

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Dinámica de crecimiento de cuatro genotipos de cilantro
(*Coriandrum sativum* L.) en diferentes ambientes.**

Por:

HERIBERTO GUZMÁN BACILIO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Noviembre de 1999.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Dinámica de crecimiento de cuatro genotipos de cilantro
(*Coriandrum sativum* L.) en diferentes ambientes.**

**TESIS
Presentada Por:**

HERIBERTO GUZMAN BACILIO

**Sometida a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

PRESIDENTE

M.C. José Hernández Dávila

SINODAL

SINODAL

Ph.D. Francisco Zavala García

Dr. Valentín Robledo Torres

SINODAL

M.C. Francisca Ramírez Godina

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

**Buenavista Saltillo Coahuila, México.
Noviembre de 1999.**

AGRADECIMIENTOS

Te agradezco **SEÑOR**, por ser la luz que me guía y la fuerza que me sostiene. Gracias por que me has hecho partícipe de tus infinitas bondades, por el simple hecho de existir... También quiero agradecerte todos esos pequeños momentos que inmerecidamente me has permitido disfrutar y por que dejas que hoy escale un peldaño más de los muchos que deben ser, si es así tu Santa Voluntad. **GRACIAS DIOS MIO.**

Gracias a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por la oportunidad que me dio de ser parte de ella y, por las facilidades que me otorgó para que hoy me acredite como un profesionista responsable y comprometido.

Agradezco al M.C. José Hernández Dávila, su gran apoyo y amistad que me brindó, por todo su empeño y tiempo dedicado para que esta pequeña contribución al conocimiento se llevara a cabo.

Gracias al Dr. Valentín Robledo Torres, por el apoyo otorgado para que éste trabajo de investigación se iniciara y concluyera de la mejor forma.

Agradezco al Ph. D. Francisco Zavala García su valiosa colaboración, su gran revisión y por sus sabias sugerencias para una mejor presentación de este trabajo.

Agradezco a la M.C. Francisca Ramírez Godina por su apoyo y colaboración en la realización del presente.

También agradezco a todos los catedráticos de la UAAAN, especialmente a los del Departamento de Horticultura y a todo su personal, por sus conocimientos y experiencias que me transmitieron.

DEDICATORIA

Dedico esta obra, a las dos personas más importantes de mi existir, a mis **PADRES**. Como una pequeña muestra de que, todo su sacrificio y desvelo no han sido en vano y les recalco que éste logro a ustedes les pertenece. **Que Dios los bendiga ...**

Sra. Ma. Del ROSARIO BACILIO SANCHEZ

Sr. SANTIAGO GUZMÁN MEDINA

También, dedico humildemente este trabajo a mis hermanos a cambio de su confianza y apoyo, sacrificios y limitaciones, a fin de que este sueño realizara, **Gracias...**

J. Trinidad y Fam.

Ascención y Fam.

Rufino

Auristela

Demetrio

Jaime y Fam.

MARIA ELENA

MARICELA

Oliva

Con mucho cariño va dedicado el presente a la persona que incondicionalmente me apoyó en todo momento durante mi estancia en la Universidad y que me abrió las puertas de su hogar, la **Sra. Ma. Del Refugio Zavala Hernández** y a su apreciable familia, así como a todas las familias cercanas con apellido **Zavala**, les agradezco su amistad y confianza.

Dedico este trabajo a la Familia Hernández Ramos, por el apoyo, amistad y confianza que me han dado, siempre se los agradeceré...

A todos mis compañeros estudiantes y amigos, sin excepción alguna, que compartieron conmigo momentos de alegría y de tristeza a lo largo de mi etapa estudiantil...

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	<i>iii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>Vi</i>
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	<i>vii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>Xi</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del cultivo	4
2.1.1 Importancia	4
2.1.2 Origen y distribución	5
2.1.3 Clasificación botánica	5
2.1.4 Descripción botánica	6
2.1.4.1 Raíz.....	6
2.1.4.2 Tallo	6
2.1.4.3 Hoja	6
2.1.4.4 Flor	6
2.1.4.5 Fruto	6
2.1.4.6 Semilla	7
2.1.5 Requerimientos ambientales.....	7
2.1.5.1 Suelo	7
2.1.5.2 Requerimientos hídricos	7
2.1.5.3 Requerimientos nutrimentales	8

2.1.5.4 Latitud y altitud	8
2.1.5.5 Temperatura	8
2.1.5.6 Fotoperiodo	11
2.2 Crecimiento y desarrollo	14
2.2.1 Generalidades del análisis de crecimiento	16
2.2.2 Aplicación del análisis de crecimiento	20
2.3 Generalidades del Modelo Logístico	25
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Localización del área experimental	27
3.2 Características del área experimental	27
3.2.1 Precipitación pluvial.....	27
3.2.2 Evaporación	27
3.2.3 Temperatura	27
3.2.4 Humedad relativa	28
3.3 Material y equipo	28
3.4 Material genético.....	29
3.4.1 Características del material genético.....	29
3.5 Diseño experimental.....	30
3.5.1 Descripción de tratamientos.....	30
3.5.2 Variables evaluadas.....	31
3.6 Modelo logístico específico	33
3.7 Conducción del experimento.....	35
IV. RESULTADOS	39
4.1 Valores primarios	39
4.1.1 Área Foliar	39
4.1.2 Materia Seca	42
4.2 Curva "S" y relación lineal.....	45
4.3 Índices fisiotécnicos	48
4.3.1 Tasa de crecimiento del cultivo.....	48
4.3.2 Tasa relativa de crecimiento	51
4.3.3 Tasa relativa de crecimiento foliar	54

4.3.4 Tasa de asimilación neta	57
4.3.5 Relación de área foliar	59
4.3.6 Duración de área foliar	62
V. DISCUSIÓN	66
VI. CONCLUSIONES	80
VII. LITERATURA CITADA	82
VIII. APÉNDICE	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1.	Densidades recomendadas para cuatro genotipos de cilantro.	35
2.	Niveles de significancia para área foliar y materia en cilantro para los factores ambiente, genotipo y su interacción	39
3.	Niveles de significancia para seis índices fisiotécnicos del cultivo de cilantro en nueve fechas evaluadas.....	49

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro	Pagina
1A. Fotoperiodo semanal durante el ciclo del cultivo de cilantro en Buenavista Saltillo Coah, 1998	90
2A. Temperaturas semanales (ambiente normal, ambiente con una y con dos cubiertas de PPT) durante el ciclo del cultivo de cilantro en Buenavista Saltillo Coah., 1998	91
3A. Rendimiento de follaje fresco del cilantro (ton.ha^{-1}) en diferentes ambientes, genotipos y su interacción.	91
4A. Comparación de medias de área foliar ($\text{cm}^2. \text{planta}^{-1}$) y peso seco (g. planta^{-1}) en cinco ambientes	92
5A. Comparación de medias de área foliar ($\text{cm}^2. \text{planta}^{-1}$) y peso seco (g. planta^{-1}) de cuatro genotipos.....	92
6A. Comparación de medias del área foliar ($\text{cm}^2. \text{planta}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	93
7A. Comparación de medias de peso seco (g. planta^{-1}) de la interacción ambiente-genotipo	94
8A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para área foliar del cilantro cv. Criollo de Ramos	95

9A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para área foliar del cilantro cv. Marroquí	95
10A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para área foliar del cilantro cv. Sun Master	96
11A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para área foliar del cilantro cv. Slow Bolt	96
12A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para peso seco del cilantro cv. Criollo de Ramos	97
13A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para peso seco del cilantro cv. Marroquí	97
14A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para peso seco del cilantro cv. Sun Master	98
15A.	Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico para peso seco del cilantro cv. Slow Bolt	98
16A.	Medias de la TCC (g. día ⁻¹) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas	99
17A.	Comparación de medias de la TCC (g. día ⁻¹) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	99

18A.	Medias de la TRC ($\text{g.g}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas	100
19A.	Comparación de medias de la TRC ($\text{g.g}^{-1}.\text{día}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	100
20A.	Medias de la TRCF ($\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas	101
21A.	Comparación de medias de la TRCF ($\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	101
22A.	Medias de la TAN ($\text{g.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas	102
23A.	Comparación de medias de la TAN ($\text{g.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	102
24A.	Medias de la RAF ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas	103
25A.	Comparación de medias de la RAF ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	104
26A.	Medias de la DAF ($\text{cm}^2.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas	105

27A.	Comparación de medias de la DAF ($\text{cm}^2.\text{día}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes	105
------	--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
1 Incremento de área foliar de cilantro en cinco ambientes.....	41
2 Incremento de área foliar de cuatro genotipos de cilantro.....	41
3 Incremento de área foliar por efecto de la interacción ambiente- genotipo.....	43
4 Acumulación de materia seca del cilantro en cinco ambientes....	44
5 Acumulación de materia seca de cuatro genotipos de cilantro....	45
6 Acumulación de materia seca en la interacción ambiente- genotipo.....	46
7 Curva “S” de crecimiento del genotipo Marroquí en el ambiente 2 (área foliar)	47
8 Curva “S” de crecimiento del genotipo Marroquí en el ambiente 5 (peso seco)	47
9 Relación entre peso seco vs área foliar del genotipo Marroquí, ambiente 2	48

10	Influencia de cinco ambientes de producción sobre la TCC del cilantro	50
11	Respuesta en la TCC de cuatro genotipos de cilantro	51
12	Efecto de la interacción ambiente-genotipo sobre la TCC del cilantro	52
13	Respuesta en la TRC de cuatro genotipos de cilantro	53
14	Efecto de la interacción ambiente-genotipo sobre la TRC del cilantro	54
15	Influencia de cinco ambientes de producción sobre la TRCF del cilantro	55
16	Efecto de la interacción ambiente-genotipo sobre la TRCF del cilantro	56
17	Influencia de cinco ambientes de producción sobre la TAN del cilantro	57
18	Respuesta en la TAN de cuatro genotipos de cilantro	58
19	Efecto de la interacción ambiente-genotipo sobre la TAN del cilantro	59
20	Influencia de cinco ambientes de producción sobre la RAF del cilantro	60
21	Respuesta en la RAF de cuatro genotipos de cilantro	61

22	Efecto de la interacción ambiente-genotipo sobre la RAF del cilantro	62
23	Influencia de cinco ambientes de producción sobre la DAF del cilantro	64
24	Efecto de la interacción ambiente-genotipo sobre la DAF del cilantro	65

I. INTRODUCCION

Las hortalizas son parte importante del sector agropecuario y por tanto, de la economía nacional mexicana debido a que fomentan fuertemente la captación de divisas obtenidas por las exportaciones, por la mano de obra que emplean y además influyen directamente sobre la dieta de la población.

El cilantro es una hortaliza que es empleada en varias formas en México, principalmente se usa su follaje fresco como condimento en una gran variedad de platillos. En países de Asia y Europa se utilizan sus frutos para la extracción de aceites usados en la elaboración de confituras, aromatizar licores y otras bebidas, así como en la fabricación de productos farmacéuticos.

La superficie ocupada por este cultivo hasta 1996 oscilaba entre las 4500-8000 ha, con un rendimiento promedio de $12.83 \text{ ton.ha}^{-1}$, y una producción anual de 23 157 ton. La superficie se distribuye principalmente en estados como: Puebla, Hidalgo, Baja California Norte, Michoacán, Guanajuato, Nuevo León y Coahuila pero, estas cifras han sido rebasadas en los últimos años ya que está adquiriendo mayor importancia de manera que en algunos casos se utiliza como colchón cuando se cultivan hortalizas más rentables pero que son más riesgosas como: Papa, Tomate, Chile, Berenjena, etc. Además, parte de la producción de algunos estados como Guanajuato se está destinando al mercado extranjero (INPOFOS, 1998).

En los últimos años, el conocimiento y manejo de las hortalizas ha tenido un amplio desarrollo principalmente, en las de mayor importancia económica como las solanáceas (tomate, papa, berenjena, etc.) y las cucurbitáceas (sandía, melón, pepino y calabacita) de tal manera que se han

llegado a obtener paquetes tecnológicos muy completos e incluso, para casos específicos en una determinada región. Sin embargo, en el caso del cilantro no se han perfeccionado las técnicas de producción y además, se siguen enfrentando problemas que afectan fuertemente sus componentes de crecimiento y rendimiento, los cuales son influenciados directamente por la temperatura y el fotoperiodo.

Con las nuevas filosofías en la producción de hortalizas de producir más, mejor y a menor costo, es necesario entender las relaciones que hay entre la planta y el medio ambiente, para poder explicar mejor su respuesta a diferentes condiciones ambientales y las diferencias de producción entre genotipos. Una herramienta muy útil para ello es el análisis de crecimiento, que describe cuantitativamente el crecimiento de una planta basándose principalmente en índices fisiotécnicos.

Bajo el concepto de análisis de sistemas, éste se apoya en la construcción de modelos matemáticos, los cuales son una descripción reducida del proceso en estudio. Los modelos bien diseñados pueden ser muy útiles para describir los fenómenos que se observan y para establecer puentes entre los datos conceptuales y los datos observados. Los modelos como parte integral de la investigación actúan como: a) un medio a través del cual se pueden guiar los estudios experimentales, b) un método por el cual los resultados de tales estudios pueden evaluarse y acumularse y c) una plataforma para guiar el desarrollo de nuevos sistemas o el control en los sistemas existentes (Mejía *et al.*, 1993). Algunos fenómenos biológicos han sido descritos cuantitativamente aplicando diferentes modelos no lineales de crecimiento, derivados de ecuaciones diferenciales además, han sido evaluados varios modelos como el de Gompertz, Von Bertalanffy, el de Weibull y el Logístico, concluyendo que éste último es uno de los más apropiados de acuerdo a su coeficiente de determinación y a la figura de la curva, esto ha sido corroborado con su aplicación en estudios de fisiología vegetal (Rodríguez y Palacios, 1986).

Debido a los problemas que se tienen en la producción de cilantro referente a la cantidad de biomasa y específicamente área foliar, fue recomendable realizar un análisis de crecimiento con la finalidad de acumular conocimientos sobre las interacciones que ocurren entre algunos de los factores que dan lugar al crecimiento del cultivo y para integrar elementos que permitan un manejo más adecuado, y poder alcanzar una eficiente explotación del cilantro. Por tal motivo se planteo el siguiente:

OBJETIVO GENERAL

Describir matemáticamente el crecimiento cuantitativo de cuatro cvs. de cilantro, en cinco ambientes de producción, ajustado con una función logística y basándose en índices fisiotécnicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de la temperatura sobre el patrón de crecimiento del cilantro.
- Determinar como, el patrón de crecimiento del cilantro es influenciado por el fotoperiodo.
- Evaluar mediante índices fisiotécnicos a cuatro genotipos de cilantro.

HIPÓTESIS

Al modificar el ambiente de producción del cilantro, se registran una serie de variaciones en su patrón de crecimiento y, estas difieren en cada genotipo en estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

El nombre del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) tiene su origen en la palabra griega koris (chinche), en referencia al aroma parecido que desprende el fruto inmaduro de la planta (Mcmillan citado por Barboza, 1994). Su nombre común varía de acuerdo al lugar y al idioma, por ejemplo en Español es cilantro ó culantro, en Italiano coriandolo, en Francés coriandro, en Alemán koriander y en Ingles es llamado coriander (García, 1959).

El cilantro *Coriandrum sativum* L. pertenece a la familia Apiaceae, antes Umbelliferae, que por su parte comestible es considerada dentro de las hortalizas de hoja y por la época en que se cultiva normalmente se le ubica dentro de las de clima frío (Valadéz, 1990).

2.1.1 IMPORTANCIA

El cultivo de cilantro figura dentro de las 28 principales hortalizas producidas en la República Mexicana, con una superficie aproximada de 4500-8000 has, con rendimientos promedio de 12.83 ton.ha⁻¹, destacando los estados de Puebla, Hidalgo, Baja California Norte, Michoacán, Guanajuato, Coahuila y Nuevo León, como principales productores, es importante mencionar que en todos los estados citados anteriormente, siembran la mayor superficie en el ciclo otoño-invierno y una menor superficie en primavera-verano, siendo los cultivares más utilizados el Marroquí, Santo y los Criollos Regionales (INPOFOS, 1998 y SAGAR, 1991-1995).

Su consumo en México es principalmente en fresco para condimentar una gran diversidad de platillos, aunque, según García (1959) en países de Asia y Europa, se utilizan sus frutos para hacer confituras, aromatizar licores y otras bebidas.

2.1.2 ORIGEN Y DISTRIBUCION

García (1959) citó que es procedente de Europa Meridional, encontrándose espontáneamente en algunas regiones españolas; además, Rodale (1961) señaló que los Chinos desde el año 5000 a.C. usaban su raíz y su semilla, también mencionó que algunas semillas fueron encontradas en una tumba egipcia de la XXI dinastía.

Esta especie fue introducida a América por los Normados en 1670 vía Massachusetts E.U., de donde se extendió por todo el continente para ser cultivado ampliamente en Perú y Paraguay (Neri, 1975). Actualmente se cultiva en el Medio Oriente, Norte de la India, Asia menor y América (Rodale, 1964).

En México ha mostrado una amplia adaptación; sin embargo, solo en algunos estados es donde se cultiva de manera comercial.

2.1.3 CLASIFICACION BOTANICA

Reino Vegetal
 División Angiospermae
 Clase Dicotiledonea
 Subclase Archilchlamidae
 Orden Umbelliflorae
 Familia Umbelliferae
 Género *Coriandrum*
 Especie *sativum L.*

2.1.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.1.4.1 RAÍZ: El sistema radicular que presenta el cilantro es fino y sencillo, su raíz principal es muy delgada que posee una cantidad variable de pelos radicales, por estas características se hace difícil su transplante (Santiago, 1993).

2.1.4.2 TALLO: Según Tamaro (1921) y García (1959), el cilantro tiene tallos dicotómicos y verticales ramosos, que miden de 60-70 cm. Además, Carballo (1998) citó que los tallos son cilíndricos, suaves, extendidos y que por ser herbáceos contienen una gran cantidad de agua.

2.1.4.3 HOJA: Los tallos sostienen hojas muy divididas; las inferiores son de foliolos más anchos y algo redondeados y las superiores son largas muy estrechas con divisiones lineales (García, 1959). Santiago (1993) mencionó que la mayoría de las hojas son de color verde intenso, aunque en ocasiones pueden ser verde-amarillo; son dos veces aladas y desiguales, los foliolos inferiores son anchos, ovales y provistos de lóbulos dentados y los foliolos superiores están divididos en dos o tres segmentos largos y estrechos.

2.1.4.4 FLOR: Las flores son de color blanco o ligeramente rosadas, que se agrupan en una umbella compuesta al final del tallo (Tamaro, 1921). Cada planta tiene tres a cuatro umbellas y cada una de ellas esta formada por seis a nueve flores que están compuestas de cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres y un pistilo (Tindall citado por Carballo, 1998).

2.1.4.5 FRUTOS: El fruto de la planta del cilantro es un Esquizocarpo, de color amarillo oscuro, globoso y esta formado por dos pequeñas mitades semiesféricas acopladas una contra la otra. Tiene estrías con pequeños conductos que contienen aceite. Cada fruto contiene dos semillas (García, 1959).

2.1.4.6 SEMILLA: Santiago (1993) mencionó que para que las semillas tengan capacidad de germinar, es necesario dejarlas que se sequen a la sombra por lo menos tres meses después de la cosecha; puede permanecer viable hasta ocho años. Es una especie que en forma diploide ($2n$), presenta un número cromosómico de $n=20$ o 22 (PUC, 1999).

2.1.5 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Mohr y Schopfer (1995) citaron que el progreso actual de la ontogenia de una planta esta determinada por las características genéticas y por la modificación de los factores ambientales.

2.1.5.1 SUELO: García (1959) mencionó que el cilantro es un cultivo que no exige condiciones especiales de suelo, aunque sí hay cierta preferencia hacia los suelos ligeros y profundos. Para obtener altos rendimientos se recomiendan suelos ligeros, profundos, fértiles, de mediana consistencia y ricos en materia orgánica, también le favorece un pH ligeramente ácido (Morales, 1987).

2.1.5.2 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS: En estudios básicos, Savchuk (1977) indicó que el cilantro puede llegar a producir de $1800-2000 \text{ kg.ha}^{-1}$ de semilla aún con precipitaciones de $250-300 \text{ mm}$ durante el ciclo de cultivo. Además, Morales (1987) reportó que la mejor lámina de riego para este cultivo en la región sur del estado de Coahuila fue de 350.9 mm con la que se obtuvieron 31.1 ton.ha^{-1} de follaje fresco.

En un estudio sobre el riego de varios cultivos, donde se encontraba el cilantro, la mitad de las plantas fueron asperjadas diariamente con agua equivalente a 50 mm.mes^{-1} mientras que la otra mitad no se regó. Hubo respuesta diferente entre especies y entre etapas de desarrollo pero se notó, que en el caso del cilantro, el peso fresco, contenido de humedad y de materia seca fueron de $15-50\%$ más elevados en las plantas irrigadas (Penka, 1978).

En 1972, Srivastava reportó que cuando el contenido de humedad en el suelo era del 25% de la capacidad de campo, aumentó la mortalidad de plantas de cilantro y aumentó también las poblaciones de patógenos.

2.1.5.3 REQUERIMIENTOS NUTRIMENTALES: Las hortalizas exigen mas elementos nutritivos y las que son cultivadas por sus hojas requieren mayor cantidad de nitrógeno y menos en fósforo y potasio, más que en aquellas que se cultivan por su fruto o inflorescencia (García, 1959). Morales (1987) reportó que al aplicar dosis elevadas de Nitrógeno el rendimiento del follaje en cilantro de ve disminuido, también mencionó que las dosis de 40-80 ton.ha⁻¹ de estiércol bovino dieron los rendimientos más altos de follaje fresco.

Pillai (1975) estableció que bajo diferentes tratamientos de NPK se incrementó la producción de semilla de cilantro del 4 – 26%, comparados con el testigo, el incremento del 26% de la producción, se obtuvo con una fórmula de 20-40-20. Mientras que Rao (citado por Torres, 1993) señaló que las aplicaciones de Nitrógeno incrementaron la altura de la planta, se aplicaron dosis de 50-100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno lográndose un incremento en la producción de semilla, mientras que las aplicaciones de fósforo y potasio no tuvieron efecto; además, estos resultados se han comprobado en los últimos años.

2.1.5.4 LATITUD Y ALTITUD: El cilantro ha mostrado un amplio rango de adaptación geográfica, ya que se encuentra cultivado desde 55° latitud Norte, hasta los 25° latitud Sur, como en Paraguay y Brasil. En cuanto a la altitud tiene el mismo comportamiento de adaptabilidad, así por ejemplo en México se le cultiva desde los 14 msnm en Tamaulipas hasta los 2350 msnm en el valle de México (Andrio, 1989).

2.1.5.5 TEMPERATURA: La temperatura es uno de los factores climáticos más importantes en el cultivo de las hortalizas y es el que más influye sobre el

crecimiento y desarrollo de las plantas. Este factor tiene una influencia directa sobre la velocidad de la división celular, actividad fisiológica que se desarrolla entre 5 y 30 °C y que esta íntimamente ligada al periodo de crecimiento de los cultivos. Además, es determinante en los procesos de fotosíntesis, respiración y acumulación de azúcares y almidones.

Taiz y Zeiger (1991) citaron que tanto la fotosíntesis como la respiración son inhibidas a altas temperaturas pero, con incrementos de temperatura, las tasas fotosintéticas decrecen más rápido que las tasas respiratorias.

Bidwell (1974) mencionó que la respiración como todos los procesos enzimáticos es afectada por la temperatura. Dentro de ciertos límites la tasa de las reacciones enzimáticas es aproximadamente el doble por cada 10 °C de incremento en la temperatura. Esto se expresa cuantitativamente por el valor Q_{10} . A temperaturas superiores de 20 °C el valor de Q_{10} decrece probablemente por la limitación de oxígeno debido a que reduce su solubilidad y a la poca difusión de éste gas. Por otra parte, también la intensidad de la luz afecta directamente a la fotosíntesis.

Salisbury y Ross (1994) citaron que las temperaturas elevadas (30 a 35 °C) por lo común provocan el cierre de los estomas. Esto puede deberse a una respuesta indirecta al estrés hídrico ó a un aumento en las tasa respiratoria que puede provocar un incremento en el CO_2 en el interior de la hoja. También mencionaron que los incrementos en las temperaturas hacen que poco a poco disminuya la eficiencia fotosintética de las planta. Esta relación inversa de la eficiencia y la temperatura se debe a una disminución en las fotosíntesis neta, causada a su vez por una pérdida más rápida de CO_2 por fotorrespiración. . Un incremento de temperatura, incrementa también las tasas fotosintéticas hasta que comienza la desnaturalización enzimática.

La tasa de crecimiento de las plantas y la longitud del tiempo a cosecha están correlacionadas positivamente con la temperatura. El concepto de suma de temperaturas más conocido como unidades calor, grados día ó unidades térmicas de crecimiento, postula que el crecimiento y desarrollo de un cultivo depende de la cantidad de calor que las plantas reciben, esto quiere decir que un cultivo alcanza una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello (Preece y Read, 1993).

Valadéz (1990) clasificó al cilantro como una hortaliza de clima frío, cuya temperatura media mensual debe ser de 15-18 °C y Montes (1979) mencionó que el cilantro se cultiva fuertemente en los climas templados-fríos y en los subtropicales ya que requiere buena exposición al sol.

La temperatura y la luz provocan cambios fenológicos y bioquímicos dentro de la planta de cilantro, notándose que hay efecto sobre la altura de la planta y rendimiento de semilla (Peneva y Krilov, 1977).

Tinajero (1993) mencionó que el cultivo de cilantro se puede sembrar todo el año; sin embargo, son más factibles las siembras en la época de otoño-invierno ya que es cuando se obtienen los rendimientos más altos de hasta 41.3 ton.ha⁻¹. En las siembras de primavera-verano probablemente, debido a las altas temperatura y al largo fotoperiodo se acelera el crecimiento de las plantas y los rendimientos disminuyen a tan solo 19.5 ton.ha⁻¹ o bien, el producto es de mala calidad.

Sergeeva (1986) indicó que el cilantro resiste bajas temperaturas, mientras que el follaje tolera temperaturas de -13 a -14 °C, para la raíz son críticas cuando descienden de -8° a -9 °C. La etapa más sensible a las bajas temperaturas es la de floración.

La floración del cilantro se presentó más pronto con temperaturas altas, aunado a días largos, según un estudio del efecto de dos regímenes de temperatura que fueron de 18 °C y 24 °C en el día y de 12 °C en la noche, (Putievsky, 1983).

2.1.5.6 FOTOPERIODO: La luz regula los procesos que intervienen en el crecimiento de las plantas. Requisito previo a la iniciación de una respuesta de una planta ante la luz, es que esta sea absorbida. Esto implica la necesidad de un receptor (generalmente un pigmento) que debe estar presente y debe ser capaz de absorber las longitudes de onda de la luz responsable de la respuesta. En muchos casos la absorción de luz por el receptor, hace que este se vuelva más activo, lo cual a su vez desencadena una serie de reacciones químicas que conducen en último termino a una respuesta de la planta.

Bidwell (1991) afirmó que el fotoperiodo capacita a la planta a responder a la longitud del día de manera que florece en un época específica del año, determinada por las horas luz de los días (fotoperiodo) que, junto con la vernalización son los dos mecanismos mas importantes que determinan el tiempo que debe transcurrir hasta la floración.

Mohr y Schopfer (1995) mencionaron que además de la formación de la flor, algunos otros procesos fisiológicos son controlados fotoperiodicamente; por ejemplo, la ramificación, la actividad cambial, la formación de las yemas, la formación de bulbos y tubérculos, la fijación fotosintética de CO₂ y el metabolismo ácido crasuláceo.

Devlin (1982) estableció que la fotoperiodicidad se define como respuesta de la planta a la longitud relativa de los periodos de luz y oscuridad; la intensidad, composición y la cantidad total de luz recibida son características que influyen sobre la magnitud de la respuesta, mencionó también que la

duración del periodo de oscuridad es mucho más importante que la duración del periodo de luz.

Medina (1977) reportó que las plantas superiores responden fotosintéticamente a las condiciones en que se han desarrollado; también mencionó que su adaptación y su tolerancia a las condiciones de luz y temperatura están determinados genéticamente.

Anteriormente se creía que las plantas miden la duración de la luz diurna pero los fisiólogos Hammer y Bonner, citados por Bidwell (1991), demostraron que lo crítico es la longitud de la noche. Encontraron que el cadillo o abrojo (*Xanthium strumarium*), planta de día corto, florece cuando en su ciclo diario, el periodo de oscuridad excede a las 9 horas sin que importe la longitud del día.

