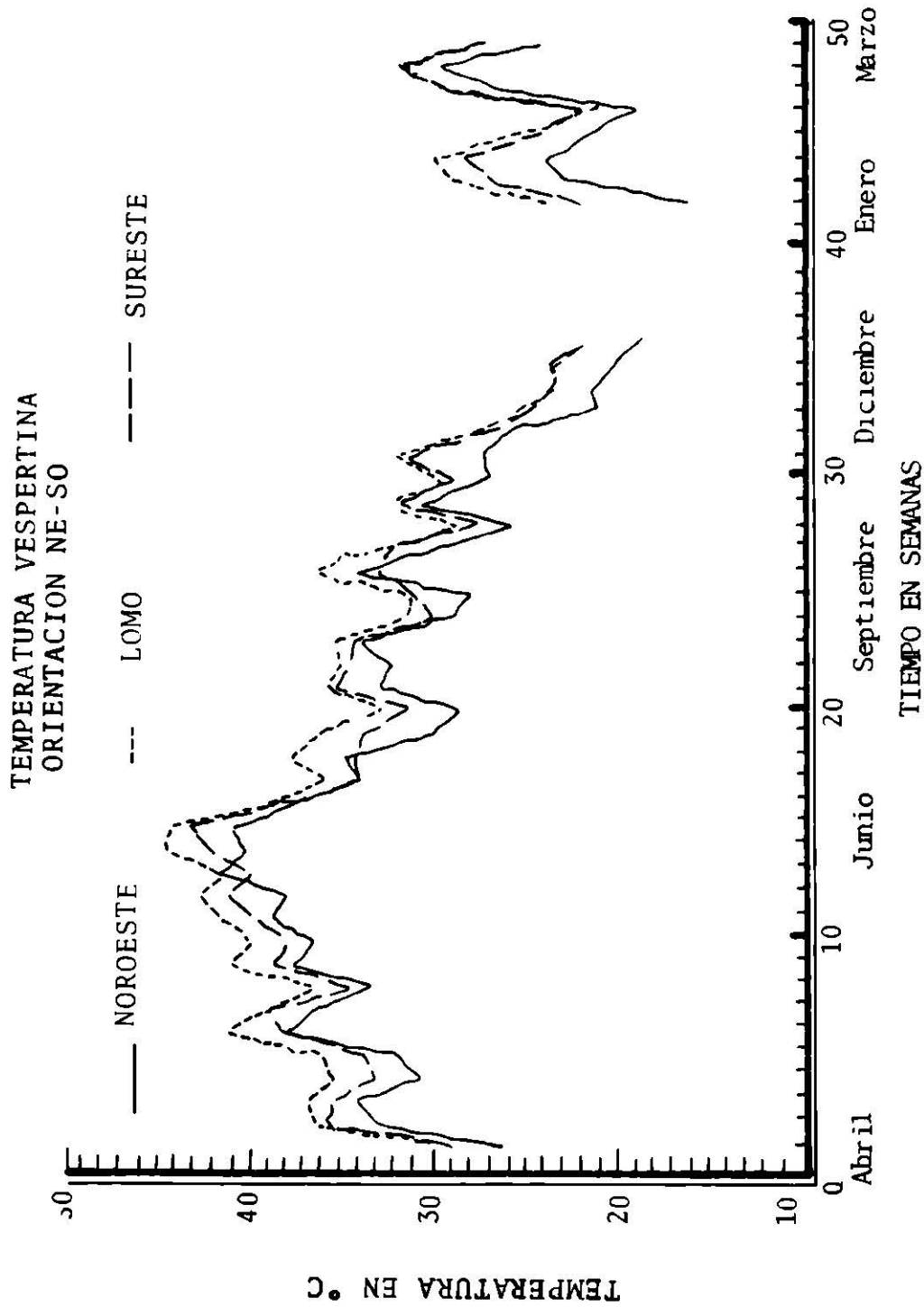
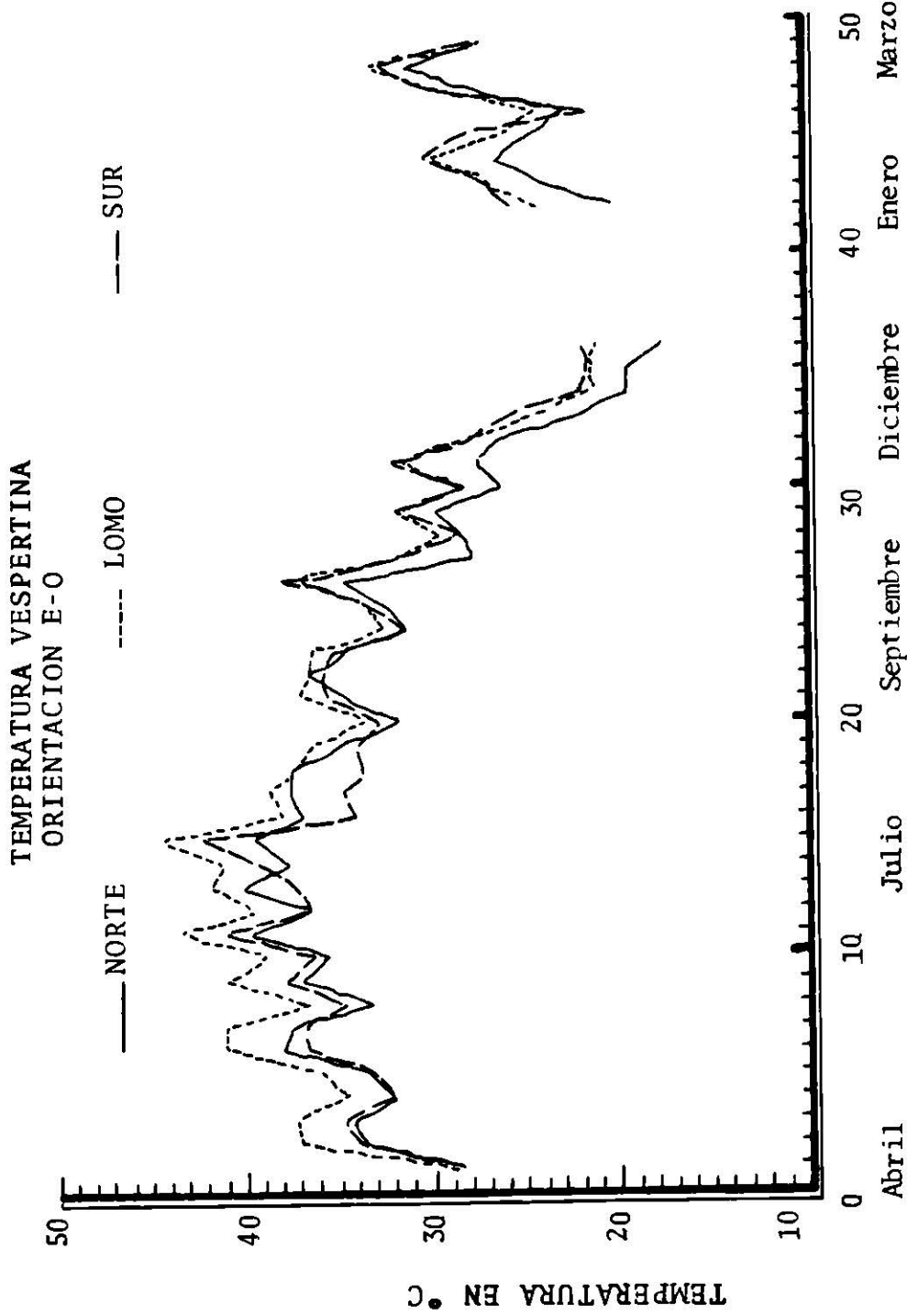


Figura 15. Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noroeste Suroeste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.



