

**FENOLOGIA DE AVENA SILVESTRE (AVENA FATUA L.) BASADA EN  
LA ACUMULACION DE TEMPERATURA.**

**TOMAS MEDINA CAZARES**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA**

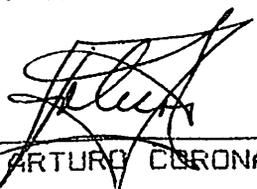
**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Junio 1992**

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

  
M.C. ARTURO CORONADO LEZA

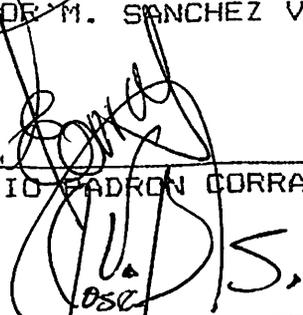
Asesor:

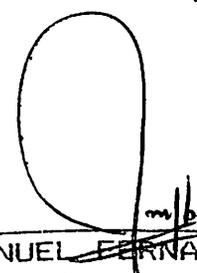
  
M.C. VICTOR M. SANCHEZ VALDEZ

Asesor:

  
M.C. EMILIO PADRON CORRAL

Asesor:

  
M.C. JOSE LUIS VILLEGAS SALAS

  
DR. J. MANUEL FERNANDEZ BRANDO  
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONAT  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Junio, 1992.

## AGRADECIMIENTOS

A el CONACYT por el apoyo brindado para la realización de estos estudios.

A el INIFAP por la gran ayuda que me otorgó para realizar estos estudios.

A el M.C. Arturo Coronado Leza por su valiosa asesoría y ayuda en la realización del presente trabajo.

A el M.C. Victor M. Sanchez Valdez por su asesoría y consejos para la realización del presente trabajo.

A el Dr. Keir Fco. Byerly Murphy por las indicaciones y consejos para la realización del presente trabajo.

A los asesores M.C. José L. Villegas y M.C. Emilio Padrón por sus sugerencias para la realización del presente trabajo.

A los compañeros de maestría, especialmente a Manolo y Edgardo, por los momentos que compartimos juntos, sus consejos y amistad.

A las secretarias del Centro de Cómputo del Campo Experimental Bajío, Ma. de los Angeles Meza S. y Ma. Teresa del C. Fuentes O. por su excelente trabajo computacional del presente trabajo.

## DEDICATORIA

A mi esposa:

Clementina, con amor por su cariño y comprensión.

A mis hijos:

Gabriela y Tomás Alberto, son la fuerza que me impulsa.

A mis padres:

Florentino y María de la Luz, con amor, admiración y respeto.

A mis hermanos:

Arnulfo	Teresa
Francisco	Miguel
Yolanda	Jesús
Margarita	María de la Luz
Martín	

Por su apoyo y ayuda.

A todos mis familiares con cariño.

## COMPENDIO

Fenología de Avena silvestre (Avena fatua L.) basada en la Acumulación de Temperatura.

POR

TOMAS MEDINA CAZARES

MAESTRIA

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 1992

Ing. M.C. Arturo Coronado Leza -Asesor-

Palabras claves: Avena silvestre, Temperatura umbral mínima fenología, unidades calor.

Se realizó una investigación con el objeto de conocer la temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD), y la fenología de la avena silvestre (Avena fatua L.), expresada en tiempo fisiológico (Unidades Calor), se realizaron 2 experimentos, para la TUMD se hizo un bioensayo para medir la germinación a varias temperaturas constantes, en los laboratorios del Departamento de

Parasitología y para la fenología se utilizó un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en 1990-91 en Saltillo, Coahuila, México. Se determinó que la TUMD para avena silvestre es de 4.3°C. Para fenología se sembraron cinco densidades de población de avena silvestre en un rango de 400 mil a 2 millones de plantas/ha con incrementos de 400 mil plantas/ha, tomándose las temperaturas máximas y mínimas diarias y se estimó el calor requerido para cada estado de desarrollo de la especie expresado en unidades calor.

Las poblaciones en baja densidad de avena silvestre, alargan su ciclo de vida, en relación a las poblaciones altas, esta mayor duración de su ciclo, se observa en la fase de desarrollo vegetativo y se refleja en una mayor producción de materia seca y semillas por planta.

Se observó que al aumentar el número de plantas por hectárea, se presenta una disminución en el número de hojas, tallos y espigas; y en el peso seco de hojas, tallos, espigas y total; así como del área foliar por planta.

## ABSTRACT

Phenology of wild oat (Avena fatua L.) based in temperature accumulation

by

Tomás Medina Cázares

Master Degree of Plant Protection  
Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Jun. 1992  
Ing. M.C. Arturo Coronado Leza -Adviser-

Key words: Wild oat, low temperature threshold, phenology, heat units.

It make a investigation with the goal to know the low temperature threshold of growing (LTTG) and the phenology of wild oat (Avena fatua L.) expressed in physiological time (heat units). It make two experiments. For LTTG it make a bioassay for to measure germination at several regular temperatures, in the laboratories of the Parasitology Department and for the phenology studies it used the granhouse of Universidad Autonoma Agraria Antonio

Narro, in 1990-91, Saltillo, Coahuila, México. It determined that LTTG for wild oat is 4.3°C. For phenology it seed five densities of wild oat population in a rank of 400 thousand to 2 millions of plants per hectare, with increasing of 400 thousand of plants/ha. It taked maxim and mininum daily temperatures and it be estimated the heat requeriments of each growing state of the specie expressed by heat units.

The wild oat populations of low density, extend the growing cycle, and in the upper densities this extended is observed in the growth development it be to reflected in a good yield of dry matter and seeds per plant.

If the number of plants per hectarea are increased it observed a reduction in the numer of leaves, stems and ears; and a reduction of dry weight of leaves, stems, ears and the total dry weight, and foliar area per plant.

# INDICE DE CONTENIDO

	PAG.
INDICE DE CUADROS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xiii
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	4
PROBLEMATICA DE AVENA SILVESTRE .....	4
MODELOS PREDICTIVOS DE DESARROLLO BASADOS EN TEMPERATURA .....	5
TEMPERATURAS UMBRALES DE DESARROLLO .....	6
MODELOS PREDICTIVOS DE DESARROLLO BASADOS EN LA ACUMULACION DE TEMPERATURA PARA CUL- TIVOS .....	9
MODELOS PREDICTIVOS DE DESARROLLO BASADOS EN TEMPERATURA PARA MALEZAS .....	12
MATERIALES Y METODOS .....	14
DETERMINACION DE LA TEMPERATURA UMBRAL MI- NIMA DE DESARROLLO (TUMD) DE AVENA SILVES- TRE .....	14
COLECTA DE SEMILLAS.....	14
CLASIFIACION DE LAS SEMILLAS POR SU COLOR .....	14
PRUEBAS DE GERMINACION .....	15
DETERMINACION DE LA TEMPERATURA UM- BRAL MINIMA DE DESARROLLO .....	15
METODOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA UMBRAL MINIMA DE DE- SARROLLO .....	16
% DE GERMINACION POR DIA (% G/DIA) .....	16
INDICE DEL RANGO DE GERMINACION DE BURGERT AND BURNSIDE (IRG*) ..	16
INDICE DEL RANGO DE GERMINACION CHU EI AL. (IRG **) .....	17
TASA DE DESARROLLO (TD) .....	17
DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS TER- MICOS PARA LA ESPECIE POR ETAPAS FENOLO- GICAS .....	18
RESULTADOS Y DISCUSION .....	20
DETERMINACION DE LA TEMPERATURA UMBRAL MI- NIMA DE DESARROLLO .....	20
DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS TERMI- COS POR ETAPAS FENOLOGICAS .....	25
NUMERO DE TALLOS POR PLANTA .....	25
PESO SECO DE TALLOS POR PLANTA ....	30
NUMERO DE HOJAS POR PLANTA .....	32

PESO SECO DE HOJAS POR PLANTA .....	37
NUMERO DE ESPIGAS POR PLANTA .....	41
PESO SECO DE ESPIGAS POR PLANTA ...	43
PESO SECO TOTAL DE PLANTA .....	46
AREA FOLIAR POR PLANTA .....	50
ALTURA DE PLANTA .....	55
FENOLOGIA DE AVENA SILVESTRE .....	59
CONCLUSIONES .....	63
RESUMEN .....	65
LITERATURA CITADA .....	67
APENDICES .....	72
APENDICE A .....	73
APENDICE B .....	75
APENDICE C .....	78

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		PAG.
CUADRO 4.1.	TEMPERATURA UMBRAL MINIMA PARA GERMINACION DE AVENA SILVESTRE, POR 4 METODOS, ECUACIONES Y REGRESION Y $r_2$ PARA CADA METODO .....	21
CUADRO 4.2.	PESO SECO DE TALLOS POR PLANTA DE AVENA SILVESTRE EN GRAMOS, EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLÓGICO .....	31
CUADRO 4.3.	PESO SECO DE HOJAS POR PLANTA DE AVENA SILVESTRE EN GRAMOS, EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLÓGICO .....	38
CUADRO 4.4.	PESO SECO DE TALLOS, HOJAS, ESPIGAS Y TOTAL EXPRESADO EN GRAMOS Y PORCENTAJE DE LA PLANTA DE AVENA SILVESTRE, AL MOMENTO DE ALCANZAR EL ESTADO DE MADUREZ .....	45
CUADRO 4.5.	PESO SECO TOTAL EN GRAMOS DE LA PLANTA DE AVENA SILVESTRE, EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLÓGICO .....	47
CUADRO 4.6.	ÁREA FOLIAR POR PLANTA EN CM <sup>2</sup> DE LA AVENA SILVESTRE, EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLÓGICO ...	51
CUADRO 4.7.	PRINCIPALES FASES FENOLOGICAS DE AVENA SILVESTRE, EXPRESADAS EN TIEMPO FISIOLÓGICO .....	60
CUADRO A.1.	VALORES DE UNIDADES CALOR CALCULADAS POR MEDIOS DIAS PARA AVENA SILVESTRE..	74
CUADRO B.1.	ANVA PARA LA REGRESION POLINOMIAL DE SEGUNDO GRADO DEL IRG DE BURGERT CONTRA TEMPERATURA .....	76
CUADRO B.2.	ANVA PARA LA REGRESION POLINOMIAL DE SEGUNDO GRADO DEL IRG DE CHU ET AL. CONTRA TEMPERATURA .....	76
CUADRO B.3.	ANVA PARA LA REGRESION POLINOMIAL DE SEGUNDO GRADO DEL PORCIENTO DE GERMINACION POR DIA CONTRA TEMPERATURA ....	77

CUADRO B.4.	ANVA PARA LA REGRESION POLINOMIAL DE SEGUNDO GRADO DE TASA DE DESARROLLO CONTRA TEMPERATURA .....	77
CUADRO C.1.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL PRIMER MUESTREO ...	79
CUADRO C.2.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL SEGUNDO MUESTREO ..	79
CUADRO C.3.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL TERCER MUESTREO ...	80
CUADRO C.4.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL CUARTO MUESTREO ...	80
CUADRO C.5.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL QUINTO MUESTREO ...	81
CUADRO C.6.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL SEXTO MUESTREO ....	81
CUADRO C.7.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL SEPTIMO MUESTREO ..	82
CUADRO C.8.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL OCTAVO MUESTREO ...	82
CUADRO C.9.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL NOVENO MUESTREO ...	83
CUADRO C.10.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL DECIMO MUESTREO ..	83
CUADRO C.11.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL ONCEAVO MUESTREO..	84
CUADRO C.12.	CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACION DE LOS ANVA, DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL DOCEAVO MUESTREO..	84

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PAG.
FIGURA 4.1. GRAFICA CON LA REGRESION POLINOMIAL QUE INDICA, LA TEMPERATURA UMBRAL MINIMA PARA GERMINACION DE AVENA SILVESTRE. POR INTERCEPCION AL EJE DE LA X. 4.3°C. ....	22
FIGURA 4.2. TALLOS POR PLANTA DE AVENA SILVESTRE POR TRATAMIENTO, EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLOGICO ...	26
FIGURA 4.3. NUMERO DE HOJAS POR PLANTA POR TRATAMIENTO EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLOGICO .....	33
FIGURA 4.4 NUMERO DE ESPIGAS POR PLANTA POR TRATAMIENTO EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLOGICO .....	42
FIGURA 4.5. PESO SECO DE LAS ESPIGAS POR PLANTA EN GRAMOS POR TRATAMIENTO EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLOGICO .....	44
FIGURA 4.6. ALTURA DE PLANTA EN CM. POR TRATAMIENTO, EXPRESANDO LA FECHA DEL MUESTREO EN TIEMPO FISIOLOGICO .....	56

## INTRODUCCION

Considerando los factores limitantes de la producción agrícola, las malas hierbas representan uno de los principales problemas, al grado que se han estimado en forma general pérdidas globales del 42 por ciento. Estas superan las ocasionadas por plagas insectiles (28 por ciento), enfermedades (27 por ciento) y nemátodos (3 por ciento) (Klighman *et al.*, 1982).

Dado lo anterior, se puede considerar que las malezas son las que mayor efecto nocivo causan a la agricultura.

En el país, el trigo es el principal cultivo del ciclo otoño-invierno. Se siembran cerca de un millón de ha por año y a pesar de que la producción de trigo ha logrado incrementarse notablemente, esto no ha sido suficiente para satisfacer las necesidades actuales del país, en la actualidad no es posible aumentar la superficie sembrada de este cereal, por lo que la producción debe de incrementarse por unidad de producción y en esto las malezas juegan un papel muy importante por los efectos que causan al cultivo.

La principal maleza presente en el cultivo de trigo, y que además se encuentra en la mayor parte de las zonas trigueras de México, tanto en distribución como en abundancia es la avena silvestre (*Avena fatua* L.) (Tamayo, 1991 y Obando, 1991).

La proporción de pérdidas ocasionadas por las malezas está en relación al tiempo que dure la interacción cultivo-maleza y ésta dependerá del tiempo en que la maleza germine, dichas pérdidas pueden ser de hasta el 100 por ciento. Además las malezas presentes en el cultivo son el banco de semillas para futuras infestaciones.

Arévalo (1978) reportó que la avena silvestre a los cinco días de emergencia del trigo presenta el 48.8 por ciento de su población, incrementos posteriores de 22, 7, 3, 5, 2 y 7 por ciento se presentan en los períodos de cinco días respectivamente de tal forma que a los 30 días de emergencia, se presentó el 90.3 por ciento de la población total, esta población alcanza a producir semilla. La población que emerge después rara vez llega a producir semilla.