Mohr y Schopfer (1995) reportaron que el estrés de luz causado por iluminación con luz blanca arriba del óptimo primero afecta la fotosíntesis de la planta. En plantas no adaptadas, bajo flujos de luz altos, fue observada una reducción más o menos severa, de la tasa de fotosíntesis la cual es acompañada por una reducción en la cantidad de rendimiento. Además después de un tiempo corto de luz, las especies sensibles mostraron daños de luz agravados, los cuales pueden permitir el blanqueo o muerte de las hojas. Este fenómeno de estrés es llamado fotoinhibición. Esto ocurre mayoritariamente en plantas de sombra obligadas pero también en plantas de sol las cuales fueron sometidas a un repentino flujo de luz alta después de un periodo de luz débil. En este caso la fotoinhibición es normalmente reversible, por ejemplo, las plantas son capaces de aclimatarse a la luz por formación de mecanismos de resistencia. Todos los factores de estrés que permiten la inhibición de los procesos bioquímicos de la fotosíntesis incrementan masivamente la fotoinhibición.

En una observación crítica Garner y Allard (citados por Bidwell, 1991) notaron que la variedad de tabaco Maryland Mammoth crecía vegetativamente en verano, pero en invierno solo florecía en invernadero. Entonces experimentaron con diversas variables que pudieran afectar la floración, incluyendo temperatura y calidad o tipo de luz, y descubrieron que el factor crítico era la longitud del día. Esta variedad de tabaco no florece si la longitud del día excede a 14 horas. También se observó que el cultivo de soya sembrada en fechas diversas durante la primavera, florecía toda al mismo tiempo a fines del otoño sin importar cuanto tiempo había estado creciendo. Las diferentes variedades de soya también tienen una longitud del día crítica; durante el verano los días son demasiado largo y no ocurre floración, a inicio de otoño los días se acortan bastante y tiene lugar la floración.

Sivori *et al.*, (1980) reportaron que un factor importante para el crecimiento de las plantas es la duración del periodo diario de luz (fotoperiodo). Entre los fenómenos que estar controlados por la duración del fotoperiodo están la dormición de las yemas, el tamaño y forma de las hojas, el alargamiento de los entrenudos y el grado de ramificación. Sin embargo, también comentaron que no solo la duración de la luz sino también la calidad de la misma influye en los fenómenos citados.

Hernández (1994) mencionó que el peso del cilantro se redujo en días largos a causa de la floración prematura, por lo que para obtener buena producción es probable que este cultivo necesita de noches frescas y días cortos.

Los cultivares de cilantro, Sunbless y otro regional de E.U., produjeron 13 y 18 ton. ha⁻¹, respectivamente en invierno, cosechándose de 6-7 semanas después de la siembra. Sin embargo, en verano los rendimientos fueron de 3 y 7 ton.ha⁻¹, respectivamente en un periodo de 6 semanas después de la siembra. Las cosechas más precoces registraron las producciones mas bajas

particularmente en verano, aunque el genotipo Sunbless fue mas resistente a la floración prematura que el cultivar regional (Lan *et al.*, 1984).

Peneva y Krilov (1977) reportaron que las condiciones de luz, especialmente la longitud del día antes de la floración, tuvo mayor efecto que la temperatura, sobre el crecimiento del cilantro.

2.2 CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Los organismos vivos, tienen la capacidad de aumentar en tamaño y cambiar en forma y en número, siempre y cuando las condiciones sean las adecuadas. Estos tres procesos están fuertemente interrelacionados y ayudan a distinguir los sistemas vivos de los no vivos, por lo que la definición más precisa sería aquella en la que el crecimiento se describiera como los cambios irreversibles, susceptibles de ser medidos, en el tamaño de un organismo.

Bidwell (1991) separó arbitrariamente crecimiento y desarrollo y mencionó que el crecimiento denota aumento de tamaño y desarrollo es un cambio ordenado o progreso, a menudo hacia un estado superior, mas ordenado o más complejo. Paralelamente al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasto, en el que aparecen organillos especializados con funciones determinadas, aparece una soma de estructuras cuya forma esta determinada en relación con su función, por lo que se llama célula especializada o diferenciada. La diferenciación celular y orgánica es cuantitativa y depende de la proporción de tales o cuales hormonas, enzimas y metabolitos pero, su explicación cuantitativa es muy complicada, no es fácil medir el desarrollo pues tiende a producirse por una serie de eventos mas o menos discretos; como resultado, las observaciones naturales y experimentales sobre el desarrollo, frecuentemente se tienen que expresar en términos de respuesta promedio o grado de respuesta.

Sivori *et al.*, (1980) mencionaron que el comportamiento típico del crecimiento de un vegetal se representa mediante una curva sigmoide, donde se distinguen tres fases que son: 1) Fase inicial (Exponencial ó Logarítmica), que ocurre cuando la relación entre las áreas meristemáticas y el resto del cuerpo del vegetal es alta, 2) Fase lineal, que se caracteriza por que a periodos iguales de tiempo corresponden aumentos iguales de crecimiento, sin que importe el tamaño del sistema considerado y, 3) Fase de envejecimiento ó senescente, la cual se caracteriza por un crecimiento desacelerado y en su transcurso el sistema se vuelve cada vez menos efectivo, hasta que aquél cesa totalmente.

Rojas (1979) afirmó que el crecimiento es meramente el aumento en la masa de la planta y es por lo tanto un fenómeno cuantitativo, susceptible a medirse expresándolo como aumento de la longitud o del diámetro del cuerpo vegetal y aumento en peso. También Hunt (1982) ha sugerido, aunque con algunas controversias, que el concepto de crecimiento sea aplicado exclusivamente a los seres vivientes y además, deberá implicar dentro de la dimensión tiempo, cambios irreversibles en tamaño, incremento de sustancias o números, ya sea de células o de órganos.

Sivori *et al.*, (1980) citaron que la fotomorfogénesis comprende todos los procesos dependientes de la luz, distintos de la fotosíntesis, y que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas jugando un papel regulador influyendo en el tamaño, la forma y composición de los distintos órganos. Así la longitud de los entrenudos es más corta al incrementarse la intensidad de luz; lo mismo ocurre con el área foliar ya que a intensidades altas esta disminuye. Además, citaron que la tasa relativa de crecimiento (TRC) es constante durante la fase exponencial y declina progresivamente durante el resto de la vida del individuo; ocasionado probablemente, por que a medida que aumenta la edad de la planta, se va haciendo cada vez menor la proporción de tejidos meristemáticos con respecto a los tejidos vasculares de protección.

Los primeros forman un nuevo tejido que puede fotosintetizar y los segundos dejen de aportar nuevo material vegetal una vez que sus células se diferencian totalmente.

Otro reporte señaló que la acumulación de materia seca esta estrechamente relacionado con la producción de área foliar la cual se incrementa durante las primeras etapas del crecimiento en forma casi lineal hasta unos días después de la floración que es cuando el índice de área foliar alcanza su máximo valor. Además, la eficiencia fotosintética de la lámina foliar decrece durante las primeras etapas del crecimiento ocasionado posiblemente por la alta producción de hojas, ya que la actividad fotosintética de la lámina foliar de los diferentes estratos esta relacionado con la tasa de asimilación neta (TAN) cuyo valor varía en los diferentes estratos de la planta (Fanjul citado por Maeda, 1986).

2.2.1 GENERALIDADES DEL ANALISIS DE CRECIMIENTO

Determinar las características potenciales de crecimiento y productividad de los cultivos se ha vuelto muy interesante, debido a los altos rendimientos que actualmente se desea obtener de ellos.

Hunt (1982) indicó que para evaluar el crecimiento de manera cuantitativa, se ha utilizado la metodología denominada análisis de crecimiento, mediante la cual se cuantifica tanto la producción primaria (peso seco) como la eficiencia con la cual se obtuvo y esta en función del tiempo. Aunque en un principio este análisis se aplicaba principalmente para comparar diversas especies o genotipos dentro de cada especie, en la actualidad también se emplea para evaluar el efecto de las prácticas de producción.

La técnica fue originada por Blackman en 1919, quien por primera vez usó dicha técnica y propuso que al crecimiento vegetal se le denominara como índice de eficiencia de producción de materia seca, por ser una constante

fisiológica importante que representa la eficiencia de la planta como generadora de nuevo material. La técnica del análisis de crecimiento ha evolucionado y se ha adaptado a los avances de la investigación.

Por su parte, Radford (1967) definió al análisis de crecimiento como el conjunto de técnicas empleadas para el estudio cuantitativo del crecimiento de las plantas, publicó también los índices y/o parámetros en los cuales se apoya el análisis de crecimiento. En esta publicación señala que generalmente las fórmulas en las cuales se basa el análisis de crecimiento son de tipo diferencial y que las suposiciones involucradas son explicadas en su derivación; además, mencionó que se hace un uso indiscriminado de dichas fórmulas y recomienda hacer una selección apropiada de estas de acuerdo a la situación que se presente. Para realizar un análisis de crecimiento simple se requiere la medición del material vegetal presente y la medición del sistema fotosintético (hojas, tallo, etc.).

En la práctica las mediciones más comunes son:

- 1) El peso seco total de la planta (W) y 2) El área foliar total de la planta (A).

Si las plantas estudiadas son de cobertura completa, entonces las mediciones importantes son:

- 1) El peso seco total del material vegetal por unidad de área de suelo y 2) El área foliar de la planta por unidad de área de superficie, el cual es conocido como índice de área foliar.

Para otras mediciones de W, indicó que se pueden utilizar los pesos secos totales del material vegetal medido en las siguientes partes: a) sobre el nivel del suelo, b) sobre el corte más alto ó c) de alguna fracción de la planta, por ejemplo de la raíz, tallo principal, etc. La medición de (A) ha sido tomada como total en: a) área fotosintética, b) peso de la hoja, c) proteína foliar y/o d) clorofila foliar, etc. esto es importante para conocer exactamente cual de estas ha sido utilizada y si las comparaciones hechas entre resultados han sido

diferentes. Radford (1967) también mencionó que para apreciar una curva bien ajustada, esta técnica requiere la toma de muestras chicas pero frecuentes.

Kvĕt (1971) estableció que en el análisis de crecimiento, éste es definido como incremento en peso seco de las plantas o posición investigada. Una ventaja del análisis de crecimiento es que los valores primarios en el cual se basa, son relativamente fáciles de obtener sin gran demanda de equipo de laboratorio. Estos valores primarios normalmente son el peso seco de toda la planta y/o de sus partes (tallos, hojas, brotes etc.), además de las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área de la hoja y tallo, contenido de clorofila etc.). Los valores primarios son estimados con material vegetal en crecimiento a ciertos intervalos de tiempo; de ellos, varios índices y características son calculados para describir el crecimiento de las plantas y sus partes así como, las relaciones entre el aparato asimilatorio y la producción de materia seca. También mencionó que una vez obtenidos los valores primarios se pueden calcular diversos índices y características del crecimiento como son: incremento de biomasa, tasa de producción de materia seca, tasa de crecimiento del cultivo, coeficiente de utilización de la energía solar, tasa de crecimiento relativo, área foliar específica, cociente de peso foliar, índice de clorofila, duración de área foliar y duración de biomasa.

Pearson y Hunt (1981) generaron un método para ajustar las curvas de crecimiento, para el caso de una gran cantidad y/o complicadas series de datos sobre el crecimiento de la planta. El método consiste en un programa computacional el cual deriva las cantidades analíticas más usuales del crecimiento y sus errores. Estas curvas son exponenciales y cúbicas polinomiales.

El análisis de crecimiento involucra los estudios cuantitativos de la planta o de sus componentes integrados en un sistema a intervalos de tiempo agrónomicamente significativos, las relaciones de índices compuestos y

ecuaciones integrales son las herramientas, y en muchos estudios se emplean curvas de crecimiento ajustadas (Hunt, 1982).

El análisis de crecimiento es un instrumento útil para el análisis cuantitativo de las plantas (Russelle *et al.*, 1984). Además, determinó que las funciones de crecimiento, tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa relativa de crecimiento (TRC), la relación de área foliar (RAF), y la tasa de asimilación neta (TAN), los cuales describen el crecimiento vegetal, se incrementan con la temperatura y el flujo de luz dentro de un rango específico para un cultivo dado, los cuales se pueden cuantificar en forma tradicional incluyendo un coeficiente por efecto del medio ambiente para obtener datos con mayor precisión. También mencionaron que el objetivo del cálculo de las funciones de crecimiento, es explicar como un cultivo responde a un medio ambiente dado.

Bidwell (1990) aclaró que es valioso hacer un análisis matemático de los aspectos simples de crecimiento por que al hacerlo se revela claramente la naturaleza de algunos de los factores que lo gobiernan. Este mismo autor mencionó que un modelo típico de crecimiento de una planta anual puede dividirse en tres fases: 1) fase logarítmica o exponencial, 2) fase lineal y 3) fase de declinación de la tasa de crecimiento llamada envejecimiento o senilidad. Muchas plantas presentan una curva de crecimiento bastante diferente, una u otra de las fases puede intensificarse o suprimirse y la tasa de crecimiento puede fluctuar notablemente al paso del tiempo presentando inflexiones, mesetas y agudas pendientes en su curva. Pero tales variaciones generalmente se deben a los eventos del desarrollo y son muy difíciles de tratar en términos matemáticos simples. Las expresiones matemáticas que se han desarrollado han sido muy útiles en la clarificación de los papeles de los factores de crecimiento y de los nutrientes en las plantas en crecimiento, entonces lo único que puede determinar con seguridad el verdadero papel del factor o factores en cuestión es un análisis matemático de crecimiento en términos de un modelo matemático que a menudo debe ser desarrollado para una situación particular.

Sivori *et al.*, (1980) definieron algunos índices fisiotécnicos para apoyar al análisis de crecimiento que fueron: A) TCC.- Incremento de material vegetal por unidad de tiempo, g.día^{-1} esta forma de expresar el crecimiento no es muy adecuado cuando se trata de comparar la eficiencia en la producción de materia seca. B) TRC.- Es un índice de eficiencia característico para cada especie y sirve para medir la efectividad con que una planta produce materia seca con las unidades $\text{g.g}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Al graficar su valor se obtiene una curva que mostrará que aún cuando dicho valor se mantiene constante durante un corto tiempo, luego declina progresivamente durante el resto de la vida del individuo, por que a medida que aumenta la edad de la planta, se irá haciendo cada vez menor la proporción de tejidos meristemáticos con respecto a aquellos otros (vasculares de protección).

2.2.2 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

Ascencio y Fargas (1973) analizaron las características de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de sus índices de crecimiento. Las plantas fueron cultivadas en solución nutritiva, los datos básicos de peso seco y área foliar para el cálculo de los índices se obtuvieron de cinco plantas muestreadas cada siete días. Los principales parámetros utilizados fueron el Tasa relativa de crecimiento (TRC), Tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF) y su cálculo se hizo en base a la metodología de Blackman (análisis de regresión y correlación). Se estableció que la eficiencia fotosintética de una planta de frijol depende de la RAF y de un número elevado de hojas por planta. La TRC tuvo un valor promedio de $0.69 \text{ g.g}^{-1} \text{ sem}^{-1}$ el IAN de 0.35 g.dm^{-2} y la RAF de $1.79 \text{ dm}^2.\text{g}^{-1}$.

Valverde y Saenz (1985) realizaron un análisis de crecimiento de chayote (*Sechium edule*) en condiciones de campo, hicieron muestreos quincenales desde el momento de la siembra, contemplando solamente el

crecimiento de la parte aérea. Con los datos de área foliar y materia seca, se procedió a calcular los siguientes componentes del crecimiento:

1.- Fisiotécnicos: a) razón de peso foliar (RPF), b) razón del área foliar (RAF), c) área foliar específica (AFE), d) índice de área foliar (IAF); 2.- Fisiológicos: a) Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), b) Tasa relativa de crecimiento (TRC), c) Tasa relativa de crecimiento foliar (TRCF), d) Tasa de asimilación neta (TAN), principalmente. Este estudio permitió establecer que el chayote es una planta de rápido crecimiento y que probablemente debido a las condiciones de cultivo mostró una baja tasa de asimilación neta. El desarrollo del sistema foliar capaz de mantener un alto índice de crecimiento es una prioridad de la especie. Notaron una evidente disminución del crecimiento total que ocurrió al inicio de los procesos de floración y fructificación, que significan una gran demanda de agua y energía. También reportaron que la acumulación de materia seca en las plantas depende mayormente del balance entre los procesos fotosintéticos y la respiración, en esta especie se encontró que el incremento de fue relativamente lento durante los primeros 45 dds, durante los cuales la planta desarrolló su sistema radical y foliar que permitieron el crecimiento posterior. La RAF disminuye a través del ciclo del cultivo iniciando con valores de $156.25 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ para terminar en $64.69 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$; en cambio, la TCC tuvo valores muy bajos. En relación a la TRC y TRCF su comportamiento fue muy variable pero ambas mostraron una tendencia a disminuir a través del ciclo de cultivo. Los valores máximos y mínimos para la TRC fueron 0.11 y 0.02 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$, respectivamente. En cambio, para la TRCF estos valores fueron 0.43 y 0.01 $\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$. La TAN tuvo un comportamiento similar a la TRC y TRCF con un valor máximo al inicio de 2.76 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ y un valor mínimo de 0.10 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$.

Pedro *et al.*, (1985) utilizaron los datos de peso seco y área foliar de tres cvs. de soya para efectuar un análisis de crecimiento mediante la determinación de los siguientes índices Tasa de asimilación líquida (TAL) , TRC, TRCF, TCC, e IAF, notaron que las variaciones logarítmicas temporales

de peso seco y área foliar, fueron convenientemente descritas por ecuaciones exponenciales de segundo grado. La producción máxima de materia seca estimada fue de 750, 950 y 1400 g.m⁻² para los cultivares Paraná, Santa Rosa, y UFV-1, respectivamente. En cuanto a los IAF máximos fueron de 6.5, 6.8 y 7.3, respectivamente y los valores máximos de TCC fueron de 17, 18, y 23 g .m⁻².día⁻¹.

Aguilar y Fischer (1975) analizaron el crecimiento y rendimiento de 30 genotipos de trigo y encontraron que el rendimiento esta relacionado con la eficiencia de cada genotipo en la distribución de materia seca para formar grano y que ésta eficiencia guarda una relación inversa con la altura de la planta; además, independientemente del rendimiento final de los genotipos estudiados, el peso del grano es igual al aumento de peso seco total en el periodo de la postantésis; sin embargo, el rendimiento esta más controlado por el número de granos por m² y la capacidad asimilatoria que por la capacidad fotosintética de los genotipos.

Solorzano *et al.*, (1982) realizaron un análisis de crecimiento de seis colecciones de haba (*Vicia faba* L.) bajo condiciones de riego, donde concluyeron que: a) la máxima producción de área foliar se presento entre las etapas nodales 30 y 35 del tallo principal, b) el IAF se incrementó rápidamente después de que el tallo principal produjo 18 nudos, c) la TAN decreció rápidamente a través del tiempo (de la etapa nodal 5 a la 21) con valores iniciales de 50 g.m⁻².semana⁻¹, valores intermedios de 30 g.m⁻².semana⁻¹ y valores finales menores a los citados, mostrando un ligero aumento después de la floración y declinando cuando se inició el crecimiento del grano, además encontró que, la TRC se incrementó rápidamente al inicio del ciclo del cultivo pero posteriormente decreció con lo cual disminuye la eficiencia para producir materias seca. Estos mismos autores mencionaron que la disminución del área foliar podría atribuirse a una menor penetración de luz a los estratos inferiores de la planta debido al incremento de ramas y hojas jóvenes de la parte superior

del tallo principal, así como a la edad misma de las hojas en la parte media e inferior de la planta.

Ramírez *et al.* (1986) realizaron muestreos a intervalos de 14 días durante todo el ciclo biológico del híbrido simple H-131 de maíz y de sus progenitores para conocer la dinámica y distribución de materia seca, cada muestreo determinó el peso total por planta (solo parte aérea) y el área foliar activa, también se determinó por separado el peso seco de las láminas, vainas, tallos y mazorcas superiores. Con estos datos se calcularon la TAN, TRC, TCC, de la planta total y de cada una de sus estructura. En general encontraron que el peso seco total de la planta y sus estructuras resulto mayor en el híbrido que en sus progenitores a lo largo del ciclo biológico, aunque el grado de superioridad heterótica dependió de la densidad de siembra y de la etapa de desarrollo. No se detectó constancia de efectos heteróticos positivos para la TRC a lo largo el ciclo, pero si los hubo de magnitud considerable para la TCC y en menor grado para TAN durante una parte del ciclo, éste último índice decreció a través del tiempo hasta el inicio del llenado del grano donde aumentó ligeramente, sus valores aproximadamente variaron de 0.24 a 0.03 $\text{g.dm}^{-2}.\text{día}^{-1}$. En relación a la TRC tuvo un comportamiento similar a la TAN.

Las variaciones en la acumulación de materia seca estan asociadas con diversos factores como el área foliar (L), Tasa de asimilación neta (TAN), Relación de área foliar (RAF), Tasa relativa de crecimiento (TRC), según Wallace y Munger (1965), además estos factores fueron evaluados y comparados en tres variedades de frijol y una variedad estándar, registrándose el peso seco y el área foliar a intervalos de dos semanas. Los resultados indicaron que las variedades más productivas fueron las que alcanzaron los valores mas altos de área foliar.

Wilson (1981) reportó que la Tasa relativa de crecimiento (TCR) y de crecimiento del cultivo (TCC), se pueden integrar en un solo parámetro en el

cual la TRC es componente de la TCC, el cual puede alternativamente ser analizado como el receptor de la luz incidente, de la eficiencia de la intercepción de la luz (determinada por el índice de área foliar y el coeficiente de extinción) y la eficiencia del uso de la luz interceptada en la producción de materia seca o en la fotosíntesis neta. El índice de asimilación neta ó índice fotosintético neto puede dividirse en dos componentes los cuales cuantifican la dependencia de la intercepción de la luz sobre el área foliar y de la asimilación de CO₂ sobre la luz interceptada. Estas relaciones proveen un incremento en la flexibilidad del análisis de asimilación y crecimiento en términos de interceptores de luz y de la estructura de la planta y de los cultivos.

La técnica del análisis de crecimiento ha sido ampliamente utilizada para evaluar la respuesta de un cultivo a condiciones ambientales en un esfuerzo para identificar los factores importantes del desarrollo de la planta o componentes relacionados con la alta producción bajo un medio ambiente particular, además se indicó que la reducción del área foliar es un mecanismo común en condiciones de sequía y se comprueba en un estudio en trigo cultivado en un ambiente controlado en el cual al remover hojas, se puede reducir la cantidad de agua requerida para la producción de grano (Clarck *et al.*, 1984).

Hedge (1986) determinó la respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*) a diferentes abatimientos de humedad en el suelo y con diferentes dosis de nitrógeno, utilizando el análisis de crecimiento. Obtuvo que el mejor tratamiento fue el que se regó al 40 % de la humedad disponible, mostrando que con este tratamiento se presentó la mayor producción de materia seca además de los valores más altos de los diferentes índices de crecimiento. Sin embargo, los resultados obtenidos con este tratamiento no variaron significativamente con el tratamiento de riego al 60% de humedad disponible en el suelo.

Causton (1991) trabajó el análisis de crecimiento para observar la variabilidad de la tasa relativa de crecimiento (TRC) en diferentes especies, sus resultados mostraron que en el Col de Bruselas y Girasol la TRC no cambió a través del tiempo, pero, en tomate y trigo la TRC declinó con el tiempo.

2.3 GENERALIDADES DEL MODELO LOGÍSTICO

Un modelo puede definirse como una replica de algo y, para la ciencia los más importantes son los matemáticos que, son abstractos y se utilizan para describir el mundo real, su objetivo es ayudar al análisis de los procesos naturales que son afectados por diversos factores o fuentes de variación (Rodríguez, 1991).

Se puede caracterizar el crecimiento de un organismo en forma cuantitativa, usando modelos matemáticos. Vander Planck en 1963 consolidó una serie de lineamientos para el estudio y caracterización de epifitias en plantas cultivadas postulando dos modelos llamados de interés simple y de interés compuesto, estos modelos linearizaron la curva sigmoide típica (Palacios y Rodríguez, 1986). Además, estos mismos autores caracterizaron el curso de la enfermedad del virus rayado del maíz (VRFM), mediante un método cuantitativo con la aplicación de un modelo matemático logístico, incluyendo un programa de computadora. También mencionaron que es posible caracterizar a la epidemia mediante las tasa de infección promedio (c) y el tiempo (t_m) a que se presenta la máxima tasa de incremento (r_m). Propusieron un nuevo parámetro determinando la capacidad de infección, y concluyeron que la epidemia causada por el VRFM es bien caracterizada por el modelo logístico.

Mejía (1993) mencionó que el análisis de sistemas se ha usado para apoyar en la solución de complejos problemas del Manejo Integrado de Enfermedades, pero debe tomarse con precaución ya que es solo una parte del proceso; además, describió el crecimiento cuantitativo de la enfermedad “Chino

del Tomate” en tres fechas de transplante, utilizando el modelo matemático logístico. Dicha enfermedad se presenta en forma endémica en el Bajío y causa reducciones hasta del 60% de la producción.

En una evaluación de los modelos Gompertz, Bertalanffy, Weibull y Logístico, se concluyó que este último fue el más apropiado para caracterizar 50 epidemias causadas por *Phytophthora parasitica* var. *Nicotianae*, en tabaco de acuerdo con el valor del coeficiente de determinación y la figura de la curva. También se mencionó que la mejor descripción del modelo logístico es dada al aplicarlo a estudios de fisiología vegetal (Campbell y Powell citados por Rodríguez y Palacios, 1986).

Berger (1980) comparó las ecuaciones Gompertz y Logística en la descripción del progreso de una enfermedad y concluyó que la estimación de la tasa epidémica, la proyección de la severidad futura de la enfermedad y la determinación inicial de la enfermedad fueron mas acertadas con la Gompertz que con la Logística pero, cuando las curvas de progreso de las enfermedades son asimétricas, otras transformaciones como la logística pueden ser más apropiadas para estimar los parámetros epidémicos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Esta investigación fue realizada en el periodo septiembre-diciembre de 1998, en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Geográficamente localizada a una latitud de 25° 23' N y a 101° 02' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1723 msnm. Ubicada en Buenavista a 7 Km. de Saltillo, Coahuila.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

La clasificación de Koopen modificada por García (1964) define al lugar como del tipo Bw hw (x) (c). Clima muy seco semiárido con invierno fresco extremoso.

3.2.1 PRECIPITACION PLUVIAL

La precipitación total durante el año en que se llevo a cabo la investigación fue de 469.3 mm siendo los meses más lluviosos Junio, Julio, Agosto y Septiembre (143.2 mm).

3.2.2 EVAPORACION

La evaporación total anual fue de 1985.06 mm se observó que los meses con menor demanda fueron Septiembre, Octubre y Noviembre; los meses que registraron las cifras mas altas fueron Abril, Mayo y Junio.

3.2.3 TEMPERATURA

La temperatura promedio que se registro durante el año fue de 18.3 °C, y en los meses de interés, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, las

medias fueron 19.0, 17.4, 15.7 y 12.6 °C, respectivamente.

3.2.4 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa registrada fue de 61 % anual, y en Septiembre, Octubre y Noviembre se registró un 80, 76 y 69 %, respectivamente.

3.3 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO

Tractor, arado de disco y rastra. Utilizados para realizar la labranza primaria.

Azadón. Se empleo para la formación de camas y eliminación de malezas.

Cinta métrica. En el establecimiento del experimento fue útil para delimitar las unidades experimentales.

Cintilla (sistema de riego por goteo). Suministró la humedad necesaria.

Estacas. Para sujetar las películas de polietileno de los túneles bajos.

Arcos de alambrón. Soportaron las película de polietileno, utilizadas como cubiertas.

Películas de Polietileno negro de 50 μ (PPN). Ayudaron a reducir el fotoperiodo.

Películas de Polietileno transparente de 50 μ (PPT). Utilizadas para incrementar la temperatura.

Termómetros de máximas y mínimas. Se utilizaron para registrar las temperaturas dentro de los túneles bajos.

Aspersora manual. Empleada para las aspersiones de agroquímicos.

Regla. Se utilizó para medir la altura de la planta y el área cosechada.

Navajas. Fueron necesarias para cortar las muestras de planta y para la cosecha.

Bolsas de plástico y papel. Para depositar el material vegetal cortado para después llevarse a laboratorio y realizar las mediciones.

Analizador de área foliar (Modelo LI-3200). Se empleo para determinar el área foliar.

Balanza analítica. Por medio de ella se determinó el peso seco de las muestras.

Estufa. Donde se eliminó la humedad del material vegetal y obtener así la materia seca.

3.4 MATERIAL GENETICO

Los materiales que se utilizaron en el experimento fueron cuatro cultivares:

- Criollo de Ramos
- Marroquí
- Sun Master
- Slow Bolt

De los cuales, el Marroquí y el Criollo de Ramos son los más utilizados en la región.