TIEMPO EN SEMANAS

Figura 16. Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Este Oeste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

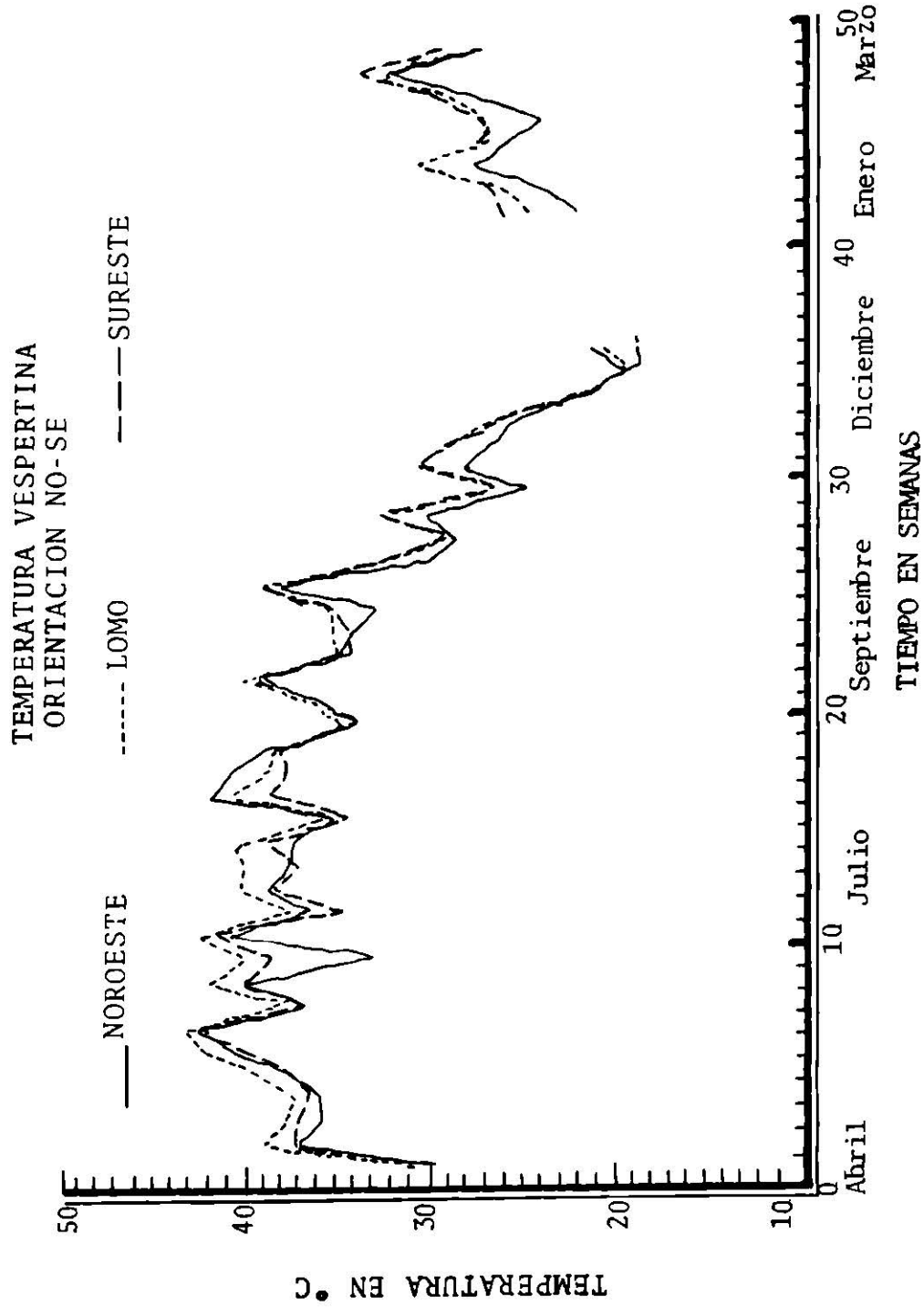


Figura 17. Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en cada una de las posiciones dentro de la orientación Noroeste-Sureste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo ar_cilloso en las cuatro estaciones del año.

Como se esperaba, existió una tendencia de la temperatura del suelo a presentar una variación tipo campana en el transcurso del tiempo, alcanzándose las mayores temperaturas del suelo en los meses donde se presentaron las temperaturas máximas ambientales (verano), disminuyendo en los meses más fríos (invierno). Como se sabe durante el verano la altura del sol sobre el horizonte tiende a incrementarse, provocando que los rayos solares incidan más perpendicularmente sobre el suelo y los días sean más largos en el verano, invirtiéndose esta tendencia en el invierno (Figura 18)

Esta tendencia se presentó con el mismo efecto en las temperaturas matutinas y vespertinas, donde la temperatura matutina mayor se presentó en el mes de agosto (semana 18) mientras que en la vespertina fué en el mes de julio (semana 15). Presentándose en el mes de enero (semana 36) la temperatura más baja para ambos casos (Figura 18).

Se observó que existe un período de calentamiento y un período de enfriamiento, siendo el primero a fines de febrero o en marzo y el segundo a fines de agosto o principios de septiembre, teniendo aproximadamente seis meses de duración (10).

5.4. Interacción orientación-posición y tiempo

Los resultados obtenidos indican que existe interacción entre las orientaciones y posiciones por semana, esto indicado por el hecho de que la diferencia de temperatura entre los tra-

TEMPERATURA MATUTINA Y VESPERTINA

— MINIMA
— MAXIMA

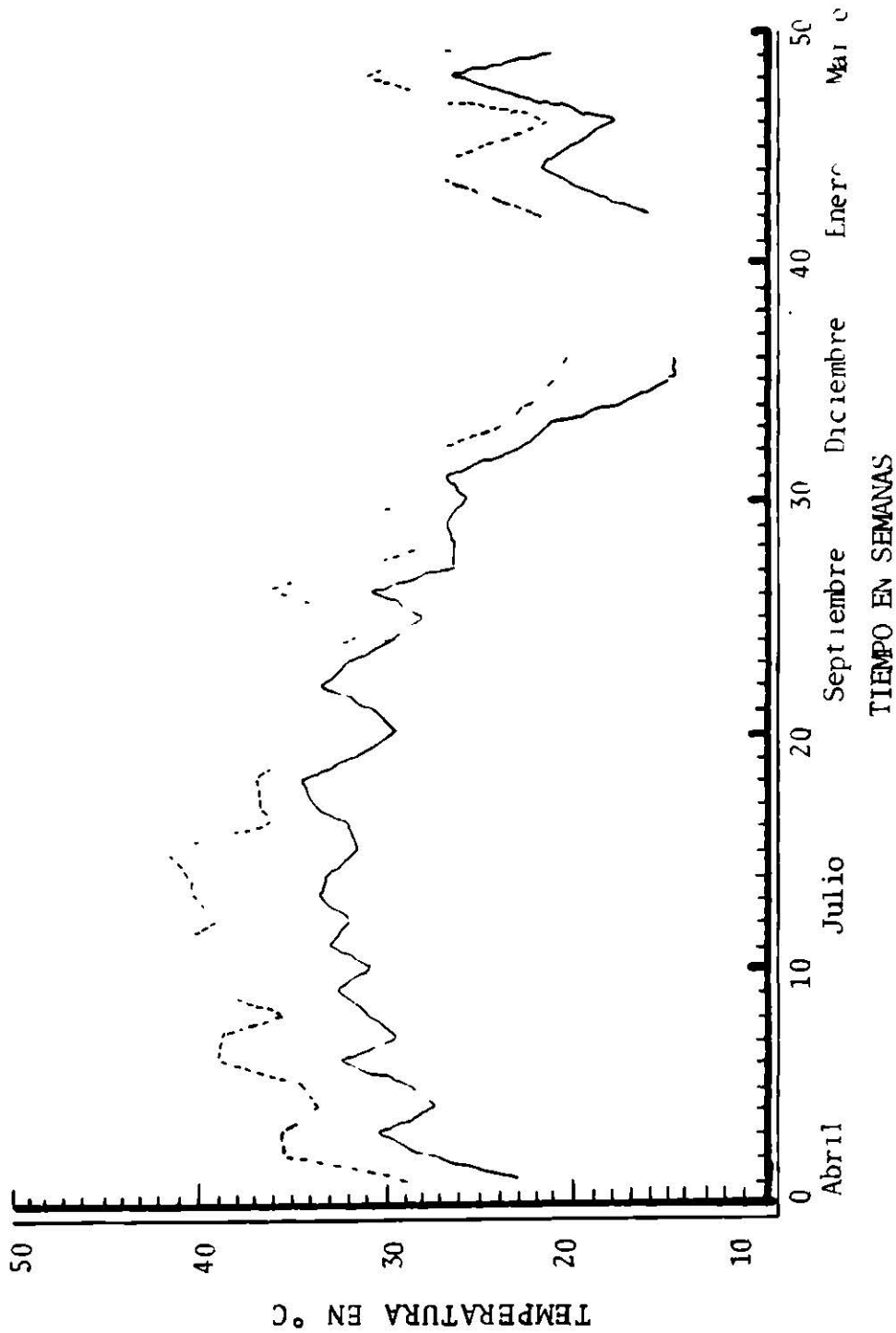


Figura 18. Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo a través del tiempo (semanas), en el experimento. Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

tamientos no fué la misma en todas las semanas.