La capacidad de poder predecir la emergencia y el desarrollo de esta maleza permitirá adecuar en el futuro el tiempo óptimo de la aplicación de los métodos de control de malezas necesarios para minimizar el efecto dañino.

Para esto se requiere conocer la fenología del cultivo expresada en un calendario fisiológico basado en la acumulación de temperatura.

A partir de este conocimiento en otras malezas de importancia económica se han usado algunos modelos de desarrollo en base a grados-días para determinar los estadios fenológicos. Una acertada predicción de la emergencia y desarrollo de la maleza, puede ayudar para implementar criterios de decisión para su control y disminuir su daño.

En base a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar la temperatura crítica de desarrollo para avena silvestre.

Determinar la fenología de la avena silvestre expresada en tiempo fisiológico.

## REVISION DE LITERATURA

### Problemática de Avena Silvestre

Carlson y Hill (1985) reportaron un modelo basado en la densidad de avena silvestre y trigo para determinar la reducción de rendimiento en trigo, expresado en porcentaje, la ecuación fue:

$$Y^1 = 100 - 310RW + 341RW^2$$

$$RW = \frac{W_0}{W_0 + S_t}$$

Donde:

$Y^1$  = reducción en porcentaje del rendimiento de trigo.

$W_0$  = Densidad de avena silvestre en planta/m<sup>2</sup>.

$S_t$  = Densidad de trigo en planta/m<sup>2</sup>.

Otro factor que resalta la importancia de esta mala hierba para su control, es el hecho de que dentro de ésta existan biotipos que tienen diferente comportamiento (Adkins, 1987).

Friesen y Shebeski (1961) experimentaron con muestras de semilla clasificándolas por el color de la semilla, los tipos eran, café claro, café obscuro,

amarillas, gris claro y gris oscuro y determinaron que cada color de semilla tenía características diferentes de dormancia y requerimientos de temperatura para su germinación.

Price (1976) reportó que una sola planta de avena silvestre produce de 400-600 semillas/planta, dependiendo de las condiciones que se presenten durante su desarrollo.

Tamayo (1990) mencionó que en cereales la avena silvestre (*Avena fatua* L.) es una de las especies más devastadoras, pues posee una alta capacidad competitiva y ha demostrado ser muy agresiva, algunos estudios realizados en el cultivo de trigo determinaron que una población de 500 mil plantas de avena silvestre por hectárea, causa pérdidas en el rendimiento del 55.5 por ciento si permanece en competencia durante los primeros 60 días y del 82 por ciento cuando la competencia es por todo el ciclo. Poblaciones de tres millones de plantas por hectárea ocasionan pérdidas del 80.8 por ciento en competencia los primeros 60 días y del 98 por ciento cuando la competencia es por todo el ciclo.

#### Modelos Predictivos de Desarrollo Basados en Temperatura

En la actualidad se han utilizado modelos predictivos en base a la acumulación de calor que describen

el desarrollo de cultivos, Brown (1960) en soya y Barfield et al. 1978 con insectos. Sin embargo pocos modelos han sido utilizados para describir el crecimiento y desarrollo de malezas.

La germinación y el desarrollo de las malezas al igual que los cultivos, insectos y patógenos son dependientes de la temperatura ya que son organismos poiquilotérmicos. El medio ambiente tiene una influencia determinante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero dentro del medio ambiente es la temperatura la que tiene una influencia más marcada sobre ellos (Rodríguez, 1989).

#### Temperaturas Umbrales de Desarrollo

La idea de que el crecimiento y desarrollo de las plantas es dependiente de la temperatura fue formulado desde el siglo pasado (Went, 1953). Dos puntos son importantes en este concepto:

El punto crítico inferior de temperatura de desarrollo que es la temperatura mínima a la cual la planta presenta crecimiento y desarrollo, y el punto crítico superior de temperatura y desarrollo que es la temperatura máxima a la cual una planta presenta crecimiento y desarrollo (Wilson y Barnett, 1983).

Russelle *et al.* (1984), mencionó que los índices de temperatura como los grados de desarrollo o las unidades calor, se han utilizado en numerosos trabajos para predecir crecimiento y desarrollo de cultivos, clasificar especies y variedades o evaluar climas para condiciones específicas de manejo de cultivo. Señalan que la mayoría de los índices de temperatura propuestos muestran una alta correlación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Añaden que los índices de temperatura explican más del 95 por ciento de la variabilidad en el desarrollo del maíz, aún bajo condiciones de campo.

Defina y Ravelo (1975) definieron la fenología como una rama de la ecología que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con factores ambientales tales como temperatura, luz, humedad, etc. De aquí se puede derivar la importancia de la relación entre índices derivados de la temperatura con la fenología de las plantas.

Para construir un modelo predictivo de desarrollo basado en temperatura se necesita precisar con exactitud cuál es la temperatura umbral mínima de desarrollo de la especie para posteriormente estimar sus requerimientos térmicos por etapas fenológicas (Alam y Wiese, 1985).

La temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) para cada especie es importante ya sea que se utilice un simple modelo de unidades calor o un modelo computacional más complejo que integre otros componentes del medio ambiente (Wiese y Binning, 1987).

Alam y Wiese (1985) reportaron que utilizando una temperatura umbral mínima de desarrollo de 10°C para predecir la emergencia de 10 malezas, los requerimientos térmicos en días-grados para dichas malezas fueron imprecisos y poco confiables, ya que utilizaron la misma temperatura umbral mínima de desarrollo para las 10 malezas.

Weise y Binning (1987) determinaron la TUMD para cuatro malezas por tres diferentes métodos, utilizando una regresión lineal simple con índices de germinación contra temperatura. Las TUMD que obtuvieron fueron para Panicum miliaceum, Echinochloa crus-galli, Chenopodium album y Amaranthus retroflexus de 6.9, 9.7, 6.0 y 10.0°C respectivamente.

Wilson et al. (1983) mencionaron que preguntas tales como cuándo iniciar las prácticas de control de plagas son muy difíciles de contestar, porque las condiciones ambientales no son siempre las mismas. Cada año el crecimiento y desarrollo de las plantas puede variar de

dos hasta tres semanas dependiendo de las temperaturas ambientales. Debido a los patrones naturales de los climas, el tiempo óptimo de la aplicación de los métodos de control de malezas puede variar de un año a otro y de una localidad a otra si ésta se mide en días.

Bierhuizen y Wagenvoort (1974) consignaron que la germinación puede ser predecida bajo condiciones de óptima humedad del suelo por medio de la suma de calor en días-grado y conociendo una temperatura mínima de germinación. Esta constante fue analizada para 31 vegetales en un rango de temperatura de 3 a 25°C.

#### Modelos Predictivos de Desarrollo Basados en Acumulación de Temperatura en Cultivos

Bootsma (1984) utilizó una temperatura umbral mínima de desarrollo de 5°C, para estimar el tiempo en que se presentan los estadios de madurez para la primer cosecha, en el año de plantación de alfalfa (Medicago sativa L.) y trébol rojo (Trifolium pratense L.). Los días-grados necesarios fueron 350 y 400 respectivamente, para la primera cosecha.

Davidson y Campbell (1983) propusieron un modelo de desarrollo para el trigo (Triticum aestivum L.) en el cual

incluyen los efectos de la temperatura, la cantidad de N y la humedad del suelo. Utilizan una TUMD de 4.6°C, al considerar que el parámetro que tuvo mayor influencia en las etapas fenológicas del trigo fue la temperatura.

Gilmore y Rogers (1958) utilizaron un método para medir la madurez de maíz, utilizando unidades calor, diez híbridos fueron sembrados en diferentes fechas y el número de unidades calor requeridas para su madurez, fue constante para las diferentes fechas de siembra.

Kish y Ogle (1980) al utilizar un sistema de unidades calor para predecir la fecha de madurez de frijol (Phaseolus vulgaris L.) determinaron que otros factores ambientales tales como la humedad del suelo es muy importante para la madurez de frijol, integrando así la humedad del suelo con el método de unidades calor.

Lana y Haber (1952) emplearon las horas-grado como una guía para predecir la madurez de maíz dulce y conocer la fecha de cosecha, en varios híbridos.

Mederski et al. (1973) mencionaron que la acumulación de unidades calor es utilizada para clasificar híbridos de maíz y líneas puras.

PararajaSingham y Hunt (1991) realizaron estimaciones en base a temperaturas para conocer lo que dura la etapa de llenado de grano en trigo y determinaron una temperatura mínima de desarrollo para esta etapa de 8.8°C.

Perry *et al.* (1986) utilizaron 14 métodos para calcular las unidades calor necesarias de siembra a cosecha para pepino (Cucumis sativum L.), empleando las temperaturas máximas y mínimas diarias y una temperatura umbral mínima de desarrollo de 15.5°C.

Robertson y Frazier (1978) reportaron que el frijol requiere de 1800 unidades calor de siembra a cosecha, determinadas por el método residual, el cual es utilizado por el servicio meteorológico de E.U. Además, resaltan la importancia de utilizar unidades calor para determinar fechas de siembra con datos de heladas y precipitación.

Sastry y Chakravarty (1982) determinaron los días-grados necesarios de siembra a madurez para tres variedades de trigo. La variedad Kalyansona requiere 1567 días grados, la variedad HD2160 requiere 1506 días-grados y la variedad Sonalika requiere 1467 días-grado.

Tollenaar *et al.* (1979) utilizaron un modelo basado en acumulación de temperatura para determinar la

adaptabilidad de genotipos de maíz a condiciones particulares de medio ambiente tomando en cuenta las fechas de floración.

### Modelos Predictivos de Desarrollo Basado en Temperatura para Malezas

Danneberger *et al.* (1984) establecieron un modelo basado en la acumulación de días-grado para predecir la máxima emergencia del pasto azul (*Poa annua* var. *reptans* Timm). El modelo es usado para determinar la mejor época de aplicación de los herbicidas para su control con una TUMD de 286°K.

Bewick y Binning (1987) establecieron un modelo para predecir la emergencia de Cuscuta (*Cuscuta gronovii* Wild) basado en la acumulación de días-grado. La emergencia de cuscuta ocurre a los 60 días-grado acumulados en la primavera, el modelo es usado para que la época de aplicación del herbicida coincida con el periodo de máxima sensibilidad de la especie al herbicida.

Danneberger y Branham (1987) utilizaron un modelo basado en la acumulación de días-grado y encontraron que de 15 a 30 días-grados acumulados es la mejor época de aplicación de Mefluidide aplicado a dosis de 0.14 kg/ha

para controlar eficientemente el pasto azul (*Poa annua* Var. *reptans*) a partir del primero de abril.

Morrison *et al.* (1989) consignaron un modelo basado en acumulación de días-grado para predecir el desarrollo en campo de mostaza (*Brassica napus* L.) tomando como temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) 5°C. El estudio fue llevado a cabo en campo y en cámaras de crecimiento bajo condiciones controladas sin encontrar ninguna diferencia entre una y otra condición de desarrollo.

Bridges y Chandler (1989) reportaron investigaciones hechas para determinar el efecto de la temperatura, disponibilidad de N y agua en el desarrollo de plántulas de zacate Johnson (*Sorghum halapense* L.). El desarrollo es más sensible a la temperatura que a la concentración de N y disponibilidad de agua. El resultado fue un modelo computacional para predecir los días a floración del zacate Johnson, en base a la acumulación de temperatura utilizando cuatro parámetros poiquilotérmicos.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se dividió en su desarrollo en dos etapas:

- Determinación de la temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) de avena silvestre; y la segunda en la:
- Determinación de los requerimientos térmicos para la especie por etapas fenológicas, . . . .

Determinación de la Temperatura Umbral Mínima de Desarrollo (TUMD) de Avena Silvestre.

### Colecta de Semillas

Se colectaron semillas de avena silvestre (Avena fatua L.) en el mes de Mayo de 1990 en Jame, municipio de Arteaga, Coah. en una huerta de manzana de la zona, donde la especie está reportada como problema (Giner, 1987).

### Clasificación de las Semillas por su Color

Las semillas colectadas se separaron por su color en amarillas, café claro y café oscuro. El 75 por ciento de la semilla colectada era de color amarillo y el otro 25

por ciento eran semillas de color café claro y café obscuro. Las semillas fueron almacenadas en frascos de vidrio en una cámara bioclimática a una temperatura de  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

### Pruebas de Germinación

A partir de Junio de 1990 se realizaron pruebas de germinación hasta el mes de Septiembre de 1990, cuando las semillas presentaron un 85 por ciento de germinación. Este tiempo está de acuerdo a lo reportado por Arévalo (1978) como período que tiene esta especie en dormancia después de la cosecha. Las pruebas de germinación así como todo el proceso de la investigación se realizó con semillas de color amarillo por ser la más dominante. De acuerdo a trabajos anteriores el color de la semilla puede ser una característica de los biotipos dentro de esta especie.

### Determinación de la Temperatura Umbral Mínima de Desarrollo

A partir de octubre de 1990 se realizaron pruebas de germinación bajo diferentes regímenes de temperaturas constantes siendo estos 0, 4, 8, 12, 17, 20, 24, 28, 32 y  $36^{\circ}\text{C}$ . Para la etapa de pruebas de germinación se utilizaron cajas petri de vidrio conteniendo dos discos de papel filtro humedecidas con agua destilada, depositándose 20 semillas por caja. Se utilizó el Diseño Estadístico

Completamente al Azar con cinco repeticiones por tratamiento. Se llevó un registro diario de germinación durante 15 días, utilizando el criterio de semilla germinada cuando la radícula alcanzó cinco milímetros de longitud.

Métodos Utilizados para Determinar la Temperatura Umbral Mínima de Desarrollo

Por medio de un análisis de regresión múltiple se determinó la temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) utilizando los métodos propuestos por Wiese y Binning (1987) que se explican enseguida, y la relación de tasa de desarrollo contra la temperatura.

Los métodos utilizados para calcular la germinación fueron:

% de Germinación por Día (% G/DIA).

$$\% G / DIA = \frac{\% \text{ de germinación}}{\text{días hasta que la germinación es completa.}}$$

Indice del Rango de Germinación de Burgert y Burnside (IRG\*).

$$IRG * = \frac{\frac{g_1}{t_1} + \frac{g_2}{t_2} + \dots + \frac{g_n}{t_n}}{\% G}$$

Donde:

IRG \* = Índice del rango de germinación.

$q_1$  = Número de semillas germinadas al tiempo 1.

$t_1$  = Días al primer conteo.

$q_2$  = Número de semillas germinadas entre  $t_1$  y  $t_2$ .

$t_2$  = Días al segundo conteo.

% G = % de germinación de la semilla utilizada.