3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

CRIOLLO DE RAMOS. Presenta un ciclo agrícola de 85-90 días en otoño-invierno y de 45-60 días en primavera-verano, dependiendo de las temperaturas que se presenten en el desarrollo del cultivo. Es una planta con hojas pequeñas y poca altura, por lo que se obtienen bajos rendimientos. Su aroma fuerte y agradable lo hace ser una material apreciado. Su origen es de la región de Ramos Arizpe, Coahuila.

MARROQUI. Tiene un ciclo agrícola que varía de 60-95 días en otoño-invierno, con un porcentaje mínimo de germinación de 90%, y la emergencia se presenta de 9-11 días después de siembra. Su altura para corte va de 25 a 30 cm y está constituida de 6-11 peciolo por planta. El punteamiento se presenta después de los 95 días en otoño-invierno.

SUN MASTER. Este material se produjo en Mexicali, Baja California Norte y tiene un gran rango de adaptación, su ciclo varía de 60-70 días aproximadamente, teniendo un porcentaje de germinación de 80% como mínimo. Cada planta cosechada esta constituida por 6-11 peciolos.

SLOW BOLT. Su germinación mínima es de 80% y su ciclo agrícola varía de 60-100 días en otoño-invierno y en esta misma época presenta su punteamiento a los 95 días, la emergencia se da de los 10 a 11 días y la altura de corte es de 30 cm formada por 6-11 peciolos por planta.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó en el trabajo fue un bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, que consistió en cinco ambientes de producción, cuatro genotipos (20 tratamientos) y tres repeticiones. Identificando al ambiente como factor A, y al genotipo como factor B, para sumar un total de 60 Unidades Experimentales.

3.5.1 DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS

Factor A. Ambiente de producción:

- A.1= Ambiente normal
- A.2= PPT1 (temperatura modificada por 1 capa de Polietileno transparente)
- A.3= PPT2 (temperatura modificada por 2 capas de Polietileno transparente)
- A.4= PPN1.5 (fotoperiodo reducido 1.5 hr. Con Película de polietileno negro)
- A.5= PPN3 (fotoperiodo reducido 3.00 hr. Con Película de polietileno negro).

Factor B. Genotipo:

B.1= Criollo de Ramos

B.2= Marroquí

B.3= Sun Master

B.4= Slow Bolt

El factor A se tomó como parcela grande y el factor B como parcela chica. Las dimensiones de la parcela grande fueron de 6.5 m. de longitud y 1.10 m. de ancho, mientras que la parcela chica consistió en 1.20 m. de longitud y 1.00 m. de ancho, como parcela útil se consideraron tres metros lineales por tratamiento para realizar los muestreos de área foliar y peso seco.

3.5.2 VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron:

- A. **Materia seca y Area Foliar:** Estos valores se obtuvieron cosechando la parte aérea de las plantas con competencia completa en 10 cm de surco de las cuales se seleccionaron cinco plantas representativas que fueron procesadas en el analizador de área foliar (equipo portátil modelo LI-3000), posteriormente se secaron a temperaturas de 60 – 70 °C durante 72 horas y por último se pesaron en la balanza analítica. Estos valores se obtuvieron mediante ocho muestreos que se realizaron cada siete días a partir del día 24 después de la siembra (a los 24, 31, 38, 45, 52, 59, 69 y 89 DDS), los siete primeros muestreos dentro de la etapa vegetativa y, el último cuando iniciaba el “punteamiento” del cultivo.

- B. **Indices fisiotécnicos:** Una vez obtenidos los valores de área foliar y peso seco, fueron sometidos a un análisis de regresión donde se determinó que entre ambos valores existía una relación lineal, por lo que se decidió utilizar las fórmulas propuestas por Radford (1967) para calcular los índices fisiotécnicos que son indicadores de eficiencia de los vegetales y sus cultivares en ambientes diferentes y son los siguientes:

$$TCC = (W_2 - W_1)(t_2 - t_1); \text{ g.día}^{-1}$$

$$TRC = (\ln W_2 - \ln W_1) (t_2 - t_1); \text{ mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$$

$$TRCF = (\ln A_2 - \ln A_1)/(t_2 - t_1); \text{ cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$$

$$TAN = (W_2 - W_1)(\ln A_2 - \ln A_1) / (A_2 - A_1)(t_2 - t_1); \text{ g.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$$

$$RAF = A/W; \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$$

$$DAF = (A_2 - A_1)(t_2 - t_1)/2; \text{ cm}^2.\text{día}^{-1}$$

Donde:

TCC = Tasa de crecimiento del cultivo. Indica cuantos gramos de materia seca se producen por día y ayuda a determinar la velocidad de crecimiento del cultivo de acuerdo al ambiente y el genotipo. Es importante para predecir el peso en un periodo de tiempo dado y de manera indirecta el rendimiento.

TRC = Tasa relativa de crecimiento. Indica cuantos gramos de materia seca se incrementan por gramo de materia seca presente por día y su importancia radica en que su valor estima la productividad de un material en cierto ambiente, ya que valores altos son los que interesan agronómicamente.

TRCF = Tasa relativa de crecimiento foliar. Son los cm^2 de área foliar que se incrementan por cm^2 área foliar presente por día y al igual que el índice anterior es importante por que deja ver lo productivo de un material en cierto ambiente y, en el caso específico de cilantro son más importantes valores altos por la parte comestible y comercial de esta especie (follaje).

TAN = Tasa de asimilación neta. Registra los incrementos de gramos de materia seca por cm^2 de área foliar presente por día. Este índice permite ver la eficiencia fotosintética de la especie y compararla entre

genotipos en función del ambiente de producción y lo importante para cilantro es obtener valores altos.

RAF = Relación de área foliar. Son los cm^2 de área foliar que se incrementan por gramo de materia seca presente y da una idea de la productividad de un material en cierto ambiente y, lo importante de éste índice es que permite seleccionar los factores antes mencionados que sean más adecuados para obtener valores que representen mayor área foliar sin importar tanto el peso seco.

DAF = Duración de área foliar. Este índice indica los cm^2 de área foliar que persisten a través del tiempo y lo interesante para el caso del cilantro es que al tener una mayor duración de área foliar se prolongan las fechas de corte y así obtener ventajas en la comercialización.

W_1 y W_2 = peso seco al tiempo 1 y 2, respectivamente

A_1 y A_2 = área foliar al tiempo 1 y 2, respectivamente

t_1 y t_2 = tiempo 1 y 2, respectivamente

$\ln$ = logaritmo natural.

3.6 MODELO LOGÍSTICO ESPECIFICO.

Se monitoreó el crecimiento de cuatro genotipos de cilantro que fueron influenciados por la temperatura y el fotoperíodo utilizando los datos de campo (peso seco y área foliar). Para ajustar los valores primarios citados, se corrieron los datos con ecuaciones de regresión (lineal, cuadrática y cúbica) y el modelo logístico específico (hubo la necesidad de crear un modelo logístico específico para el peso seco y el área foliar del cilantro, ya que el modelo logístico general no pudo ser trabajado con el programa de computación STATISTICA, en virtud de que requiere el valor numérico de una constante, el cual no se conoce. En cuanto al modelo logístico de proporciones no se utilizó por que los valores que se obtienen están entre cero y uno y, lo que se requiere son los valores

estimados de área foliar y peso que varían de éste rango), esto último fue posible mediante la relación del modelo logístico general y el modelo logístico en proporciones (Cortéz, 1999), de acuerdo a lo siguiente:

**MODELO LOGISTICO
GENERAL**

$$Y = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 e^{\beta_1 + \beta_2 X}}$$

**MODELO LOGISTICO DE
PROPORCIONES**

$$Y = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X}}$$

**MODELO LOGISTICO
ESPECIFICO**

$$Y = \frac{e^{\beta_1 X}}{1 + \beta_1 e^{\beta_0 + \beta_2 X}}$$

Donde:

Y = Variable (PS, AF)

X = Días después de la siembra

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Constantes

En base al mejor ajuste de dichos valores se encontró que, la función logística específica fue el modelo más adecuado para describir el comportamiento del crecimiento del cilantro. La función describe fenómenos que tienen un desarrollo lento al principio, y que se incrementa paulatinamente hasta converger a un valor límite.

3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

PREPARACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO.

El material genético necesario para el área experimental planeada se determinó y se pesó en una balanza granataria para después depositarse en pequeños sobres de papel, dicha determinación se hizo en base a los estándares recomendados (densidades) que son muy variables de acuerdo al cultivar y son medidos en kilogramos de semilla por hectárea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Densidades recomendadas para cuatro genotipo de cilantro en kg.ha^{-1} .

MATERIAL (cv.)	CANTIDAD (Kg.ha^{-1}) *
CRIOLLO DE RAMOS	80
MARROQUI	80
SUN MASTER	60
SLOW BOLT	60

* Cantidades recomendadas por las casas comerciales.

PREPARACION DEL TERRENO.

El terreno se barbechó a 30 cm de profundidad 22 días antes de la siembra, una semana después se le incorporó estiércol al voléo para que posteriormente, a la siguiente semana, se le diera un paso de rastra .

ELABORACION DE CAMAS

Las camas se realizaron una semana antes de la siembra, para esto, primero se marcaron con una cinta y con estacas, y luego ayudandose de un azadón de rastrillo se formaron dándole las dimensiones siguientes: la longitud de la cama fue de 19 m., con un ancho de 1.10 m., y una altura de aproximadamente 15 cm.

SISTEMA DE RIEGO.

El sistema de riego que se empleo fue por goteo, su establecimiento se realizó

después de formadas las camas, sobre las que se enterraron 2 cintillas de manera equidistante a una profundidad de 10 cm.

SIEMBRA.

Previo a realizar la siembra, el día 6 de septiembre, las camas se dividieron en 3 partes equitativas para asignar las repeticiones y establecer las unidades experimentales, sobre los que se hicieron pequeños surcos, con un tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada, que fue la profundidad aproximada, la distancia entre surcos fue de 20 cm. Una vez hechos los surcos se sembró a chorrillo, depositando toda la semilla que se preparó en cada sobre y distribuyéndola de manera uniforme, y luego fue cubierta con la misma tierra suelta. Las unidades experimentales se separaron a una distancia de 40 cm.

COLOCACION DE TÚNELES BAJOS

Los túneles bajos se colocaron al día siguiente de la siembra, primeramente se insertaron aproximadamente 20 cm en el suelo los extremos de los arcos de alambrón, de manera que la altura de cada túnel fue de 80 cm. En cada tratamiento se colocaron cinco arcos, luego sobre ellos se colocaron las películas de polietileno, que se extendieron lo mejor posible y, luego se amarraron los extremos, a una estaca clavada, con hilos de rafia que también sirvieron para sostener las películas en la parte superior y no fueran levantadas por el viento.

REGISTRO DE TEMPERATURAS

Cuando los túneles estaban colocados, se pusieron 2 termómetros de máximas y mínimas, uno, en un túnel de una sola película y otro en el de doble película, el lugar fue al centro de la cama y a una altura intermedia sostenida del arco central. Entonces diariamente se levantaba la película de polietileno para sacar el termómetro del túnel y realizar las lecturas (Cuadro 2A).

REDUCCION DEL FOTOPERIODO

Para reducir las horas de luz (ambiente 4 y 5) diariamente se cubrían los tratamientos por las noches y, por las mañanas se descubrían después de la salida del sol y que transcurrieran las horas respectivas que disminuyeron el fotoperiodo (Cuadro 1A).

RIEGOS

Se procuró mantener una humedad adecuada en todos los tratamientos, para lo cual se regaba al menos cada tercer día, dejando el riego por goteo de 3-4 horas.

CONTROL FITOSANITARIO

ENFERMEDADES: A los 15 días después de la siembra aparecieron algunas plantas afectadas por damping off en ciertas áreas, debido a que las condiciones le favorecieron con fuertes nublados, lluvias de baja intensidad y humedad relativa alta por periodos de tiempo considerable y seguidos de días soleados. Entonces hubo la necesidad de aplicar fungicidas como Tecto 60 (Thiabendazol), a razón de 1 g l⁻¹ de agua en dos ocasiones, pero como no se disminuía el problema, posteriormente se aplicó Ridomil Bravo (Clorotalonil) a razón de 2 g l⁻¹ de agua, en cuatro ocasiones con intervalos de tres días, observandose buen control.

PLAGAS: Después de la siembra aproximadamente a los 30 días aparecieron algunas larvas de falso medidor para lo cual se realizó una aplicación de Vielsor 600 (Metamidofos) con la que se vio controlado, siendo innecesarias más aplicaciones.

MALEZAS: A lo largo del ciclo se realizaban deshierbes manuales periódicamente ó con ayuda de un trozo de alambrón, aflojando el suelo al mismo tiempo, ya que por los riegos se compactaba fácilmente.

COSECHA.

Con el fin de estimar el rendimiento se cosecharon 10 cm de surco, el día cuatro de noviembre (59 dds), cuando la planta tenía aproximadamente 30 cm de altura, se pesó la muestra en fresco y en base a esto se hizo la estimación en ton.ha^{-1} .

IV. RESULTADOS

4.1 VALORES PRIMARIOS.

4.1.1 Area foliar.

De acuerdo a los análisis de varianza (ANVA) que se realizaron para cada fecha de muestreo, el factor A (ambiente de producción) mostró diferencias estadísticamente significativas a los 24, 31, 45 y 52 días después de siembra (dds). Para el factor B (genotipos) se encontraron diferencias estadísticamente significativas solamente a los 24, 31 y 89 dds. Con respecto a la interacción ambiente-genotipo, los ANVA detectaron diferencias estadísticamente significativas en todas las evaluaciones realizadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles de significancia para materia seca y área foliar en cilantro para los factores ambiente, genotipo y su interacción.

FACTOR	Días después de siembra (dds)							
	24	31	38	45	52	59	69	89
Ambiente (A):								
A. Foliar	**	**	Δ	**	**	Δ	NS	NS
M. Seca	**	**	NS	NS	NS	**	NS	NS
Genotipo (B):								
A. Foliar	**	**	Δ	NS	NS	Δ	NS	*
M. Seca	**	NS	NS	NS	NS	**	**	NS
Interacción(AxB):								
A. Foliar	**	**	Δ	**	**	Δ	*	*
M. Seca	**	**	NS	*	**	**	**	*

NS= no significativo * = significativo $P \leq 0.05$ ** = significativo $P \leq 0.01$

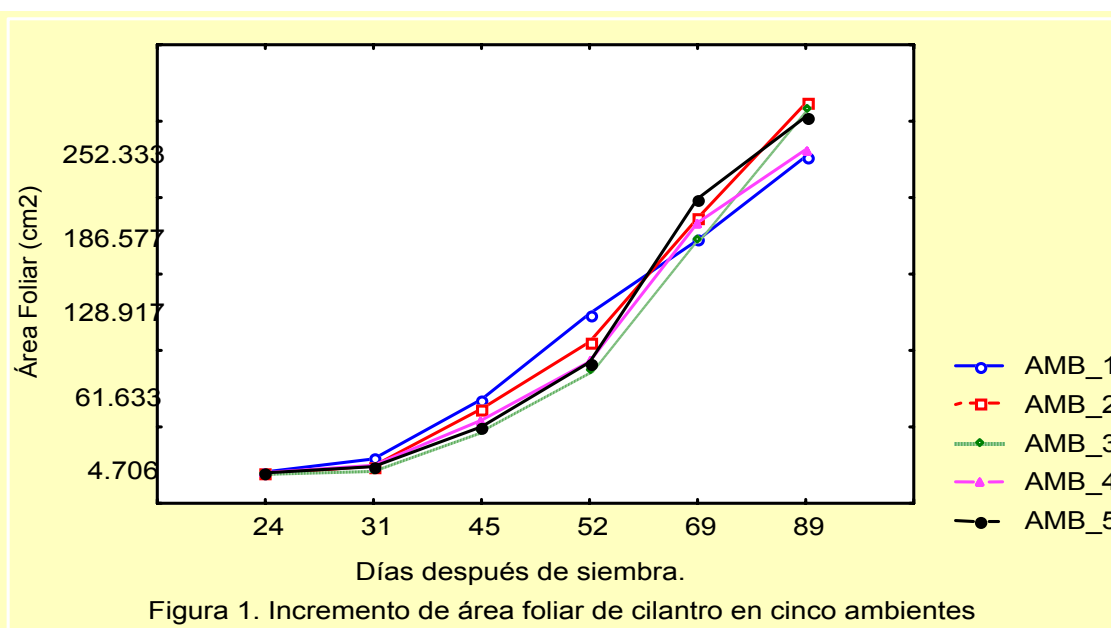
Δ = No disponible dds= días después de siembra.

En función de los resultados del ANVA, se realizaron las comparaciones de medias respectivas (Tukey, $P \leq 0.05$). Para el factor A, los valores promedio

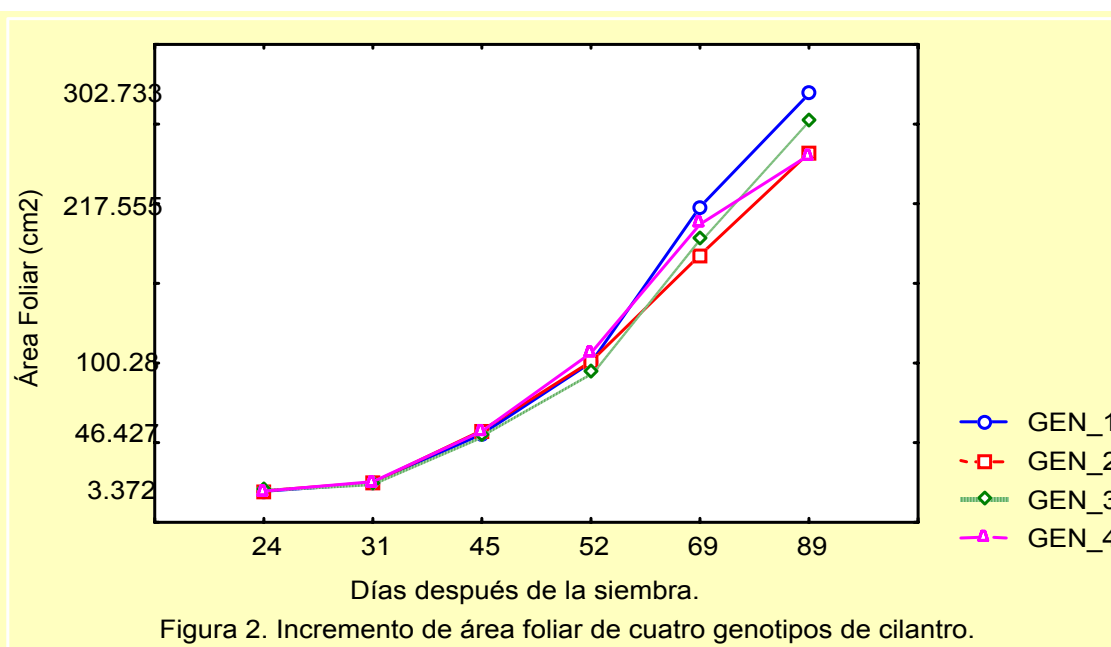
más altos fueron 4.70, 14.79, 61.63 y 128.91 $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$ de área foliar obtenidos en el ambiente 1 (normal) a los 24, 31, 45 y 52 dds, respectivamente. Para el muestreo de los 24 dds, fue estadísticamente igual a los ambientes 4 y 5 (reducción del fotoperiodo en 1.5 y 3.0 horas, respectivamente); para el muestreo a los 31 dds, el ambiente 1 fue estadísticamente diferente a las medias del resto de los ambientes; para el muestreo a los 45 y 52 dds, el ambiente 1 fue estadísticamente igual a las medias del ambiente 2 (incremento de temperatura con una cubierta de PPT). Por el contrario, los promedios más bajos fueron regularmente para el ambiente 3 (incremento de temperatura con dos cubiertas de PPT) con excepción del muestreo a los 24 dds donde el ambiente 2 resultó con el valor más bajo (Cuadro 4A).

En la Figura 1 se muestra que en el ambiente normal se obtuvieron los mayores valores de área foliar hasta los 52 dds. Posteriormente, al final del ciclo los valores fueron muy similares ($290.0 \text{ cm}^2.\text{planta}^{-1}$ aproximadamente) en todos los ambientes, aunque el ambiente normal en este periodo fue el que presentó los valores más bajos. La tendencia general es ascendente a través del tiempo lo cual se puede explicar si se considera la naturaleza en el crecimiento para cada ser vivo.

En lo referente al factor B los resultados de las comparaciones de medias indican una tendencia de superioridad del genotipo 3 (Sun Master) a través de los muestreos; a los 24 dds presentó un promedio de 4.47 $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$ de área foliar, estadísticamente diferente al resto de los genotipos; en tanto que el promedio más bajo fue para el genotipo 2 (Marroquí) con 3.37 $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$ de área foliar, estadísticamente igual al genotipo 1 y 4 (Criollo de Ramos y Slow Bolt, respectivamente). Aunque en el muestreo a los 31 dds el mejor genotipo fue el 4 con 10.65 $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$ de área foliar, fue estadísticamente igual al genotipo 1 y 3; el menor promedio en esta evaluación fue para el genotipo 2 con 9.13 $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$ de área foliar, estadísticamente igual al genotipo 1 (Cuadro 5A).



Al observar el comportamiento de los cuatro genotipos (Figura 2), se muestra que los genotipos 3 y 4 fueron los que tuvieron los valores más altos de área foliar al inicio del cultivo; sin embargo, al final del ciclo, el genotipo 1 se recuperó notablemente hasta superar a los demás.



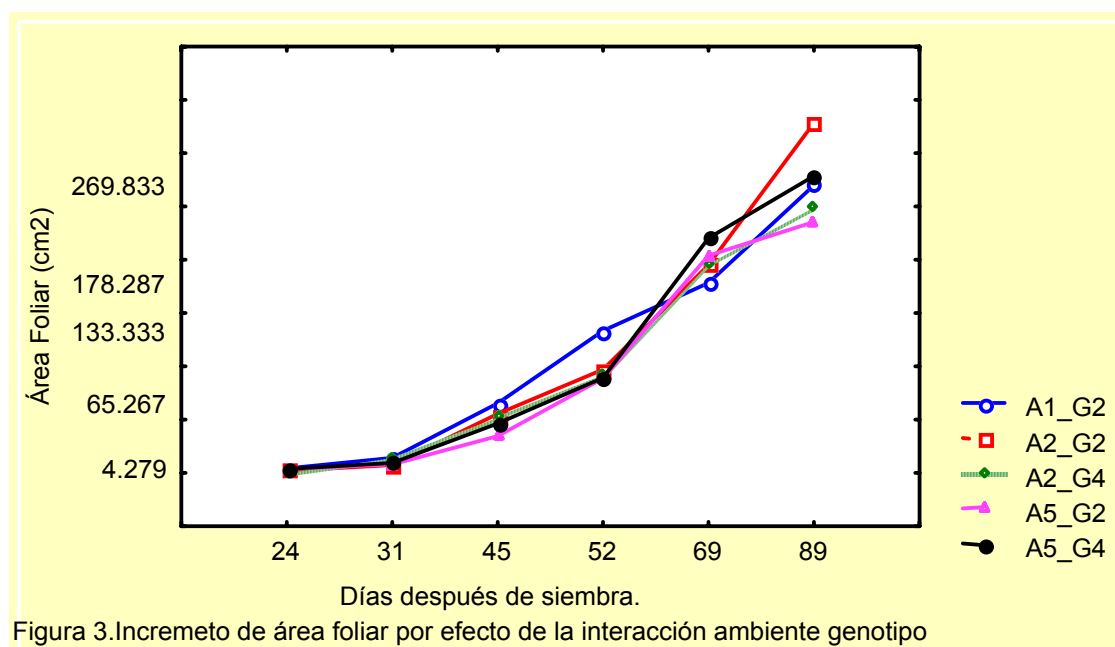
Para el caso de la interacción ambiente-genotipo, se realizaron las comparaciones de medias respectivas (Cuadro 6A), donde se encontró que los mayores promedios se tienen en las interacciones A1G3, A1G1, A1G1, A1G4, A4G1 y A4G1 con 5.46, 16.29, 69.60, 151.33, 268.55 y 342.66 cm².planta⁻¹ de área foliar a los 24, 31, 45, 52, 69 y 89 dds, respectivamente. Así mismo, las interacciones con menor promedio fueron A3G1, A2G1, A3G1, A3G1, A3G2 y A1G4 con 1.67, 4.77, 26.26, 61.00, 151.09 y 202.00 cm².planta⁻¹ de área foliar a los 24, 31, 45, 52, 69 y 89 dds, respectivamente.

Con el objetivo de comprender y visualizar mejor el efecto de la interacción ambiente-genotipo se seleccionaron cinco tratamientos en base al rendimiento de follaje fresco por hectárea (Cuadro 3A.), que fueron representativos en el rango de rendimiento alto, medio y bajo. Por lo anterior las interacciones seleccionadas fueron A1G2, A2G2, A2G4, A5G2 y A5G4 utilizadas en los valores primarios y en los seis índices fisiotécnicos. Así, en la Figura 3 se observa que al inicio del ciclo (hasta 31 dds) el comportamiento de las interacciones seleccionadas en la acumulación de área foliar es muy similar. Sin embargo, a la mitad del ciclo la interacción A1G2 presentó mayor acumulación de área foliar por planta; en cambio, en la interacción A2G2 donde se incrementó la temperatura 9.3 °C y en la interacción A5G2 donde se redujo el fotoperiodo hasta un valor de 9.15 horas-luz, se tiene menor área foliar durante este mismo periodo del ciclo. Por el contrario, al final del ciclo la mayor acumulación de área foliar ocurre en la interacción A2G2, que fue de 328.5 cm².planta⁻¹. La tendencia general de este índice es ascendente con el paso del tiempo.

4.1.2 Materia Seca.

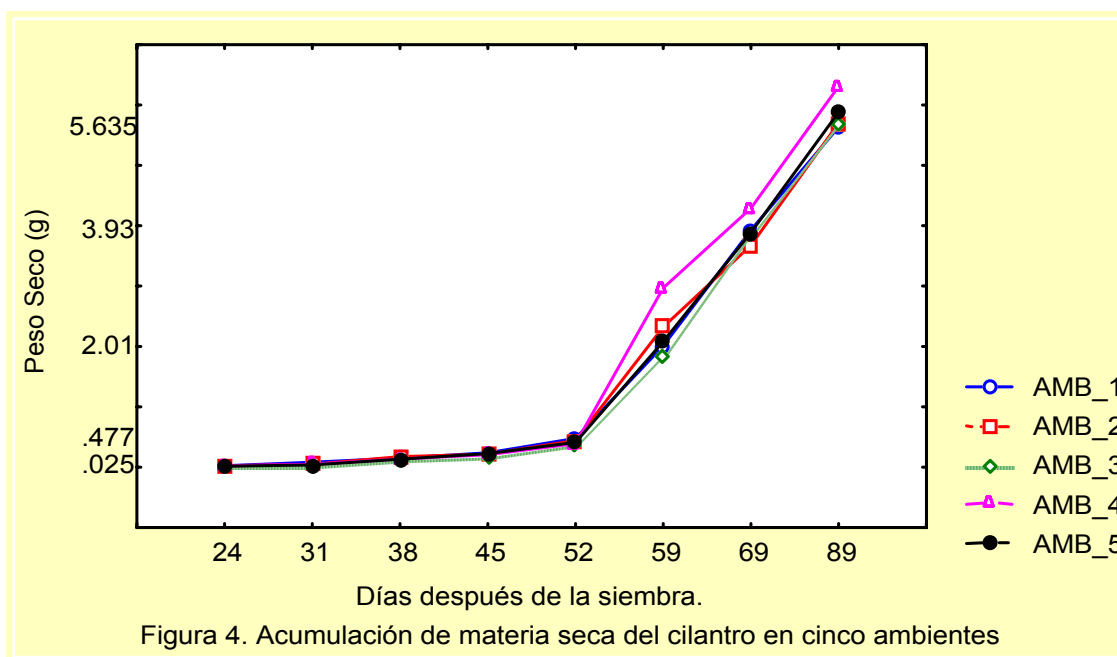
Los ANVA que se realizaron para cada fecha de muestreo detectaron en el factor A diferencias estadísticamente significativas a los 24, 31 y 59 dds. Para el factor B, los ANVA detectaron diferencias estadísticamente significativas a los 24, 59 y 69 dds. Para el caso de la interacción ambiente-genotipo, los

resultados de los ANVA muestran diferencias estadísticamente significativas para todas las fechas de evaluación, excepto a los 38 dds (Cuadro 2).



En función de estos resultados, se hicieron las comparaciones de medias respectivas para el factor A donde, los promedios más altos de materia seca a los 24 y 31 dds, corresponden al ambiente 1 y a los 59 dds al ambiente 4. Los promedios del ambiente 1 fueron estadísticamente iguales a las medias del ambiente 2 en ambas fechas de muestreo. Sin embargo, el del ambiente 4 fue estadísticamente diferente al resto a los 59 dds. A los 24, 31 y 59 dds, los promedios más bajos se obtuvieron para el ambiente 3 (Cuadro 4A).