El estudio de la interacción orientación-posición (Norte Sur, Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noroeste-Sureste); en la temperatura matutina y vespertina del suelo se hizo por medio de las gráficas que se presentan en las Figuras 19 y 20.

En el período de primavera (1989) la temperatura del suelo más baja se observó en la orientación Norte-Sur, siendo la Noroeste-Sureste la que presentó la temperatura más alta. Las orientaciones Noreste-Suroeste y Este-Oeste mostrarán temperaturas intermedias en comparación con las anteriores orientaciones, comportándose igual para ambas variables. Al llegar el verano la temperatura del suelo en la orientación Norte-Sur aumenta paulatinamente sobrepasando a las demás orientaciones, teniendo que hay una disminución en la temperatura del suelo en la orientación Noroeste-Sureste.

Para el otoño hay de nuevo una disminución de la temperatura en la orientación Norte-Sur, existiendo un aumento en las demás orientaciones teniendo que la orientación Noroeste-Sureste es la de mayor temperatura, pero existiendo muy poca diferencia entre las otras dos orientaciones (Noreste-Suroeste y la Este-Oeste); permaneciendo el fenómeno igual hasta llegar el invierno donde no hubo ninguna variación en los comportamientos de las orientaciones.

Para el inicio del ciclo de primavera (1990), la orientación Norte-Sur mostró una disminución en la temperatura del suelo, donde las orientaciones Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noro

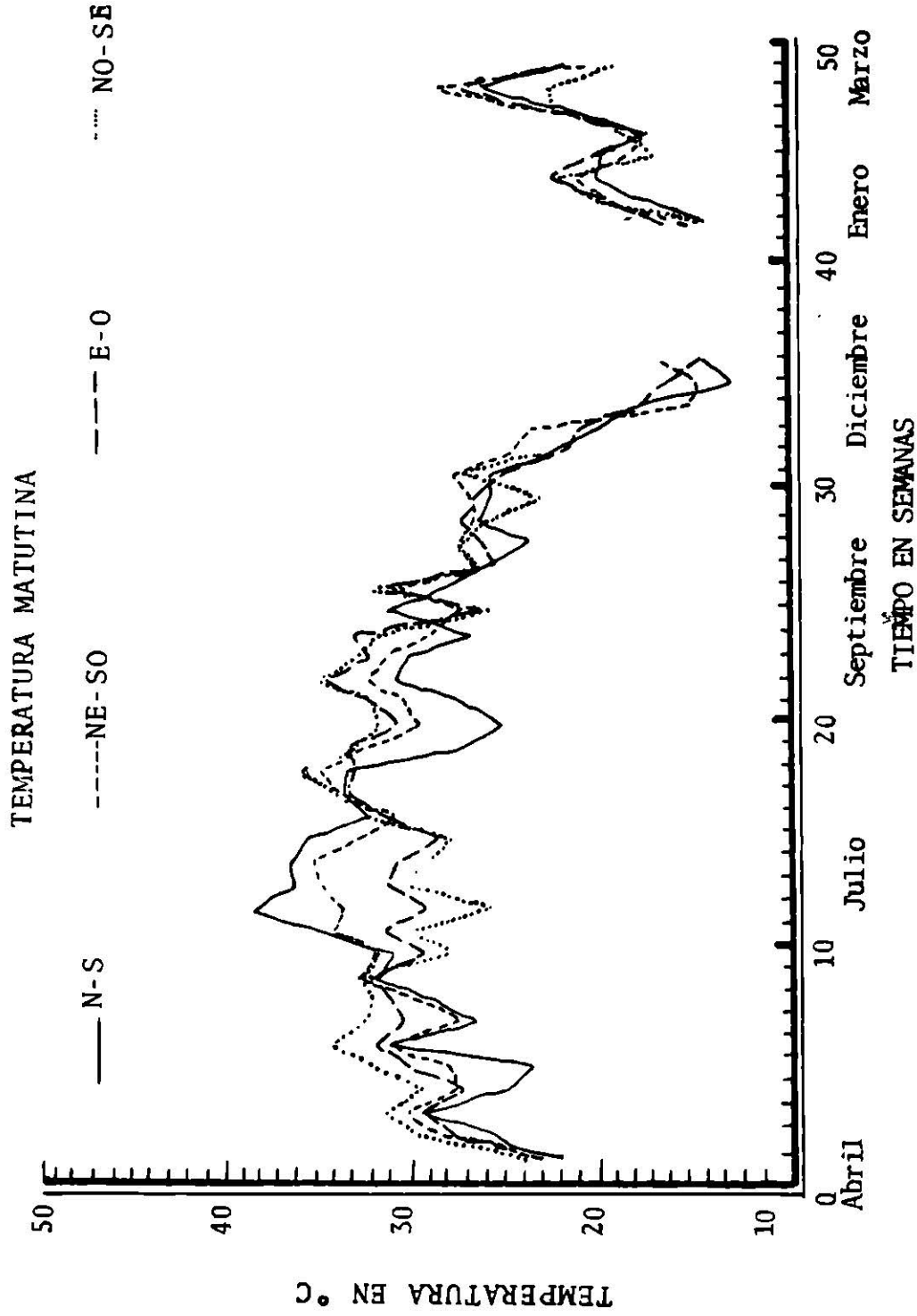


Figura 19. Comportamiento observado de la temperatura matutina del suelo en la interacción de las orientaciones y el tiempo, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