Índice del Rango de Germinación Chu et al. (IRG \*\*).

$$\text{IRG **} = \frac{\sum_{n=1}^{15} \text{numero de semillas germinadas desde } n-1}{n}$$

Donde:

$n$  = días de incubación.

Tasa de Desarrollo (TD).

$$\text{TD} = \frac{1}{\text{días a que ocurre un evento}}$$

El evento se representó cuando ocurrió el 25 por ciento de germinación.

El análisis de regresión se llevó a cabo con los índices de germinación contra las temperaturas constantes evaluadas.

Se consideró que la temperatura umbral mínima para germinación, es la misma que requieren otras etapas del desarrollo fenológico y que es igual a la temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD). Wiese y Binning (1987), hacen la misma consideración.

#### Determinación de los Requerimientos Térmicos para la Especie por Etapas Fenológicas.

Una vez determinada la temperatura umbral mínima de desarrollo para la avena, en el mes de Enero de 1991 se estableció un experimento de avena silvestre con cinco densidades de población 400,000, 800,000, 1'200,000, 1'600,000 y 2'000,000 de plantas por hectárea, en condiciones de invernadero, con un Diseño de Bloques al Azar con cuatro repeticiones. La Parcela Experimental de 1 m x 1 m. El invernadero contaba con un termómetro de máximas y mínimas las cuales se registraron diariamente para llevar un registro de calor acumulado.

Se tomaron los datos de estadios fenológicos de avena y se realizaron muestreos de planta cada ocho días donde se tomó una planta por parcela y se midió la altura de planta, peso seco de hojas, tallos e inflorescencias, número de hojas, de tallos y de espigas por planta. Se realizaron Análisis de Varianza de todos los parámetros

medidos. En los muestreos donde hubo diferencia estadística entre tratamientos, se realizó separación de medias por medio de Polinomios Ortoqonales, para conocer la tendencia de las medias de los tratamientos, con un nivel de significancia del uno por ciento.

Con la TUMD y los registros de máximas y mínimas diarias, se determinaron los requerimientos térmicos por etapas fenológicas de desarrollo para avena por el Método de Seno Doble (Allen, 1975). Con la TUMD y la temperatura umbral máxima de desarrollo se realizó una tabla de unidades calor precalculada para avena silvestre y de ésta se obtuvieron los requerimientos térmicos por etapas fenológicas (Cuadro A.1 del apéndice).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Determinación de la Temperatura Umbral Mínima de Desarrollo

En relación a la semilla colectada y separada por su color, el presente trabajo se realizó con semillas de color amarillo.

La temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) obtenida para avena silvestre, utilizando los cuatro métodos descritos anteriormente se presentan en el Cuadro 4.1. En él se pueden observar que por los métodos de IRG de Burgert y IRG de Chu, no existió diferencia en la temperatura umbral mínima calculada. En relación a los otros dos métodos sí existe una diferencia de más de  $1^{\circ}\text{C}$  en la temperatura umbral mínima calculada.

La ecuación de regresión obtenida por los cuatro métodos es una ecuación de segundo grado la cual representa un comportamiento curvilíneo.

CUADRO 4.1. Temperatura umbral mínima para germinación de avena silvestre, por cuatro métodos diferentes, ecuaciones de regresión y  $r^2$  para cada método.

METODO	TUMG CALCULADA (°C)	ECUACION	$r^2$
Por ciento de Germ./día <sup>a</sup>	5.7	$Y=9.9038+2.0589X-5.72^{-2}X^2$	0.789
IRG Burgert <sup>b</sup>	4.3	$Y=0.1428+3.752^{-2}X-1.0874^{-3}X^2$	0.803
IRG Chu <sup>c</sup>	4.3	$Y=-14.391+3.783X-0.1095X^2$	0.835
Tasa de desarrollo <sup>d</sup>	5.5	$Y=-0.3268+6.9799^{-2}X-1.9236^{-3}X^2$	0.833

a) Por ciento de germinación por día citado por Wiese y Binning 1987.

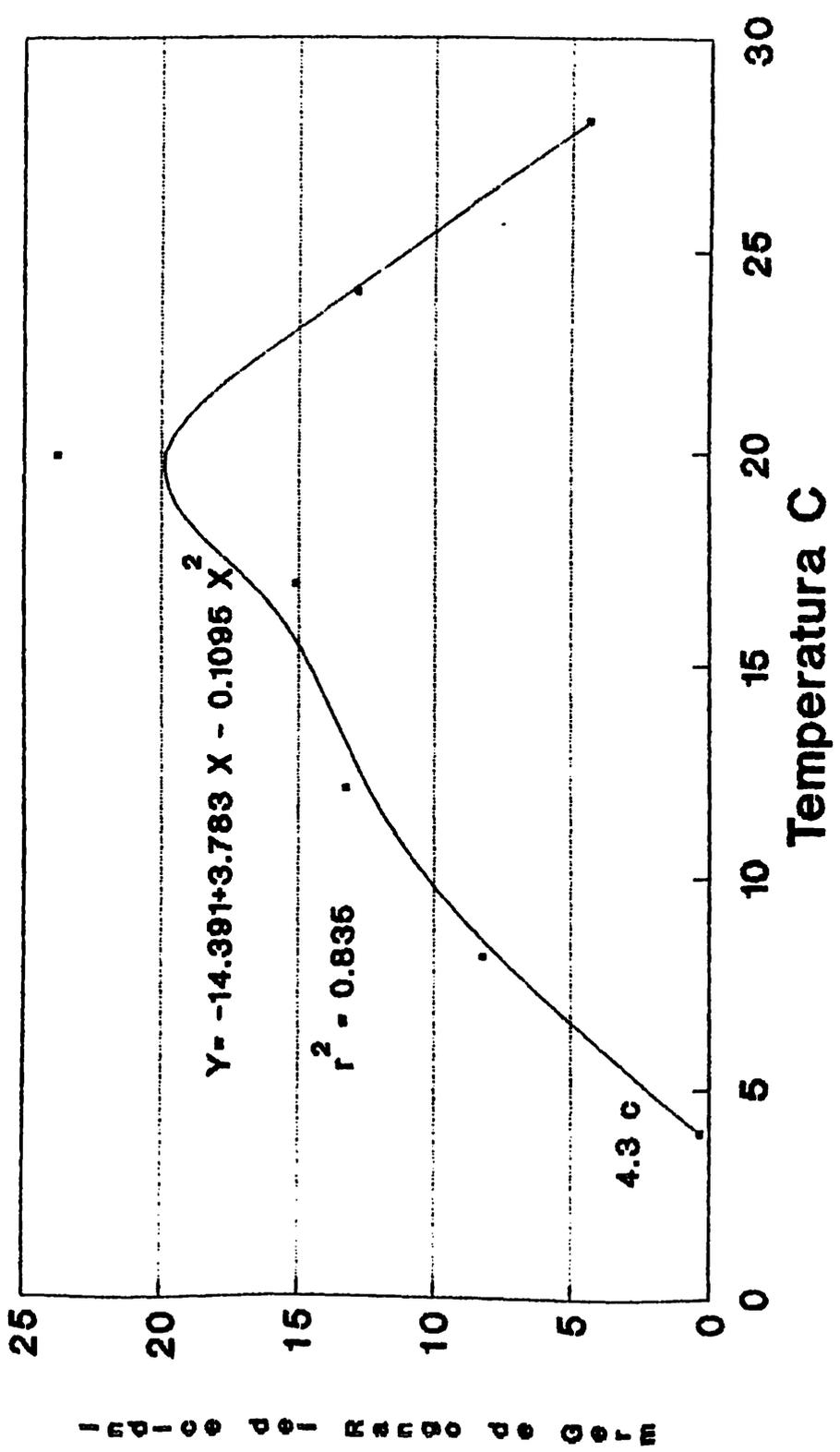
b) Índice del Rango de Germinación por Burgert citado por Wiese y Binning 1987.

c) Índice del Rango de Germinación citado por Wiese y Binning 1987.

d) Tasa de Desarrollo 1/días.

En los Cuadros B.1, B.2, B.3 y B.4 se presentan los análisis de regresión para los cuatro métodos, donde se observa que para los índices de por ciento de germinación por día y tasa de desarrollo el análisis de regresión no presenta diferencias significativas. Para los índices de rango de germinación tanto de Burgert como de Chu el análisis de regresión presenta significancia, por lo cual estos dos índices son aceptados y presentan igual TUMD.

En la Figura 4.1 se presenta la curva de regresión entre la temperatura y el índice de rango de germinación de Chu et al. (IRG). En el eje de las X está la temperatura en



— INDICE DE GERM.  
 Figura 4.1. Gráfica con la regresión polinomial que indica la temperatura umbral mínima para germinación de avena silvestre, por intercepción al eje de las X.

°C y en el eje de las Y el IRG. Donde la curva intercepta el eje de las X es la temperatura umbral mínima de germinación (TUMG) la cual es 4.3°C. Como se menciona con anterioridad la TUMG es tomada como temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD).

Algunos autores como Wiese y Binning (1987) mencionaron que cuando la ecuación de regresión presenta un comportamiento curvilíneo, como es el caso de el presente trabajo Figura 4.1 se debe de tomar solo la porción de la curva que se ajuste a una regresión lineal simple, para calcular su TUMD. Por otra parte Brown (1960) indicó que se puede y se debe utilizar la regresión múltiple cuando el comportamiento de la especie así lo indique.

La avena silvestre presenta un comportamiento curvilíneo bajo los rangos de temperatura aquí evaluados y con semillas de color amarillo, lo cual concuerda con Brown, 1960.

De acuerdo con dicha Figura, la temperatura óptima de germinación de esta especie se encuentra entre los 19 y 21°C, la cual es similar a la citada por Friesen y Shebeski en 1961, quienes indican que el mayor porcentaje de semilla de avena silvestre germinada se presenta a temperatura de 21.1°C.

Otros autores mencionaron que la temperatura óptima de germinación de avena silvestre está en un rango de 10 a 26.5°C (Sharman *et al.* 1976). Friesen y Shebeski (1961) reportaron una temperatura óptima de germinación de 20°C. Tales discrepancias en cuanto a la temperatura óptima de germinación de avena silvestre, quizá es debido a los biotipos que se han encontrado dentro de la especie.

La TUMD obtenida en este trabajo de 4.3°C es muy similar a la reportada para trigo de 4.6°C por Davidson y Campbell (1983), lo cual nos da un indicio del porqué estas dos especies están muy asociadas en las regiones del mundo donde se cultiva trigo.

En la Figura antes mencionada se puede observar que esta especie es muy afectada por altas temperaturas ya que a temperaturas mayores de 23°C causa un decremento muy notable en la germinación. Friesen y Shebeski (1961) reportaron que no hay germinación de avena silvestre a 32°C, mientras que Sharman *et al.* reportaron un 14 por ciento de germinación a 32°C después de 18 días. Young *et al.* (1973) con la especie *Avena barbata* Brot., consignaron que no se presenta germinación a 30°C después de dos semanas.

En este trabajo no hubo germinación a 32°C y 36°C. Se observó que la temperatura umbral superior de desarrollo

(segundo punto de intercepción en el eje de las X) es 30.2°C.

### Determinación de los Requerimientos Térmicos por Etapas Fenológicas

En el Apéndice C se presentan los Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación de todos los parámetros evaluados por cada muestreo realizado.

#### Número de Tallos por Planta

En la Figura 4.2 se presenta el comportamiento que se tuvo en la variable Número de Tallos por Planta en las cinco densidades de población de avena silvestre por hectárea (T-1 400,000, T-2 800,000, T-3 1'200,000, T-4 1'600,000 y T-5 2'000,000).

Ahí se observa que en esta variable no hay diferencia significativa en los cuatro primeros muestreos, las fechas de los muestreos se expresan en tiempo fisiológico a base de Unidades Calor Acumuladas (U.C.A.), lo cual indica que el comportamiento de los cinco tratamientos es similar, es decir, en estas etapas la especie no se ve influenciada por las densidades para este parámetro. En dichas etapas (hasta 547 U.C.A.), para este parámetro no se aprecia efecto de competencia

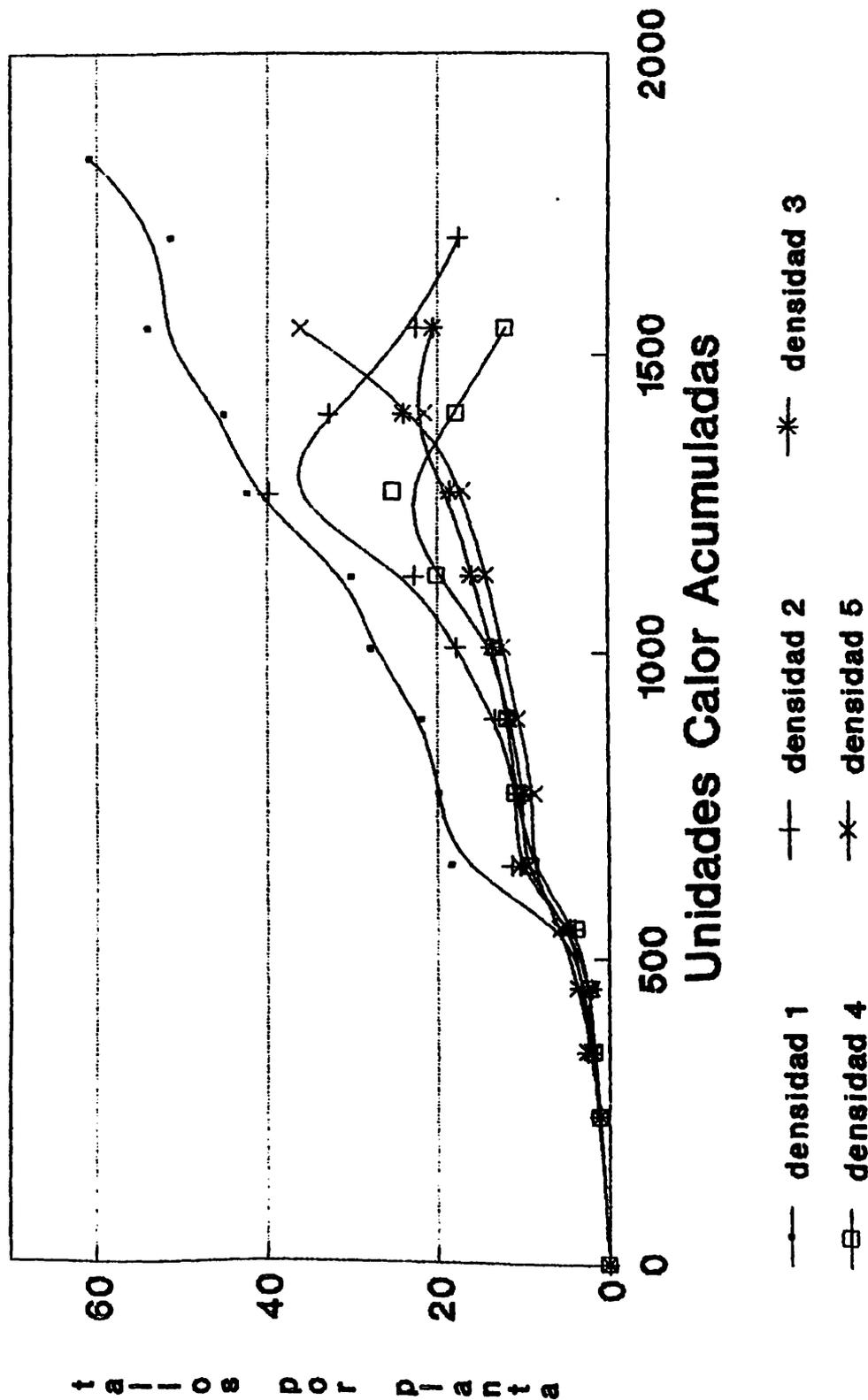


Figura 4.2. Tallos por planta de avena silvestre para cinco densidades por ha expresados en un calendario de tiempo fisiológico.

intraespecífica por poblaciones. A partir del quinto muestreo (651 U.C.A.) los tratamientos ya presentan diferencias significativas, observándose que las medias de los tratamientos presentan una tendencia lineal y el polinomio al cual se ajustaron las medias fue:

$$y = 11.6 - 2.02 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

$y$  = Número de tallos por planta de avena silvestre.