Para observar la acumulación de materia seca, se graficaron las medias de cada ambiente, a lo largo del ciclo (Figura 4). En esta Figura, se nota que hubo un comportamiento muy similar hasta los 52 dds; a partir de entonces, el ambiente 4 con reducción de 1.5 horas de fotoperiodo mejoró notablemente la acumulación de materia seca, hasta llegar a acumular $5.8 \text{ g.planta}^{-1}$, aproximadamente.

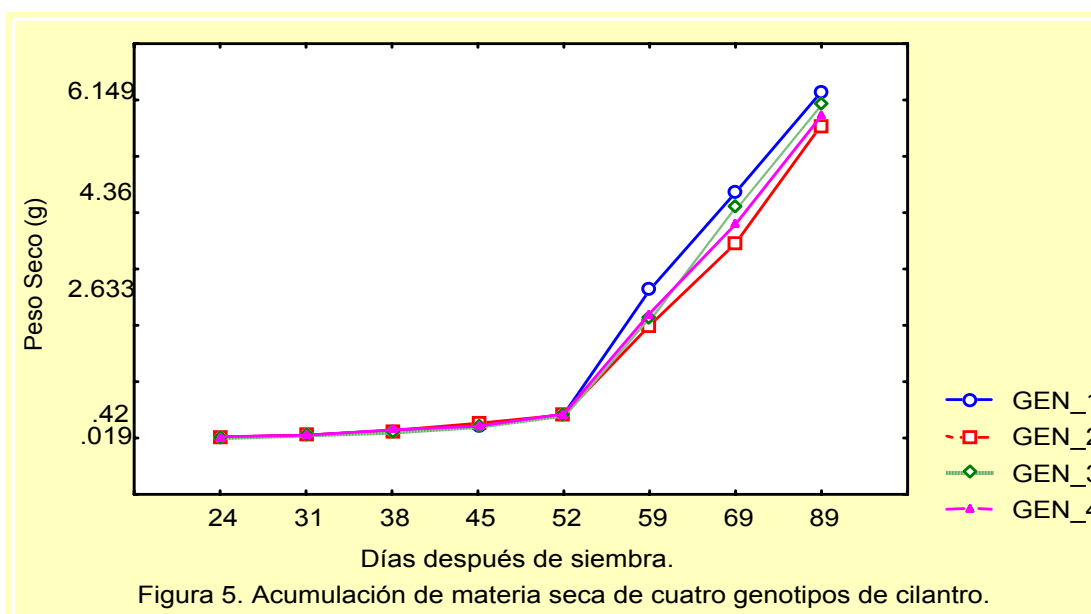


Para el factor B, estadísticamente las medias más altas fueron para el genotipo 4 (Slow Bolt) a los 24 dds y para el genotipo 1 (Criollo de Ramos) a los 59 y 69 dds. Por el contrario, las medias más bajas se obtuvieron en el genotipo 2 (Marroquí) en todas las fechas de muestreo (Cuadro 5A).

La respuesta de los cuatro genotipos se muestra en la Figura 5, en donde hasta los 52 dds, todos tienen acumulación de materia seca muy lenta, sin embargo, a partir de los 52 dds, el genotipo 1 tuvo los mayores valores de materia seca, superando al resto hasta los 80 dds en donde obtuvo $6.15 \text{ g.planta}^{-1}$.

Para el caso de la interacción ambiente-genotipo se determinó que los mayores promedios se tienen en las interacciones A2G4, A1G1, A1G1, A1G4, A2G1, A3G1 y A4G4, con 0.03, 0.08, 0.28, 0.62, 3.56, 5.19, $7.06 \text{ g.planta}^{-1}$ a los 24, 31, 45, 52, 59, 69 y 89 dds, respectivamente. Mientras tanto, las interacciones con menor promedio fueron A3G3, A3G3, A3G1, A3G1, A2G3,

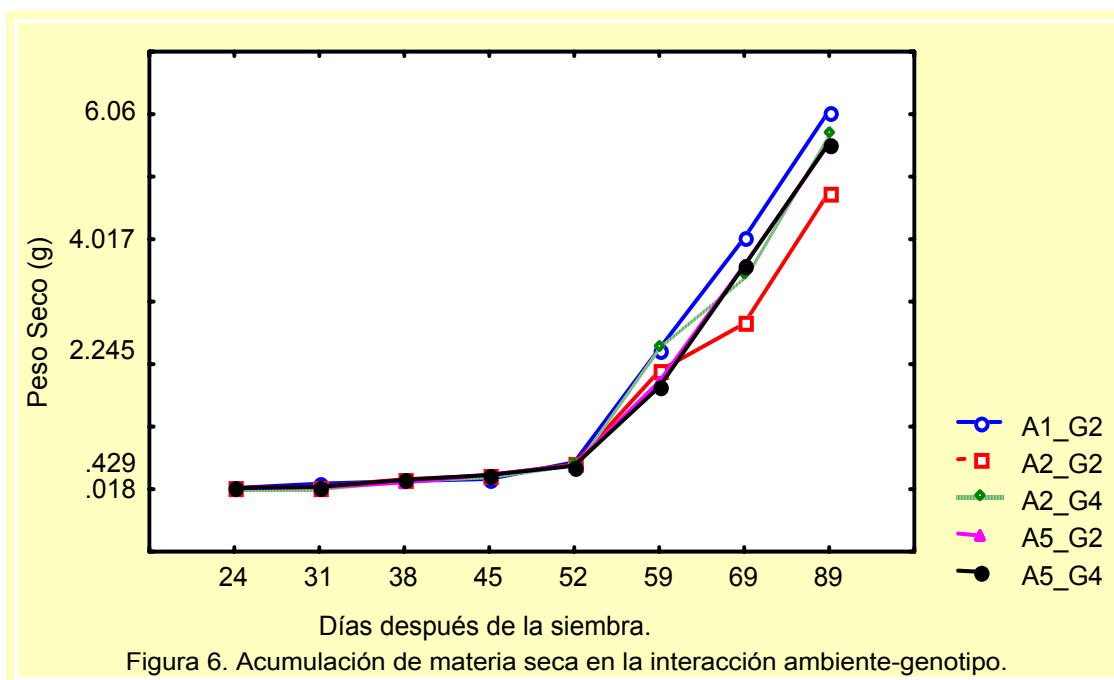
A2G2 y A2G2 con 0.007, 0.03, 0.15, 0.28, 1.54, 2.64 y 4.75 g.planta⁻¹, respectivamente, en las mismas fechas citadas anteriormente (Cuadro 7A).



La acumulación de materia seca de las interacciones seleccionadas se presenta en la Figura 6. Así, desde el inicio del ciclo hasta los 52 dds el comportamiento, de este valor primario fue bajo. A partir de los 59 dds hasta el final del periodo evaluado, la interacción A1G2 presentó los mayores valores; mientras que, la interacción A2G2 mostró una tendencia inferior en la acumulación de materia seca que el resto de las interacciones seleccionadas.

4.2 CURVA "S" Y RELACION LINEAL.

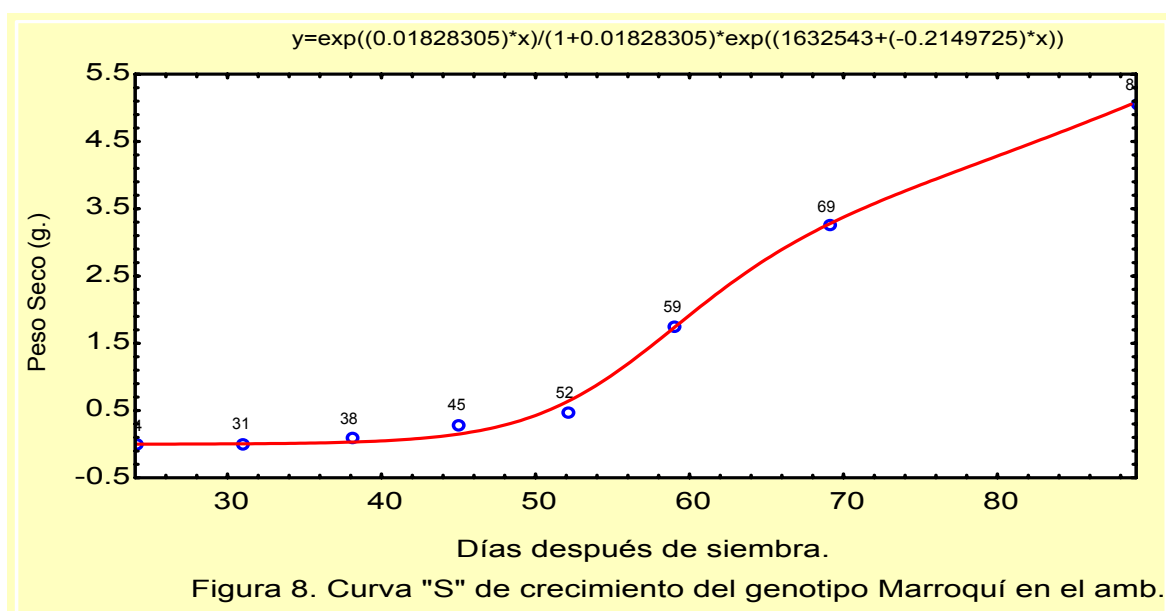
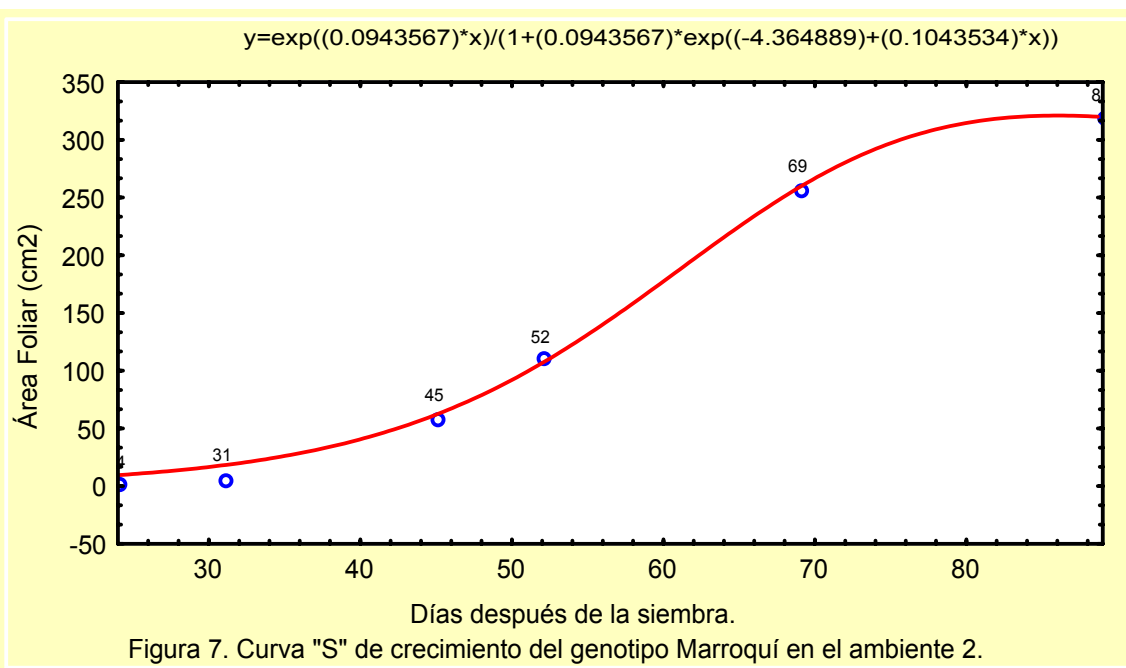
Para determinar los índices fisiotécnicos se estimaron los valores de materia seca y área foliar, tomando como base los datos obtenidos en los ocho muestreos realizados. Con ayuda del paquete computacional STATISTICA 4.5 A (Satat Soft. Inc. 1993), estos datos se ajustaron al modelo logístico específico para cilantro que describe su crecimiento, representado por una curva "S" típica en la cual se ven las tres etapas del crecimiento normal de un vegetal (crecimiento lento, exponencial y casi nulo), que coincide con lo mencionado por varios autores como Bidwell (1991), Sivori (1980). También, y

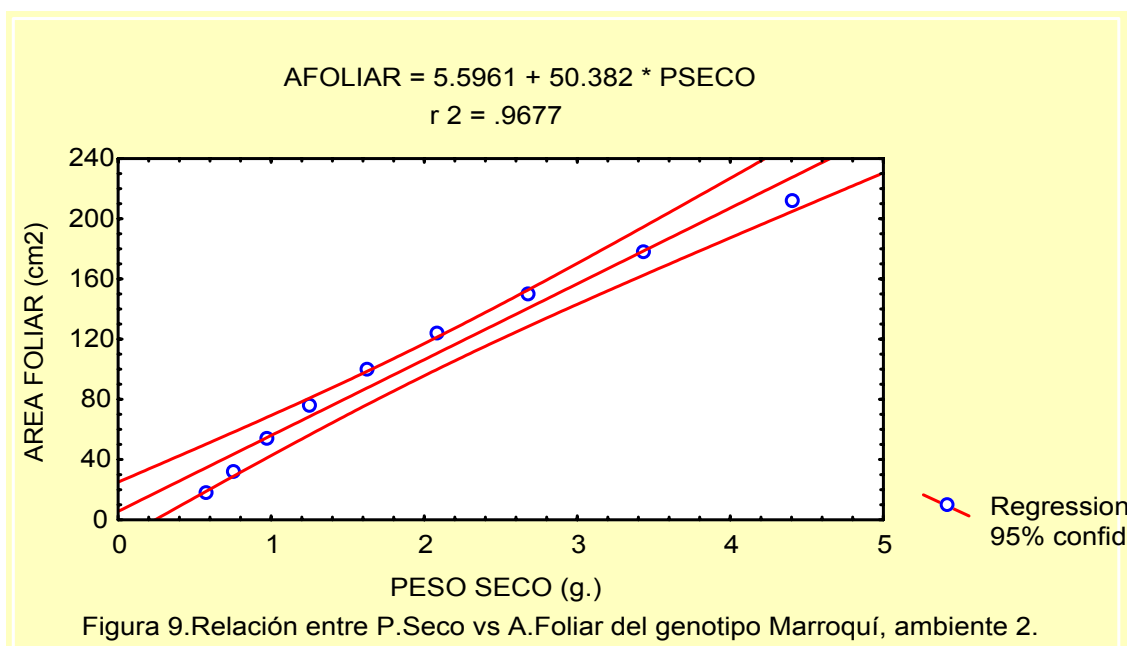


Ascencio y Fargas (1973) encontraron que, al tratar de representar matemáticamente el crecimiento del Frijol, los modelos que utilizaron para definir la tendencia de la curva de crecimiento no ajustaron significativamente en ninguna de las cuatro funciones utilizadas (lineal, logarítmica, exponencial y cuadrática). En las Figuras 7 y 8 se presenta un ejemplo de lo citado para el genotipo Marroquí en el ambiente 2 y 5 (incremento de temperatura con una cubierta de PPT y reducción de 3 horas de fotoperiodo, respectivamente) para área foliar y peso seco, respectivamente.

Con el objetivo de observar el tipo de relación que existe entre el área foliar y el peso seco del cilantro a través del tiempo, se seleccionaron al azar, cinco tratamientos para someterlos a un análisis de regresión en el paquete computacional citado; los resultados indicaron, en todos los casos, una relación de tipo lineal. En la Figura 9, a manera de ejemplo, se presenta dicha relación para el genotipo Marroquí en el ambiente 2 donde, se obtuvo una coeficiente de determinación $r^2=.9677$ con un 95 % de confiabilidad. Este tipo de relación permitió seleccionar las fórmulas propuestas por Radford (1967) y Buttery

(1969), presentadas en el apartado de materiales y métodos, para determinar los índices fisiotécnicos antes mencionados.





4.3 INDICES FISIOTÉCNICOS.

Fueron estimados seis índices fisiotécnicos para cada tratamiento, repetición y muestreo. Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA), con el fin de determinar la significancia para cada fuente de variación. Así, en el Cuadro 3 se concentra esta información para cada índice y fuente de variación en los diferentes muestreos realizados.

4.3.1 TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO (TCC).

Ambiente de producción. La TCC es el incremento de material vegetal por unidad de tiempo y, de acuerdo a los ANVA realizados para este índice en cada fecha de evaluación, en el factor A se detectaron diferencias estadísticamente significativas a los 38 y 45 dds (Cuadro 3). En la comparación de medias, el ambiente 4 tubo la mayor media de TCC con 0.05 y 0.06 g.día⁻¹, respectivamente y estadísticamente igual a los ambientes 1 y 5 a los 38 dds y a los ambientes 2 y 5 a los 45 dds. Los ambientes con los menores promedios fueron el 3 y 1 con 0.04 y 0.05 g.día⁻¹ a los 38 y 45 dds, respectivamente (Cuadro 16A).

Cuadro 3. Niveles de significancia para seis índices fisiotécnicos del cultivo de cilantro en nueve fechas evaluadas.

	Días después de siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE (A)									
TCC	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
TRC	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TRCF	**	NS	NS	**	**	*	NS	NS	*
TAN	**	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS
RAF	**	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS
DAF	**	**	*	NS	NS	*	NS	NS	*
GENOTIPO (B)									
TCC	NS	*	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
TRC	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	**	**
TRCF	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TAN	**	**	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
RAF	**	**	**	**	**	*	NS	NS	NS
DAF	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
INTERACCION (AxB)									
TCC	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
TRC	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*
TRCF	**	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
TAN	*	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
RAF	*	*	**	**	**	**	*	NS	**
DAF	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS

NS= no significativo * = significativo $P \leq 0.05$ ** = significativo $P \leq 0.01$ dds= días después de siembra

En la Figura 10 se puede observar la tendencia general de este índice fisiotécnico, el cual es ascendente en el transcurso del tiempo. Por otra parte, al inicio del ciclo la mayor acumulación de material vegetal se presentó en el ambiente 4 donde se redujo el fotoperiodo en 1.5 horas; lo mismo ocurrió al final del ciclo de crecimiento donde el ambiente 5 (3.0 horas menos de fotoperiodo) mostró el valor más alto (0.17 g.día^{-1} a los 80 dds); en cambio, en el ambiente 1 se obtuvo la menor eficiencia a partir de los 59 dds hasta el final del periodo evaluado, donde obtuvo 0.14 g.día^{-1} .

Genotipos. Los resultados de los ANVA realizados indican que la TCC es significativamente diferente en el factor B a los 31, 38, y 45 dds (Cuadro 3). Al realizar las comparaciones de medias respectivas, el genotipo 1 fue superior con valores de TCC de 0.041, 0.05 y 0.06 g.día⁻¹; pero, estadísticamente fue igual a los genotipos 3 y 4 en las tres fechas de muestreo. En cambio, el genotipo 2 presentó las tasas más bajas con valores de 0.03, 0.04 y 0.05 g.día⁻¹ (Cuadro 16A).

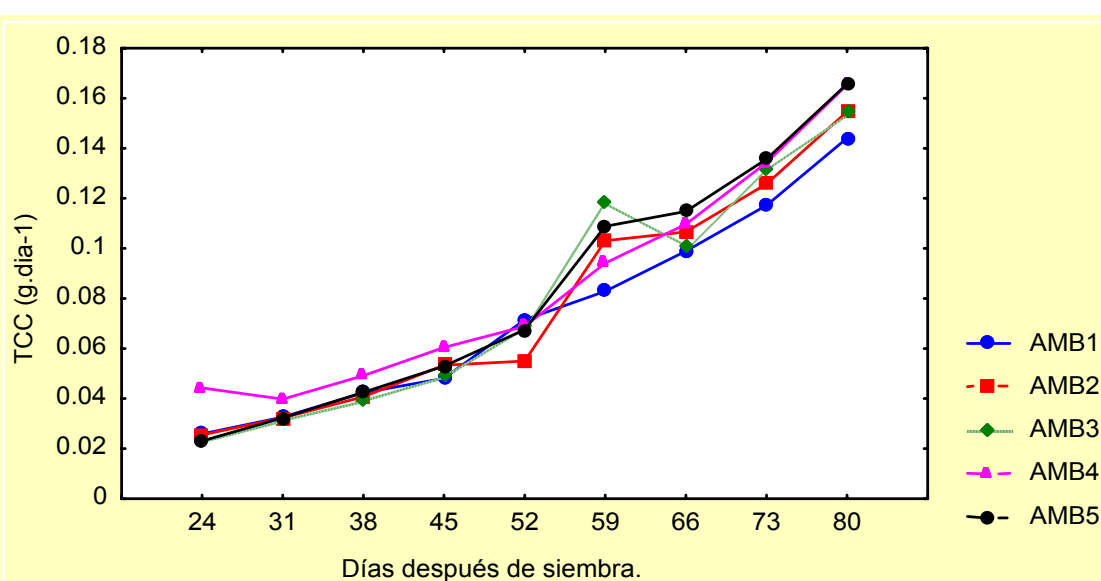
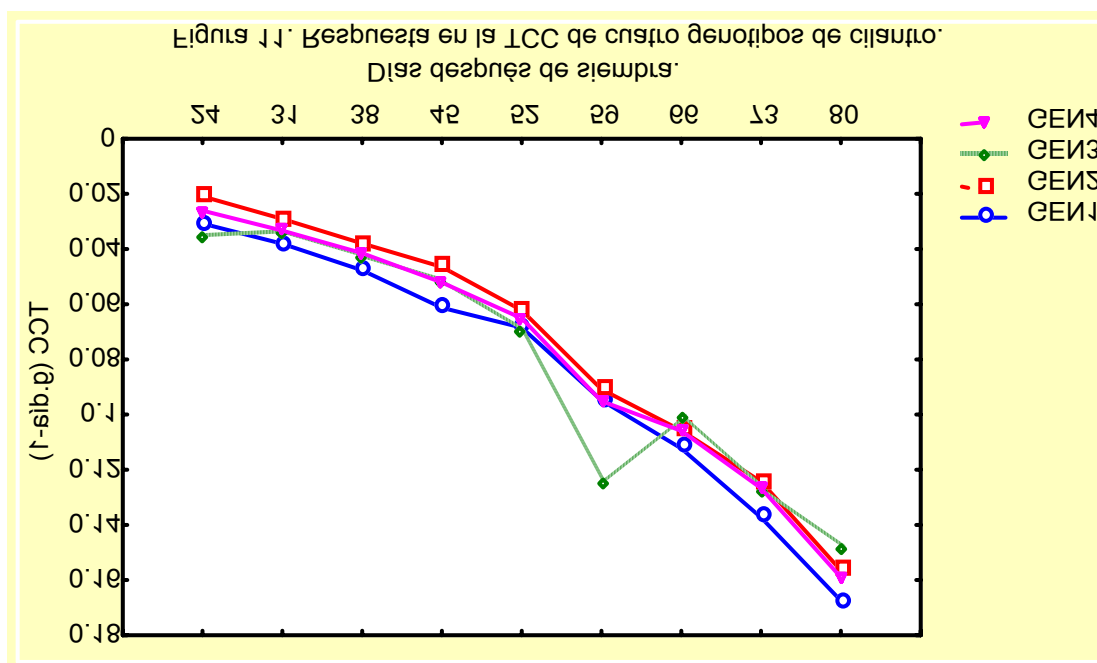


Figura 10. Influencia de cinco ambientes de producción sobre la TCC del cilantro

En la Figura 11 se observa que en la mayor parte del ciclo del cultivo del cilantro, sobresale el genotipo 1, lo cual posiblemente, se debió a su gran adaptación a las condiciones regionales. Sin embargo, los cultivares de reciente introducción como son el Sun Master y Slow Bolt (genotipos 3 y 4) parecen ser prometedores para sembrarlos en la región.

Interacción. La TCC para esta fuente de variación mostró diferencias estadísticamente significativas a los 31, 38 y 80 dds, según los ANVA (Cuadro 3). En las comparaciones de medias realizadas se encontró que las medias con mayor valor fueron 0.04, 0.05 y 0.19 g.día⁻¹, que corresponden a la interacción A4G4 en los dos primeros casos y a la A5G1 en el último de ellos; por el

contrario, las medias con menor valor se mostraron en la interacción A2G2 a los 31 dds con 0.02 g.día^{-1} , y en la A3G3 con 0.03 y 0.11 g.día^{-1} a los 38 y 80 dds, respectivamente (Cuadro 17A).

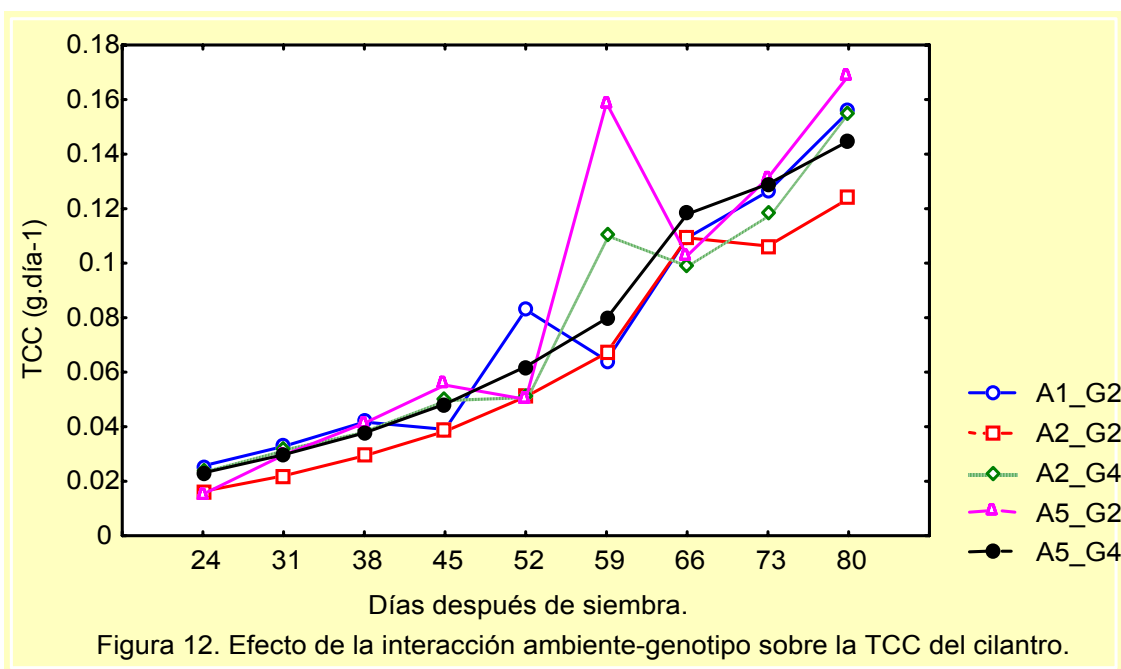


En la Figura 12 se presenta el comportamiento de la interacción para la TCC donde se muestra que en casi todo el ciclo del cultivo, la interacción A2G2 fue inferior; en cambio, en la interacción A5G2 se tuvieron las mayores medias de TCC lo que indica que este material tiene mayor velocidad de crecimiento; donde al final del ciclo se obtuvo una mayor ganancia de materia seca con 0.17 g.día^{-1} . En general la tendencia de la curva de este índice es ascendente posiblemente, por la misma naturaleza de la necesidad de crecimiento.

4.3.2 TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO (TRC).

Ambiente de producción. La tasa relativa de crecimiento es el incremento de material vegetal por unidad de material vegetal presente por unidad de tiempo. Según los ANVA no hubo diferencias estadísticamente significativas para el Factor A, a lo largo del ciclo del cultivo (Cuadro 3). Es decir, que la eficiencia para producir material vegetal a partir de material vegetal

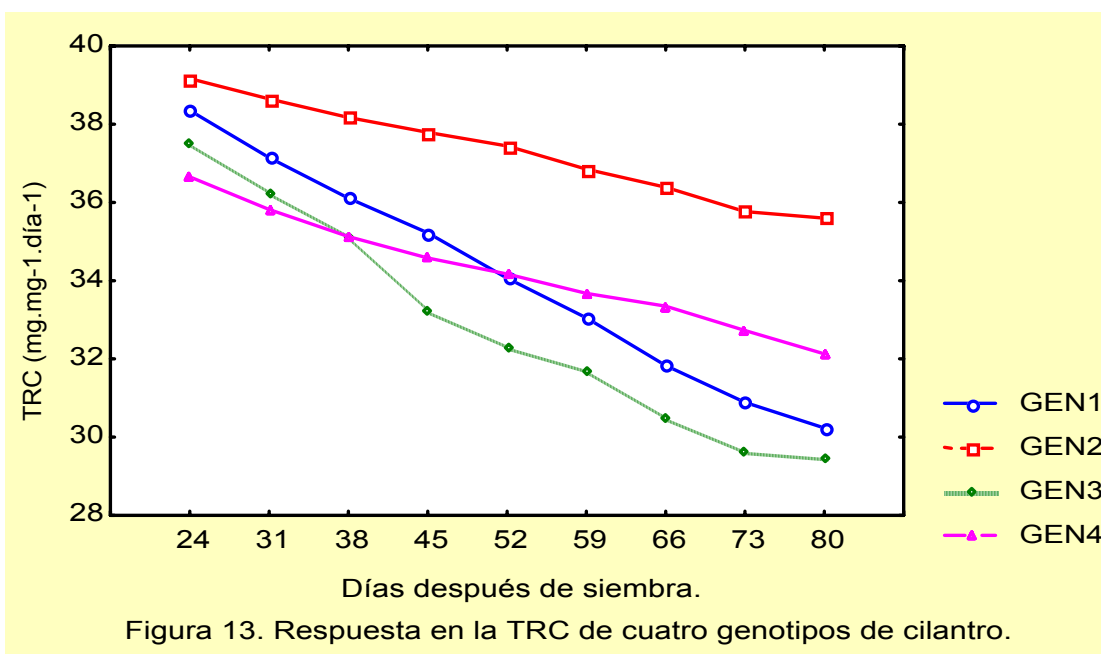
ya existente, no se ve afectada por el ambiente de producción por lo cual, probablemente, este índice depende más del componente genético y/o de la interacción ambiente-genotipo.