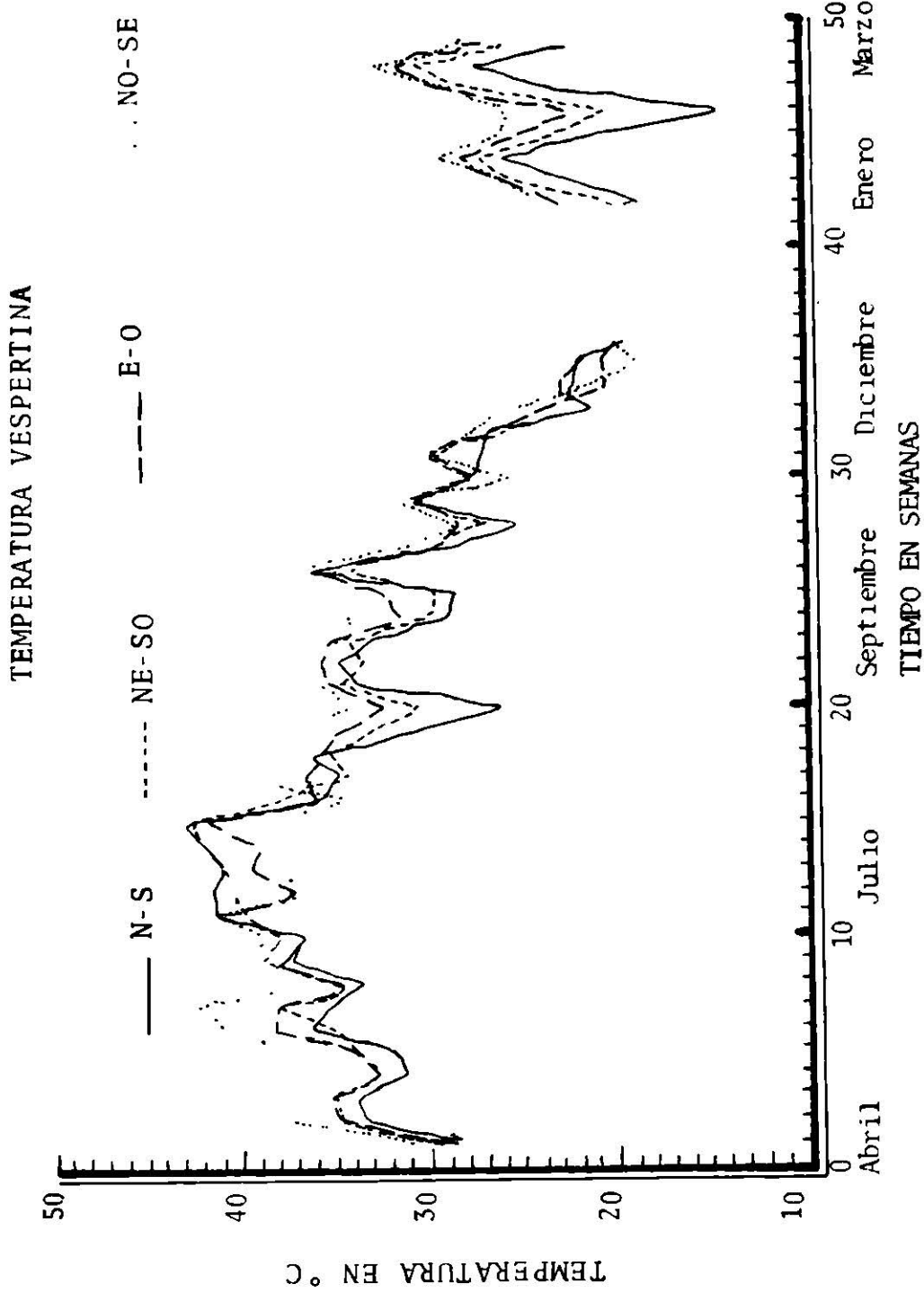


Figura 20. Comportamiento observado de la temperatura vespertina del suelo en la interacción de las orientaciones y el tiempo, en el experimento Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

este-Sureste no mostraron mucha variación en su comportamiento; presentando una temperatura similar. En el período de primavera la orientación Noreste-Suroeste es la más recomendada para la siembra de cultivos. Cabe mencionar que la orientación Noroeste-Sureste y Este-Oeste presentaron en promedio temperaturas más elevadas durante el desarrollo del experimento, sin embargo las diferencias existentes entre la temperatura matutina del suelo (10:00 AM) y la vespertina (4:00 PM) son más amplias (6.30° y 5.26 °C) en comparación con la orientación Noreste-Suroeste que presentó una diferencia menor (4.81 °C) Cuadro 8.

En cuanto a las exposiciones, la Sureste mostró la segunda temperatura del suelo más elevada observándose de nuevo que las diferencias entre la temperatura matutina y vespertina del suelo son menores, en relación a las exposiciones Suroeste y Noreste, donde existieron altas temperaturas del suelo; pero sus diferencias existentes entre la mañana y la tarde son más altas Cuadro 8.

En el verano donde se observó un aumento en la temperatura del suelo influenciada por las elevadas temperaturas ambientales; la orientación Noroeste-Sureste es la más recomendada para la siembra, donde existió una disminución en la temperatura del suelo la cual sería más favorable para el desarrollo de los cultivos. Siendo la exposición Noreste la más propicia dentro de esta orientación.

Para el ciclo de invierno se recomendaría las orientaciones Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noroeste-Sureste con sus res

pectivas exposiciones (Sureste, Sur y Suroeste) en las cuales presentaron las temperaturas más altas.

CUADRO 8. Comportamiento observado de la temperatura promedio - del suelo en las diferentes orientaciones y exposiciones, así como las diferencias existentes entre la temperatura matutina y vespertina en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

Orientación	Media °C	Diferencia °C
Noroeste-Sureste	30.22	6.30
Este-Oeste	29.71	5.26
Noreste-Suroeste	29.69	4.81
Norte-Sur	28.62	3.97
Exposición	Media °C	Diferencia °C
Suroeste	30.17	6.47
Sureste	29.83	4.81
Noreste	29.73	5.79
Sur	29.48	5.22
Este	29.02	3.33
Noroeste	28.42	4.24
Norte	28.97	4.24
Oeste	27.80	3.67

Cada uno de los comportamientos individuales observados durante la mañana (10:00 AM) y la tarde (4:00 PM) en la temperatura del suelo en cada una de las orientaciones antes mencionadas se presentan en las Figuras 21, 22, 23 y 24.

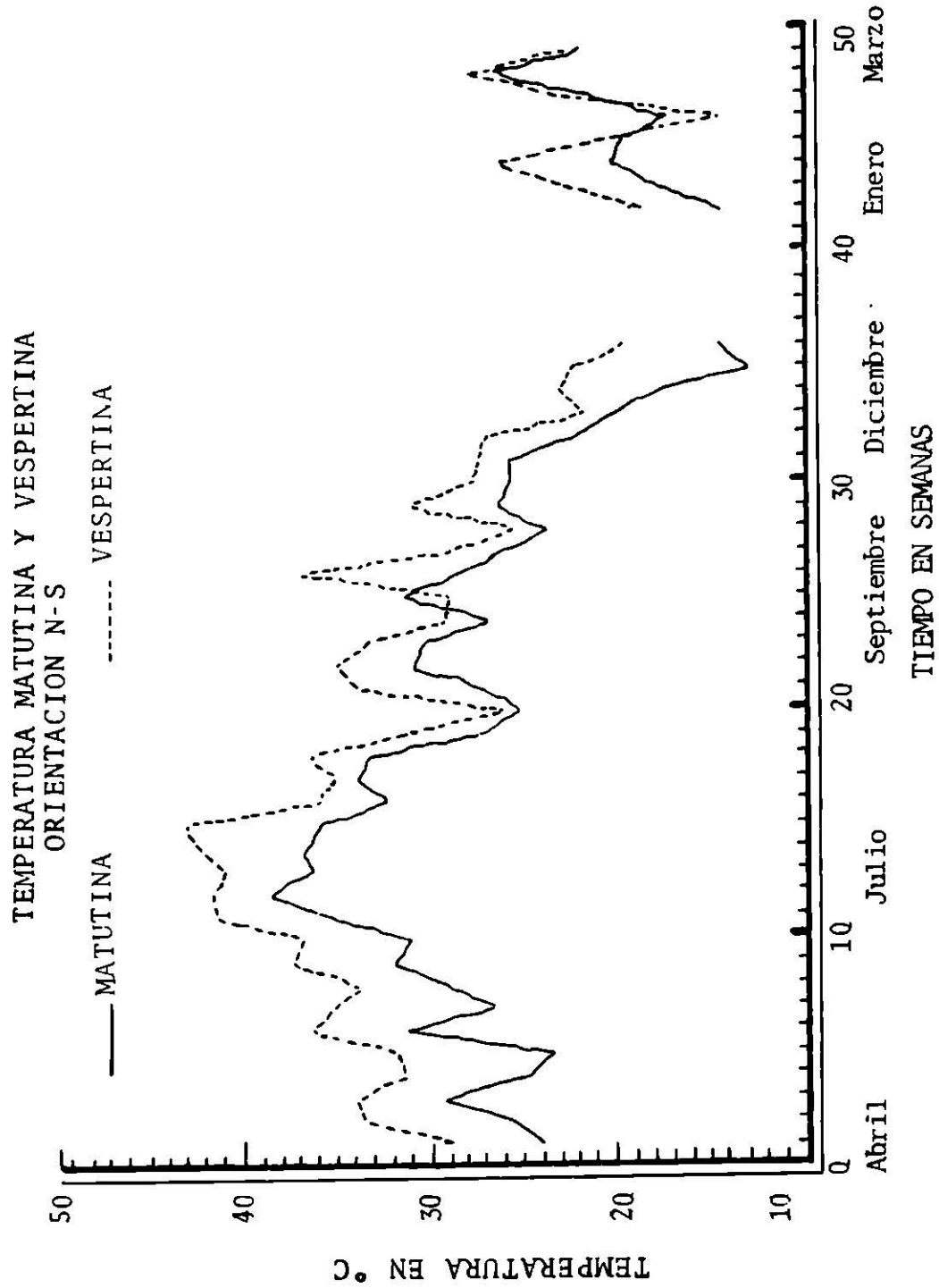


Figura 21. Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Norte-Sur, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