$X_i$  = Plantas de avena silvestre por hectárea.

Esta tendencia nos indica que a menor número de plantas de avena silvestre por hectárea es mayor el número de tallos por planta. Este comportamiento es similar para los siguientes muestreos.

En el sexto muestreo (769 U.C.A.) el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 11.8 - 2.35 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el séptimo muestreo (889 U.C.A.) el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 13.7 - 2.4 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el octavo muestreo (1008 U.C.A.) el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 16.9 - 3.5 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el muestreo realizado a las 1131 U.C.A., no se presentó diferencias significativas entre tratamientos, a pesar que el T-1 presentó los valores más altos en número de tallos por planta.

En el décimo muestreo realizado a las 1271 U.C.A. se presentan diferencias significativas en las medias de los tratamientos.

El polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 28.5 - 6.5 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

El onceavo muestreo (1400 U.C.A.) sigue presentando el mismo comportamiento que en el anterior muestreo y el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 31.5 - 5.8 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Lo mismo que en el doceavo muestreo (1592 U.C.A.), en el cual el polinomio al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 36.7 - 6.6 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Este fue el último muestreo para los tratamientos tres, cuatro y cinco, pues en éste el cultivo ya presentaba semillas maduras; los tratamientos dos y uno se siguieron muestreando pues aún no completaban su ciclo, mientras que en el T-2 se realizó otro muestreo y en el T-1 dos muestreos más. Todos los polinomios fueron significativos a un nivel de significancia del uno por ciento y presentaron una tendencia lineal.

Por los anteriores resultados se pudo observar que a poblaciones bajas la especie tiene un mayor número de tallos por planta y a poblaciones altas el número de tallos por planta disminuyó, esto es debido a que a poblaciones bajas la especie no presenta problemas por espacio y puede desarrollarse más, mientras que a poblaciones altas la especie tiene una competencia intraespecífica por espacio y por consiguiente el desarrollo es menor.

Entre las 547 y 651 U.C.A. se observó mayor incremento en el número de tallos por planta en todos los

tratamientos. Es la etapa de mayor crecimiento y solo a las 651 U.C.A. se aprecia efecto por poblaciones.

### Peso Seco de Tallos por Planta

En el Cuadro 4.2 se presentan los pesos secos de los tallos por planta a través de los muestreos realizados.

En los tres primeros muestreos no existió diferencia estadística entre los tratamientos, mientras que en el cuarto muestreo a las 547 U.C.A. se presentó diferencia estadística entre tratamientos. El polinomio al que se ajustaron las medias de los tratamientos presentó una tendencia lineal:

$$y = 0.0653 + 0.007 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

$y$  = Peso seco en gramos de los tallos por planta de avena silvestre.

$X_i$  = Número de plantas de avena silvestre por hectárea.

CUADRO 4.1. Peso seco de tallos por planta de avena silvestre en gramos, expresando la fecha del muestreo en tiempo fisiológico.

DENSIDAD DE POBLACION PLANTAS/HA	UNIDADES CALOR ACUMULADAS													
	242	345	450	547	651	769	889	1008	1331	1271	1400	1542	1691	1823
	NUMERO DE MUESTREO													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
400,000	0.0029	0.008	0.034	0.053	0.580	1.552	2.517	3.198	6.627	12.860	10.935	19.351	36.878	43.262
800,000	0.0031	0.014	0.020	0.060	0.453	0.863	2.161	3.333	4.787	11.011	13.326	13.014	11.803	
1'200,000	0.0038	0.017	0.014	0.062	0.425	0.623	2.212	3.059	4.582	6.375	8.167	12.318		
1'600,000	0.0036	0.017	0.027	0.063	0.573	0.939	2.136	3.023	4.251	5.749	13.854	4.714		
2'000,000	0.0035	0.016	0.042	0.086	0.439	1.142	1.603	2.299	3.209	3.783	9.441	14.663		

En esta etapa temprana de desarrollo, la tendencia de las medias de los tratamientos indica que a mayor número de plantas por hectárea de avena silvestre el peso seco de los tallos por planta es mayor. En los siguientes muestreos no hay diferencia estadística entre tratamientos, pero se observó que los tratamientos de menor número de plantas por hectárea el peso de los tallos aumentó. A partir de las 547 U.C.A. en adelante la planta tiene un crecimiento más rápido y una acumulación de biomasa en el tallo mayor, esto ocurre hasta el décimo muestreo realizado (1271 U.C.A.), cuando comienza la etapa reproductiva y la planta deja de acumular fotosintatos en las partes vegetativas y los envía a las partes reproductivas. En este muestreo se observó diferencia estadística entre tratamientos, presentaron una tendencia lineal y el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 7.9561 - 2.3417 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Se pudo observar que a mayor número de plantas por hectárea, el peso seco de los tallos por planta disminuye, confirmando la tendencia que se observó a partir del quinto muestreo.

### Número de Hojas por Planta

En la Figura 4.3 se presenta el comportamiento de la variable número de hojas por planta a través de los muestreos realizados durante el ciclo de la planta de avena silvestre.

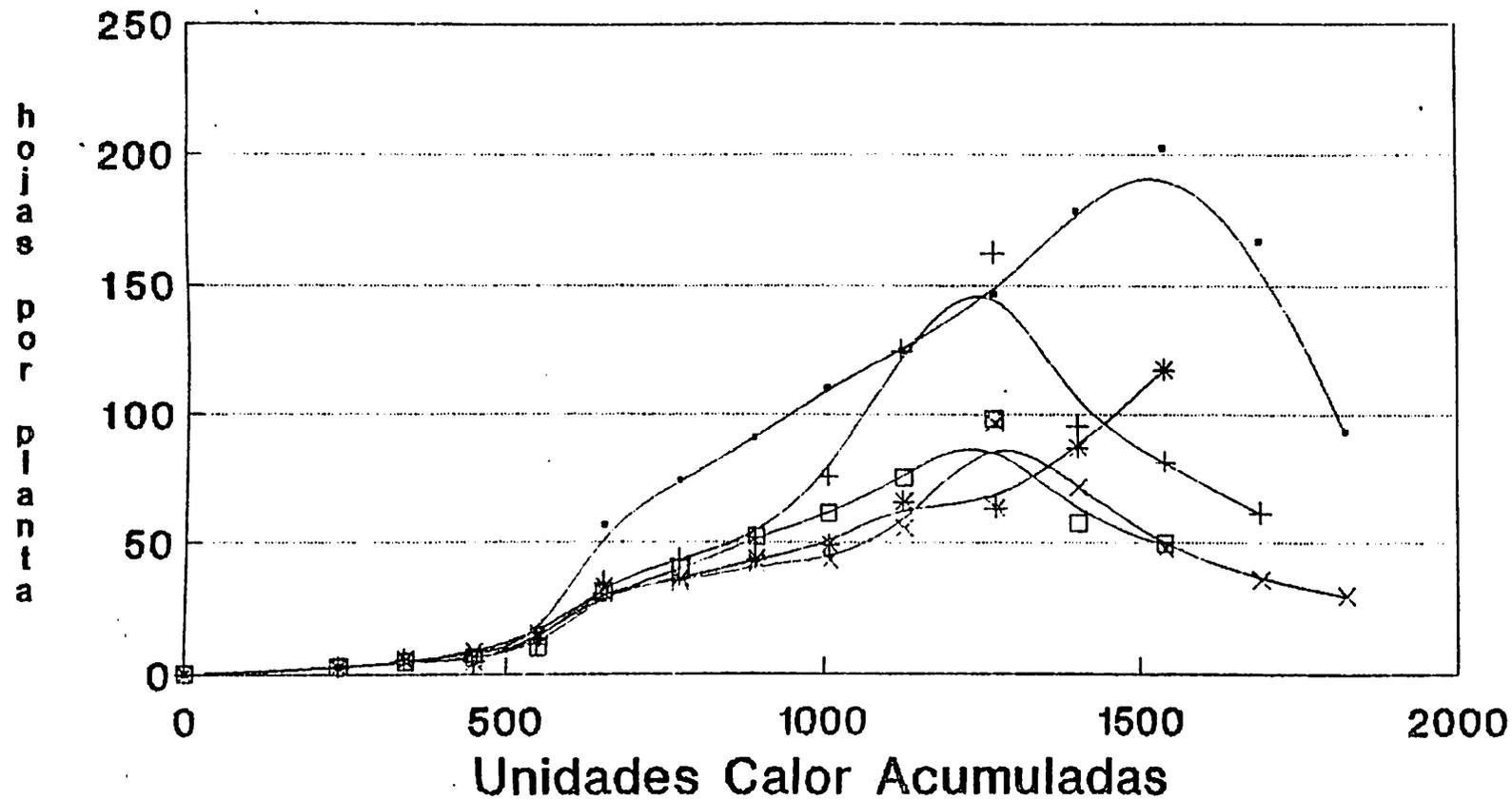
Su comportamiento es similar al de número de tallos por planta en los primeros tres muestreos y no hay diferencia estadística entre tratamientos. En el cuarto muestreo (547 U.C.A.) los tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos y el polinomio con una tendencia lineal al cual se ajustaron las medias de los tratamientos:

$$y = 12.3 + 1.3 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

y = Número de hojas por planta de avena silvestre.

X<sub>i</sub> = Número de plantas por hectárea de avena silvestre.



—•— densidad 1      —+— densidad 2      —\*— densidad 3  
 —□— densidad 4      —×— densidad 5

**Figura 4.3. Número de hojas por planta para cinco densidades por ha de Avena Silvestre expresados en un calendario de tiempo fisiológico.**

Se observó que a mayor número de plantas por hectárea aumenta el número de hojas por planta.

En el quinto muestreo (651 U.C.A.) se detectó diferencia estadística entre tratamientos. El polinomio con una tendencia cuadrática al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 36.9 - 5.1 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right) + 3.6 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)^2 - 2$$

En este muestreo cambió el comportamiento de la especie, ya que a partir de éste la tendencia es que a mayor número de plantas por hectárea, el número de hojas por planta disminuye.

En el sexto muestreo (769 U.C.A.) el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 45.5 - 8.1 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el séptimo muestreo (889 U.C.A.) el polinomio al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 55.8 - 10.6 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el octavo muestreo (1008 U.C.A.) el polinomio al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 67.7 - 14.8 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el noveno muestreo, los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, pero el comportamiento fue similar al anterior.

En el décimo muestreo (1271 U.C.A.) los tratamientos presentaron diferencia estadística entre ellos, y el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos presentó una tendencia lineal y fue:

$$y = 113.1 - 24.8 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el onceavo muestreo (1400 U.C.A.), el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 97.7 - 25.2 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right) + 12.3 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)^2 - 2$$

En el doceavo muestreo, el polinomio al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 99.4 - 37.7 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Se pudo observar que la tendencia de a mayor número de plantas por hectárea de avena silvestre, disminuye el número de hojas por planta, se mantuvo durante todos los muestreos a partir del quinto.

En el muestreo décimo (1271 U.C.A.) los tratamientos dos, cuatro y cinco alcanzan su mayor producción de hojas por planta después de este muestreo las plantas presentan menor número de hojas por planta, esto es debido a que gran cantidad de hojas se secan y éstas no son tomadas en cuenta para los muestreos, el tratamiento uno sigue produciendo hojas pues su desarrollo vegetativo es más largo.

De 547 (U.C.A.) en adelante se incrementa muy rápidamente el número de hojas por planta. Igual como se presenta en el número de tallos, se piensa que éste es el tiempo en que inicia la fase de mayor crecimiento de la especie.

Este comportamiento es similar en todos los tratamientos, donde la producción de hojas se ve afectada solo cuando la especie entra en su fase reproductiva y canaliza toda la producción de fotosintatos hacia esta fase deteniendo su desarrollo vegetativo. En los tratamientos uno y dos se alarga el período de desarrollo vegetativo esto se puede explicar que como la planta tiene más espacio

disponible para su crecimiento dura más en esta fase, ya que la competencia es menor que en poblaciones más altas donde el período de desarrollo vegetativo es menor.

### Peso Seco de Hojas por Planta

En el Cuadro 4.3 se presenta el peso seco de hojas por planta a través de los muestreos realizados durante el ciclo.

En el primer muestreo (241 U.C.A.) no hubo diferencia estadística entre tratamientos, a partir del segundo muestreo (345 U.C.A.) se presentó diferencia estadística entre tratamientos. El polinomio de tendencia lineal, al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 0.0471 + 0.0078 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

y = Peso seco en gramos de hojas por planta de avena silvestre.

X<sub>i</sub> = Número de plantas por hectárea de avena silvestre.

Se observó que la tendencia en este muestreo es de que a mayor número de plantas/ha de avena, el peso seco de hojas aumenta.

CUADRO 4.3. Peso seco de hojas/planta de avena silvestre en gramos, expresando la fecha del muestreo en tiempo fisiológico.