Genotipos. En el caso del Factor B de acuerdo a los ANVA, éstos tuvieron diferencias estadísticamente significativas únicamente en los últimos cuatro muestreos que fueron a los 59, 66, 73 y 80 dds (Cuadro 3). En las comparaciones de medias se encontró que el genotipo 2 fue el que en forma general, más mg de materia seca acumuló por unidad de materia seca presente. Por otro lado, el genotipo 3 fue el más ineficiente para el periodo citado; aunque, estadísticamente fue igual a los genotipos 1 y 4 en todo este periodo (Cuadro 18A).

En la Figura 13 se presentan las curvas de tendencia de los cuatro genotipos en estudio; en ella, se puede observar que el genotipo con mayor TRC a través de todo el periodo evaluado, fue el genotipo 2. Por otra parte, el genotipo 3 presenta un comportamiento descendente más acelerado a partir de los 38 dds hasta el final del ciclo, este material es una variedad mejorada pero

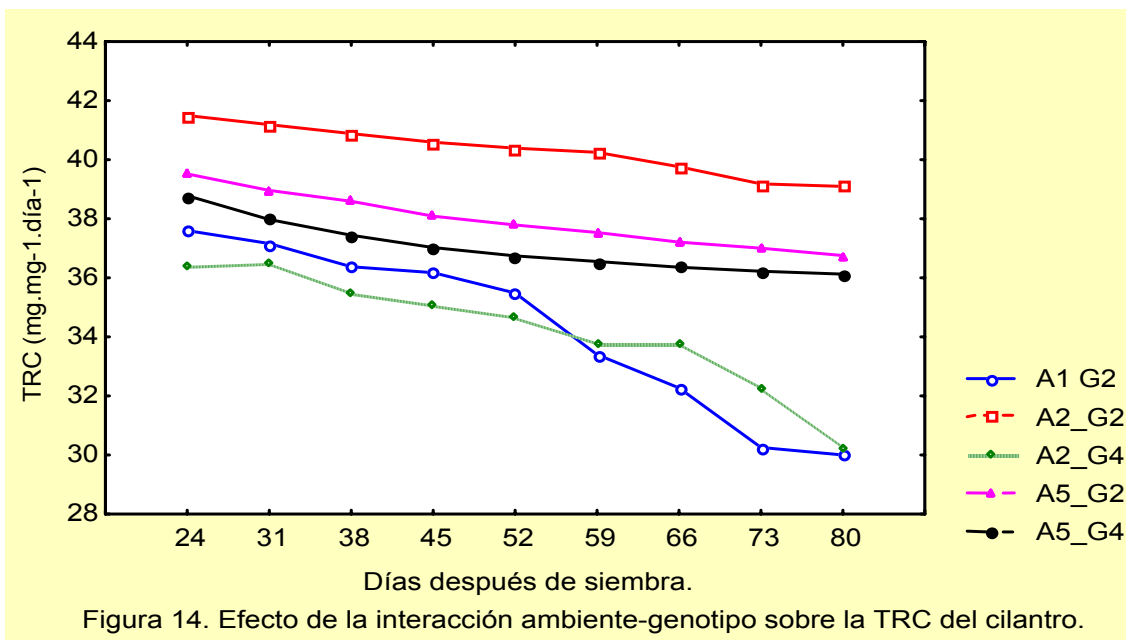
le falta adaptación, por ser un material de reciente introducción a la región donde se estableció el experimento.



Interacción. De acuerdo a los ANVA, la interacción ambiente-genotipo presentó diferencias estadísticamente significativas solo a los 73 y 80 dds, (Cuadro 3). Al comparar las medias de los tratamientos, se encontró que la mejor interacción a los 73 y 80 dds fue A2G2 con 39.18 y 39.09 mg.mg⁻¹.día⁻¹, respectivamente; mientras que la media más baja de TRC se obtuvo en A1G3 con 22.66 y 22.34 mg.mg⁻¹.día⁻¹ a los 73 y 80 dds, respectivamente (Cuadro 19A).

La Figura 14 permite observar las curvas de tendencia de las interacciones seleccionadas donde, la A2G2 resultó ser de mayor TRC en todo el ciclo lo que indica que, la mayor acumulación de materia seca por unidad de materia seca existente se presenta al incrementar la temperatura con una cubierta de PPT y con el genotipo Marroquí. En cambio, la interacción A2G4 tuvo una media de TRC inferior a la interacción antes citada, lo que indica que

el incremento de temperatura combinado con una variedad de reciente introducción no resultó en la mayor TRC a través del ciclo del cultivo.

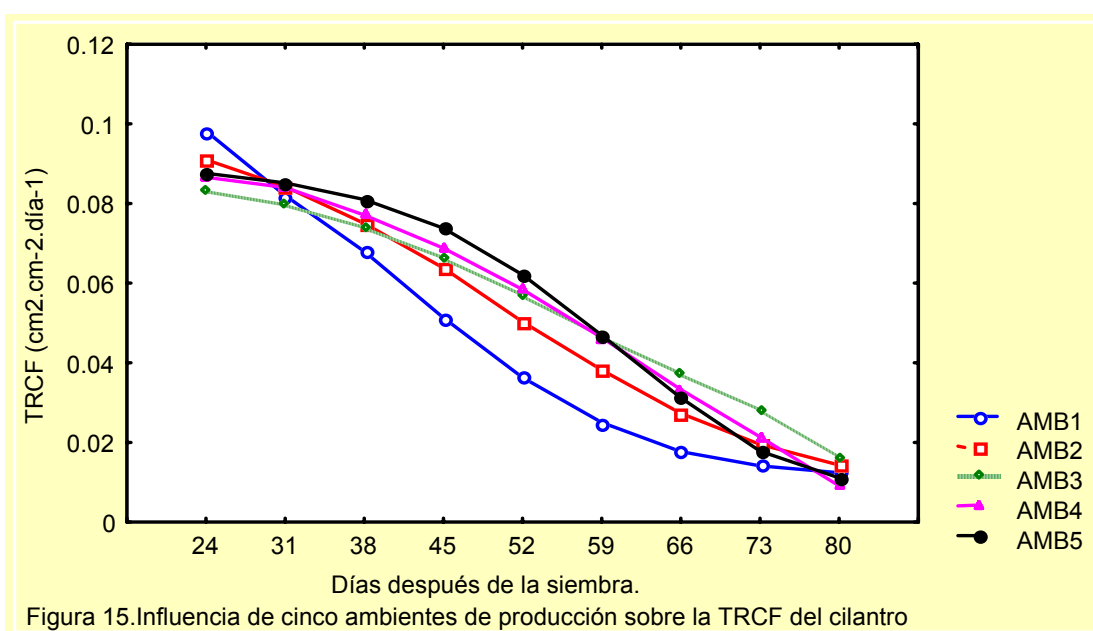


4.3.3 TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO FOLIAR (TRCF).

Ambiente de producción. La tasa relativa de crecimiento foliar es el incremento de material asimilatorio por unidad de material asimilatorio presente por unidad de tiempo. Según los ANVA realizados, muestran que hubo diferencias estadísticamente significativas a los 24, 45, 52, 59 y 80 dds (Cuadro 3). Las comparaciones de medias muestran que en el ambiente 1, se obtiene la mayor media de este índice pero estadísticamente es igual a la media del ambiente 2; en esta misma fecha la media más baja fue en el ambiente 3 con $0.08 \text{ cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$, aunque estadísticamente igual a las medias de los ambientes 4 y 5. Posteriormente, el ambiente 1 disminuyó su TRCF a tal grado que fue la menor media en el resto del ciclo. El ambiente 5 presenta los mayores valores de TRCF a los 45 y 52 dds, estadísticamente igual a los ambientes 2, 3 y 4, en ambas fechas; por otro lado, las medias más bajas, en estas fechas, se obtuvieron en el ambiente 1, las cuales fueron estadísticamente igual a las del ambiente 3. A los 59 dds, la mayor media de TRCF se presentó en el ambiente 3 estadísticamente igual a las de los

ambientes 2, 4 y 5; en cambio, la menor media fue para el ambiente 1, estadísticamente igual a la del ambiente 2 (Cuadro 20A).

Se puede observar en la Figura 15 que al inicio del cultivo, el ambiente 1 fue el que presentó la mayor eficiencia pero, conforme avanzaba el tiempo, el incremento de temperatura y/o la reducción del fotoperiodo, favorecieron una mayor producción de área foliar en base al área foliar existente y que originaron tasas muy similares a lo largo del ciclo. La tendencia en general, de este índice tendió a disminuir a través del ciclo de cultivo.

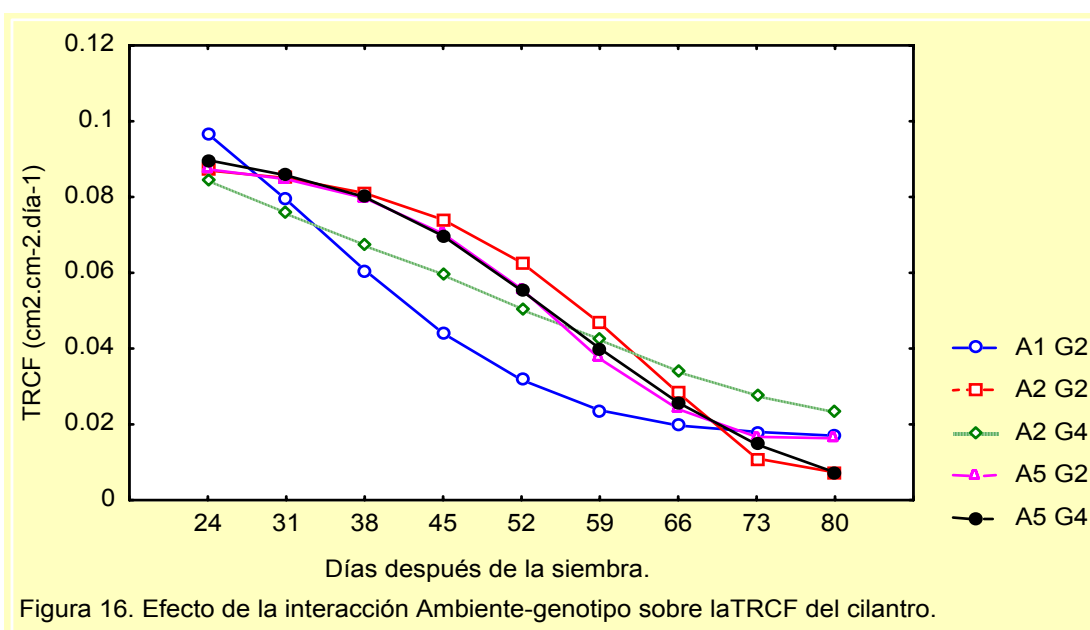


Genotipos. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas para este factor en ninguna fecha evaluada de acuerdo a los resultados de los ANVA (Cuadro 3). Por lo tanto, se puede decir que los genotipos se comportaron en forma similar y que las diferencias en este índice fueron más que todo por las condiciones ambientales y/o de la interacción genotipo-ambiente.

Interacción. Para la interacción Ambiente-genotipo, los ANVA registraron diferencias estadísticamente significativas únicamente en dos fechas que fueron a los 24 y 59 dds (Cuadro 3). De acuerdo a las comparaciones de medias, se

encontró que a los 24 dds, la media más alta de TRCF se obtuvo en la interacción A1G4, mientras que la más baja fue para la interacción A3G1. A los 59 dds las medias mayor y menor, fueron 0.06 y 0.02 $\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$, para A3G1 y A1G4, respectivamente (Cuadro 21A).

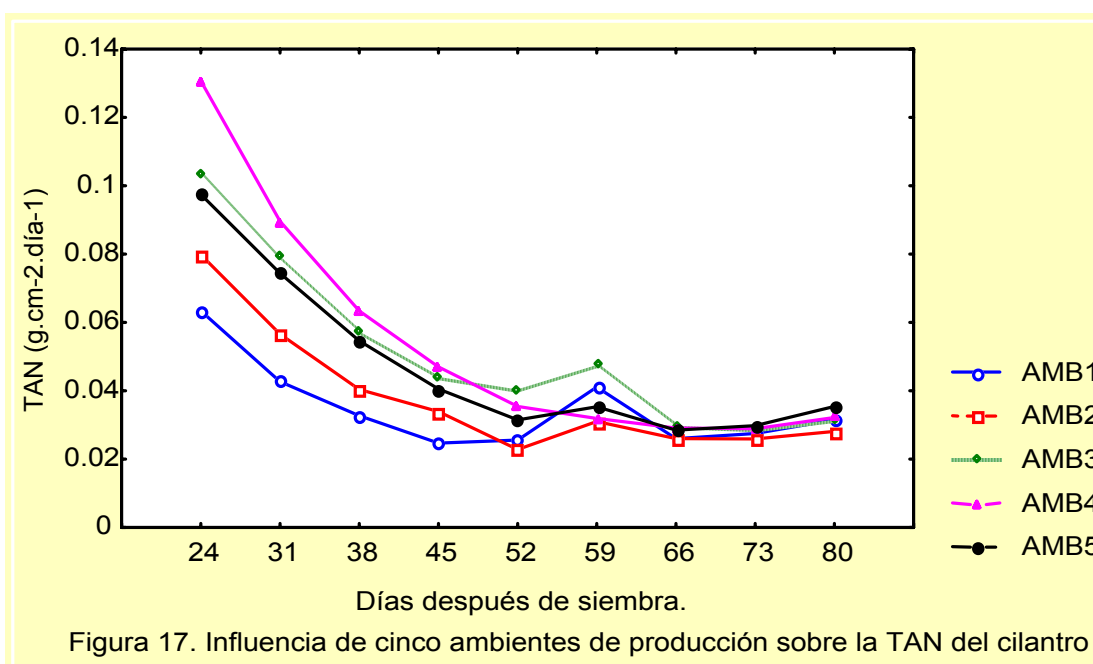
En la Figura 16 se observa la tendencia descendente de la TRCF de las interacciones seleccionadas; con lo cual, a través del ciclo, disminuye la eficiencia de la superficie asimilatoria presente para producir nueva superficie de este tipo. Por otra parte se puede observar que en las interacciones donde se incrementa la temperatura y/o se reduce el fotoperiodo en combinación con el genotipo Marroquí o bien con el genotipo Slow Bolt (A2G2, A2G4, A5G2 y A5G4) la TRCF es mayor y disminuye más lentamente comparada con el ambiente normal y el genotipo Marroquí (A1G2). Es decir, que tanto el incremento de temperatura como la reducción del fotoperiodo en combinación con uno u otro de los genotipos citados favorecen una mayor eficiencia en la producción de material asimilatorio por unidad de área foliar presente. En este caso, la interacción A2G2 y A5G4 fueron en promedio, las de mayor TRCF y fueron también las de mayor producción de follaje fresco por unidad de superficie.



4.3.4 TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN).

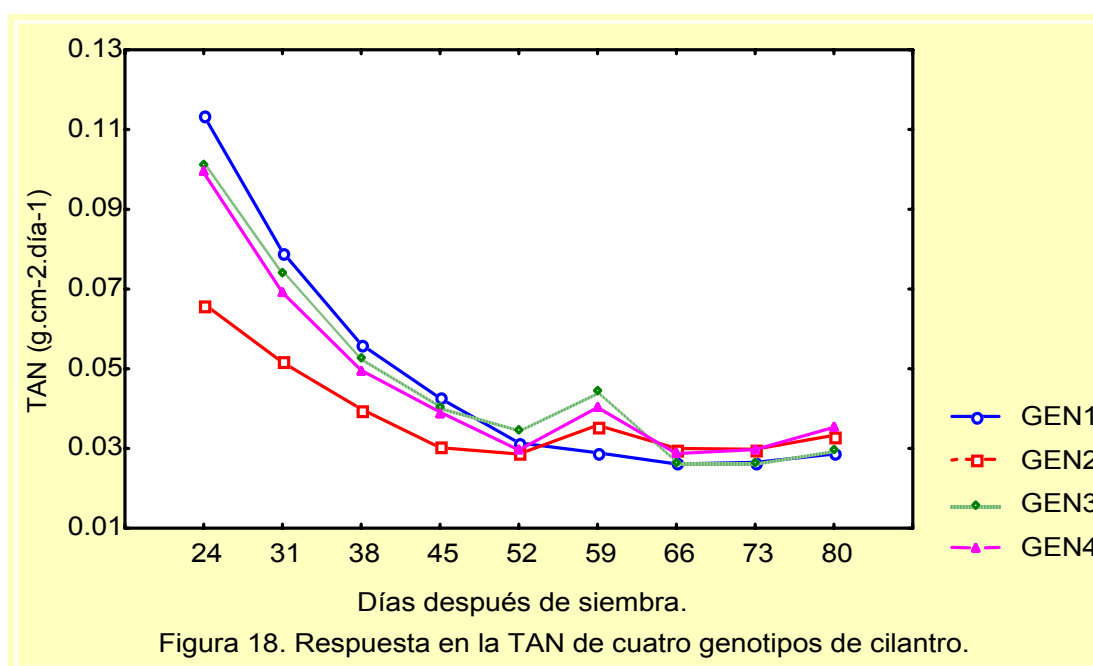
Ambiente de producción. El incremento de material vegetal por unidad de material asimilatorio presente en un tiempo dado (TAN), fue sometido a ANVA en donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas desde los 24 hasta los 52 dds (Cuadro 3). Los resultados de las comparaciones de medias indican que en todos los muestreos el ambiente 4 obtuvo la media más alta de TAN; aunque, estadísticamente igual a las medias de los ambientes 3 y 5; A los 52 dds, el ambiente 3 fue superior con igualdad estadística a los ambientes 4 y 5 (Cuadro 22A). En forma general el ambiente que presentó los valores más bajos de la TAN fue el ambiente 1 para casi todos los muestreos.

En la Figura 17 se representa el comportamiento de la TAN en los cinco ambientes, en la cual se nota que al reducir el fotoperiodo e incrementar la temperatura (ambiente 4, 3, 5 y 2) se aumenta la eficiencia fotosintética hasta los 52 dds, comparado con el ambiente normal. Posteriormente, al final del ciclo los valores promedio de todos los ambientes fueron muy semejantes. En general, la tendencia de la curva de la TAN es en forma decreciente en el transcurso del tiempo.



Genotipos. Los ANVA, detectaron diferencias estadísticamente significativas en el periodo comprendido de los 24 a los 45 dds (Cuadro 3). De acuerdo a las comparaciones de medias, el genotipo 1 resultó ser el que obtuvo las medias más altas en todo el periodo; las medias obtenidas por los genotipos 3 y 4 fueron iguales estadísticamente a las del genotipo 1 en todas las fechas evaluadas. Por otra parte, las medias más bajas de TAN, fueron obtenidas por el genotipo 2 y, estadísticamente igual al genotipo 4 (Cuadro 22A).

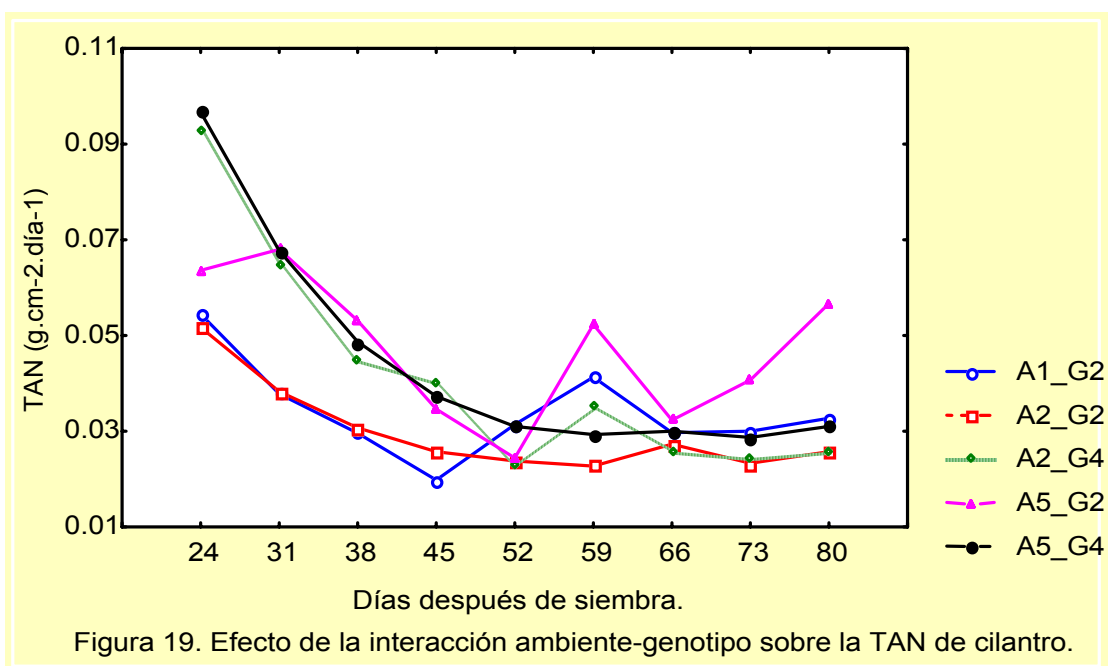
En la Figura 18, se muestra que el genotipo 1 fue el más eficiente al menos hasta los 45 dds, aunque los genotipos Sun Master y Slow Bolt también tuvieron buen comportamiento en su capacidad fotosintética. El genotipo menos eficiente fue el Marroquí al inicio del ciclo pero, al final de este no hubo diferencias muy marcadas entre todos los genotipos. La tendencia general es descendente como en el caso del ambiente de producción.



Interacción. En el caso de la interacción ambiente-genotipo solo se presentan diferencias estadísticamente significativas a los 24, 31, 38 y 45 dds (Cuadro 3). Al realizar las comparaciones de medias respectivas se encontró que la mejor

media fue para la interacción A3G1 en todas las fechas de muestreo, mientras que la media más baja fue para las interacciones A3G3 y A1G4 (Cuadro 23A).

Al graficar el efecto de la interacción de los tratamientos seleccionados, se distingue cierta variación con el paso del tiempo (Figura 19); al inicio del cultivo, en las interacciones A2G4 y A5G4 se presentó una mayor acumulación de fotoasimilados; mientras que las interacciones A1G2 y A2G2 fueron las menos eficientes en la mayor parte del periodo evaluado, también se observa en la misma Figura que la interacción A5G2 superó al resto a partir de los 59 hasta los 80 dds en donde obtuvo valores de 0.03 hasta 0.06 $\text{g.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$.

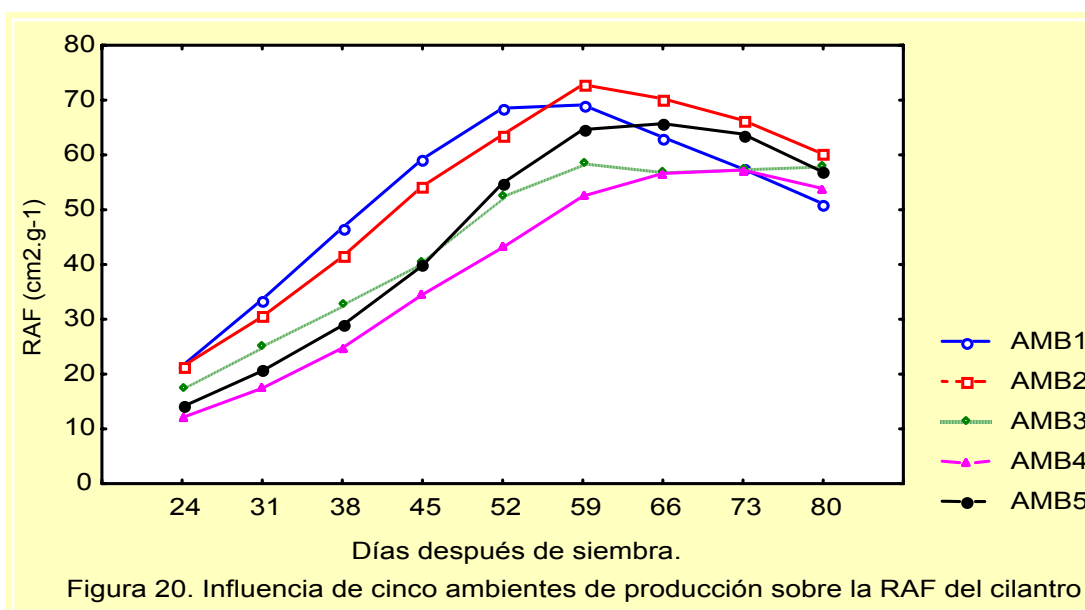


4.3.5 RELACION DE ÁREA FOLIAR (RAF).

Ambiente de producción. La RAF es la razón de material asimilatorio por unidad de material vegetal presente y de acuerdo a los ANVA hechos para tal índice fisiotécnico, hubo diferencias estadísticamente significativas desde los 24 hasta los 52 dds (Cuadro 3). Los resultados de las comparaciones de medias indican que el ambiente 1 obtuvo las mayores medias de RAF en el periodo donde hubo significancia. A los 24, 31 y 52 dds las medias de este ambiente

fueron estadísticamente iguales a las obtenidas en los ambiente 2 y 3; a los 38 y 45 dds las medias fueron estadísticamente igual a las obtenidas en el ambiente 2. Mientras que, en el mismo periodo, las medias más bajas se obtuvieron en el ambiente 4. En todas las fechas, las medias del ambiente 4, fueron estadísticamente igual a las de los ambiente 3 y 5 (Cuadro 24A).

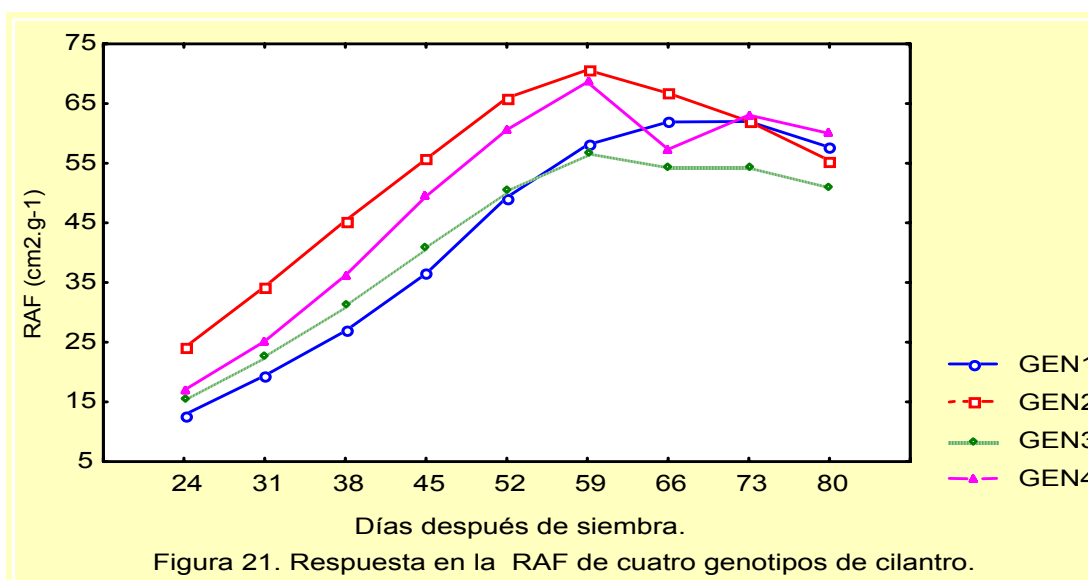
En la Figura 20 se puede observar que los ambientes 1 y 2 fueron superiores desde los 24 hasta los 59 dds, con valores aproximados de RAF desde 22 hasta 65 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$; por otra parte, los tratamientos donde se redujo el fotoperiodo (ambientes 4 y 5) tienden a medias menores de RAF durante este mismo periodo. De los 59 a los 80 dds las diferencias observadas fueron menos marcadas y en este periodo los mayores valores de RAF se obtuvieron en el ambiente 2. En el transcurso del tiempo la tendencia fue ascendente aunque después de los 59 dds declinó ligeramente.