TEMPERATURA MATUTINA Y VESPERTINA
ORIENTACION NE SO

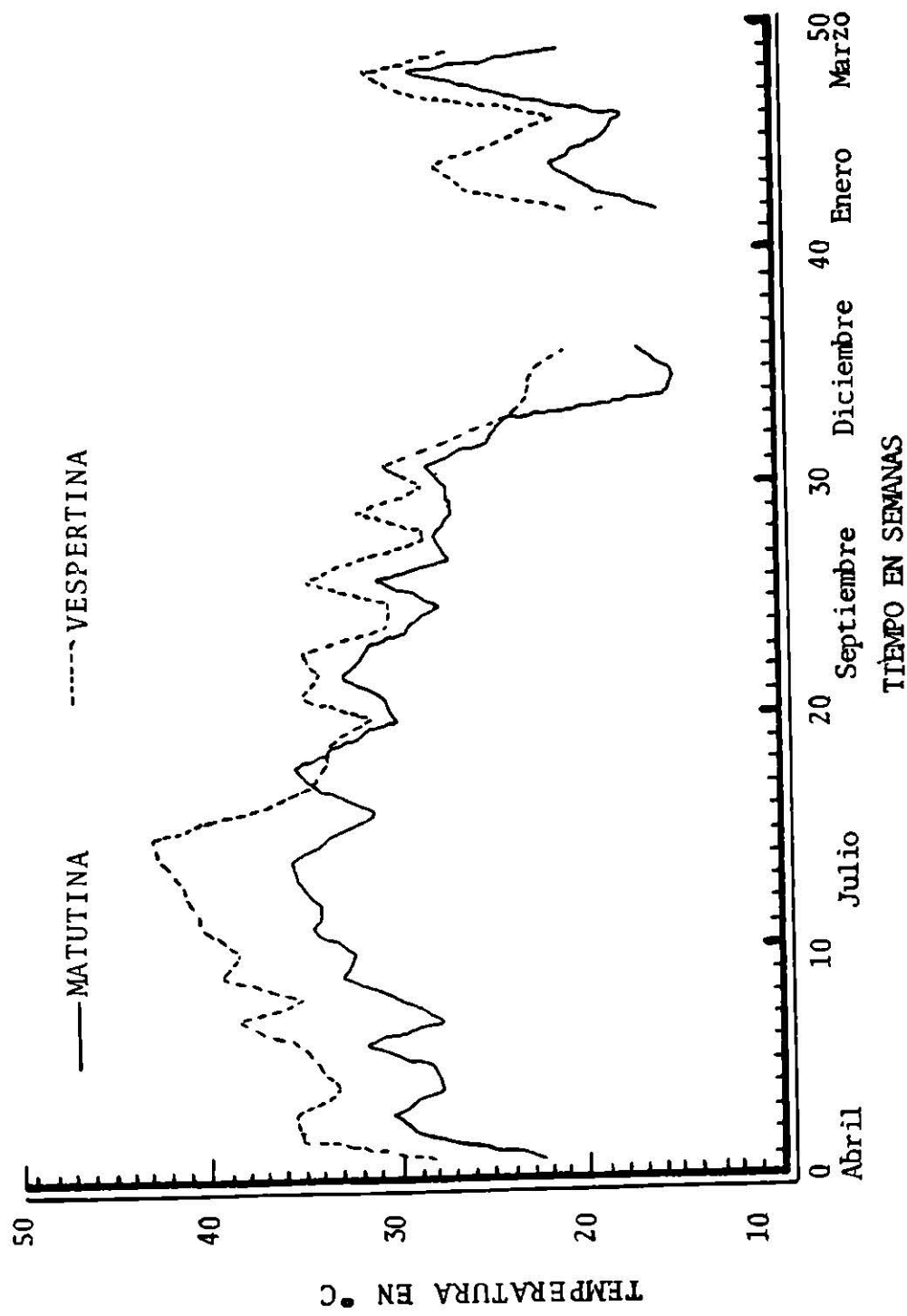


Figura 22. Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Noreste-Suroeste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

TEMPERATURA MATUTINA Y VESPERTINA
ORIENTACION E-O

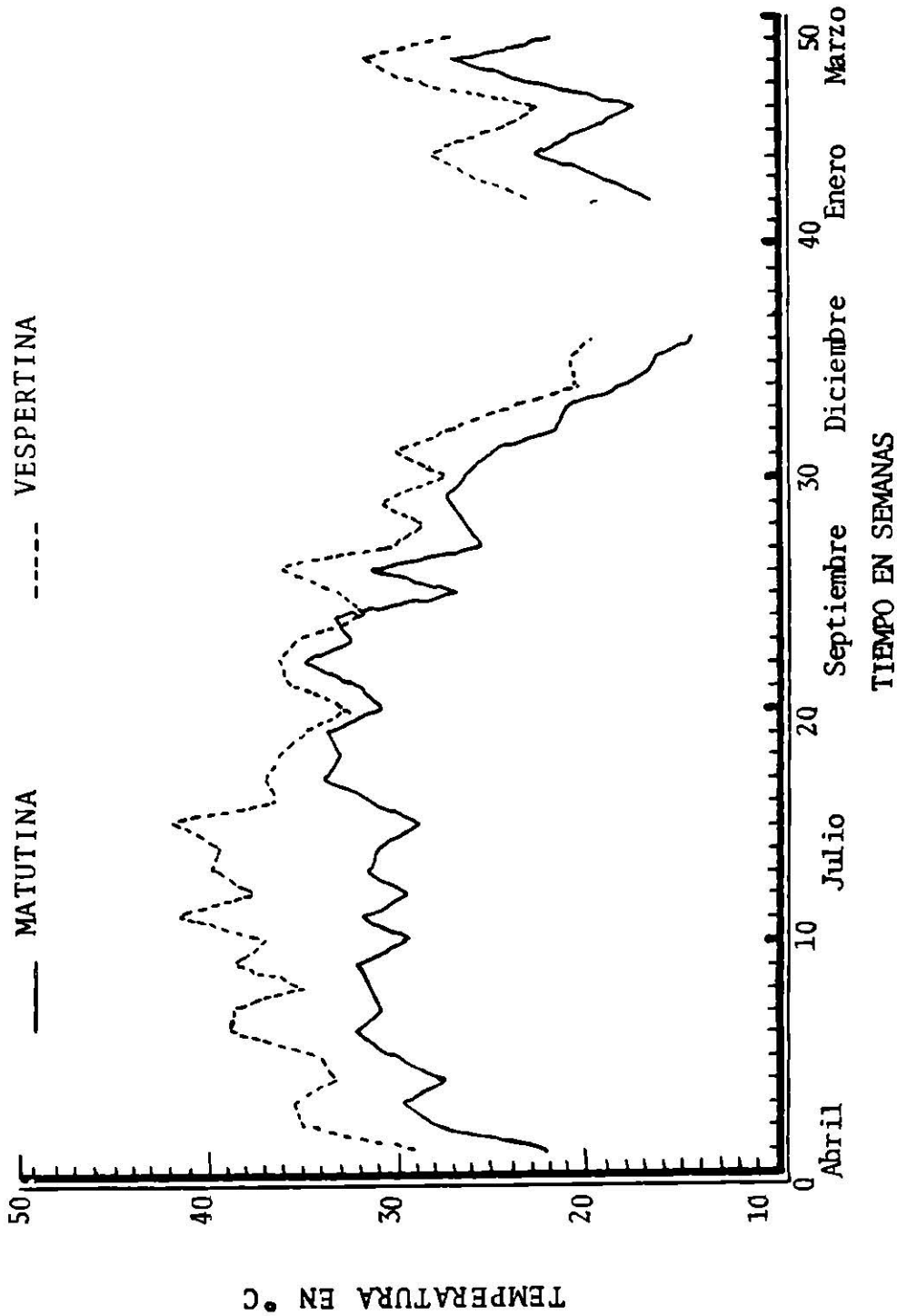


Figura 23. Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Este-Oeste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