DENSIDAD DE POBLACION PLANTAS/HA	UNIDADES CALOR ACUMULADAS													
	242	345	450	547	651	769	889	1008	1131	1271	1400	1542	1691	1820
	NUMERO DE MUESTREO													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
400,000	0.0107	0.0231	0.107	0.146	1.166	3.026	4.516	6.513	8.422	13.815	10.598	13.877	12.177	5.760
800,000	0.0124	0.0467	0.057	0.166	0.936	1.722	3.053	4.084	5.733	8.592	5.806	10.091	4.127	
1'200,000	0.0151	0.0526	0.053	0.165	0.875	1.140	2.877	3.661	4.955	8.032	5.514	6.410		
1'600,000	0.0150	0.0550	0.076	0.181	1.105	1.641	3.262	3.032	3.998	7.023	5.300	4.444		
2'000,000	0.0129	0.0581	0.141	0.243	0.651	1.744	2.348	2.925	3.967	4.200	4.588	3.573		

En el cuarto muestreo (547 U.C.A.) tiene un comportamiento similar al anterior. El polinomio de tendencia lineal, al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 0.1807 + 0.0209 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Los siguientes muestreos no presentan diferencias estadísticas entre tratamientos, ésta es la fase de máximo desarrollo de la planta. En el octavo muestreo a 1008 U.C. se presentó diferencia estadística entre tratamientos. El polinomio de tendencia lineal, al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 4.0436 - 0.8229 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Se observó que la tendencia de los tratamientos cambia, en este muestreo y en los siguientes la tendencia es que a mayor número de plantas por hectárea, el peso seco de las hojas disminuye, esto es lo opuesto al comportamiento de las medias de los tratamientos en el segundo y cuarto muestreo.

Esta tendencia comenzó a partir del quinto muestreo y en los siguientes muestreos no hubo diferencia estadística entre tratamientos hasta el octavo.

En el noveno muestreo (1131 U.C.A.) el polinomio al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 5.4157 - 1.0645 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el décimo muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 8.3328 - 2.08 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el onceavo muestreo, el polinomio de tendencia cuadrática al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 6.3618 - 1.2525 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right) + 0.5885 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)^2 - 2$$

En el doceavo muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 7.6793 - 2.6256 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En todos estos muestreos, se observó que la tendencia es similar, al aumento de número de plantas por hectárea de avena silvestre, el peso seco de hojas disminuye.

En etapas tempranas de desarrollo la acumulación de biomasa en las hojas fue mayor en los tratamientos de poblaciones altas y menor en los de poblaciones bajas, en etapas intermedias de desarrollo no hay diferencias entre tratamientos en la acumulación de biomasa en las hojas y en etapas finales de desarrollo la acumulación de biomasa es mayor en las poblaciones bajas y menor en las poblaciones altas debido a que en éstas la competencia por espacio es mayor.

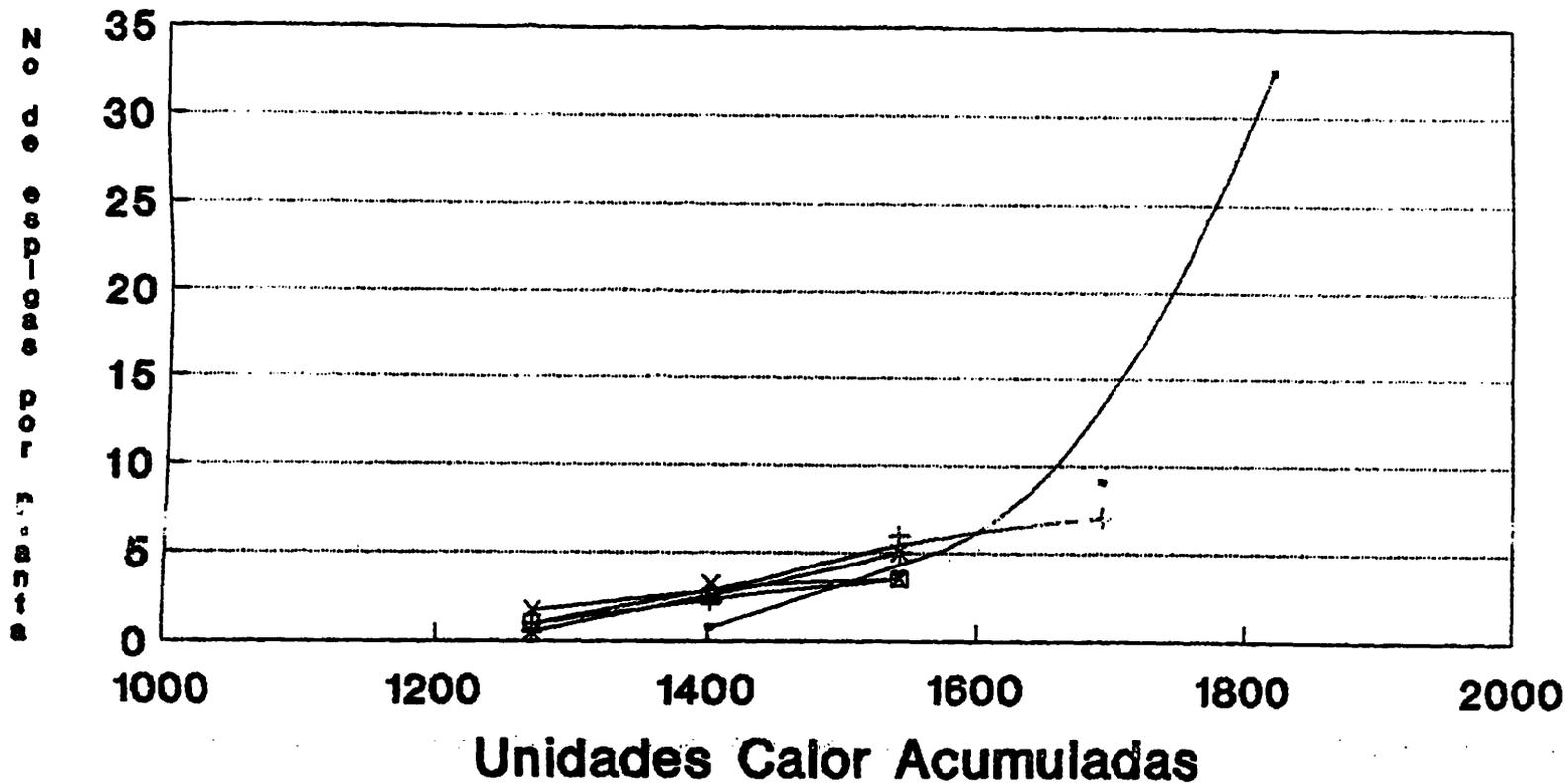
A (1271 U.C.A.) se presentan los máximos pesos secos de hojas de los tratamientos tres, cuatro y cinco y de aquí comienza a decrecer esto es debido a que la planta

presenta gran cantidad de hojas secas, las cuales no son tomadas en cuenta para los muestreos solo el tratamiento uno sigue en crecimiento activo y llega hasta las 1691 U.C. acumuladas, como se menciona con anterioridad los tratamientos uno y dos alargan su ciclo al no tener competencia por espacio.

Se presenta el mismo comportamiento en este parámetro que en los anteriores, siendo a (547 U.C.A.) cuando comienza su período de máxima acumulación de biomasa en las hojas y no se ve afectado por el factor población para esta especie.

#### Número de Espigas por Planta

En la Figura 4.4 se presenta el comportamiento de número de espigas por planta. Las espigas aparecen hasta el décimo muestreo (1271 U.C.A.) a partir de la siembra para los tratamientos dos, tres, cuatro y cinco y no presentó diferencia estadística entre los tratamientos. Para el tratamiento uno la espiga aparece hasta el onceavo muestreo (1400 U.C.A.) pero tampoco hubo diferencias estadísticas entre tratamientos ni en los siguientes muestreos, los tratamientos tres, cuatro y cinco solo se tomaron hasta el doceavo muestreo pues en éste ya habían completado su ciclo, el tratamiento dos, se tomó hasta el treceavo



—●— densidad 1      —+— densidad 2      —\*— densidad 3  
 —□— densidad 4      —x— densidad 5

**Figura 4.4. Número de espigas por planta para cinco densidades por ha de Avena Silvestre expresados en un calendario de tiempo fisiológico.**

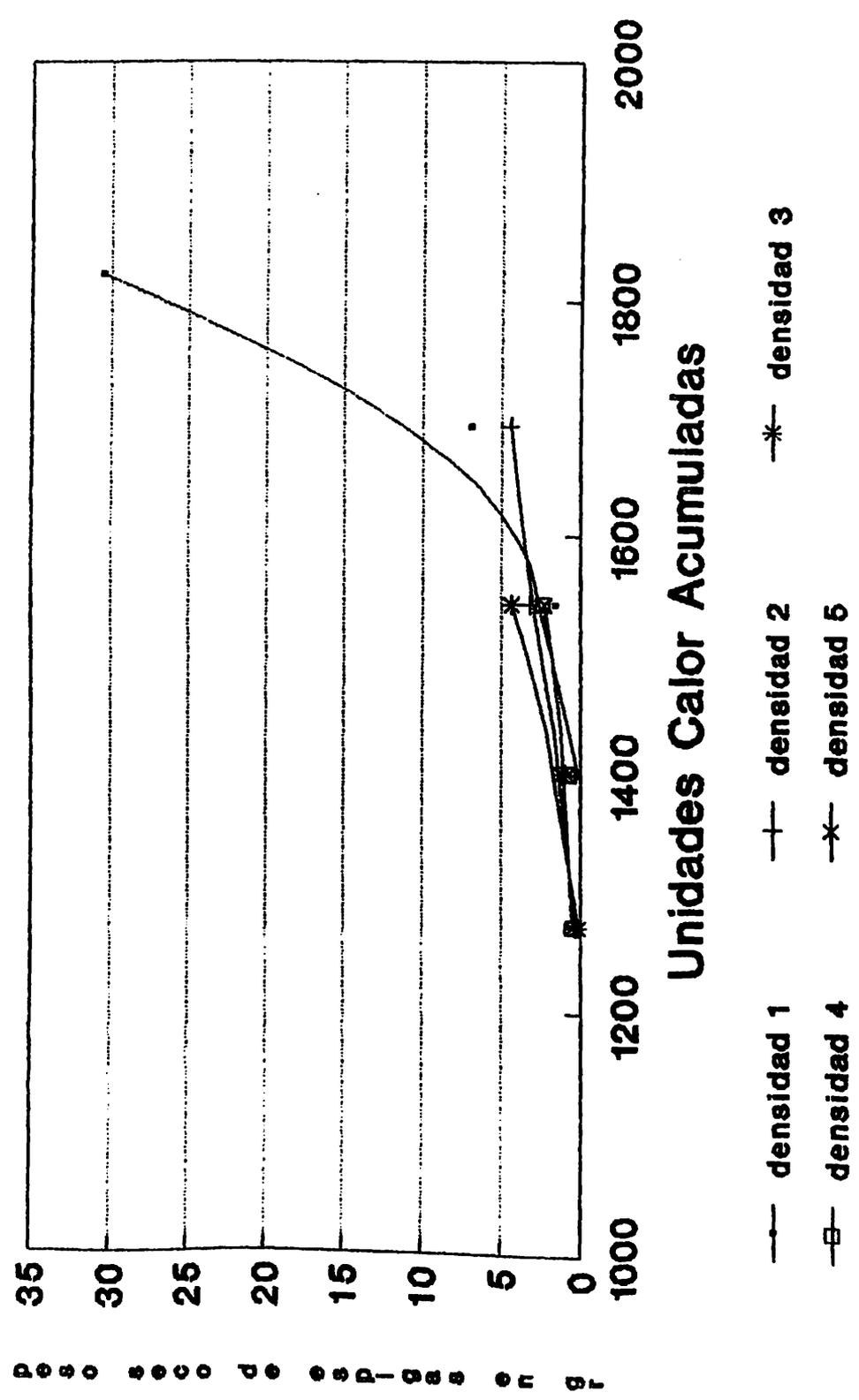
muestreo y el tratamiento uno hasta el catorceavo muestreo, que fue cuando completaron su ciclo.

#### Peso Seco de Espigas por Planta

En la Figura 4.5 se presenta el comportamiento del peso seco de espigas por planta a través de los muestreos realizados.

La espiga aparece hasta el décimo muestreo (1271 U.C.A.) para los tratamientos dos, tres, cuatro y cinco y para el tratamiento uno a las 1400 U.C.A. los siguientes muestreos no presentan diferencias estadísticas entre tratamientos, a las 1823 U.C. el tratamiento uno es diferente a los demás tratamientos aunque en este muestreo los otros tratamientos ya habían completado su ciclo con anterioridad a este muestreo.

En el Cuadro 4.4 se observa que para el tratamiento uno que llega a madurez de semilla hasta las 1823 U.C. la espiga representa el 38.3 por ciento de la biomasa total de la planta, ésta es mayor que la biomasa de la hoja. Este comportamiento es similar al que presenta el tratamiento dos donde también la biomasa de la espiga es mayor que la de las hojas aunque éste completa su ciclo a las 1691 U.C. acumuladas.



### Unidades Calor Acumuladas

- densidad 1
- densidad 2
- ✱ densidad 3
- ⊞ densidad 4
- ⊠ densidad 5

Figura 4.5. Peso seco de las espigas por planta, en gramos para cinco densidades por ha de Avena Silvestre expresados en un calendario de tiempo fisiológico.

CUADRO 4.4. Peso seco de tallos, hojas, espigas y total, expresado en gramos y porcentaje de la planta de avena silvestre, al momento de alcanzar el estado de madurez.

DENSIDAD DE POBLACION PLANTA/HA	PARTE DE LA PLANTA	UNIDADES		CALOR	
		NUMERO DE		MUESTRO	
		12	13	14	
		P.SECO	%	P.SECO	%
400,000	TALLOS			43.2628	54.4
	HOJAS			5.7604	7.3
	ESPIGAS			30.4892	38.3
	TOTAL			79.5125	100
800,000	TALLOS		11.8034	5.8	
	HOJAS		4.1274	20.3	
	ESPIGAS		4.4025	21.7	
	TOTAL		20.3333	100	
1'200,000	TALLOS	12.3188	53.4		
	HOJAS	6.4102	27.8		
	ESPIGAS	4.3365	18.8		
	TOTAL	23.0656	100		
1'600,000	TALLOS	4.7149	41.0		
	HOJAS	4.4443	38.7		
	ESPIGAS	2.3280	20.3		
	TOTAL	11.4872	100		
2'000,000	TALLOS	14.6630	71.6		
	HOJAS	3.5732	17.5		
	ESPIGAS	2.2268	10.9		
	TOTAL	20.4630	100		

En los otros tres tratamientos el comportamiento es diferente pues alcanzan su madurez de semilla a las 1542 U.C. acumuladas pero en estos la biomasa de las hojas es mayor que la biomasa de la espiga. Esto nos indica que en poblaciones altas se acorta el ciclo y las espigas son menores en peso y número que a densidades bajas.