Genotipos. Los ANVA realizados detectaron diferencias estadísticas significativas para esta fuente de variación desde los 24 hasta los 59 dds (Cuadro 3). Las comparaciones de medias indican que el genotipo 2 siempre fue superior al resto de los genotipos en este periodo; aunque, fue igual

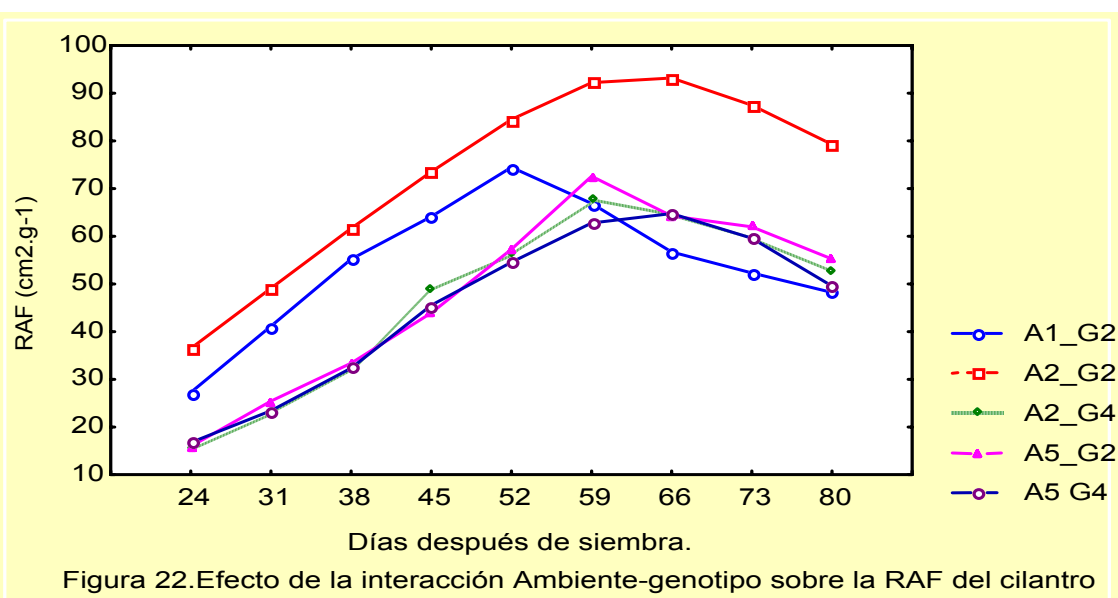
estadísticamente al genotipo 4 a los 45, 52 y 59 dds; contrariamente los valores más bajos de las medias de RAF fueron para el genotipo 1; pero, estadísticamente igual a los genotipos 3 y 4 en todo el periodo antes mencionado (Cuadro 24A).

El comportamiento de los genotipos en relación a la RAF se muestra en la Figura 21, donde se puede observar que el genotipo 2 fue superior al resto de los genotipos en estudio hasta los 66 dds, seguido del genotipo 4. En cuanto a los genotipos 1 y 3, estos tuvieron un comportamiento inferior en casi todas las fechas de muestreo. Este índice mostró una tendencia ascendente hasta los 59 dds después de los cuales decreció ligeramente



Interacción. Las diferencias estadísticas tanto en ambientes de producción como en los genotipos se reflejaron en la interacción de estos factores. Así, se tiene que, en todo el ciclo del cultivo hay diferencias estadísticas significativas a excepción de la evaluación a los 73 dds (Cuadro 3). De acuerdo a las comparaciones de medias, estadísticamente las mejores interacciones fueron A2G2, A1G4 y A3G4. Mientras que, las menores medias de RAF se obtuvieron en las interacciones A3G1 y en la interacción A3G3 (Cuadro 25A).

En la Figura 22 se muestra el comportamiento de cinco tratamientos seleccionados y en ella se puede ver que la interacción A2G2 (incremento de temperatura con una cubierta de PPT con el genotipo Marroquí) tiene valores mayores de RAF que el resto de los tratamientos seleccionados, presentando un valor máximo de $93 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ a los 66 dds, también la interacción A1G2 inicia con un buen comportamiento pero, a partir de los 59 dds decrece lo suficiente para ser la más inferior en la etapa final del periodo evaluado. En cambio, las interacciones A2G4, A5G2 y A5G4 muestran un comportamiento muy similar sin decaer drásticamente aunque sus valores de RAF fueron menores a los encontrados en la interacción A2G2.



4.3.6 DURACIÓN DE ÁREA FOLIAR (DAF).

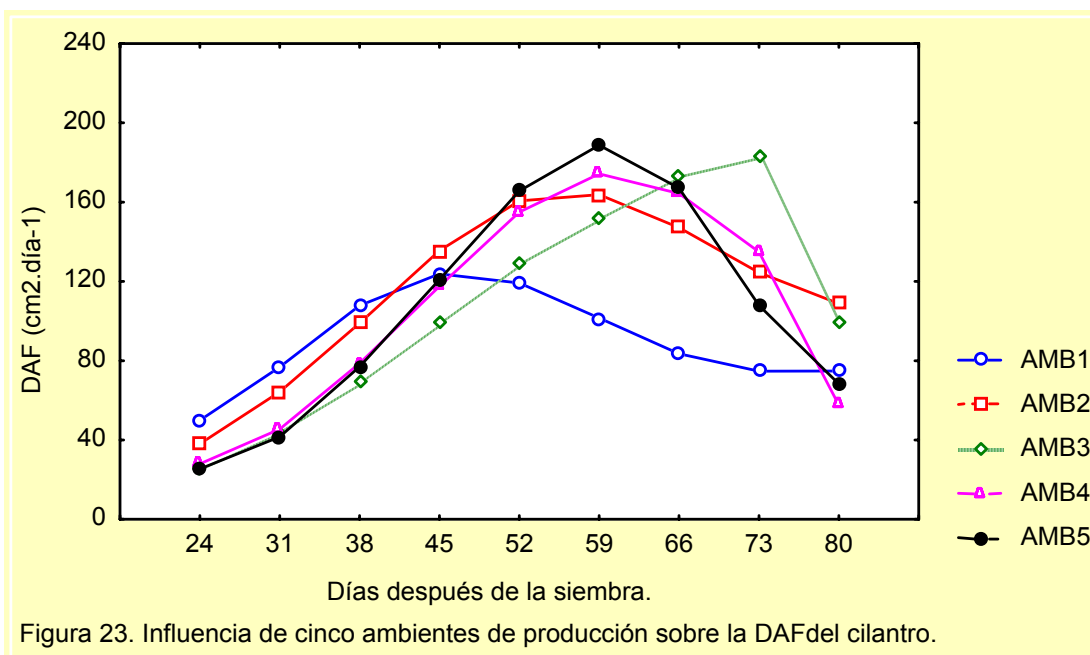
Ambiente de producción. Este índice es una medida de persistencia de la superficie de asimilación y para el Factor A se mostraron diferencias estadísticamente significativas a los 24, 31, 38, 59 y 80 dds (Cuadro 3). Al realizar las comparaciones de medias se encontró que al inicio del ciclo la mayor media de DAF se obtuvo en el ambiente 1, al mismo tiempo, las medias más baja se obtuvieron en los ambientes 3 y 5; a los 59 dds se presentó la media más alta en el ambiente 5 con $188.7 \text{ cm}^2.\text{día}^{-1}$ pero, estadísticamente

igual a los ambientes 2, 3 y 4, en esta fecha de evaluación la media más baja fue para el ambiente 1 que fue de $101.5 \text{ cm}^2.\text{día}^{-1}$ y, estadísticamente igual a los ambientes 2, 3 y 4; en la última fecha de evaluación (80 dds) la mejor media fue para el ambiente 2 con $108.8 \text{ cm}^2.\text{día}^{-1}$ y, estadísticamente igual a los ambientes 1 y 3, en tanto que la media más baja de DAF se presentó en el ambiente 4 la cual fue de $57.60 \text{ cm}^2.\text{día}^{-1}$ con igualdad estadística a los ambientes 1, 3 y 5 (Cuadro 26A).

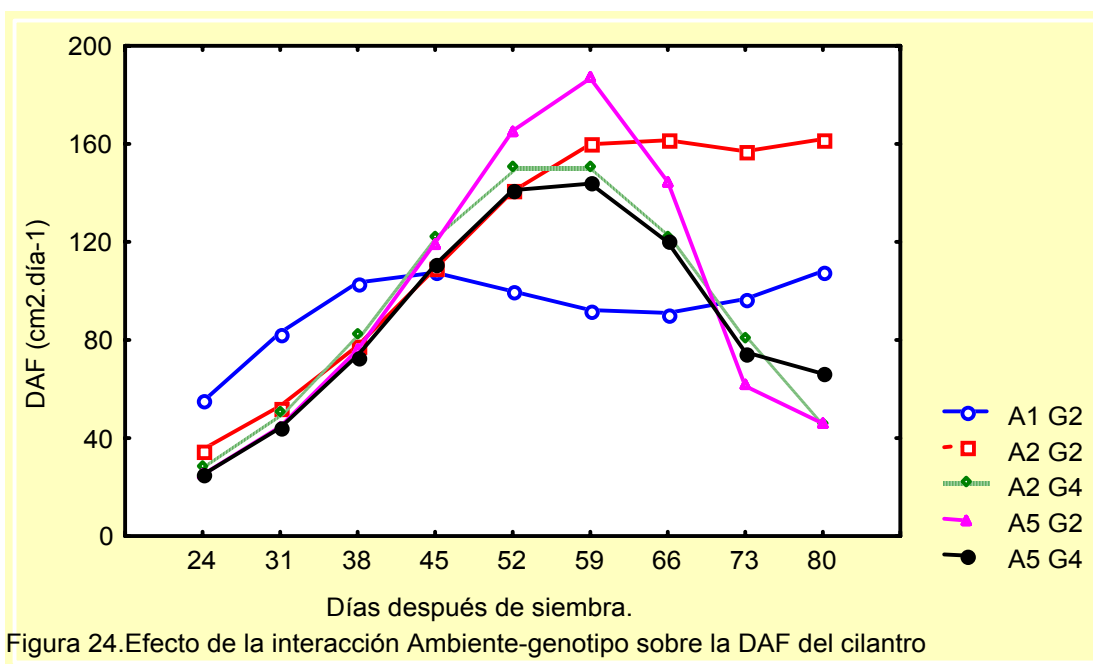
En la Figura 23 se observa un comportamiento muy similar de la DAF, por efecto del ambiente, desde los 24 hasta los 45 dds, con una ligera superioridad del ambiente 1 y se ve afectada ligeramente tanto por la reducción del fotoperiodo como por el incremento de temperatura. Sin embargo, de los 52 dds en adelante los menores valores de éste índice se obtienen en el ambiente 1 y en los demás ambientes la tendencia fue a incrementar aunque, a los 80 dds la mayoría de los ambientes disminuyeron su persistencia a tal grado que algunos fueron superados por el ambiente 1.

Genotipos. Al realizar los ANVA para el Factor B, estos no detectaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna fecha evaluada (Cuadro 36A). Probablemente, esto nos indica que los genotipos mantuvieron la misma duración del material asimilatorio y que quizá, ésta es más dependiente del ambiente de producción.

Interacción. La persistencia del material asimilatorio presenta diferencias estadísticamente significativas para la interacción ambiente-genotipo a los 31, 38 y 45 dds según los ANVA realizados para esta fuente de variación (Cuadro 3). Comparando las medias se encontró que las medias más altas de DAF se obtuvieron en las interacciones A1G4 y A2G3, mientras tanto las medias más bajas se obtuvieron en las interacciones A3G1 y A4G4 (Cuadro 27A).



En la Figura 24 se observa el comportamiento de las interacciones en cuanto a la DAF. En ella, se puede ver que al inicio del ciclo (hasta los 38 dds) la interacción A1G2 tuvo los mayores valores de DAF por lo tanto el incremento de temperatura como la reducción del fotoperiodo (A2G2 y A5G2) afectan negativamente la duración de la superficie asimilatoria. Por el contrario a los 45 dds hasta los 70 dds la menor DAF se obtiene en la interacción A1G2 invirtiendo el efecto de la temperatura y el fotoperiodo. Quizá el aspecto relevante a destacar en la citada Figura, sea el hecho de que la DAF en la interacción A2G2 donde se incrementó la temperatura en combinación con el genotipo Marroquí se mantiene con un alto valor hasta el final del ciclo; esto permitiría ampliar el periodo de cosecha del cilantro sin pérdida de la calidad del mismo.



V. DISCUSIÓN

AREA FOLIAR.

Este valor primario se ve influenciado por el ambiente de producción al inicio del ciclo del cultivo. Cuando la temperatura y el fotoperiodo normal promedio tuvieron valores de 18.1 °C y 11.55 horas, respectivamente, se obtuvieron los mayores incrementos de área foliar (Cuadro 4A). En cambio, en el ambiente donde se incrementó la temperatura hasta alcanzar un valor promedio de 27.4 °C se obtuvieron los valores promedio más bajos (Cuadro 4A). Por lo tanto, al incrementar la temperatura en 9.3 °C se afectó negativamente la superficie asimilatoria quizá, por que se incrementó la transpiración y la respiración de las plantas de cilantro y se disminuyó la eficiencia fotosintética. Esto, coincide con lo citado por Taiz y Zeiger (1991) y Salisbury y Ross (1994) quienes mencionaron que hay una relación inversa entre el incremento de temperatura y la eficiencia fotosintética de la planta probablemente, por la disminución en la fotosíntesis neta causada a su vez, por una pérdida más rápida de CO₂ por fotorrespiración. Además, mencionaron que con incrementos de temperatura, las tasas fotosintéticas decrecen más rápido que las tasas respiratorias. Por el contrario, al final del ciclo no se detectó efecto del ambiente de producción en la acumulación de área foliar. En la Figura 1 se observa la tendencia de éste valor primario a través del tiempo.

En relación al genotipo, la acumulación de área foliar se vio afectada significativamente al inicio del cultivo y al final del mismo. Así, al inicio los genotipos Sun Master y Slow Bolt fueron los que tuvieron los valores más altos de área foliar a los 24 y 31 dds y al final del ciclo (89 dds) el genotipo Marroquí fue el de mayor área foliar (Cuadro 5A). En cambio, a los 24 y 31 dds el genotipo Marroquí fue el de menor valor de área foliar y a los 89 dds el

genotipo Slow Bolt fue el de menor valor de área foliar (Cuadro 5A). Con estos resultados y considerando que tanto Sun Master y Slow Bolt son cultivares mejorados se puede entender la mayor acumulación de área foliar al inicio del ciclo del cultivo; pues, su componente genético les permite tener buenas características para los componentes de rendimiento, y el área foliar del cilantro es uno de ellos. Sin embargo, al final del ciclo Slow Bolt fue el de menor valor de área foliar por lo cual, quizá su expresión genética (fenotipo) se vio limitada por las condiciones del medio al ser un genotipo no del todo adaptado a éstas condiciones. Esto, coincide con Mohr y Schopfer (1995) quienes citaron que el progreso actual en la ontogenia de una planta esta determinado por las características genéticas y por la modificación de los factores ambientales. En la Figura 2 se observa la tendencia a través del tiempo de la acumulación de área foliar por efecto del genotipo.

En cuanto a la interacción ambiente-genotipo en todas las evaluaciones realizadas hay significancia estadística (Cuadro 6A). Así, de los 24 a los 52 dds, los resultados muestran que tanto la temperatura como el fotoperiodo ambiental (medias de 18.1 °C y 11.55 horas, respectivamente) fueron adecuados para la producción de área foliar y que el genotipo puede ser indistinto para ello, puesto que en combinación con el ambiente normal (A1) aparecen tanto variedades mejoradas como el cultivar criollo de la región. Por el contrario, en el mismo periodo las medias inferiores de área foliar se obtienen al incrementar la temperatura (9.3 °C en promedio) en combinación con el genotipo Criollo de Ramos lo cual, probablemente, se debe al efecto conjunto de incrementar la transpiración y la respiración con menor fotosíntesis neta ocasionado, todo, por estrés de temperatura y por que este cultivar está más adaptado a condiciones de menor temperatura como lo demuestra el hecho de que la mayor superficie de siembra con esta variedad se tiene en la época de invierno; estos resultados coinciden con lo citado por Taiz y Zeiger (1991), Salisbury y Ross (1994) y SAGAR (1991-1995). Al final del ciclo, 69 y 89 dds, los mayores valores de área foliar fueron 268.55 y 342.66 cm².planta⁻¹, ambos para la interacción A4G1 y los

menores promedios que para estas mismas fechas fueron 150.09 y 202.00 $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$ para las interacciones A3G2 y A1G4, respectivamente. Al considerar que para estas fechas los tratamientos del ambiente de producción ya se habían eliminado, se puede decir que estos resultados son producto del efecto del genotipo lo cual, permite corroborar lo citado anteriormente, para el genotipo Criollo de Ramos y apoyado por SAGAR (1991-1995) y Mohr y Schopfer (1995).

PESO SECO.

El ambiente de producción al inicio del ciclo tuvo efectos significativos en este valor primario; así, a los 24 y 31 dds las medias más altas se obtuvieron en el ambiente normal con temperatura promedio de 18.98 °C y fotoperiodo de 11.76 horas. En cambio, las medias con menor valor fueron 0.02 y 0.04 g.planta^{-1} en los mismos dds, obtenidas en el ambiente donde se incrementó la temperatura hasta alcanzar una media de 27.76 °C. Por lo tanto, al incrementar la temperatura en 8.78 °C se afectó negativamente la acumulación de peso seco. Probablemente, la explicación es la misma que aquella argumentada para el efecto del ambiente en el área foliar al inicio del ciclo del cultivo. A los 59 dds en el ambiente donde se redujo el fotoperiodo en 1.5 horas (temperatura de 18 °C y fotoperiodo de 9.8 horas), se obtuvo la mayor media con 2.97 g.planta^{-1} y la menor media fue 1.8607 g.planta^{-1} obtenida en el ambiente donde se incremento la temperatura hasta alcanzar una media de 28.2 °C y fotoperiodo de 11.10 horas. Estos resultados indican que con temperaturas de 18 °C y fotoperiodo de 9.8 horas se incrementa el peso seco por planta quizá, por que el tamaño y forma de las hojas, el alargamiento de los entrenudos y el grado de ramificación son favorecidos en el cilantro. Esto coincide con Sivori *et al.*, (1980) quienes reportaron que la duración del periodo diario de luz controla ciertos fenómenos como los aquí citados. En cuanto a las medias inferiores de peso seco como consecuencia del incremento de temperatura (10.78 °C) y fotoperiodo de 11.10 horas, probablemente se debe al incremento de la tasa de transpiración y la respiración así como a la disminución de la eficiencia

fotosintética, tal y como se citó para el área foliar; inclusive, puede ser el resultado de algún efecto fotomorfogénico tal y como lo reportaron Sivori *et al.*, (1980). La tendencia de este valor primario se observa en la Figura 4.

El efecto del genotipo en la acumulación de peso seco fue significativo a los 24, 59 y 69 dds con medias de 0.02, 2.63 y 4.36 g.planta⁻¹, respectivamente obtenidas en el genotipo Slow Bolt en la primera, y en el Marroquí en las dos últimas. En cambio, para estas mismas fechas las medias con menor valor fueron 0.017, 1.99 y 3.45 g.planta⁻¹, las tres obtenidas en el genotipo Criollo de Ramos. Las medias más altas fueron obtenidas en cultivares mejorados; es decir, que su componente genético les permite tener buenas características para este componente del rendimiento. Por el contrario la variedad Criollo de Ramos vio limitada la acumulación de peso seco por que su componente genético también es limitado ya que no se ha realizado mejoramiento genético en este material. Estos resultados coinciden con lo citado por Medina (1977) en relación a que la respuesta fotosintética de las plantas superiores depende de las condiciones ambientales en que se ha desarrollado y que además, dicha respuesta y la adaptación del aparato fotosintético están determinados genéticamente. La tendencia de este valor primario se observa en la Figura 5.

En relación a la interacción ambiente-genotipo en todos los muestreos realizados hay significancia excepto a los 38 dds. Así, de los 24 dds a los 52 dds la acumulación de materia seca (fotosíntesis neta) tuvo el mismo comportamiento que la acumulación de área foliar; es decir que la temperatura y el fotoperiodo ambiental (medias de 18.1 °C y 11.55 horas, respectivamente) en combinación, regularmente, con el cultivar Criollo de Ramos fueron adecuados para la producción de materia seca. Por el contrario, en el mismo periodo las medias inferiores de materia seca se obtienen al incrementar la temperatura (9.3 °C en promedio) en combinación con el Sun Master y Criollo de Ramos al inicio y al final del periodo respectivamente. Estos resultados de

inferioridad, probablemente, se deben al efecto de incrementar la transpiración y la respiración con lo cual se tuvo menor fotosíntesis neta; ocasionado todo por un estrés de temperatura tal y como lo reportaron Taiz y Zeiger (1991) y Salisbury y Ross (1994). En relación a los genotipos su comportamiento es variable ya que tanto una variedad mejorada (Sun Master) como una que no lo es (Criollo de Ramos) mostraron medias inferiores quizá, como lo reportaron Mohr y Schopfer (1995) por efecto de las características genéticas y por la modificación de los factores ambientales influyendo en la ontogenia actual de la planta. Al final del ciclo, 69 y 89 dds, los promedios más altos de materia seca fueron 5.19 y 7.07 g.planta⁻¹ en las interacciones A3G1 y A4G4, respectivamente y los menores promedios para estas mismas fechas fueron 2.65 y 4.76 g.planta⁻¹ en las interacciones A2G2. Al considerar que para estas fechas los tratamientos del ambiente de producción ya se habían eliminado, estos resultados son producto del efecto del genotipo y quizá del efecto acumulado de los tratamientos ambientales; los genotipos tuvieron un comportamiento variable cuya explicación puede radicar en lo reportado por Mohr y Schopfer (1995) en relación a que el progreso actual de la ontogenia de una planta esta determinada por las características genéticas y por la modificación de los factores ambientales. En la Figura 6 se observa la tendencia en la acumulación de materia seca de las cinco interacciones seleccionadas.

CURVA SIGMOIDE DE CRECIMIENTO “S”.

En los cuadros del 8A al 15A se anotan las constantes β_0 , β_1 y β_2 así como el coeficiente de determinación R^2 de los modelos logísticos específicos para el cultivo del cilantro con los cuales se estimaron los valores primarios de área foliar y peso seco. La generación del modelo específico para cilantro coincide con Bidwell (1990) quién mencionó que a menudo un modelo matemático debe ser desarrollado para una situación particular y Campbell y Powell (citados por Rodríguez y Palacios, 1986) quienes mencionaron que el modelo logístico describe mejor el comportamiento cuando se aplica a estudios de fisiología vegetal.

ÍNDICES FISIOTECNICOS.

TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO (TCC).

El ambiente de producción tuvo efectos significativos a los 38 y 45 dds en la TCC donde, las medias más altas se obtuvieron al reducir el fotoperiodo en 1.5 horas hasta alcanzar un valor de 9.65 horas; en cambio, las medias con el menor valor se obtuvieron al incrementar la temperatura hasta alcanzar un valor de 26.4 °C con dos cubiertas de PPT y en el ambiente normal (temperatura de 16.05 °C y fotoperiodo igual a 11.25 horas). Estos resultados posiblemente obedecen a que algunos procesos como la fijación fotosintética de CO₂, el tamaño y forma de las hojas, la ramificación y el largo de los entrenudos son controlados fotoperiodicamente de acuerdo a lo citado por Mohr y Schopfer (1995) y Sivori (1980). En el caso del cilantro, estos procesos de ven favorecidos con la reducción del fotoperiodo con lo cual se incrementa la velocidad de acumulación de materia seca. En el caso de las medias con menor valor obtenidas donde la temperatura promedio fue de 26.4 °C y el fotoperiodo fue de 11.15 horas, quizá estén relacionados con el hecho de que el cilantro es una hortaliza de clima frío cuya temperatura media mensual debe ser de 15 a 18 °C (Valadez, 1990). Además, puede ser que la acumulación de materia seca sea inferior por el hecho de que el cilantro reduce su producción en días largos (Hernández, 1994). La tendencia de este índice se observa en la Figura 10.

Los genotipos en estudio tuvieron efectos significativos a los 31, 38 y 45 dds. Los valores promedio más altos en las tres fechas citadas fueron para el genotipo Criollo de Ramos; en cambio, los menores promedios para estas mismas fechas se obtuvieron en el genotipo Marroquí. La información anterior pudo ser el resultado de la característica de adaptabilidad que posee el primer genotipo citado, pero también ésta superioridad pudo ser influida por la baja densidad de población originada por un bajo porcentaje de germinación, y por el ataque de Damping off, este hecho es apoyado por el rendimiento bajo que se obtiene con este cultivar (Cuadro 3A). Por el contrario, el genotipo Marroquí

fue el que tuvo menor TCC, ocasionado quizá, por alta densidad de población; sin embargo, esta baja acumulación de materia seca por planta no se refleja en el rendimiento ya que con éste cultivar se obtiene alta producción (Cuadro 3A). La tendencia de la TCC por efecto de genotipos coincide con lo reportado por Valverde y Saenz (1985) quienes al trabajar con chayote encontraron la misma tendencia.

La TCC de la interacción mostró diferencias significativas a los 31 y 38 dds. En este índice, el efecto positivo mayor se tuvo al reducir el fotoperiodo en 1.5 horas (el promedio para estas fechas fue de 9.45 horas) combinado con el cultivar Slow Bolt. Por el contrario, en el ambiente donde el fotoperiodo fue de 11.15 horas ó donde se incrementó la temperatura en 9.2 °C en combinación con el Slow Bolt ó el Sun Master fue donde se obtuvieron las medias más bajas. Estos resultados confirman lo citado por autores como Valadez (1990), Medina (1977) y Hernández (1994) en relación a que el cilantro es de clima frío, de días cortos y las respuestas fotosintéticas dependen de las condiciones en que se desarrolla la planta y que junto con su adaptación están determinados genéticamente. En cambio en la interacción con las medias más bajas, es posible que el balance entre las tasas fotosintéticas y la respiración haya estado a favor de ésta última con lo cual, se redujo la TCC. La tendencia de éste índice se observa en la Figura 12.

TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO (TRC).

En la TRC por efecto del ambiente de producción no se detectaron diferencias significativas. En cambio, para los genotipos las diferencias estadísticas fueron significativas de los 59 a los 80 dds, donde las medias mayores fueron para el genotipo Marroquí y las medias inferiores para el genotipo Sun Master. Estos resultados pueden ser la consecuencia de la gran adaptabilidad que tiene el cultivar Marroquí a las condiciones ambientales de la región como lo demuestra el hecho de que es uno de los materiales que más se siembran en la región (SAGAR, 1991-1995) por su potencial genético de

rendimiento. Por otra parte, el genotipo Sun Master tuvo la menor TRC para el periodo en estudio quizá, por falta de adaptabilidad a la región ya que es un material de reciente introducción y al hecho de que la expresión fenotípica en éste caso la TRC, depende tanto de las características genéticas como de las condiciones ambientales (Mohr y Schopfer, 1995). En la Figura 13 se presentan las curvas de tendencia de la TRC de los cuatro genotipo en estudio. En ellas se observan los valores descendentes a través del tiempo, lo cual coincide con lo citado por Causton (1991) quién al trabajar con Tomate y Trigo reportó este mismo comportamiento pero, estos resultados en cilantro se contraponen con lo citado por el mismo autor quién al trabajar con Col de Bruselas y Girasol, encontró que la TRC no cambia a través del tiempo; también se contrapone con lo reportado por Solorzano *et al.*, (1982) para el cultivo de Haba donde la TRC se incrementa al inicio del cultivo y disminuye posteriormente con lo cual decrece la eficiencia para producir materia seca. Así mismo, Valverde y Saenz (1985) al trabajar con Chayote reportaron que la TRC tuvo un comportamiento muy variable pero mostró una tendencia a disminuir a través del ciclo del cultivo. La disminución en la TRC para el cilantro y otras especies fue ocasionado probablemente por que a medida que aumenta la edad de la planta, se va haciendo cada vez menor la proporción de tejidos meristemáticos con respecto a los tejidos vasculares. Los primeros, forman nuevo tejido que puede fotosintetizar y los segundos, dejan de aportar nuevo material vegetal una vez que sus células se diferencian totalmente (Sivori, 1980).

En relación a la interacción, las diferencias fueron significativas a los 73 y 80 dds; sin embargo, si consideramos que los tratamientos del ambiente de producción se retiraron antes de estas fechas entonces, las diferencias se deben a los genotipos por lo cual la explicación argumentada en el párrafo anterior se aplica también a éste apartado, ya que el genotipo Marroquí fue el mejor y el Sun Master fue el de menor comportamiento. La tendencia de la TRC por efecto de la interacción se observa en la Figura 14.

TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO FOLIAR (TRCF).