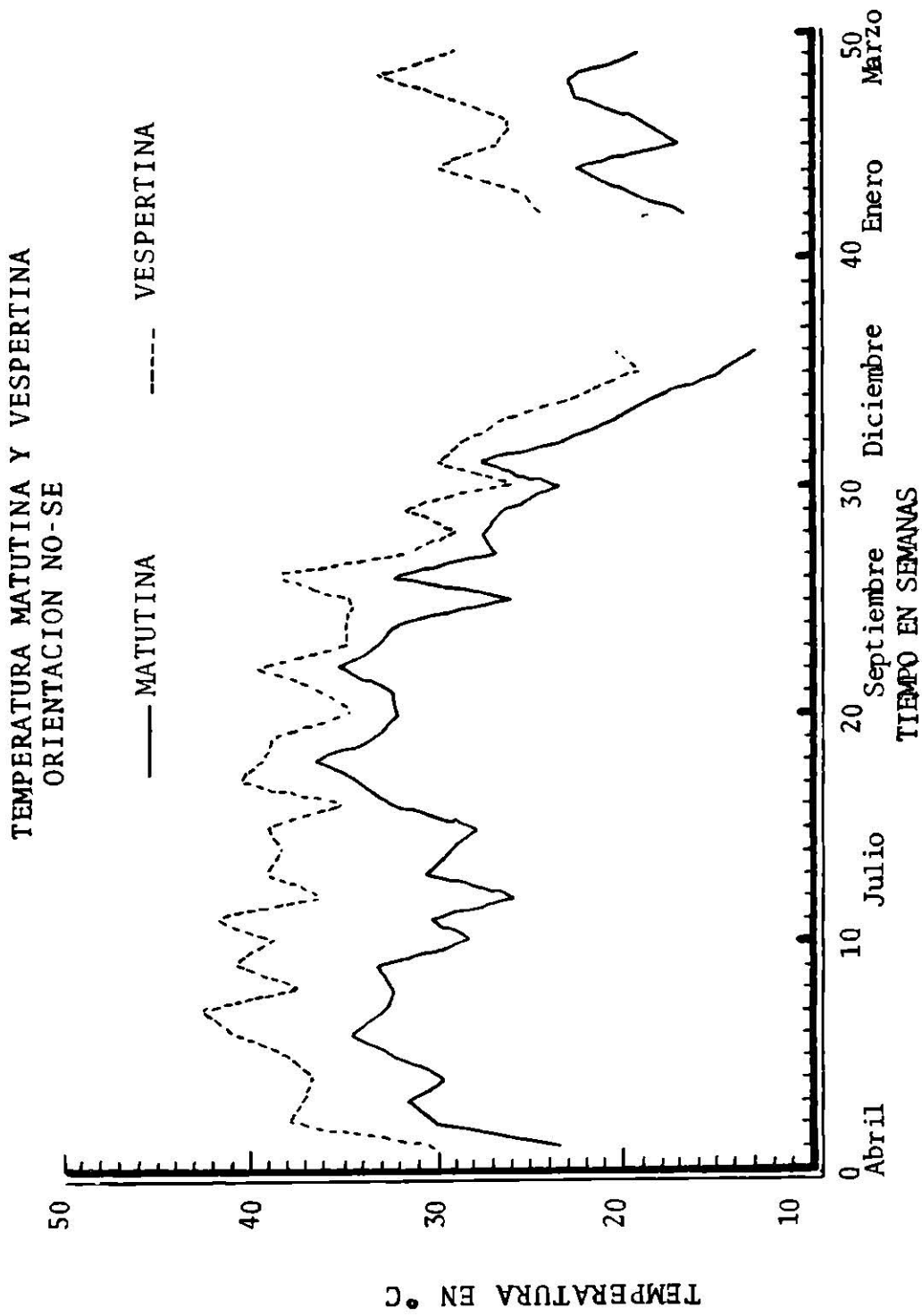


Figura 24. Comportamiento observado de la temperatura matutina y vespertina del suelo dentro de la orientación Noroeste-Sureste, en el experimento: Influencia de cuatro orientaciones de surcado en la temperatura de un suelo arcilloso en las cuatro estaciones del año.

5.5. Modelo de predicción de la temperatura del suelo

Para encontrar un modelo de predicción para estimar la temperatura del suelo en función de las temperaturas ambientales - se hicieron análisis de regresión utilizando 10 modelos diferentes. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Modelo 1.

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

X1 = Temperatura máxima del día

X2 = Temperatura mínima del día

Modelo estimado:

$$Y = 7.66863 + 0.48675 X_1 + 0.37185 X_2$$

$$R^2 = 0.78722$$

Modelo 2.

$$Y = B_0 + B_1 X_3 + B_2 X_4$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

X3 = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos.

X4 = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos.

Modelo estimado:

$$Y = 7.58517 + 0.51106 X_3 + 0.34404 X_4$$

$$R^2 = 0.74649$$

Modelo 3.

$$Y = B_0 + B_1 X_5 + B_2 X_6$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

X5= Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos

X6= Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 8.69366 + 0.44552 X_5 + 0.39498 X_6$$

$$R^2 = 0.68931$$

Modelo 4.

$$Y = B_0 + B_1 Z_1$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Z_1 = (X_1 + X_2)/2$$

X1= Temperatura máxima del día

X2= Temperatura mínima del día

Modelo estimado:

$$Y = 8.12893 + 0.87111 (X_1 + X_2)/2$$

$$R^2 = 0.78552$$

Modelo 5.

$$Y = B_0 + B_1 Z_2$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Z_2 = (X_3 + X_4)/2$$

X₃ = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos.

X₄ = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 8.40039 + 0.86613 (X_3 + X_4)/2$$

$$R^2 = 0.7426$$

Modelo 6.

$$Y = B_0 + B_1 Z_3$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Z_3 = (X_5 + X_6)/2$$

X₅ = Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos

X₆ = Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 8.95344 + 0.84381 (X_5 + X_6)/2$$

$$R^2 = 0.68890$$

Modelo 7.

$$Y = B_0 + B_1 Q_1$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Q_1 = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)/6$$

X1 = Temperatura máxima del día

X2 = Temperatura mínima del día

X3 = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos

X4 = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos

X5 = Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos

X6 = Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 6.45643 + 0.94424 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)/6$$

$$R^2 = 0.81052$$

Modelo 8.

$$Y = B_0 + B_1 Q_2$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Q_2 = (X_3 + X_4 + X_5 + X_6)/4$$

X3 = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos

X4 = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos

X5 = Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos

X6 = Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 7.47351 + 0.90461 (X3 + X4 + X5 + X6)/4$$

$$R^2 = 0.75690$$

Modelo 9.

$$Y = B_0 + B_1 Q_3 + B_2 Q_4$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Q_3 = (X1 + X3 + X5)/3$$

$$Q_4 = (X2 + X4 + X6)/3$$

X1 = Temperatura máxima del día

X2 = Temperatura mínima del día

X3 = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos

X4 = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos

X5 = Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos

X6 = Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 5.19580 + 0.59247 \frac{(X1+X3+X5)}{3} + 0.37185 \frac{(X2+X4+X6)}{3}$$

$$R^2 = 0.81649$$

Modelo 10.

$$Y = B_0 + B_1 Q_5 + B_2 Q_6$$

Donde:

Y = Temperatura del suelo

$$Q_5 = (X3 + X5)/2$$

$$Q_6 = (X4 + X6)/2$$

X3 = Temperatura máxima de un día antes de la toma de datos

X4 = Temperatura mínima de un día antes de la toma de datos

X5 = Temperatura máxima de dos días antes de la toma de datos

X6 = Temperatura mínima de dos días antes de la toma de datos

Modelo estimado:

$$Y = 6.99536 + 0.49789 \frac{(X3+X5)}{2} + 0.39969 \frac{(X4+X6)}{2}$$

$$R^2 = 0.76806$$

Los modelos uno, dos y tres relacionan la temperatura del suelo con la temperatura ambiental máxima y mínima del día en que se tomó la temperatura del suelo, un día antes y dos días antes, respectivamente. Los coeficientes de determinación para los modelos uno, dos y tres fueron 0.78722, 0.74649 y 0.68931, respectivamente, lo que indica que la temperatura ambiental del día actual explica mejor la temperatura del suelo que la temperatura de los días anteriores.

Los modelos cuatro, cinco y seis son similares a los modelos uno, dos y tres, pero en estos modelos se consideran el promedio de la temperatura ambiental máxima y mínima. Los coeficientes de determinación con los modelos cuatro, cinco y seis son ligeramente menores (0.78552, 0.74226 y .68890) que los coeficientes encontrados con los modelos uno, dos y tres.