En el último muestreo realizado a todos los tratamientos cuando la semilla estaba madura, la parte de la planta que presenta la mayor cantidad de acumulación de biomasa son los tallos.

### Peso Seco Total de Planta

En el Cuadro 4.5 se presenta el comportamiento del peso seco total por planta a través de los muestreos realizados durante el ciclo.

En el primer muestreo realizado a las 242 U.C.A. desde la siembra no hubo diferencia estadística entre tratamientos, en el segundo muestreo realizado (345 U.C.A.) se presentó diferencia estadística entre tratamientos. El polinomio con tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 0.0617 + 0.0097 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

$y$  = Peso seco total en gramos de la planta de avena silvestre.

$X_i$  = Número de plantas por hectárea de avena silvestre.

CUADRO 4.5. Peso seco total en gramos de la planta de avena silvestre, expresando la fecha del muestreo en tiempo fisiológico.

DENSIDAD DE POBLACION PLANTAS/HA	UNIDADES CALOR ACUMULADAS													
	242	345	450	547	651	769	889	1008	1131	1271	1400	1542	1691	1825
	NUMERO DE MUESTREO													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
400,000	0.013	0.031	0.137	0.199	1.746	4.578	7.034	9.034	15.050	26.676	21.671	34.788	55.934	79.512
800,000	0.015	0.061	0.077	0.226	1.390	2.585	5.214	7.417	10.521	19.927	20.118	26.301	20.333	
1'200,000	0.018	0.069	0.068	0.228	1.300	1.763	5.090	6.721	9.538	14.532	14.832	23.065		
1'600,000	0.018	0.071	0.103	0.245	1.679	2.580	5.399	6.055	8.249	13.290	19.846	11.487		
2'000,000	0.016	0.074	0.186	0.330	1.291	2.886	3.951	5.225	7.177	8.512	14.907	20.463		

Se observó que la tendencia que presentaron los tratamientos en esta época es de que a mayor número de plantas de avena silvestre por hectárea el peso seco total aumenta.

En el cuarto muestreo (547 U.C.A.) también hubo diferencia estadística entre tratamientos, con un comportamiento similar al anterior, y el polinomio con tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 0.246 + 0.028 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Lo cual nos indica que en etapas tempranas de desarrollo las poblaciones altas acumulan más rápidamente biomasa que las poblaciones bajas.

A partir de este muestreo que es cuando la planta inició la etapa de más rápido crecimiento, en los siguientes muestreos no hubo diferencia entre tratamientos, es una etapa intermedia de desarrollo y en ella no tiene influencia el factor poblaciones sobre la acumulación de biomasa total de la planta, esto concuerda con lo visto con anterioridad para las otras variables analizadas.

En el octavo muestreo (1008 U.C.A.) se presenta diferencia estadística entre tratamientos. El polinomio con tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 7.0364 - 1.0436 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Se observó que la tendencia que presentaron los tratamientos es que al aumentar el número de plantas por hectárea de avena silvestre, el peso seco total por planta disminuye, esta tendencia se observó, desde el quinto muestreo, y los siguientes aunque en estos no hubo diferencia estadística entre tratamientos.

En el décimo muestreo (1271 U.C.A.) hubo diferencia estadística entre tratamientos, y el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 16.585 - 4.2965 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

La tendencia de los tratamientos es similar a los anteriores muestreos.

Al igual que en otros parámetros los tratamientos que presentan mayor acumulación de biomasa total son los de poblaciones bajas y los de menor acumulación de biomasa los de poblaciones altas, lo cual indica que en etapas tardías de desarrollo las poblaciones bajas al tener mayor cantidad de espacio disponible pueden acumular mayor cantidad de biomasa total que las de poblaciones altas que están en competencia entre ellas por espacio y su acumulación de biomasa es menor.

Esto puede explicar por qué las poblaciones bajas alargan su ciclo de crecimiento y dedican más tiempo al desarrollo de las partes vegetativas y por consecuencia logran mayor acumulación de biomasa. Los tratamientos tres, cuatro y cinco completan su ciclo de desarrollo a las 1542 U.C., el tratamiento dos lo completa a las 1691 U.C. y el tratamiento uno a las 1823 U.C.

## Area Foliar por Planta

En relación al área foliar por planta, se observó que el área foliar tiene una relación directa con el peso seco de la hoja, se obtuvo una ecuación para predecir el área foliar de la planta en base al peso seco de las hojas, la ecuación se obtuvo con un total de 200 hojas de diferente tamaño y obtenidas de diferentes estados de desarrollo de la planta, se cortaba la hoja y se le medía el área foliar con un integrador de área foliar electrónico se ponía a secar la hoja y se le tomaba el peso seco.

La ecuación que se obtuvo fue:

$$Y = 1.818 + 339.389 X$$

$$r^2 = 0.976$$

Donde:

$$Y = \text{Area foliar en cm}^2$$

$$X = \text{Peso seco de las hojas en gr.}$$

En el Cuadro 4.6 se presenta el área foliar a través de los muestreos realizados durante todo el ciclo.

CUADRO 4.6. Área foliar por planta en cm<sup>2</sup> de la avena silvestre, expresando la fecha del muestreo en tiempo fisiológico.

DENSIDAD DE POBLACION PLANTAS/HA	UNIDADES CALOR ACUMULADAS													
	242	345	450	547	651	769	869	1006	1131	1271	1400	1542	1691	1823
	NUMERO DE MUESTREO													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
400,000	5	9	36	51	397	1029	1534	2212	2860	4690	3598	4711	4134	1956
800,000	6	17	21	58	319	586	1037	1387	1947	2917	1972	3426	1402	1035
1'200,000	6	19	20	58	345	389	978	1244	1683	2728	1873	2177		
1'600,000	6	19	27	63	376	558	1109	1031	1358	2385	1800	1510		
2'000,000	6	21	49	84	290	593	798	994	1348	1427	1559	1214		

En el primer muestreo no hay diferencia estadística entre tratamientos. En el segundo muestreo (345 U.C.A.) los tratamientos presentan diferencias estadísticas entre ellos. El polinomio de tendencia lineal al cual se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 17.7 + 2.655 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

$y$  = Área foliar en cm<sup>2</sup> por planta de avena silvestre.

$X_i$  = Número de plantas por hectárea de avena silvestre.

Se observó que los tratamientos presentaron una tendencia de que al aumentar el número de plantas por hectárea de avena silvestre, el área foliar aumenta, esta tendencia es similar a la que se observó en el cuarto muestreo (547 U.C.A.), el polinomio al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 63.1 + 7.1 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde los tratamientos que presentan mayor área foliar son los de poblaciones altas y los de menor área foliar los de poblaciones bajas. A partir de este muestreo que es cuando comienza la etapa de máximo crecimiento los tratamientos no presentan diferencias estadísticas entre ellos.

En el quinto muestreo no hubo diferencia estadística entre tratamientos, la tendencia de los tratamientos es diferente. En el octavo muestreo (1008 U.C.A.), hubo diferencia estadística entre tratamientos, y el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 1374 - 279.2 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Se observó, que la tendencia de los tratamientos es de que al aumentar el número de plantas por hectárea de avena silvestre, el área foliar por planta disminuye.

Esto se observó también en los siguientes muestreos.

En el noveno muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos es:

$$y = 1839.7 - 361.2 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

El décimo muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos es:

$$y = 2829.8 - 705.6 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el onceavo muestreo, el polinomio de tendencia cuadrática al que se ajustaron las medias de los tratamientos es:

$$y = 2160.9 - 425 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right) + 199.7 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)^2 - 2$$

En el doceavo muestreo el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos es:

$$y = 2607.9 - 891 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En estos muestreos se observó lo mencionado con anterioridad respecto a la tendencia de los tratamientos, al aumentar el número de plantas de avena silvestre por hectárea el área foliar disminuye.

Este comportamiento está de acuerdo al presentado por los otros parámetros analizados, ya que se puede pensar que los otros parámetros son dependientes de el área foliar que es la fuente productora de fotosintatos para toda la planta.

En base a todo lo anterior el comportamiento de la especie se puede dividir en tres etapas de desarrollo.

La primera etapa de desarrollo, cuando debido al efecto de competencia que ejercen las altas poblaciones éstas tienen un desarrollo más rápido que las poblaciones bajas.

La segunda etapa de desarrollo es intermedia, que es la etapa de máximo crecimiento de la especie, es a partir de las 547 U.C.A. y en esta etapa no se aprecia que el factor población tenga influencia sobre ella, ya que no hay diferencia estadística entre tratamientos en esta etapa en todos los parámetros evaluados.

La tercera etapa de desarrollo se da al final del ciclo, cuando las poblaciones bajas comienzan a presentar los más altos valores para todos los parámetros medidos y las poblaciones altas presentan los valores más bajos, esto es debido a que en estas etapas la planta presenta gran competencia por el poco espacio de que dispone, y en bajas poblaciones el espacio disponible es mayor y puede la planta desarrollar más.

### Altura de Planta

En la Figura 4.6 se presenta la altura de planta a través de los muestreos realizados durante el ciclo.

En el primer muestreo no hay diferencia estadística entre tratamientos, para el segundo muestreo (345 U.C.A.) se presenta diferencia estadística entre tratamientos, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

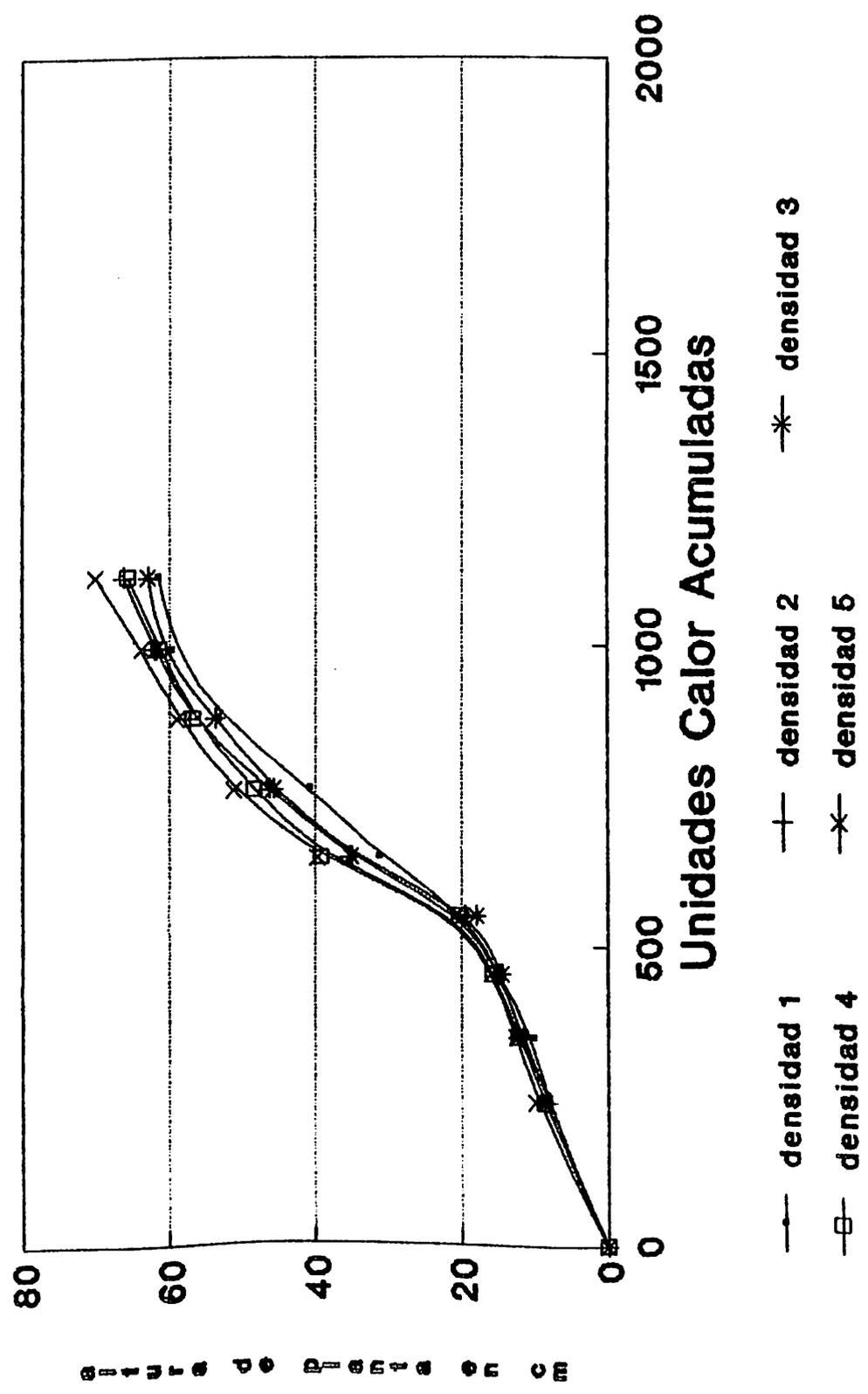


Figura 4.6. Altura planta en cm para cinco densidades por ha de Avena Silvestre expresados en un calendario de tiempo fisiológico.

$$y = 11.8 + 0.52 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Donde:

$y$  = Altura de planta de avena silvestre en cm.

$X_i$  = Número de plantas por hectárea de avena silvestre.

Se observó que la tendencia que presentaron los tratamientos es de que al aumentar el número de plantas por hectárea la altura de planta aumenta, este comportamiento es similar a través de todo el ciclo del cultivo.

En el cuarto muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 19.5 + 0.675 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el quinto muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos fue:

$$y = 36.04 + 2.09 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

En el sexto, séptimo y octavo muestreo, no hubo diferencia estadística entre tratamientos pero la tendencia fue similar en el noveno muestreo, el polinomio de tendencia lineal al que se ajustaron las medias de los tratamientos es:

$$y = 65.2 + 1.2 \left( \frac{X_i}{400000} - 3 \right)$$

Las poblaciones de mayor densidad presentan mayor altura de planta que las poblaciones menos densas, esto es debido a que en las poblaciones altas la competencia comienza más temprano y esto ocasiona que crezcan más rápidamente en forma vertical mientras que las poblaciones bajas su crecimiento es en forma horizontal por tener mayor espacio disponible.