El ambiente de producción mostró diferencias significativas a los 24, 45, 52, 59 y 80 dds. Al inicio del cultivo el ambiente normal (temperatura de 20.3 °C y fotoperiodo de 11:51 horas) fue el que presentó mayor eficiencia pero, conforme avanzó el tiempo el incremento de temperatura y/o la reducción del fotoperiodo (temperatura de 27.2 °C y fotoperiodo de 8:15 horas) favorecieron una mayor producción de área foliar en base al área foliar existente. Por el contrario, al inicio del cultivo (24 dds) el ambiente donde se incrementó la temperatura (9.6 °C) tuvo un efecto detrimental en la TRCF; sin embargo, después de los 45 dds regularmente el ambiente normal presentó las medias más bajas de TRCF. Estos resultados muestran que a los 24 dds (inicio del cultivo), al incrementar la temperatura disminuye la TRCF por que se ocasionó un estrés a consecuencia, probablemente, de la disminución en la fotosíntesis neta, causada a su vez por una pérdida más rápida de CO₂ por fotorrespiración (Salisbury y Ross, 1994). De los 45 dds en adelante el incremento de temperatura y la reducción del fotoperiodo incrementan la TRCF, probablemente por que el grado de ramificación, el tamaño y la forma de las hojas y la fijación fotosintética de CO₂ se vieron favorecidos con estas modificaciones al ambiente de producción (Sivori *et al.*, 1980 y Mohr y Schopfer, 1995). La tendencia de éste índice se observa en la Figura 15 donde se ve un comportamiento descendente a través del tiempo; esta tendencia, también fue observada por Valverde y Saenz (1985) al trabajar con Chayote. Estos autores encontraron valores máximos y mínimos de la TRCF de 0.43 y 0.01 cm².cm⁻².día⁻¹; en cambio, en este trabajo, con cilantro los valores máximos y mínimos de la TRCF fueron 0.10 y 0.01 cm².cm⁻².día⁻¹, (Cuadro 20A y 21A). Es decir que al inicio del ciclo el cultivo del Chayote fue más eficiente para producir área foliar a partir de la ya existente pero, al final del ciclo ambos cultivos tienen valores muy semejantes de TRCF.

Por efecto de genotipos no se detectaron diferencias estadísticas y para la interacción estas diferencias fueron significativas en los muestreos de

los 24 y 59 dds. A los 24 dds, el ambiente normal con el genotipo Slow Bolt presento la media más alta y la media más baja en esta misma fecha se obtuvo al incrementar la temperatura (9.6 °C) con el genotipo Criollo de Ramos; a los 59 dds la situación se invirtió. Esta expresión fenotípica es el resultado de las características genéticas y de la influencia del ambiente sobre la forma y estructura de la planta (Mohr y Schopfer, 1995); también coincide con lo reportado por Valadez (1990) quién clasificó al cilantro como una hortaliza de clima frío. La tendencia de la TRCF por efecto de la interacción ambiente-genotipo se ve en la Figura 13.

TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN).

Este índice fue afectado significativamente por el ambiente de producción desde los 24 hasta los 52 dds, las medias más altas de TAN se obtuvieron en el ambiente donde se redujo el fotoperiodo hasta 10: 15 horas; por el contrario, las medias más bajas se obtuvieron en el ambiente normal donde el fotoperiodo fue de 11: 45 horas y la temperatura de 17.6 °C en el mismo periodo citado. Esta diferencia en la eficiencia de asimilación se debió a que este también es un proceso fisiológico controlado fotoperiodicamente como lo mencionaron Mohr y Schopfer (1995), además, de que al presentarse un estrés de luz causado por la iluminación por arriba del óptimo se afecta la fotosíntesis de la planta, fenómeno conocido como fotoinhibición, reportado por los mismos autores; por lo tanto, es claro que el cultivo del cilantro es muy sensible a dicho fenómeno. Con el paso del tiempo, éste índice tuvo un comportamiento decreciente en la eficiencia de asimilación, lo cual pudo deberse a una menor penetración de luz a los estratos inferiores de la planta debido al incremento de hojas jóvenes en la parte superior de la planta y por la edad misma de las hojas inferiores, tal como lo mencionó Solorzano *et al.* (1982), al explicar la disminución de área foliar en el crecimiento del Haba; también Ramírez *et al.*, (1986) al trabajar con un híbrido de maíz simple y sus progenitores encontró que la TAN decrece a través del tiempo.

Los genotipos tuvieron efecto significativo sobre la eficiencia de asimilación de la radiación al inicio del ciclo de cultivo en el periodo comprendido de los 24 a los 45 dds, en donde el Criollo de Ramos destacó con las medias más altas, mientras que el genotipo Marroquí resultó el menos eficiente, esto se entiende si se considera el bajo porcentaje de germinación del criollo regional, además de la eliminación de plantas por el ataque de Damping off, lo que evitó la intercepción de luz, éstos resultados son corroborados por lo obtenido para la TCC (Cuadro 16A), donde se observa que la mayor y menor velocidad de crecimiento se presentan en los mismos genotipos, lo que apoya a la presente explicación. También es importante que se considere la mayor adaptabilidad del Criollo de Ramos ya que es un material de los más utilizados según lo reportado por SAGAR (1991-1995).

La eficiencia en la asimilación se vio afectada significativamente por la interacción ambiente-genotipo de los 24 a los 45 dds, las medias más altas se obtuvieron al incrementar la temperatura con dos cubiertas de PPT (28.6 °C) con el genotipo Criollo de Ramos, mientras que, las medias más bajas de la TAN se obtuvieron en el ambiente normal y el genotipo Slow Bolt. Lo anterior indica que, la baja densidad del criollo regional y su adaptabilidad, aunado al incremento de temperatura, se reflejó en una mayor eficiencia, o tal vez, el balance fotosíntesis-respiración favoreció la acumulación de carbohidratos como lo mencionaron Valverde y Saenz (1985) al observar el comportamiento del Chayote. También es importante recordar que un incremento de temperatura favorece un incremento en las tasas fotosintéticas, aunque hasta cierto límite ya que después comienza la desnaturalización enzimática como lo mencionó Salisbury y Ross (1994), en este caso particular, tal vez no se alcanzo la desnaturalización antes mencionada.

RELACIÓN DE ÁREA FOLIAR (RAF).

El ambiente de producción tuvo efectos significativos desde los 24 hasta los 52 dds; en este periodo, el ambiente normal (temperatura de 18.1 °C y

fotoperiodo de 11: 40 horas) fue el que obtuvo las medias más altas de RAF, mientras que las más bajas se obtuvieron en el ambiente donde se redujo el fotoperiodo en 1.5 horas hasta alcanzar 10: 10 horas. Esto se explica si se considera que al reducir el fotoperiodo se disminuye la eficiencia fotosintética (menor acumulación de carbohidratos) y por lo tanto menor incremento de área foliar en base a la materia seca existente, esto coincide con lo reportado por Fanjul citado por Maeda (1986) quién mencionó que la eficiencia fotosintética de la lamina foliar decrece durante las primeras etapas de crecimiento ocasionado posiblemente por la alta producción de hojas que dan origen a una mayor intercepción de luz por las hojas inferiores. También Solorzano (1982) coincidió al mencionar que una disminución del área foliar podría atribuirse a una menor penetración de luz a los estratos inferiores de la planta debido al incremento de ramas y hojas jóvenes de la partes superior del tallo, así como de la misma edad de las hojas de la parte media e inferior de la planta.

Los genotipos presentaron diferencias significativas en su RAF, desde el inicio hasta los 59 dds, de los cuales el genotipo Marroquí obtuvo los mayores promedios de éste índice; por el contrario, el Criollo de Ramos fue el que menos área foliar incrementó en base a la materia seca existente. Entonces, el primer genotipo expresó sus buenas características de rendimiento y su gran adaptabilidad a las condiciones de la región, por el hecho de que ha sido utilizado por mucho tiempo (SAGAR 1991-1995); mientras que el criollo regional, aunque tiene buena adaptabilidad, fue limitado por su bajo potencial genético.

En cuanto a la interacción ambiente-genotipo, ésta afecta significativamente el incremento de área foliar en base a la materia seca existente en casi todo el periodo evaluado, donde regularmente al incrementarse la temperatura con una cubierta de PPT (hasta 27.7 °C) y el genotipo Marroquí, fue donde se obtuvieron los valores más altos de RAF, mientras que los más bajos se obtuvieron al incrementar la temperatura con dos

cubiertas de PPT (hasta 27.5 °C) y el Criollo de Ramos. Esto indica que la temperatura favorece ó limita la acumulación de área foliar dependiendo de las buenas características genéticas de los materiales, las cuales determinan las respuestas metabólicas junto con las condiciones ambientales como lo mencionan Mohr y Schopfer (1995), aunque también la doble cubierta pudo haber influido ya que ocasionó menor luminosidad. La tendencia general de éste índice fue ascendente hasta los 59 dds aproximadamente, posteriormente declinó ligeramente lo cual se explica que más o menos coincidió con la deshidratación de las hojas inferiores que es conocida como fase de envejecimiento mencionada por Bidwell (1990).

DURACIÓN DE ÁREA FOLIAR (DAF).

El comportamiento de la DAF por efecto del ambiente de producción mostró diferencias significativas a los 24, 31 y 38 dds donde, el ambiente normal (temperatura media de 19.0 °C y fotoperiodo de 11: 55 horas) fue en el que se obtuvieron las medias más altas. Por el contrario en estas mismas fechas las medias más bajas se obtuvieron al reducir el fotoperiodo hasta 8: 55 horas e incrementar la temperatura hasta 27.9 °C (Cuadro 1A y 2A). Se encontraron estos resultados probablemente, por que las condiciones normales de estos factores fueron las adecuadas para que la superficie asimilatoria permaneciera activa por más tiempo; en cambio, al reducir el fotoperiodo y/o incrementar la temperatura dicha superficie se hizo senescente más rápido; probablemente, por que estos factores son determinantes en los procesos de fotosíntesis, respiración y acumulación de azúcares y almidón (Preece y Read, 1993). Sin embargo, de los 52 dds en adelante los menores valores de éste se obtienen en el ambiente normal, probablemente, como consecuencia del cambio en las condiciones climáticas sobre todo por la disminución de la temperatura hasta alcanzar un valor promedio de 15.5 °C lo cual, en general provoca que el metabolismo disminuya. En la Figura 23 se observa la tendencia de éste índice.

En los genotipos no se detectaron diferencias significativas pero, en la interacción se encontraron dichas diferencias a los 31, 38 y 45 dds donde, los mayores promedios de DAF se obtienen por lo regular al incrementar la temperatura hasta un valor de 27.9 °C en combinación con los genotipos de reciente introducción a la región (Sun Master y Slow Bolt). Sin embargo, las medias más bajas también se obtienen en el ambiente donde se incrementó la temperatura hasta un valor de 28.6 °C pero con dos cubiertas de PPT y en combinación con el genotipo Criollo de Ramos, con estos resultados se observa que no siempre el incremento de temperatura se traduce en una mayor DAF quizá, por las características genéticas de cada cultivar, las cuales influyen en la expresión fenotípica (DAF) de los mismos (Mohr y Schopfer, 1995). En la Figura 24 se observa la tendencia de éste índice donde quizá, el aspecto relevante a destacar es el hecho de que la DAF en la interacción donde se incrementó la temperatura hasta un valor promedio de 27.2 °C en combinación con el genotipo Marroquí se mantiene con alto valor hasta el final del ciclo; esto, permitiría ampliar el periodo de cosecha del cilantro sin pérdida de la calidad del mismo puesto que, en este cultivo lo que se comercializa es el follaje fresco.

VI. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se cumplió con los objetivos planteados en éste trabajo de investigación. De acuerdo a dichos objetivos se tienen las siguientes conclusiones:

1.- Con la generación de un modelo logístico específico para cilantro se logró describir matemáticamente el crecimiento de ésta hortaliza; encontrando, que dicho modelo estimó curvas sigmoides típicas de crecimiento.

2. El patrón de crecimiento del cilantro se vio afectado por el incremento de temperatura y reducción del fotoperiodo siendo importante la etapa en que se encuentra el cultivo. Así, hasta la mitad del ciclo del cultivo la TRCF y la DAF disminuyen su valor; por el contrario, en la segunda mitad del ciclo sus valores se incrementan. La TAN hasta los 52 dds incrementa su valor por efecto de los factores citados aunque, después de ésta fecha la TAN no es afectada. Por el contrario, la RAF hasta los 59 dds disminuye su valor y al igual que la TAN después de ésta fecha no es afectada. La TCC no es afectada por el incremento de temperatura pero la reducción del fotoperiodo incrementa su valor en todo el ciclo del cultivo. Finalmente, la TRC no es afectada por los factores citados anteriormente.

3.- La evaluación realizada a los cuatro genotipos de cilantro en función de seis índices fisiotécnicos, permite concluir que su comportamiento es muy variable. Así por ejemplo, el genotipo Marroquí tiene buen comportamiento en índices como la TRC y la RAF pero su comportamiento es inferior al resto de los genotipos en la TCC y TAN. Estos resultados sugieren que es recomendable realizar mejoramiento genético en el cultivo de cilantro de tal manera que el ó

los genotipos mejorados tengan buen comportamiento en los seis índices evaluados ó al menos para los de mayor interés en este cultivo como pueden ser la TRCF, la DAF y la TAN.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, I. y R. A. Fisher. 1975. Análisis de crecimiento y rendimiento de 30 genotipos de trigo bajo condiciones ambientales optimas de cultivo. *Agrociencia*, 21: 185-198.
- Andrio E., E. 1989. Comportamiento de 15 colecciones de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en la Región de Ramos Arizpe Coa. Tesis Licenciatura. UAAAN.
- Ascencio, J. y J. E. Fargas. 1973. Análisis de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4) cultivado en solución nutritiva. *Turrialba*, 23: 420-428.
- Barboza C., R. 1994. Aplicación foliar de ácidos húmicos y algas en cilantro (*Coriandrum sativum* L.) como mejoradores de la calidad y producción en follaje fresco. Tesis Licenciatura. UAAAN.
- Bidwell, R. G. S. 1990. Fisiología Vegetal. AGT Editorial S.A. México D.F.
- Berger, R. D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71: 716-719.
- Carballo C., A. B. 1998. Determinación de la temperatura Base de seis genotipos de cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Tesis Licenciatura. UAAAN.

- Causton, D. R. 1991. Plant growth analysis: the variability of relative growth rate within a sample. *Annals of Botany*. 67 (2) : 137-144.
- Clarke, J. M., T. F. Towley-Smith, T. N. Mc Caig and D.G. Green. 1984.- Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Science*. 24 (3) : 537-541.
- Cortéz B., F. J. 1999. Modelo Logístico Especifico para Cilantro. Información no Publicada.
- Devlin, R. M. 1982. Fisiología vegetal. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
- Escobar, R. 1981. Enciclopedia Agrícola y de conocimientos afines. TOMO III.
- García O., L. 1959. Horticultura. Salvat Editores S.A. Imprenta Hispanoamérica, Barcelona España.
- Hedge, D. M. 1987. Growth analysis of Bell peper (*Capsicum annum* L.) in relación to soil moisture and nitrogen fertilizacion. *Scientia Horticulturae*, 33: 179-187.
- Hernández C., C. 1994. Producción de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en estaciones cálidas bajo diferentes frecuencias de riego y densidades de siembra. Tesis Licenciatura. UAAAN. México.
- Hunt, R. 1982. Plant Growth analysis; second derivatives and compunded second derivativas of splined plant growth curves. *Ann. Bot.* 50: 317-328.
- INPOFOS. 1998. Informaciones Agronómicas. Núm. 3 Vol. 2.

- Kvèt, J. J., P. Ondak, J. Necäs and P.G. Jarvis. 1971. Methods of growth analysis. In: Plant photosyntetic production. Z, Sestàk, L. Catsky and P.G. Lervis (EDS), Dr. W. Junk, The Hauge, Netherlands.
- Lan, C. W., F. A. Busawon and I. Rajkomar. 1984. Foliage yield and bolting in coriander at diferent times de harvest . Technical Bulletin ministry of Agriculture, Fsheries and natural Resources Mauritius, 4: 24-27.
- Maeda M., C. 1986. Análisis de crecimiento. Un método para cuantificar el rendimiento de las plantas. Semanarios técnicos. PRONAPA-CIAN-INIFAP-SARH. Vol. 9, No. 5, 101-138.
- Medina, E. 1977. Introducción a la Ecofisiología Vegetal. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Depto. de Asuntos Científicos. Secretaría General de la OEA. Washington, D.C.
- Mejía A., C., J. A. Garzón T., y R. Terrones R., 1993. Descripción del crecimiento de la enfermedad "Permanente del Tomate" en el Bajío mediante la función Logistica. Revista Mexicana de Fitopatología. 11: 124-131.
- Montes, A. 1979. Horticultura. Manual practico ilustrado. Editores Mexicano Unidos S.A. México D.F.
- Mohr, H. y Schopfer, P. 1995. Plant Physiology. Springer-Verlag Berlin Heidelber New York.
- Morales M., A. 1987. Respuesta sobre el desarrollo y producción de follaje fresco de cilantro (*Coriandrum sativum* L) a programas de riego, fertilización nitrogenada y estiércol bovino en saltillo Coah. Tesis Maestría. UAAAN, México.

- Neri, F. 1975. Sanos y Jovenes con las plantas medicinales. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona, España. Pp. 127-129.
- Pearson, I. T. and R. Hunt. 1981. Plant growth. Analysis: A program for the fitting of lengthy series of data by method of B-Splines. *Ann. Bot.* 48: 341-352.
- Pedro J., M. J., A. A. Mascarenhas, O. Tisselifilho y L. R. Angelocci. 1985. Analise de crescimento en soja. *Turrialba*, 4 (35): 323-327.
- Peneva, P. and A. Krilov. 1977. The influence of ecological conditions on the productivity of some Russian coriender cultivars. *Rastenices, dni Nauki, Sofia Bulgaria*. 14 (1): 67-76.
- Penka, M. 1978. Influence of irrigation on the contents of efective substences in official plants. *Acta Horticulturae*. Brno, Czechoslovakia. 73: 181-198.
- Preece J. E. and P. E. Read. 1993. The biology of Horticulture, an introductory text book. Jhon Wiley. Sons. Inc. USA.
- Pillai, O.R. 1975. Effect of NPK fertilizers on the yield of coriander. Regional Agricultural Research Station. Arecanut and Spices, Kovilpatti India, *Bulletin*. 6 (4): 82-83.
- PUC. 1999. WWW.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p034.html
- Putievsky, E. 1983. Effects of day length and temperature on growth and yield components of the three seed spices. Division of spices and medicinal plant. *Journal of Horticultural sciences Israel*. 58 (2): 271-275.

- Radford, P. J. 1976. Growth Analysis formulae – Their use and abuse. Crop Science. 3(7) 171-175.
- Ramírez, J. L., L. O. Mendoza, C. J. Ortiz, H. V. Gonzalez y A. H. Angeles. 1986. Análisis de crecimiento de un híbrido simple de maíz y sus progenitores. Agrociencia, 64: 302-215.
- Rodale, J. I. 1961. How to growth vegetables and fruits by the organic method. Rodale Press USA. Pp. 876-877.
- Rodríguez Del A., J. M. 1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Editorial Trillas S. A. de C.V. México D.F. Pp . 16-19.
- Rodríguez M., R. y E. Palacios V. 1986. Estudios patométricos de la virosis causada por el virus rayado fino del Maíz. 1. Aplicación del modelo logístico a la descripción y caracterización de la epifítia. Agrociencia 66 : 97-110.
- Rojas G., M. 1979. Fisiología Vegetal. MC GRAW-HILL de México S.A. de C.V. México D.F.
- Russell, M. P., W. W. Wilhem, R. A. Olson and J. F. Power. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Sciences. 24: 28-32.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México D.F.
- SAGAR. 1991-1995. Anuario Estadístico. Dirección de Estadística de México.

- Santiago C., M. 1993. Inhibición del punteado prematura en cilantro (*Coriandrum sativum* L.) con aplicaciones de reguladores de crecimiento. Tesis Licenciatura. UAAAN. México.
- Savchuck, L. P. 1977. The effect on weater on coriander. Trudy UNII, Efirnomaslich Kult' ur, From Referativyi Journal, 8: 196-202.
- Sivori, M. E., Montaldi, E.R., y O.H.,Caso. 1980. Fisiología Vegetal. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina.
- Sergeeva, D. S. and V. M. Sill'Chenko. 1984.- Resistance of coriander to low temperatures. Fizioloí'ys, Biokhimiyz ku' l tuinykn Rosteni. Ukranian URSS, 16 (1): 52-55.
- Solorzano V., E., C. J. Ortiz y O. L. Mendoza. 1982. Análisis de crecimiento en Haba (*Vicia faba* L.) Agrociencia. 103-106.
- Srivastava, V. S. 1972. Edaphic factors and wilt of coriander. Indian phytophathology. Plant Phathology section. Borkhera farm Kota. 24 (4): 679-683.
- Taiz, I., y E., Zeiger.1991. Plant Physilogy. The Benjamin/ Cummbigs Publishing Company, Inc., Rewood City, California, E.U.A.
- Tamaro, D. 1921. Manual de Horticultura, 1ª ed. Editorial Artes Graficas Grijalvo, S.A. Barcelona España.
- Tinajero, F.L. 1993. Aplicación de algas marinas y estiércol bovino en el cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Tesis Licenciatura. UAAAN. México.

- Torres A., F. 1993. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) Teis Licenciatura. UAAAN. México.
- Valadez L., A. 1990. Producción de Hortalizas. Noriega Editores, Edit. Limusa S.A. de C.V. México D.F.
- Valverde, E. y M. V. Saenz. 1985. Análisis de crecimiento del Chayote (*Sechium edule* Sw.), Turrialba. 35 (4): 395-402.
- Wallace, D. H. and H. M. Munger. 1965. Studies of the physiological basis for yield differences. I. Growth analysis of six dry bean varieties. Crop Science, 5: 343-347.
- Wilson, J. M. 1981. Analysis of growth, photosynthesis on light interception for single plants and stands. Ann . Bot. 48: 507-512.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Fotoperiodo semanal durante el ciclo del cultivo del cilantro en Buenavista Saltillo Coah, 1998.

Semana (fechas)	Fotoperiodo (horas)	Semana (fechas)	Fotoperiodo (horas)
1 (sep.6-sep.12)	12:20	8 (oct.24-oct.30)	11:10
2 (sep.13-sep.19)	12:11	9 (oct.31-nov.6)	11:00
3 (sep.20-sep.26)	11:59	10 (nov.7-nov.13)	10:51
4 (sep.27-oct.2)	11:51	11 (nov.14-nov.20)	10:44
5 (oct.3-oct.9)	11:40	12 (nov.21-nov.27)	10:37
6 (oct.10-oct.16)	11:30	13 (nov.28-dic.4)	10:32
7 (oct.17-oct.23)	11:20	14 (dic.5-dic.11)	10:27

Cuadro 2A. Temperaturas semanales (ambiente normal, ambiente con una cubierta de PPT, ambiente con dos cubiertas de PPT) durante el ciclo del cultivo del cilantro en Buenavista Saltillo Coah, 1998.

Semana (fechas)	Temperatura ambiente (°C)			Temperatura 1 PPT (°C)			Temperatura 2 PPT (°C)		
	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
1 (sep.6-sep.12)	22.3	14.6	18.5	39.7	15.7	27.7	39.4	14.8	27.1
2 (sep.13-sep.19)	21.9	14.2	18.1	37.2	15.4	26.3	37	14.9	25.9
3 (sep.20-sep.26)	25.3	14.5	19.9	42.7	14.7	28.7	43.1	14.1	28.6
4 (sep.27-oct.2)	26.7	14	20.3	44	14.6	29.3	45.5	14.3	29.9
5 (oct.3-oct.9)	24.9	11.1	18.1	41.7	11.7	26.7	43.3	11.42	27.3
6 (oct.10-oct.16)	25.5	13.1	19.3	42.6	12.9	27.7	44.8	12.4	28.6
7 (oct.17-oct.23)	15.9	9.7	12.8	36	12.2	24.1	36.3	12.1	24.2
8 (oct.24-oct.30)	24.7	11.3	18	44.9	10.6	27.7	45.4	11.0	28.2
9 (oct.31-nov.6)	22.9	8.3	15.6	43.6	9.1	26.3	46.0	9.7	27.8
10 nov.7-nov.13	24.0	8.7	16.4	24.0	8.7	16.4	24.0	8.7	16.4
11 nov.14-nov.20	23.1	8.7	15.6	23.1	8.7	15.6	23.1	8.7	15.6
12 nov.21-nov.27	22.1	6.5	16.7	22.1	6.5	16.7	22.1	6.5	16.7
13 nov.28-dic.4	20.5	4.2	12.3	20.5	4.2	12.3	20.5	4.2	12.3
14 dic.5-dic.11	22.8	7.1	14.9	22.8	7.1	14.9	22.8	7.1	14.9

Cuadro 3A. Rendimiento de follaje fresco del cilantro (ton. ha⁻¹) en diferentes ambientes, genotipos y en su interacción.

	GEN 1	GEN 2	GEN 3	GEN 4	MEDIA
AMB 1	48.0	38.5	42.9	62.9	48.075
AMB 2	45.8	61.98	69.96	85.05	65.70
AMB 3	49.11	58.81	58.85	54.91	55.42
AMB 4	52.80	63.31	56.48	49.46	55.51
AMB 5	38.70	51.13	55.95	74.85	55.16
MEDIA	46.88	54.75	56.83	65.43	

Cuadro 4A. Comparación de medias de área foliar (cm^2 . planta $^{-1}$) y peso seco (g. planta $^{-1}$) en cinco ambientes y diferentes fechas de muestreo.

AMBIENTE	Días después de siembra (dds)				
	24	31	45	52	59
A. FOLIAR					
1	4.7058 a	14.7963 a	61.6333 a	128.9167 a	---
2	2.7530 c	9.2602 b	54.1667 ab	106.6833 ab	---
3	3.2117 bc	7.4033 b	37.7667 c	85.7167 b	---
4	4.1605 ab	9.8080 b	45.2500 bc	91.2333 b	---
5	3.8936 ab	8.8655 b	40.0333 c	90.6833 b	---
P. SECO					
1	0.0247 a	0.0812 a	---	---	2.0100 bc
2	0.0246 a	0.0465 a	---	---	2.3237 b
3	0.0154 c	0.0375 b	---	---	1.8607 c
4	0.0197 b	0.0462 b	---	---	2.9712 a
5	0.0172 bc	0.070 b	---	---	2.0826 bc

Cuadro 5A. Comparación de medias de área foliar (cm^2 . planta $^{-1}$) y peso seco (g. planta $^{-1}$) en cuatro genotipos y diferentes fechas de muestreo.