El modelo siete considera como variable independiente al promedio de la temperatura ambiental máxima y mínima del día actual y los días anteriores. En este modelo se encontró un mayor coeficiente de determinación comparado con el modelo uno (solo considera la temperatura actual), lo que indica que la temperatura ambiental de los días anteriores también influye en

la temperatura del suelo.

El modelo 9 es similar al modelo siete, pero en éste se -- consideran dos variables independientes: el promedio de las temperaturas máximas de los tres días y el promedio de la temperatura mínima de los tres días, el coeficiente de determinación - para este modelo (0.81649) fué ligeramente mayor que para el modelo siete pero esto es debido a que considera dos variables independientes y el modelo siete considera una variable indepen--diente.

Los modelos ocho y diez consideran la temperatura de los - dos días anteriores. Los coeficientes de determinación para estos modelos fueron 0.75690 y 0.75806, respectivamente.

De estos resultados se concluye que el modelo que mejor explica la temperatura del suelo es el modelo siete.

$$Y = 6.45643 + 0.94424 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6) / 6$$

La gráfica del modelo siete se observa en la Figura 25.

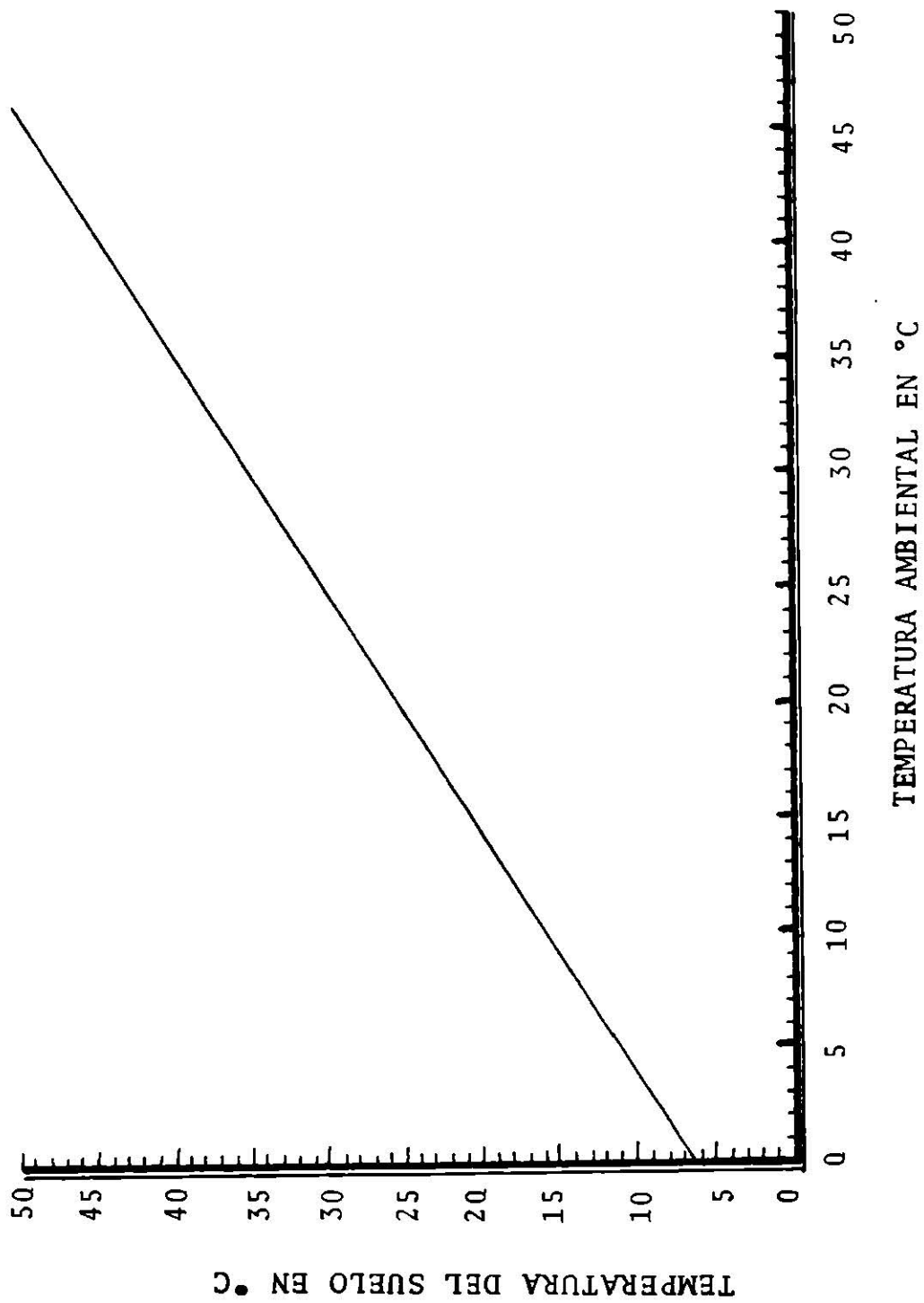


Figura 25. Representación gráfica de la temperatura del suelo obtenida mediante el modelo número siete.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones ambientales y de manejo en que este estudio se desarrolló se concluye lo siguiente:

- El factor orientación y exposición de surcado afectó la condición de temperatura del suelo.
- En las orientaciones Noreste-Suroeste, Este-Oeste y la Noroeste-Sureste se observaron las temperaturas más altas; existiendo muy poca diferencia entre ellas, teniendo que la orientación Noroeste Sureste en los períodos de primavera (1989) y el de otoño (1989) fue mayor a las otras dos orientaciones.
- En la orientación Norte-Sur, durante el desarrollo del experimento, presentó en promedio la temperatura más baja.
- Para el período de primavera (1990) se observó que la orientación Noroeste-Sureste mostró mayor temperatura del suelo, pero existió poca diferencia entre esta orientación y las orientaciones Noreste-Suroeste y Este-Oeste.
- La orientación más recomendada para la siembra en el ciclo temprano es la Noreste-Suroeste por presentar menores diferencias entre la temperatura matutina y vespertina del suelo, siendo la exposición Sureste la más propicia dentro de esta orientación.
- Para el ciclo de verano la orientación Noroeste-Sureste (exposición Noreste) es la más recomendada para la siembra debido a que existió una disminución en la temperatura del suelo la

cual sería favorable para el desarrollo de los cultivos.

- Para el invierno las orientaciones recomendadas serían las -- Noreste-Suroeste, Este-Oeste y Noroeste-Sureste (con sus expo-
siciones Sureste, Sur y Noreste).
- Se observó en general que las exposiciones que se encuentran al Sur son más calientes que las expuestas al Norte.
- El modelo presentado es el más recomendado para la estimación de la temperatura del suelo el cual considera solo una variable independiente.

$$Y = 6.4563 + 0.94424 (X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6)/6$$

- En cuanto al sistema de operación del aparato para medir la - temperatura del suelo se encontró que su utilidad fue la adecuada, siendo un sistema rápido y exacto en la toma de los da
tos. Sin embargo se puede mejorar el diseño para un uso más-
prolongado y duradero.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Acevedo S., F.J. 1979. Influencia de la radiación solar y - otros componentes del microclima sobre el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) asociado con maíz (Zea mays)- Resúmenes Analíticos sobre Frijol, CIAT. IV, pp. 97.
2. Acosta F., J. 1986. Apuntes de Productividad Agropecuaria - III y IV, Fitotecnia. Facultad de Agronomía Universidad - Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México.
3. Alsina G.L. 1976. Horticultura General. Editorial Síntesis, S.A. Barcelona, España. pp. 7-10.
4. Baver L., D. et al. 1980. Física de Suelos. Editorial UTEHA, S.A. México, D.F. pp. 267-297.
5. Bonclarell, F. 1979. Agronomía. Editorial Academia. León, - España. pp. 17 21.
6. Buckman H., O. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Manter y Simon. Barcelona, España. pp. 266-275.
7. Cantú S., I. 1982. Influencia del microambiente sobre el comportamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en 6 arreglos topológicos de asociación con maíz (Zea mays L.). Tesis profesional. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León. pp. 115-118.