Este comportamiento se presenta a través de todo el ciclo siendo las plantas de poblaciones más densas las de mayor altura y las de poblaciones menos densas las de menor altura, la altura se tomó solo hasta el noveno muestreo a las 1131 U.C., pues en el décimo muestreo empezó el espigamiento y en esta etapa cesa el desarrollo vegetativo toda la producción de fotosintatos se canaliza al desarrollo reproductivo.

## Fenología de Avena Silvestre

En el Cuadro 4.7 se presentan las principales fases fenológicas de la avena silvestre con sus requerimientos térmicos para las cinco densidades evaluadas.

Para la etapa de emergencia las cinco densidades presentaron los mismos requerimientos térmicos en esta etapa con 84 U.C.A. a partir de la siembra.

Para las etapas de amacollamiento y encañe los tratamientos tuvieron los mismos requerimientos térmicos, ya que estas etapas ocurren a las 300 y 651 U.C.A.

En la etapa de espiqamiento ya se presentan diferencias entre las densidades. En la densidad uno esta etapa ocurre a 1291 U.C.A., en la dos a las 1173 U.C.A. y en las densidades tres, cuatro y cinco ocurre a las 1078 U.C.A.

La etapa de floración ocurre para la densidad uno a 1380 U.C.A., para la dos a 1271 U.C.A. y para las densidades tres, cuatro y cinco a las 1173 U.C.A.

Para la etapa de madurez de semilla en la densidad uno ocurre a 1823 U.C.A., para la dos a 1712 y en las densidades tres, cuatro y cinco ocurre a las 1608 U.C.A.

CUADRO 4.7. Principales fases fenológicas de avena silvestre, expresadas en tiempo fisiológico.

Densidad población plantas/ha	Requerimientos térmicos por cada fase fenológica									
	Emer- gencia	Desarrollo Vegetativo			Desarrollo Reproductivo			X Espiga X Planta	Espiguillas X espiga	Semillas X planta
		Amacolla- miento	Encañe	Espiga- miento	Floración	Madurez semilla				
400,000										
U.C.	84	300	651	1291	1380	1823	32.5	61.7	3965	
Días	6	21	45	81	86	108				
800,000										
U.C.	84	300	651	1173	1271	1712	7.5	48.3	720	
Días	6	21	45	75	80	102				
1'200,000										
U.C.	84	300	651	1078	1173	1608	5.0	36.6	360	
Días	6	21	45	70	75	97				
1'600,000										
U.C.	84	300	651	1078	1173	1608	3.5	38.5	266	
Días	6	21	45	70	75	97				
200,000										
U.C.	84	300	651	1078	1173	1608	3.5	44.8	280	
Días	6	21	45	70	75	97				

Sastry y Chakraborty reportaron los requerimientos térmicos de tres variedades de trigo, los cuales están de 1467 a 1567 unidades calor de siembra a madurez, las cuales son semejantes a los requerimientos térmicos que presentó la avena silvestre para las densidades altas (tratamientos tres, cuatro y cinco).

En relación a la producción de semillas por planta se observó que es en este parámetro donde se refleja el mayor desarrollo vegetativo de los tratamientos uno y dos,

que duran más tiempo asimilando fotosintatos, son los que mayor producción de semillas por planta presentaron.

Los tratamientos tres, cuatro y cinco que duran menos tiempo en la fase de desarrollo vegetativo su producción de semillas por planta es menor.

En producción de semillas por planta de avena silvestre, hubo diferencia a lo reportado por Price en 1976, él menciona que la planta de avena silvestre produce de 400-600 semillas por planta y en este trabajo, los tratamientos uno y dos produjeron mayor cantidad que la reportada y los tratamientos tres, cuatro y cinco produjeron menor cantidad que la que se reporta.

Dividiendo el ciclo de la avena silvestre en tres etapas: emergencia de la plántula, desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo, se observó que por efecto de competencia la única etapa que presentó diferencias en sus requerimientos, ocurre al final del desarrollo vegetativo y antes del espigamiento.

Para la etapa de emergencia de plántula no hay diferencia entre tratamientos, ya que en todos ésta ocurre a las 84 U.C.A. Para la etapa de desarrollo vegetativo el tratamiento uno utiliza 1207 U.C.A., el tratamiento dos utiliza 1088 U.C.A. y los tratamientos tres, cuatro y cinco

utilizan 993 U.C.A., lo cual indica que las poblaciones de 400,000 y 800,000 plantas por hectárea, alargan su fase de desarrollo vegetativo, pues tienen mejores condiciones para desarrollarse al tener mayor espacio por planta para su desarrollo.

En la etapa reproductiva todos los tratamientos presentan idénticos requerimientos térmicos para completar esta fase, pues solo se presentan diferencias de 10 U.C. entre tratamientos. El tratamiento uno requiere de 532 U.C.A., el 2 de 539 U.C.A. y los tratamientos tres, cuatro y cinco 529 U.C.A. lo cual indica que esta etapa no se ve afectada por el factor densidad para esta especie en cuanto a requerimientos térmicos.

Esto da como resultado que a poblaciones bajas la especie alarga su etapa de desarrollo vegetativo, ya que puede desarrollarse más al no presentar una fuerte competencia por espacio y esto se refleja en las unidades calor acumuladas al final del ciclo. Aunque una fase importante como es la reproducción no se ve afectada en sus requerimientos térmicos siendo similar para todos los tratamientos.

## CONCLUSIONES

La temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) para avena silvestre, es  $4.3^{\circ}\text{C}$  de acuerdo al método de índice de rango de germinación de Chu.

Los requerimientos térmicos acumulados para avena silvestre a densidades altas son: emergencia de plántula 84 U.C.A.; amacollamiento 300 U.C.A.; encañe 651 U.C.A.; espigamiento 1078 U.C.A.; floración 1173 U.C.A. y madurez 1608 U.C.A.

A densidades bajas (400 y 800 mil plantas/ha) los requerimientos térmicos para emergencia de plántula, amacollamiento y encañe son iguales a las de densidades altas.

Para la densidad de 800,000 plantas/ha el espigamiento ocurre a 1173 U.C.A.; floración 1271 U.C.A. y la madurez a 1712 U.C.A.

Para la densidad de 400,000 plantas/ha el espigamiento ocurre a 1291 U.C.A., floración 1380 U.C.A. y madurez 1823 U.C.A.

Por efecto de menor competencia intraespecífica se alarga el periodo de encañe a espigamiento, requiriendo para llegar a este último de 1291 y 1173 U.C.A. las densidades de 400 y 800 mil plantas/ha respectivamente.

Por el mismo efecto de menor competencia a la densidad baja, la planta de avena silvestre produce más tallos, hojas y biomasa pero son de menor altura.

En las densidades altas donde hay competencia intraespecífica se registró menor acumulación de peso, tallos y biomasa, pero son de mayor altura.

## RESUMEN

Se realizó una investigación con el objeto de conocer la temperatura umbral mínima de desarrollo (TUMD) y la fenología de avena silvestre (*Avena fatua* L.), para su integración a un Programa de Manejo Integrado de Malezas.

Se realizaron dos experimentos, para la TUMD se hizo un bioensayo para medir la germinación a varias temperaturas constantes, en los laboratorios del Departamento de Parasitología y para la fenología se utilizó un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en 1990-91 en Saltillo, Coahuila, México. Se determinó que la TUMD para avena silvestre es de 4.3°C. Para fenología se sembraron cinco densidades de población de avena silvestre, en un rango de 400 mil plantas/ha.

Se tomaron las temperaturas máximas y mínimas diarias y se estimó el calor requerido para cada estado de desarrollo de la especie expresado en unidades calor.

Las densidades altas requieren de 1608 U.C.A. para completar su ciclo, las densidades bajas varían de 1712 a 1823 U.C.A. para completar su ciclo.

Las poblaciones en baja densidad de avena silvestre, alargan su ciclo de vida, en relación a las poblaciones de alta densidad, esta mayor duración de su ciclo, se observa en la fase de desarrollo vegetativo y se refleja en una mayor producción de materia seca y semillas por planta.

Se observó que al aumentar el número de plantas por hectárea, se presenta una disminución en el número de hojas, tallos y espigas; y en el peso seco de hojas, tallos, espigas y total; así como el área foliar por planta.

## LITERATURA CITADA

- Adkins, S.W. 1987. Variation within pure lines of wild oats (*Avena fatua* L.) in relation to temperature of development. *Weed Sci.* 35(2):169-172. United States of America.
- Alam, L.R. and A.F. Wiese. 1985. Effect of Degree-Days on weed emergence. Proc. 38 th. Annual meeting southern weed Sci. Soc. 38: 150 United States of America.
- Allen, J.C. 1975. A modified sine wave method for calculating degree-days. *Env. Ent.* 5(3):388-396. United States of America.
- Arévalo, V.A. 1978. Estudios sobre Biología y Combate de la avena silvestre (*Avena fatua* L.) en el cultivo de trigo en Guanajuato. tesis Licenciatura. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 135p.
- Barfield, C.S., E.R. Mitchell and S.L. Poe. 1978. A temperature dependent model for fall arm, worm development. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 71:70-74. United States of America.
- Bewick, T.A. and L.K. Binning. 1987. Degree-Day model for predicting swamp dodder emergence. *Hortscience*: 22(5):1128. United States of America.
- Bierhuizen, J.F. and W.A. Wagenvoort. 1974. Some aspects of seed Germination in vegetables. I. The determination and application of heats sums and minimum temperature for Germination. *Scientia Horticulturae*. 2:213-219 The Netherlands.

- Bootsma, A. 1984. Forage Crop Maturity zonation in the atlantic Region Using growing degree-days. Can. J. Plant Sci. 64:329-338. Canada.
- Bridges, C. D. and J.M. Chandler. 1989. A population level temperature-Dependent model of seedling johnson grass (Sorghum halepense). Flowering Weed Sci. 37:471-477 United States of America.
- Brown, D.M. 1960. Soybean ecology. I. Development-Temperature relations from controlled environment studies Agronomy Journal 9:492-496. United States of America.
- Carlson, L.H. and J.E. Hill. 1985. Wild oat (Avena fatua) competition with spring wheat: Plant density effects. Weed Sci. 33:176-181. United States of America.
- Dawneberger, T.K., B. E. Branham and J.M.Vargas, Jr. 1984. Annual bluegrass seedhead emergence as predicted by Degree Day accumulation. 76:756-758. United States of America.
- Dawneberger, T.K., B. E. Branham and J.M.Vargas, Jr. 1987. Mefluidide application for annual Bluegrass seedhead suppression based on degree-day accumulation, Agronomy Journal. 79:69-71. United States of America.
- Davidson, H.R. and A.C. Campbell 1983. The effect of temperature moisture and nitrogen on the rate of development of spring wheat as measured by degree day. Can. J. Plant Sci. 63:833-846. Canada.
- Defina, A.L. y A.C. Ravelo. 1975. Climatología y Fenología Agrícolas Ed. Universitaria de Buenos Aires. 300 p. Argentina.
- Friesen, G. and L.H. Shebeski. 1961. The influence of temperature on the Germination of wild Oats Seeds. Weeds 9:634-638 United States of America.

- Gilmore, C.E. Jr. and J.S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in Corn. *Agronomy Journal* 50(10):611-615. United States of America.
- Giner, S.A. 1987. Control químico de malezas en el cultivo del manzano (*Pyrus malus* L.) y su análisis económico en la sierra de Arteaga. Coah. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 110 p.
- Kish, J.A. and W.L. Ogle. 1980. Improving the Heat Unit System in Predicting Maturity Date of Snap Beans. *Hort Science* 15(2):140-141. United States of America.
- Klighman, C.G. and F.M. Ashtow. 1982. *Weed Science* Chap. 1 Principles and practices 2da. edition. 431 p. United States of America.
- Lana, P.E. and E.S. Haber. 1952. Seasonal variability as Indicated by cumulative degree Hours with sweet corn. *Proc. of the Amer. Soc. for Hort. Sci.* 59:389-392 United States of America.
- Mederski, H.J., M.E. Miller and C.R. Weaver. 1973. Accumulated Heat units of classifying corn Hybrid maturity *Agronomy Journal*. (5):743-747. United States of America.
- Morrison, M.J., P.B.E. Mcvetty and C.F. Slay Kewich. 1989. The Determination and verification of a baseline temperature for type growth of westar summer rape. *Can. J. Plant Sci.* 69:455-464. Canada.
- Obando, R.J.A. 1991. Control integrado de maleza en trigo para el norte de México. *Series técnicas de Asocecima*. 1(1):35-45. México.
- PararajaSingham, S. and L.A. Hunt. 1991. Wheat Spike temperature in relation to base temperature for grain Filling Duration. *Can. J. Plant Sci.* 71:63-69. Canada.

- Perry, B.K., T.C. Weahner and G.L. Johnson. 1986. Comparison of 14 methods to determine Heat United Requirements for Cucumber Harvest. Hortscience 21(3):419-423 United States of America.
- Price, J.D. (ed.) 1976. Wild oats in World Agriculture. Agr. Res. Council, London 490 p. England.
- Robertson, L.S. and R.D. Frazier. 1978. Dry Bean Production, Principles and practices. Cooperative Extension Service. Agric. Expt. Stat. Michigan State University.
- Rodríguez, A.J. 1989. Modelos matemáticos aplicados a la agricultura. 1a. ed. CIDH-CAADES. México. 186 p.
- Russelle, M.P., W.W. Wilhelm, R.A. Olson and J.F. Power. 1984. Growth analysis Based on degree days. Crop Sci. 24:28-32. United States of America.
- Sastry, N.S.P. and N.V.K. Chakravarty, 1982. Energy summation indices for wheat crop in India. Agric. Meteorol. 27:45-48. The Netherlands.
- Sharman, M.P., D.K. MacBeath and W.H. Vanderw Born. 1976. Studies on the Biology of wild oats. I. Dormancy, germination and emergence. Can. J. Plant Sci. 56:611-618. Canada.
- Tamayo, E.L.M. 1991. Problemática de maleza y su manejo Integrado en trigo para el Noroeste de México series técnicas de Asocecima. 1(1):3-11. México.
- Tollenar, M., T.B. Daynard and R.B. Hunter. 1979. Effect of Temperature on Rate of Leaf Appearance and Flowering Date in Maize. Crop Science Vol. 19:363-366. United States of America.
- Went, F.W. 1953. The effects of temperature on plant response studies. Ecology 41(4):785-789. United States of America.

- Wiese, M.A. and K.L. Binning. 1987. Calculating the threshold temperature of Development for Weeds. Weed Sci. 35(2):177-179. United States of America.
- Wilson, T.L. and W. W. Barnett. 1983. Degree days: and aid crops and pest management. Californi Agriculture: 4-7 united States of America.
- Young, J.A., R.A. Evans and B.L. Kay. 1973. Temperature Requirements for Seed Germination in an annual-Type Range land community. Agronomy Journal. 65:656-659. United States of America.