GENOTIPO	Días después de siembra (dds)				
	24	31	59	69	89
A. FOLIAR					
1	3.6536 b	9.9347 b	---	---	258.2667 a
2	3.3724 b	9.1356 ab	---	---	302.7333 a
3	4.4748 a	10.3829 a	---	---	283.9667 a
4	3.4789 b	10.6535 a	---	---	256.6000 a
P. SECO					
1	0.0173 c	---	1.9997 b	3.4558 c	---
2	0.0187 bc	---	2.6328 a	4.3597 a	---
3	0.0208 b	---	2.1523 b	4.1017 ab	---
4	0.0245 a	---	2.2137 ab	3.7967 bc	---

Cuadro 6A. Comparación de medias del área foliar (cm².planta⁻¹) de la interacción ambiente-genotipos en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
24	1	A 4.6287 a	A 4.2787 a	A 5.4627 a	A 4.4533 a
	2	BC 2.7520 b	B 1.9547 b	AB 4.5553 a	B 1.7500 b
	3	C 1.6720 b	A 3.9687 a	B 3.3607 a	A 3.8453 a
	4	AB 4.0360 a	A 4.4507 a	AB 4.6080 a	A 3.5473 a
	5	AB 3.7733 a	AB 3.6153 a	AB 4.3873 a	A 3.7983 a
31	1	A 16.2927 a	A 14.1027 ab	A 15.2307 ab	A 13.5593 b
	2	C 4.7793 c	C 7.3913 b	B 11.9167 a	A 12.9533 a
	3	C 5.1520 b	BC 8.9687 a	C 7.2760 ab	B 8.2167 ab
	4	B 9.2040 a	AB 11.2587 a	BC 9.4780 a	B 9.2913 a
	5	B 10.2500 a	C 7.9520 a	C 8.0133 a	B 9.2467 a
45	1	A 69.6000 a	A 65.2667 a	A 59.5333 ab	A 52.1333 b
	2	B 50.2667 a	AB 55.3333 a	A 56.6000 a	A 54.4667 a
	3	C 26.2667 b	BC 44.4000 a	B 35.6000 ab	A 44.8000 a
	4	B 42.7333 a	BC 46.6000 a	AB 46.6667 a	A 45.0000 a
	5	B 43.2667 ab	C 34.5333 b	B 35.9333 b	A 46.4000 a
52	1	A 104.866 b	A 133.333 ab	A 126.133 ab	A 151.333 a
	2	A 113.000 a	AB 97.000 a	A 122.466 a	B 94.266 a
	3	A 61.000 b	BC 77.600 b	B 70.200 b	A 134.066 a
	4	A 120.533 a	BC 109.200 a	B 66.133 b	B 69.066 b
	5	A 102.000 a	C 88.800 a	B 82.733 a	B 89.200 a
69	1	AB 187.37 a	A 178.28 a	A 188.64 a	AB 192.00 a
	2	AB 218.62 a	A 195.11 a	A 206.66 a	AB 194.77 a
	3	B 176.77 ab	A 150.09 b	A 165.22 b	A 254.58 a
	4	A 268.55 a	A 179.00 b	A 192.77 ab	B 161.04 b
	5	AB 236.44 a	A 203.89 a	A 216.22 a	AB 220.22 a
89	1	A 258.66 a	AB 269.83 a	A 278.83 a	B 202.00 a
	2	A 328.50 a	A 328.66 a	A 270.83 a	AB 248.83 a
	3	A 274.33 a	AB 239.50 a	A 302.16 a	A 340.83 a
	4	A 342.66 a	B 217.83 b	A 257.00 ab	B 213.33 b
	5	A 309.50 a	AB 235.50 a	A 311.00 a	AB 278.60 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 7A. Comparación de medias del peso seco (g.planta⁻¹) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
24	1	A .0227 b	AB .0177 b	A .0293 a	A .0290 a
	2	A .0223 b	AB .0163 c	AB .0250 b	A .0347 a
	3	A .0107 b	A .0210 a	D .0077 b	B .0223 a
	4	A .0193 a	A .0187 a	BC .0230 a	B .0177 a
	5	A .0187 a	B .0127 b	C .0190 a	B .0187 a
31	1	A .0890 a	A .0887 a	A .0843 a	A .0627 b
	2	B .0320 b	B .0420 ab	B .0530 a	A .0590 a
	3	B .0343 ab	B .0497 a	B .0273 b	A .0387 ab
	4	B .0463 a	B .0487 a	B .0403 a	A .0493 a
	5	B .0440 a	B .0320 a	B .0340 a	A .0380 a
45	1	A .2823 a	A .1633 b	A .2537 ab	A .2497 ab
	2	AB .1913 a	A .2183 a	A .2223 a	A .2263 a
	3	B .1480 a	A .2413 a	A .1740 a	A .1883 a
	4	AB .2230 a	A .2257 a	A .2163 a	A .1600 a
	5	AB .2197 a	A .2330 a	A .2217 a	A .2290 a
52	1	A .3840 b	A .4287 b	A .4703 ab	A .6263 a
	2	A .4157 a	A .3973 a	A .5540 a	AB .4090 a
	3	A .2787 a	A .4210 a	A .3250 a	AB .4260 a
	4	A .5040 a	A .4390 ab	A .3257 ab	B .2950 b
	5	A .5193 a	A .3827 a	A .3653 a	AB .3770 a
59	1	B 1.876 a	A 2.245 a	B 1.680 a	AB 2.239 a
	2	A 3.567 a	A 1.891 b	B 1.543 b	AB 2.293 b
	3	B 2.121 a	A 1.749 a	B 1.704 a	B 1.867 a
	4	A 2.467 a	A 2.391 b	A 2.993 ab	A 3.032 ab
	5	B 2.132 ab	A 1.721 b	A 2.840 b	B 1.636 b
69	1	AB 3.949 a	A 4.017 a	A 4.384 a	B 3.367 a
	2	AB 4.542 a	B 2.647 c	AB 4.088 ab	B 3.425 bc
	3	A 5.196 a	AB 3.498 b	B 3.074 b	AB 3.678 b
	4	AB 4.213 ab	AB 3.537 b	A 4.469 ab	A 4.937 a
	5	B 3.897 a	AB 3.579 a	A 4.492 a	B 3.575 a
89	1	A 5.582 a	A 6.059 a	AB 5.881 a	B 5.018 a
	2	A 6.364 a	A 4.757 b	AB 5.949 ab	AB 5.728 ab
	3	A 6.737 a	A 5.875 ab	B 4.851 b	B 5.244 ab
	4	A 6.089 a	A 5.554 a	A 6.523 a	A 7.068 a
	5	A 5.971 a	A 5.533 a	AB 6.479 a	AB 5.524 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 8A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para área foliar del cv. Criollo de Ramos.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.14386	-1.28950	.120121	.99177	R I
AMB 2	.113587	-1.69692	.091073	.99755	
AMB 3	.079538	-9.37095	.146214	.99986	
AMB 4	.093216	-4.35691	.103239	.99872	
AMB 5	.097513	-2.29841	.081597	.99948	
AMB 1	.101899	-3.67240	.106667	.99987	R II
AMB 2	.091728	-4.19604	.099584	.99975	
AMB 3	.077042	-6.36928	.110406	.99985	
AMB 4	.101340	-4.37061	.110435	.99951	
AMB 5	.093724	-3.24045	.091673	.99936	
AMB 1	.099771	-2.73013	.090963	.99949	R III
AMB 2	.107478	-2.34368	.094271	.99754	
AMB 3	.081884	-4.15536	.092382	.99903	
AMB 4	.094735	-3.59014	.093889	.99905	
AMB 5	.092361	-4.93406	.108520	.99731	

Cuadro 9A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para área foliar del cv. Marroquí .

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.133485	-1.48572	.110222	.98940	R I
AMB 2	.095367	-4.20816	.103477	.99983	
AMB 3	.122696	-.214064	.086213	.99958	
AMB 4	.106262	-2.01406	.093301	.99487	
AMB 5	.089265	-6.24654	.122939	.12294	
AMB 1	.127582	-1.72799	.104535	.99492	R II
AMB 2	.155221	-.790293	.118844	.99829	
AMB 3	.093077	-3.78055	.103269	.99899	
AMB 4	.101984	-4.14771	.111321	.99284	
AMB 5	.089358	-4.23032	.101331	.99848	
AMB 1	.116730	-2.92287	.113962	.97861	R III
AMB 2	.101003	-1.11495	.074622	.99991	
AMB 3	.097205	-1.66877	.078334	.99980	
AMB 4	.103831	-2.21227	.096203	.99300	
AMB 5	.090763	-3.16814	.092956	.99704	

Cuadro 10A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para área foliar del cv. Sun Master.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.119661	-1.83627	.103051	.98906	R I
AMB 2	.106436	-1.95542	.089646	.99801	
AMB 3	.091041	-1.34392	.069106	.99815	
AMB 4	.083524	-5.67327	.112907	.99898	
AMB 5	.085449	-4.32503	.098593	.99988	
AMB 1	.109864	-2.44073	.098831	.99624	R II
AMB 2	.106483	-3.05138	.104215	.99194	
AMB 3	.106051	-.560753	.074503	.99952	
AMB 4	.084796	-4.15624	.093973	.99960	
AMB 5	.084541	-5.01691	.100755	.99988	
AMB 1	.120081	-2.02515	.101358	.99547	R III
AMB 2	.104645	-3.33077	.103676	.99752	
AMB 3	.087084	-3.74355	.088271	.99976	
AMB 4	.081828	-6.88956	.122335	.99993	
AMB 5	.090401	-4.67570	.102861	.99942	

Cuadro 11A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para área foliar del cv. Slow Bolt.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.106915	-3.71084	.111671	.98776	R I
AMB 2	.092850	-3.24546	.092016	.99759	
AMB 3	.107763	-2.76914	.098435	.99406	
AMB 4	.075667	-74.4875	.878656	.98355	
AMB 5	.088262	-3.78403	.093053	.99989	
AMB 1	.119654	-3.54069	.124884	.87441	R II
AMB 2	.096283	-3.48563	.098120	.99993	
AMB 3	.106978	-3.66792	.109041	.98815	
AMB 4	.087389	-5.01494	.107715	.99976	
AMB 5	.090094	-4.44265	.102372	.99979	
AMB 1	.107987	-3.24274	.111383	.95605	R III
AMB 2	.092985	-3.31649	.096851	.99962	
AMB 3	.080810	-36.0693	.44332	.99240	
AMB 4	.125631	-.743193	.098642	.99922	
AMB 5	.090376	-5.32602	.113840	.99964	

Cuadro 12A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para peso seco del cv. Criollo de Ramos.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.064691	3.918046	.032705	.93976	R I
AMB 2	.119123	3.131153	.086134	.95750	
AMB 3	.063040	3.558068	.032247	.93500	
AMB 4	.503642	1.259226	.476134	.91257	
AMB 5	.063629	3.753527	.033096	.99742	
AMB 1	.062941	3.711092	.033166	.94236	R II
AMB 2	.056805	3.009112	.033610	.90820	
AMB 3	.073167	3.637484	.039218	.93681	
AMB 4	.018915	26.00225	-.402258	.99872	
AMB 5	.024632	8.582591	-.074955	.99742	
AMB 1	.113728	3.349899	.079132	.95300	R III
AMB 2	.056489	3.026576	.033589	.90791	
AMB 3	.098376	2.923285	.069482	.88389	
AMB 4	.058342	3.164405	.032295	.91563	
AMB 5	.065610	3.721139	.032434	.95415	

Cuadro 13A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para peso seco del cv. Marroquí.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.067164	3.964612	.032592	.95751	R I
AMB 2	.073941	4.608893	.034936	.98114	
AMB 3	.076623	4.471040	.033933	.98617	
AMB 4	.064954	3.812731	.033517	.95519	
AMB 5	.018276	16.35522	-2.15512	.96275	
AMB 1	.066316	3.846527	.033135	.95864	R II
AMB 2	.074520	4.579663	.033443	.98273	
AMB 3	.05630	4.527093	.018225	.97367	
AMB 4	.063875	3.559054	.033564	.95438	
AMB 5	.069623	4.157441	.032623	.96275	
AMB 1	.020935	24.05398	-.351908	.99921	R III
AMB 2	.072151	4.496080	.033234	.97102	
AMB 3	.105668	3.459249	.071696	.94566	
AMB 4	.069818	4.299565	.032945	.97126	
AMB 5	.019561	23.20002	-.331175	.99976	

Cuadro 14A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para peso seco del cv. Sun Master.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.019498	21.58398	-.308784	.99969	R I
AMB 2	.071598	4.354645	.032410	.97923	
AMB 3	.073388	4.568696	.033520	.97514	
AMB 4	.063734	3.581241	.032753	.95128	
AMB 5	.062353	3.512447	.032810	.94236	
AMB 1	.020355	67.68202	-1.07550	.97713	R II
AMB 2	.014615	56.95566	-.894740	.98860	
AMB 3	.018855	64.41284	-1.01819	.95924	
AMB 4	.064595	3.844689	.033098	.94653	
AMB 5	.062225	3.328673	.032694	.94866	
AMB 1	.622917	1.104867	.595282	.92844	R III
AMB 2	.108391	3.256151	.075166	.94380	
AMB 3	.018199	30.21324	-.459350	.99442	
AMB 4	.112771	2.752839	.082870	.94001	
AMB 5	.064234	3.704460	.033396	.94994	

Cuadro 15A. Valores de las constantes (β_0 , β_1 y β_2) del modelo logístico específico del cilantro, para peso seco del cv. Slow Bolt.

AMBIENTE	β_1	β_0	β_2	R^2	REPET
AMB 1	.065343	3.893609	.033905	.98101	R I
AMB 2	.071166	3.982513	.036918	.96558	
AMB 3	.066806	3.803792	.032977	.96653	
AMB 4	.058943	3.133378	.032502	.92410	
AMB 5	.092125	3.529415	.058374	.95175	
AMB 1	.083523	3.720115	.052745	.93464	R II
AMB 2	.020592	12.82978	-.154229	.99798	
AMB 3	.018263	23.01161	-.332504	.99845	
AMB 4	.063057	3.380878	.032564	.95103	
AMB 5	.071130	4.366752	.032858	.97108	
AMB 1	.067043	3.921782	.032879	.96385	R III
AMB 2	.065590	3.814762	.033298	.95793	
AMB 3	.063192	3.984494	.032561	.91456	
AMB 4	.064553	3.625308	.033339	.95501	
AMB 5	.068143	4.138367	.032894	.96073	

Cuadro 16A. Medias de la TCC (g.día⁻¹) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas.

F.V.	Días después de siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE									
1	.0259	.0326	.0423ab	.0481 b	.0715	.0829	.0989	.1172	.1441
2	.0255	.0323	.0407 b	.0533ab	.0550	.1031	.1066	.1258	.1546
3	.0234	.0318	.0390 b	.0493 b	.0693	.1188	.1012	.1320	.1552
4	.0442	.0398	.0492 a	.0604 a	.0689	.0941	.1097	.1343	.1654
5	.0231	.0323	.0425ab	.0529ab	.0675	.1088	.1148	.1357	.1657
GENOTIPO									
1	.0308	.0381 a	.0477 a	.0613 a	.0685	.0948	.1123	.1373	.1675
2	.0209	.0291 b	.0380 b	.0465 b	.0622	.0908	.1058	.1243	.1565
3	.0359	.0346 a	.0438ab	.0515ab	.0699	.1255	.1011	.1277	.1482
4	.0261	.0333ab	.0415ab	.0521ab	.0651	.0951	.1059	.1267	.1559

F.V.= Fuente de variación dds= días después de la siembra

Cuadro 17a. Comparación de medias de la TCC (g.día⁻¹) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
31	1	A .0327 a	A .0328 a	AB .0382 a	B .0297 b
	2	A .0433 a	A .0220 b	AB .0325 ab	AB .0314 ab
	3	A .0419 a	A .0293 ab	B .0251 b	AB .0310 ab
	4	A .0430 a	A .0317 a	A .0400 a	A .0447 a
	5	A .0300 a	A .0296 a	A .0400 a	B .0297 a
38	1	A .040 a	A .041 a	A .050 a	B .036 a
	2	A .052 a	A .029 b	AB .042 ab	AB .039 ab
	3	A .051 a	A .037 ab	B .027 b	AB .039 ab
	4	A .052 a	A .040 a	A .049 a	A .054 a
	5	A .041 a	A .041 a	A .049 a	B .037 b
80	1	A .158 a	A .155 a	A .119 a	A .143 a
	2	A .156 a	A .154 a	A .158 a	A .148 a
	3	A .189 a	A .190 a	A .110 ab	A .130 ab
	4	A .137 a	A .158 a	A .177 a	A .188 a
	5	A .195 a	A .123 b	A .174 ab	A .168 ab

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 18A. Medias de la TRC ($\text{mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas.

F.V.	Días después de la siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE									
1	36.110	34.867	33.936	33.131	32.526	31.557	30.801	29.581	29.327
2	37.544	36.622	35.845	35.167	34.836	34.263	33.952	33.263	32.578
3	39.084	38.253	37.427	35.883	34.996	34.546	33.320	32.858	32.7
4	34.482	33.578	32.858	32.288	31.558	31.174	30.519	30.118	29.939
5	42.44	41.433	40.563	39.602	38.59	37.523	36.440	35.497	34.707
GENOTIPO									
1	38.352	37.145	36.108	35.222	34.063	33.04ab	31.82 b	30.88 b	30.23 b
2	39.170	38.646	38.175	37.790	37.442	36.85 a	36.38 a	35.76 a	35.59 a
3	37.552	36.189	35.094	33.266	32.328	31.67 b	30.46 b	29.67 b	29.44 b
4	36.654	35.821	35.126	34.579	34.172	33.67ab	33.34ab	32.72ab	32.12ab

F.V.= Fuente de variación dds= días después de siembra

Cuadro 19A. Comparación de medias de la TRC ($\text{mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) en la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
73	1	A B 32.737 a	A 30.256 ab	B 22.660 b	A 32.672 a
	2	AB 27.761 b	A 39.185 a	A 33.865 ab	A 32.240 ab
	3	AB 31.912 ab	A 38.691 a	AB 29.141 b	A 31.686 ab
	4	B 24.475 b	A 33.707 a	AB 31.477 ab	A 30.812 ab
	5	A 37.551 a	A 37.003 a	AB 31.207 a	A 36.225 a
80	1	A 32.610 a	A 29.999 ab	B 22.342 b	A 32.355 a
	2	A 27.491 b	A 39.098 a	A 33.487 ab	A 30.237 ab
	3	A 31.738 ab	A 38.604 a	AB 29.082 b	A 31.377 ab
	4	A 24.325 b	A 33.535 a	AB 31.350 ab	A 30.548 ab
	5	A 34.998 a	A 36.757 a	AB 30.947 a	A 36.125 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 20A. Medias de la TRCF ($\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas.

F.V.	Días después de la siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE									
1	.0982 a	.0820	.0680	.0513 b	.0363 b	.0250 b	.0177	.0141	.0124ab
2	.0910ab	.0842	.0750	.0638ab	.0503ab	.0382ab	.0273	.0195	.0143ab
3	.0838 b	.0802	.0742	.0663 a	.0567 a	.0471 a	.0373	.0277	.0161 a
4	.0866 b	.0840	.0771	.0688 a	.0584 a	.0463 a	.0333	.0214	.0091 b
5	.0876 b	.0852	.0810	.0738 a	.0621 a	.0469 a	.0312	.0178	.0111ab
GENOTIPO									
1	.0907	.0830	.0780	.0691	.0579	.0459	.0329	.0211	.0116
2	.0877	.0806	.0703	.0591	.0473	.0361	.0260	.0183	.0158
3	.0866	.0836	.0745	.0651	.0536	.0421	.0303	.0197	.0133
4	.0906	.0852	.0773	.0660	.0524	.0389	.0283	.0212	.0097

F.V.= Fuente de variación dds= días después de siembra

Cuadro 21A. Comparación de medias de la TRCF ($\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
24	1	A .097 a	A .096 a	A .096 a	A .102 a
	2	A .093 ab	B .084 b	A .096 a	BC .089 ab
	3	B .079 b	B .080 b	B .082 b	AB .093 a
	4	A .093 a	AB .090 ab	B .082 b	C .080 b
	5	AB .090 a	AB .087 a	AB .085 a	BC .087 a
59	1	B .032 a	A .023 a	C .027 a	B .016 a
	2	AB .039 a	A .042 a	BC .030 a	AB .040 a
	3	A .063 a	A .038 b	ABC .038 b	A .047 ab
	4	AB .046 ab	A .028 b	A .057 a	A .052 a
	5	AB .048 a	A .046 a	AB .055 a	AB .038 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 22A. Medias de la TAN ($\text{g.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) y su comparación donde procede de cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas.

F.V.	Días después de la siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE									
1	.0634 c	.0427 c	.0327 b	.0247 c	.0256ab	.0411	.0260	.0275	.0315
2	.0798bc	.0566bc	.0404 b	.0339bc	.0228 b	.0310	.0260	.0259	.0281
3	.1038ab	.0793 a	.0571 a	.0439 a	.0405 a	.0482	.0293	.0286	.0313
4	.1307 a	.0896 a	.0634 a	.0470 a	.0354ab	.0319	.0291	.0289	.0322
5	.0975ab	.0744ab	.0546 a	.0405ab	.0315ab	.0353	.0285	.0298	.0354
GENOTIPO									
1	.1136 a	.0793 a	.0561 a	.0428 a	.0314	.0289	.0261	.0265	.0286
2	.0663 b	.0516 b	.0399 b	.0302 b	.0286	.0358	.0300	.0298	.0333
3	.1013 a	.0741 a	.0529ab	.0401ab	.0350	.0449	.0267	.0265	.0295
4	.0992ab	.0691ab	.0496ab	.0391ab	.0296	.0403	.0287	.0297	.0353

F.V.= Fuente de variación dds= días después de siembra

Cuadro 23A. Comparación de medias de la TAN ($\text{g.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$) en la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
24	1	B .073 a	A .054 a	C .068 a	B .057 a
	2	B .101 a	A .051 a	BC .072 a	AB .093 a
	3	A .181 a	A .083 b	C .057 b	AB .089 b
	4	AB .124 ab	A .078 b	A .161 a	A .158 a
	5	B .083 ab	A .063 b	AB .146 a	AB .096 ab
31	1	B .050 a	A .037 a	C .046 a	B .036 a
	2	B .073 a	A .038 a	C .049 a	B .065 a
	3	A .138 a	A .061 b	BC .061 b	B .061 b
	4	B .079 ab	A .052 b	A .111 a	A .115 a
	5	B .061 a	A .068 a	AB .101 a	B .067 a
38	1	B .037 a	A .029 a	C .039 a	B .025 a
	2	B .050 a	A .030 a	C .035 a	B .045 a
	3	A .094 a	A .048 b	BC .041 b	B .043 b
	4	B .052 ab	A .037 c	A .078 ab	A .085 a
	5	B .046 A	A .053 a	AB .070 a	B .048 a
45	1	B .030 a	A .019 a	B .029 a	B .019 a
	2	B .043 a	A .025 a	B .026 a	B .040 a
	3	A .069 a	A .041 b	AB .033 b	B .032 b
	4	B .035 bc	A .030 c	A .055 ab	A .066 a
	5	B .035 a	A .034 a	A .055 a	B .037 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 24A. Medias de la RAF ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) y su comparación donde procede para cinco ambientes y cuatro genotipos, en nueve fechas evaluadas.

F.V.	Días después de la siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE									
1	21.47 a	33.62 a	46.70 a	59.23 a	68.52 a	69.12	63.22	57.43	51.07
2	21.35 a	30.47 a	41.40ab	54.29 a	63.69 a	72.83	70.27	66.30	60.14
3	17.58ab	24.98ab	33.15bc	40.56 b	52.85ab	58.74	57.12	57.29	58.05
4	12.05 b	17.42 b	24.73 c	34.48 b	43.07 b	52.45	56.61	57.24	53.83
5	13.98 b	20.55 b	28.86 c	39.78 b	54.83ab	64.61	65.71	63.80	56.84
GENOTIPO									
1	12.80 b	19.41 b	26.88 c	36.47 c	49.26 b	58.08bc	61.90	61.98	57.67
2	23.99 a	34.30 a	45.35 a	55.67 a	65.93 a	70.61 a	66.74	62.01	55.43
3	15.42 b	22.77 b	31.44bc	41.12bc	50.61 b	56.92 c	54.38	54.59	50.86
4	16.94 b	25.16 b	36.20 b	49.42ab	60.57ab	68.58ab	67.32	63.07	59.99

F.V.= Fuente de variación dds= días después de siembra

Cuadro 25A. Comparación de medias de la RAF ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) de la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
24	1	A 21.206 ab	AB 27.253 a	AB 13.483 b	A 25.960 ab
	2	AB 11.993 b	A 36.466 a	AB 21.073 b	AB 15.903 b
	3	B 8.203 b	B 21.056 a	A 22.900 a	AB 18.19 ab
	4	AB 9.473 a	B 19.273 a	B 9.53 a	B 9.926 a
	5	AB 13.123 a	B 15.940 a	B 10.143 a	AB 16.726 a
31	1	A 32.960 ab	AB 41.123 a	AB 22.120 b	A 38.276 ab
	2	AB 18.310 b	A 49.090 a	A 31.490 b	AB 23.013 b
	3	B 11.056 b	B 28.420 a	A 32.533 a	AB 27.940 a
	4	B 14.783 ab	B 28.450 a	B 13.266 a	B 13.393 a
	5	AB 19.946 a	B 24.416 a	B 14.460 a	AB 23.413 a
38	1	A 41.060 ab	AB 55.203 a	AB 33.280 b	A 57.270 a
	2	AB 26.660 b	A 61.646 a	A 44.806 ab	BC 32.506 b
	3	B 14.966 b	BC 36.623 a	A 40.200 a	AB 40.813 a
	4	AB 22.486 ab	BC 39.93 a	B 18.476 b	C 18.060 b
	5	AB 29.246 a	C 33.373 a	B 20.480 a	BC 32.353 a
45	1	A 51.123 bc	AB 64.126 ab	ABC 43.060 c	A 78.640 a
	2	AB 36.340 c	A 73.526 a	A 58.56 ab	B 48.748 bc
	3	B 20.250 b	B 44.910 a	AB 49.666 a	BC 47.433 a
	4	AB 33.786 ab	B 51.88 a	C 25.510 a	C 26.733 b
	5	AB 40.863 a	B 43.910 a	BC 28.816 a	BC 45.546 a
52	1	A 59.946 b	AB 74.463 ab	AB 50.793 b	A 88.900 a
	2	AB 43.580 b	A 84.506 a	A 70.366 ab	BC 56.323 b
	3	B 27.120 b	B 51.960 ab	AB 58.300 a	AB 74.053 a
	4	AB 47.366 ab	AB 61.486 a	B 34.413 ab	C 29.050 b
	5	A 68.300 a	AB 57.270 ab	B 39.206 b	BC 54.56 ab
59	1	AB 64.956 ab	AB 66.890 ab	A 55.330 b	A 89.330 a
	2	AB 52.870 b	A 92.216 a	A 78.303 ab	AB 67.93 ab
	3	B 35.456 b	B 55.886 ab	A 56.200 ab	A 87.446 a
	4	AB 64.530 a	AB 65.516 a	A 44.353 a	B 35.433 a
	5	A 72.606 a	AB 72.583 a	A 50.456 a	AB 62.800 a
66	1	A 64.686 a	A 56.706 a	A 51.236 a	AB 80.273 a
	2	A 57.286 b	A 93.963 a	A 65.153 ab	AB 64.68 ab
	3	A 44.153 b	A 55.560 ab	A 43.266 b	A 85.503 a
	4	A 69.03 a	A 63.23 a	A 52.810 a	B 41.383 a
	5	A 74.383 a	A 64.256 a	A 59.440 a	AB 64.770 a
80	1	A 53.500 a	A 48.206 a	A 48.626 a	B 53.970 a
	2	A 55.373 a	A 79.276 a	A 53.400 a	B 52.530 a
	3	A 50.040 b	A 46.300 b	A 41.766 b	A 94.126 a
	4	A 65.523 a	A 48.180 a	A 51.876 a	B 49.763 a
	5	A 63.920 a	A 55.226 a	A 58.666 a	B 49.57 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos

Cuadro 26A. Comparación de medias de la DAF ($\text{cm}^2.\text{día}^{-1}$) de cinco ambientes y cuatro genotipos en nueve fechas evaluadas.

F.V.	Días después de la siembra (dds)								
	24	31	38	45	52	59	66	73	80
AMBIENTE									
1	44.97 a	76.87 a	107.8 a	123.8	119.2	101.5 b	83.53	74.79	74.85ab
2	38.04 b	64.29ab	98.99ab	135.5	160.6	163.7ab	147.1	124.4	108.8 a
3	25.5 c	43.9 b	69.46bc	99.9	128.7	152.5ab	172.7	183.3	100.0ab
4	28.03bc	45.49 b	78.73bc	117.5	155.0	174.3ab	164.3	134.9	57.60 b
5	25.42 c	41.65 b	77.03 c	120.9	165.6	188.7 a	167.1	107.9	68.2 ab
GENOTIPO									
1	32.29	46.90	86.18	127.6	166.2	185.6	174.0	132.3	82.12
2	35.68	57.34	83.38	109.6	128.7	132.5	116.5	93.7	95.74
3	33.08	56.19	85.73	117.7	144.2	158	150	119	88.9
4	32.54	57.32	90.33	123.24	144.1	148.5	147.4	155.2	60.94

F.V.= Fuente de variación dds= días después de siembra

Cuadro 27A. Comparación de medias de la DAF ($\text{cm}^2.\text{día}^{-1}$) en la interacción ambiente-genotipo en fechas diferentes.

DDS	AMBIENTE	GENOTIPO			
		1	2	3	4
31	1	A 56.23 b	A 83.04 ab	A 77.15 ab	A 91.05 a
	2	A 62.91 ab	AB 53.13 b	A 90.82 a	B 50.29 b
	3	A 29.81 b	B 44.116 ab	B 36.82 ab	AB 64.82 a
	4	A 48.54 a	AB 61.81 a	B 35.31 a	B 36.30 a
	5	A 37.01 a	B 44.61 a	B 40.84 a	B 44.14 a
38	1	AB 89.66 b	A 103.423 ab	AB 104.4 ab	A 133.79 a
	2	AB 97.41 b	A 77.67 b	A 137.86 a	BC 83.00 b
	3	B 50.59 b	A 65.57 b	B 55.01 b	AB 106.63 a
	4	A 105.59 b	A 94.20 ab	B 60.63 bc	C 54.49 c
	5	AB 87.63 b	A 76.04 a	B 70.72 a	BC 73.72 a
	1	AB 118.27 a	A 107.50 a	AB 119.16 a	A 150.41 a
	2	AB 131.84 ab	A 109.08 b	A 179.36 a	A 121.74 ab
	3	B 83.59 b	A 89.49 b	B 74.64 b	A 151.99 a
	4	A 166.61 a	A 122.51 ab	B 99.66 b	A 81.37 b
	5	AB 137.67 a	A 119.62 a	AB 115.67 a	A 110.69 a

A= comparación entre ambientes

a= comparación entre genotipos