8. Willse C., W. 1966. Cultivos: Aclimatación y distribución.- Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 194-241.
9. Capella, R.J. 1976. Principios de agricultura. Vol. #1. Editorial Síntesis. Barcelona, España. pp. 48-49.
10. Collis G., H. 1982. Suelos, atmósfera y fertilizantes. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 10-45.
11. Crandall P., C. et al. Effect of row width and direction, and mist irrigation on the microclimate of bush beans. -- Horstscience. 6. (4): 345-347.
12. Díaz, 1988. Memorias del curso uso de los plásticos como -- arropado del suelo para la producción Agrícola. S.A.R.H: PRONAPA. Gómez Palacios, Dgo. México. pp. 45-67.
13. Demolon, A. 1965. Dinámica de los suelos. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. Vol. #1. pp. 254-268.
14. Demolon, A. 1972. Crecimiento de vegetales cultivados, principios agronómicos. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. Tomo #2. pp. 42-45.
15. Departamento de Agricultura de los E.U.A. 1962. Producción de semillas. Editorial Continental, S.A. México, D.F. pp. 194-196.

16. Dhingra K., K. et al. 1986. Effect of row orientation on --- growth, yield and yield attributes of wheat sown on tree-date. J. of Agric. Sci. Camb. 107: 343-346.
17. Diehl, R. et al. 1978. Fitotecnia General. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 13-30.
18. Donahue L., R. et al. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Prentice/Hall, Internacional. México, D.F. pp. 64-67.
19. Ducaufou, P. 1975. Manual de Edafología. Editorial Toray Masson. Barcelona, España. pp. 80-83.
20. Fitzpatrick E., A. 1979. Introducción a la ciencia del suelo. Editorial Publicaciones Culturales. México, D.F. pp.-14-19.
21. Font H., D. et al. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Buenos Aires, Argentina. pp. 76-81.
22. Frederich, H. 1970. Edafología Tropical. Editorial Herrera-Hermanos Sucesores, S.A. México, D.F. pp. 212-253.

23. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. U.N.A.M. México, D.F. pp. 7-15.
24. Garre, A.L. 1968. Manual de Agricultura. Editorial Salvat, S.A. Barcelona, España. Vol. #1. pp. 322-325.
25. Gaucher, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Editorial Omega. Barcelona, España. pp. 290-303.
26. Gavande, S.A. 1972. Física de los suelos, principios y aplicaciones. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 131-155.
27. Gilbert, W.R. et al. 1960. Los suelos. Editorial Omega. -- Barcelona, España. pp. 226-231.
28. González, N.J. 1984. Efecto del encostramiento de los suelos en la germinación y emergencia de las plantas. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. México. pp. 14-15.
29. Grimaldi, A. 1969. Agronomía. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 21-22.
30. Guerra, G.J.A. y García, S.J.M. 1985. Prueba comparativa de cuatro fertilizantes químicos nitrogenados y una capa específica de Rhizobium phaseoli en frijol (Phaseolus vulgaris).

- ris L.) Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. México. pp. -- 43-44.
31. Hartman H., T. 1971. Propagación de Plantas. Editorial -- Continental, S.A. México, D.F. pp. 160-162.
32. Henin, S. et al. 1972. El Perfil Cultural. Editorial Mundi- Prensa. Madrid, España. pp. 116-121.
33. Kramer J., P. 1974. Relaciones hídricas de suelo y planta. Editorial Edutex. México, D.F. pp. 160-273.
34. Lerch, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológi- cas y agrícolas. Editorial La Habana, Cuba. pp. 74-85.
35. Maiti, R. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del - sorgo. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de -- Nuevo León. Monterrey, N.L. México. pp. 59-60; 242.
36. Mosqueira R., S. 1972. Física Elemental. Editorial Patria, S.A. México, D.F. pp. 208.
37. Mortera, U.F. 1988. Respuesta a altas y bajas temperaturas en la etapa de plántula en mijo perla (Pennisetum ameri- canum (L.)Leeke). Tesis Profesional. Facultad de Agrono- mía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. Mé- xico. pp. 14-15.

38. Mutsaers, W.J.H. 1980. The effect of row orientation date - and latitude on light absorption by row crops. J. of ---- Agric. Sci. Comb. 95:381-386.
39. Ortiz S., C.A. 1984. Elementos de Agrometeorología Cuánti-- ca, Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Cha-- pingo. Chapingo, México. pp. 3-43.
40. Palmer, W.J. 1989. The effects of row orientation tree hei- ght, time of year and latitude on light interception and- distribution in model apple hedgerow canopies. J. of Hor- ticultural Sci. 64. (2): 137-145.
41. Pendleton, J.W. and G.H. Dungan. 1958. Effect of row direc- tion on spring oat yields. Agron. J. 50. (6): 341-343.
42. Phillips, R.E. et al. 1986. Agricultura sin laboreo, princi- pios y aplicaciones. Editorial Bellaterra, S.A. Barcelona España. pp. 18-21.
43. Quintero, G. et al. 1980. Suelos. Editorial "Rene Meneses"- del Comb Poligrafo "José Maceo". La Habana, Cuba. pp. --- 222-229.
44. Rusell, E.J. 1959. Las condiciones del suelo y el desarro-- llo de las plantas. Editorial Aguilar. Madrid, España. -- pp. 406-414.

45. Salazar, H. 1990. "Llegó la Primavera". El Norte. Monte---
rrey, N.L. 22 Marzo de 1990. pp. 27-A.
46. Sánchez, S.D. et al. 1988. Orientación del surco y comporta
miento agronómico del frijol (Phaseolus vulgaris L.). ---
Agrociencia. 74: 23-33.
47. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1981. Se-
minarios Técnicos. SARH-CIAN. Vol. 6. No. 17. Comarca La-
gunera, México. pp. 235-249.
48. Secretaría Educación Pública. 1988. Manuales para educación
agropecuaria. Area de Producción Vegetal. (Manuales No. 8,
9, 10, 12, 16, 17, 18). Editorial Trillas. México, D.F.
49. Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Síntesis --
Geográfica de Nuevo León. INEGI. México, D.F.
50. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1963. Algunos aspectos-
de la aplicación de la meteorología a la ciencia del sue-
lo y a la agronomía. S.R.H. México, D.F. Memorandum Técni-
co. No. 197. pp. 1-17.
51. Splilttstoesser, W.E. 1990. Vegetable growing hand book. Ed
An Avi Book Van Nostrand Reinhold. New York, E.U.A. pp. -
51.

52. Tanner, C.B. et al.. 1960. Radiant energy exchange in a corn field. Agron. J. 52. (7): 373-379.
53. Teuscher, H. Rudolph, A. 1968. El suelo y su fertilidad. Editorial CFCSA. México, D.F. pp. 182-185.
54. Thompson, L M 1966. El suelo y su fertilidad. Editorial Reverte. Barcelona, España. pp. 38-41.
55. Tiscornia, J.R. 1974. La Huerta. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. pp. 26.
56. Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTEHA, S.A. México, D.F. pp. - 38-43.
57. Universidad Nacional Autónoma de México. 1987. Anuario del Observatorio Nacional. Editorial U.N.A.M. México, D.F. -- pp. 165.
58. Yao, A.Y.M. and R.H. Shaw. 1964. Effect of plant population and planting pattern of corn on the distribution of net radiation. Agron. J. 56(2): 165-169.
59. Zúñiga, E.L. 1989. La radiación solar. Agro Mundo. Año #2.- Vol. #14. pp. 32-33.

FE DE ERRATAS

<u>UBICACION</u>	<u>DICE</u>	<u>DEBE DECIR</u>
Página 5, segundo párrafo	(5,36)	(29,36)
Página 5, tercer párrafo	(5,26)	(29,26)
Página 6, primer párrafo	(5,6)	(29,6)
Página 8, primer párrafo	ascendente	ascendente
Página 8, primer párrafo	(5,36)	(29,36)
Página 8, cuarto párrafo	(5)	(29)
Página 57, tercer párrafo	(Alsina 3, Garre 24, Grimaldi 29)	(Alsina 3, Garre 24, Bonclarell 5)
Página 92, primer párrafo	(con sus exposiciones Sureste, Sur y Noreste)	(con sus exposiciones Sureste, Sur, Suroeste).