## A P E N D I C E S

## A P E N D I C E    A

Unidades Calor Precalculadas para  
Avena Silvestre (Avena fatua L.)

CUADRO A.1. Valores de unidades calor calculadas por medios días para avena silvestre.

Temp. máx.	Temperaturas mínimas																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0	0.00																					
1	0.00	0.00																				
2	0.00	0.00	0.00																			
3	0.00	0.00	0.00	0.00																		
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.3																
6	0.15	0.20	0.20	0.25	0.35	0.5	0.8															
7	0.35	0.40	0.40	0.50	0.60	0.8	1.0	1.3														
8	0.55	0.60	0.65	0.70	0.85	1.0	1.3	1.5	1.8													
9	0.75	0.80	0.85	0.95	1.10	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3												
10	0.95	1.00	1.10	1.20	1.35	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8											
11	1.15	1.25	1.35	1.45	1.60	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3										
12	1.40	1.45	1.55	1.70	1.85	2.1	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8									
13	1.60	1.70	1.80	1.95	2.10	2.3	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3								
14	1.85	1.95	2.05	2.15	2.35	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8							
15	2.10	2.15	2.30	2.40	2.60	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3						
16	2.30	2.40	2.55	2.65	2.85	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8					
17	2.55	2.65	2.75	2.90	3.10	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3				
18	2.80	2.90	3.00	3.15	3.35	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8			
19	3.00	3.15	3.25	3.40	3.60	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3		
20	3.25	3.35	3.50	3.65	3.85	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	
21	3.50	3.60	3.75	3.90	4.10	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	
22	3.75	3.85	4.00	4.15	4.35	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	
23	4.00	4.10	4.25	4.40	4.60	4.8	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	
24	4.20	4.35	4.50	4.65	4.85	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	
25	4.45	4.60	4.75	4.90	5.10	5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	
26	4.70	4.85	5.00	5.15	5.35	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	9.3	
27	4.95	5.10	5.20	5.40	5.60	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	
28	5.20	5.30	5.45	5.65	5.85	6.1	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	9.8	
29	5.45	5.55	5.70	5.90	6.10	6.3	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	9.8	10.1	
30	5.70	5.80	5.95	6.15	6.35	6.6	6.8	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	9.8	10.1	10.3	
31	5.90	6.05	6.20	6.35	6.55	6.8	7.0	7.3	7.5	7.8	8.0	8.3	8.5	8.8	9.0	9.3	9.5	9.8	10.0	10.3	10.5	
32	6.05	6.20	6.35	6.55	6.75	7.0	7.2	7.4	7.7	7.9	8.2	8.4	8.7	8.9	9.2	9.4	9.7	9.9	10.2	10.4	10.6	
33	6.25	6.35	6.55	6.70	6.90	7.1	7.4	7.6	7.8	8.1	8.3	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.3	10.5	10.8	
34	6.40	6.50	6.70	6.85	7.05	7.3	7.5	7.7	8.0	8.2	8.5	8.7	9.0	9.2	9.4	9.7	9.9	10.2	10.4	10.6	10.9	
35	6.50	6.65	6.80	7.00	7.15	7.4	7.6	7.9	8.1	8.4	8.6	8.8	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.3	10.5	10.7	11.0	
36	6.65	6.80	6.95	7.10	7.30	7.5	7.7	8.0	8.2	8.5	8.7	8.9	9.2	9.4	9.6	9.9	10.1	10.3	10.6	10.8	11.0	
37	6.75	6.90	7.05	7.20	7.40	7.6	7.9	8.1	8.3	8.6	8.8	9.0	9.3	9.5	9.7	10.0	10.2	10.4	10.7	10.9	11.1	
38	6.85	7.00	7.15	7.35	7.50	7.7	8.0	8.2	8.4	8.7	8.9	9.1	9.4	9.6	9.8	10.0	10.3	10.5	10.7	10.9	11.2	
39	6.95	7.10	7.25	7.45	7.60	7.8	8.1	8.3	8.5	8.8	9.0	9.2	9.4	9.7	9.9	10.1	10.3	10.6	10.8	11.0	11.2	
40	7.05	7.20	7.35	7.55	7.70	7.9	8.1	8.4	8.6	8.8	9.1	9.3	9.5	9.7	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.1	11.3	

## A P E N D I C E    B

Análisis de Varianza para las  
Regresiones Polinomiales

CUADRO B.1. ANVA para la regresión polinomial de segundo grado del IRG de Burgert contra temperatura.

FUENTE	G.L.	SC	CM
REGRESION	2	0.0290	0.0145 *
RESIDUAL	4	0.0071	0.0018
TOTAL	6	0.0361	

R = 0.803

CUADRO B.2. ANVA para la regresión lineal de segundo grado del IRG de Chu et al contra temperatura.

FUENTE	G.L.	SC	CM
REGRESION	2	295.04	147.52 *
RESIDUAL	4	58.246	14.561
TOTAL	6	353.28	

R = 0.835

## A P E N D I C E C

Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación de los  
Análisis de Varianza de los Parámetros Medidos por Muestreo

CUADRO C.1. Cuadrados medios y coeficientes de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el primer muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS					
		NHP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	0.66 n.s.	1.5 <sup>-5</sup> n.s.	6.3 <sup>-7</sup> n.s.	2 <sup>-5</sup> n.s.	1.13 n.s.	3.2 n.s.
Tratamiento	4	0.07 n.s.	1.3 <sup>-5</sup> n.s.	5 <sup>-7</sup> n.s.	2 <sup>-5</sup> n.s.	2.07 n.s.	1.77 n.s.
Error	12	0.20	5.8 <sup>-6</sup>	7.6 <sup>-7</sup>	6.6 <sup>-6</sup>	1.32	1.01
Total	19						
C.V. %		19.0	18.2	25.6	15.4	18.5	11.4

CUADRO C.2. Cuadrados medios y coeficientes de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el segundo muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	1.93 n.s.	0.13 n.s.	7 <sup>-4</sup> *	1 <sup>-4</sup> *	1.27 <sup>-3</sup> *	75.99 n.s.	4.28 * *
Tratamiento	4	0.82 n.s.	0.37 n.s.	8 <sup>-4</sup> *	5 <sup>-5</sup> n.s.	1.24 <sup>-3</sup> *	86.92 *	3.44 * *
Error	12	1.55	0.34	2 <sup>-4</sup>	1.6 <sup>-5</sup>	2.8 <sup>-4</sup>	19.87	0.61
Total	19							
C.V. %		25.4	29.2	30.0	27.9	27.1	25.1	6.6

NHP = Número de hojas por planta

NTP = Número de tallos por planta

PSHP = Peso seco de hojas por planta

PSTP = Peso seco de tallos por planta

PST = Peso seco total

AFP = Area foliar por planta

AP = Altura de planta

CUADRO C.3. Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el tercer muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	7.06 n.s.	0.53 n.s.	4.5 <sup>-3</sup> n.s.	2 <sup>-4</sup> n.s.	6.5 <sup>-3</sup> n.s.	520.6 n.s.	5.36 * *
Tratamiento	4	11.07 n.s.	1.57 n.s.	5.3 <sup>-3</sup> n.s.	6 <sup>-4</sup> n.s.	9.27 <sup>-3</sup> n.s.	605.7 n.s.	1.09
Error	12	4.44	0.74	1.8 <sup>-3</sup>	2 <sup>-2</sup>	2.98 <sup>-3</sup>	204.7	0.55
Total	19							
C.V. %		32.6	33.1	49.0	50.0	47.5	45.9	4.9

CUADRO C.4. Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el cuarto muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	20.33 *	2.71 n.s.	1.6 <sup>-3</sup> n.s.	4 <sup>-4</sup> n.s.	3.53 <sup>-3</sup> n.s.	187.7 n.s.	6.51 * *
Tratamiento	4	17.92 *	1.8 n.s.	5.6 <sup>-3</sup> * *	6 <sup>-4</sup> *	9.95 <sup>-3</sup> * *	640.2 * *	4.78 * *
Error	12	5.45	0.96	9 <sup>-4</sup>	2 <sup>-4</sup>	1.56 <sup>-3</sup>	102.7	0.34
Total	19							
C.V. %		18.9	22.0	16.6	21.6	16.0	16.0	3.7

NHP = Número de hojas por planta

NTP = Número de tallos por planta

PSHP = Peso seco de hojas por planta

PSTP = Peso seco de tallos por planta

PST = Peso seco total

AFP = Area foliar por planta

AP = Altura de planta

CUADRO C.5. Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el quinto muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	290.0 *	27.6 n.s.	0.63 **	0.20 **	1.51 **	75082 **	20.87 n.s.
Tratamiento	4	476.1 **	58.45 **	0.07 n.s.	0.02 n.s.	0.18 n.s.	7356 n.s.	48.72 *
Error	12	72.34	9.51	0.09	0.26	0.21	10081	13.68
Total	19							
C.V. %		23.0	26.5	30.4	32.9	31.1	29.0	10.2

CUADRO C.6 Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el sexto muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	272.3 n.s.	10.0 n.s.	0.39 n.s.	0.25 n.s.	1.2 n.s.	46207 n.s.	38.58 n.s.
Tratamiento	4	1025 **	81.8 **	1.95 n.s.	0.48 n.s.	4.31 n.s.	225497 n.s.	58.6 n.s.
Error	12	134.2	9.33	0.76	0.28	1.96	88013	23.11
Total	19							
C.V. %		25.4	25.8	47.1	52.4	48.6	46.9	10.3

NHP = Número de hojas por planta  
 NTP = Número de tallos por planta  
 PSHP = Peso seco de hojas por planta  
 PSTP = Peso seco de tallos por planta  
 PST = Peso seco total  
 AFP = Area foliar por planta  
 AP = Altura de planta

CUADRO C.7. Cuadrados medios y coeficientes de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el séptimo muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	550.1 n.s.	22.85 n.s.	0.57 n.s.	0.42 n.s.	1.76 n.s.	65700 n.s.	30.19 n.s.
Tratamiento	4	1590 * *	83.87 * *	2.58 n.s.	0.43 n.s.	4.87 n.s.	298151 n.s.	24.32 n.s.
Error	12	195.7	12.3	1.04	0.58	3.05	119892	15.28
Total	19							
C.V. %		25.0	25.5	31.7	35.9	32.7	31.7	6.9

CUADRO C.8. Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el octavo muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	588.4 n.s.	38.73 n.s.	1.67 n.s.	0.97 n.s.	3.49 n.s.	192962 n.s.	24.72 n.s.
Tratamiento	4	2845 * *	164.9 * *	8.52 * *	0.64 n.s.	11.91 * *	981614 * *	8.55 n.s.
Error	12	466.2	26.81	0.88	0.48	1.68	102279	33.83
Total	19							
C.V. %		31.8	30.6	23.3	23.4	18.4	23.2	9.4

NHP = Número de hojas por planta  
 NTP = Número de tallos por planta  
 PSHP = Peso seco de hojas por planta  
 PSTP = Peso seco de tallos por planta  
 PST = Peso seco total  
 AFP = Area foliar por planta  
 AP = Altura de planta

CUADRO C.9. Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el noveno muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS						
		NHP	NTP	PSHP	PSTP	PST	AFP	AP
Bloque	3	1975 n.s.	127.3 n.s.	5.92 n.s.	9.53 n.s.	29.92 n.s.	681714 n.s.	54.61 *
Tratamiento	4	4390 n.s.	154.8 n.s.	13.46 *	6.15 n.s.	36.96 n.s.	1550466 *	44.38 *
Error	12	2107	49.45	2.82	5.16	12.34	325028	10.69
Total	19							
C.V. %		51.6	34.1	31.0	48.4	34.7	30.9	5.0

CUADRO C.10. Cuadrados medios y coeficiente de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el décimo muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS							
		NHP	NTP	NEP	PSHP	PSTP	PSEP	PST	AFP
Bloque	3	5778 n.s.	192.8 n.s.	0.45 n.s.	25.56 n.s.	9.25 n.s.	0.06 n.s.	42.57 n.s.	2944176 n.s.
Tratam.	4	6536 *	558 * *	1.7 n.s.	49 *	58.17 * *	0.22 n.s.	193.2 *	5646024 *
Error	12	1810	101	0.7	14.5	6.19	0.12	22.3	1674607
Total	19								
C.V. %		37.6	35.2	98.4	45.7	31.2	117	28.4	45.7

NHP = Número de hojas por planta  
 NTP = Número de tallos por planta  
 NEP = Número de espigas por planta  
 PSHP = Peso seco de hojas por planta  
 PSTP = Peso seco de tallos por planta  
 PSEP = Peso seco de espigas por planta  
 PST = Peso seco total  
 AFP = Area foliar por planta

CUADRO C.11. Cuadrados medios y coeficientes de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el onceavo muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS							
		NHP	NTP	NEP	PSHP	PSTP	PSEP	PST	AFP
Bloque	3	1110 n.s.	238.4 * *	0.58 n.s.	2.85 n.s.	141 n.s.	0.24 n.s.	174 n.s.	32917 n.s.
Tratam.	4	8928 * *	412.6 * *	3.37 n.s.	23.24 * *	23.9 n.s.	0.59 n.s.	41.2 n.s.	2678450 * *
Error	12	394	71.2	2.37	1.7	47.5	0.43	57	196129
Total	19								
C.V. %		20.3	26.7	68.4	20.5	61.8	87.8	41.3	20.4

CUADRO C.12. Cuadrados medios y coeficientes de variación de los ANVA de los parámetros medidos en el doceavo muestreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS							
		NHP	NTP	NEP	PSHP	PSTP	PSEP	PST	AFP
Bloque	3	693 n.s.	25.1 n.s.	0.58 n.s.	5.47 n.s.	116 n.s.	1.77 n.s.	187 n.s.	630613 n.s.
Tratam.	4	16383 * *	480 * *	4.95 n.s.	73.1 * *	112 n.s.	4.58 n.s.	288 n.s.	426792 n.s.
*Error	12	1248	33.46	4.75	9.7	70.28	6.54	155	1117613
Total	19								
C.V. %		35.5	15.7	50.1	40.5	65.4	93.7	53.6	40.5

NHP = Número de hojas por planta  
 NTP = Número de tallos por planta  
 NEP = Número de espigas por planta  
 PSHP = Peso seco de hojas por planta  
 PSTP = Peso seco de tallos por planta  
 PSEP = Peso seco de espigas por planta  
 PST = Peso seco total  
 AFP = Area foliar por planta