

## LA INVESTIGACION FISIOTECNICA EN HORTALIZAS

Manuel Luján Favela<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

Las hortalizas tienen gran importancia socio-económica para México debido a que generan un ingreso cinco veces mayor al de otros cultivos, constituyen un complemento esencial de la alimentación del pueblo mexicano, y mediante la exportación de 7 millones de toneladas producen divisas del orden de los 3 mil millones de dólares.

Los principales problemas que afectan la producción de hortalizas en México son: 1) Saturación y falta de mercado; 2) Altos costos de producción; 3) Falta de tecnología eficiente; 4) Alta incidencia de organismos dañinos; 5) Falta de calidad y consistencia en la producción, y 6) Insuficiente nivel de exportaciones.

Entre las opciones para atacar los problemas señalados, deben considerarse los estudios fisiotécnicos encaminados a determinar cómo crecen las plantas y cómo responden a los factores ambientales y de manejo.

### ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

La investigación que se realiza en hortalizas es consistente con la problemática señalada, y se orienta, en el corto y mediano plazo, a estudiar el crecimiento de las plantas de diferentes especies de hortalizas

en relación con el ambiente y factores de manejo. Destacan los temas relacionados con las etapas y fases críticas del crecimiento y desarrollo, la producción y caída de puntos fructíferos, los índices de eficiencia y los componentes del rendimiento, considerando especialmente la influencia de la temperatura (unidades calor) y el fotoperíodo, para la predicción de las etapas fenológicas.

A través de los índices de crecimiento, se busca caracterizar las variedades e híbridos, así como conocer los efectos del ambiente y factores de manejo (fechas de siembra, fertilización, riegos, etc.). También se realizan investigaciones con objeto de cuantificar los efectos de daños naturales o simulados al follaje y fructificación de las plantas.

A continuación se discuten las hortalizas que son de mayor importancia socioeconómica para México, indicando las áreas geográficas que representan y el ambiente y la tecnología de cultivo a que están sujetas:

- 1) Chile jalapeño (*Capsicum annuum*), cebolla (*Allium cepa* L.) y ajo (*Allium sativum* L.) en Delicias y Ojinaga, Chihuahua.
- 2) Jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en Culiacán, Sin.
- 3) Papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Sierra de Arteaga, Coah.

<sup>1</sup> Investigador del Programa de Hortalizas, CEDEL-INIFAP. Apdo. Postal 81. Delicias, Chih.

## CHILE JALAPEÑO, TOMATE Y PAPA

### Crecimiento vegetativo

En estas hortalizas, se ha analizado el crecimiento vegetativo en relación con diferentes fechas de siembra, niveles de fertilización (Uribe, 1990), estrés de humedad en el suelo (Andrade, 1989), y sistemas de establecimiento (en surcos o camas; Heredia, 1989).

En chile jalapeño, las siembras tardías incrementaron el crecimiento en altura, número de hojas y peso seco del follaje (Figura 1); así mismo ocasionaron un retraso en la iniciación de la etapa de crecimiento rápido, a pesar de la reducción del ciclo que se produce al sembrar más tarde (Luján, 1980).

En jitomate, se encontró que la mayor producción de fruto estuvo asociada con altas tasas de asimilación neta y de crecimiento relativo del área foliar; estos índices también permitieron caracterizar el crecimiento de cuatro híbridos de esta especie (Hernández, 1987).

En el cultivo de la papa, las fechas de siembra afectaron significativamente a la TAN, TRC, IAF y al rendimiento, siendo las mejores fechas las del 31 de marzo y 30 de abril. Las mayores tasas de asimilación neta (TAN) y tasas relativas de crecimiento (TRC) se presentaron a los 15 días de la emergencia y disminuyeron posteriormente, mientras que los valores máximos de tasa de crecimiento del cultivo (TCC) e índice de área foliar (IAF), se alcanzaron entre los 60 y 75 días después de la emergencia (Parga *et al.*, 1990).

## Dinámica de producción y caída de puntos fructíferos

El comportamiento de la producción y caída de puntos fructíferos se han estudiado principalmente en chile jalapeño, en función de diferentes fechas de siembra, dosis de nutrimentos, sistemas de establecimiento y condiciones de riego. Esto ha hecho posible conocer la duración y comportamiento de los puntos fructíferos a través del tiempo, definir los períodos de máxima actividad, cuantificar la caída de tales puntos y relacionar algunas etapas fenológicas con las unidades calor (Luján, 1980).

En cuanto a la dinámica de producción de botones, se observó que las fechas posteriores al 12 de marzo causaron una drástica reducción en el número de botones a través del tiempo (Figura 2), y que el período de máxima producción de botones ocurrió del 19 de julio al 16 de agosto, coincidiendo con el de máxima producción de frutos en las primeras dos fechas de siembra. En dichos períodos se generó alrededor de un 58% del total de puntos fructíferos.

La mayor caída de flores ocurrió del 19 de julio al 16 de agosto en las siembras del 12 al 27 de marzo y del 23 de agosto al 13 de septiembre en la del 12 de abril. En estas épocas ocurrió del 38 al 57% del total de flores caídas (Figura 3).

En la Figura 4 se puede ver que del total de puntos fructíferos que produce una planta, en las diferentes fechas, del 1.4 al 8.2% permanecen en la misma, del 17 al 24% se cosechan como fruto en verde, y del 74 al 80% se caen; la caída es principalmente en forma de flor y frutos recién amarrados.

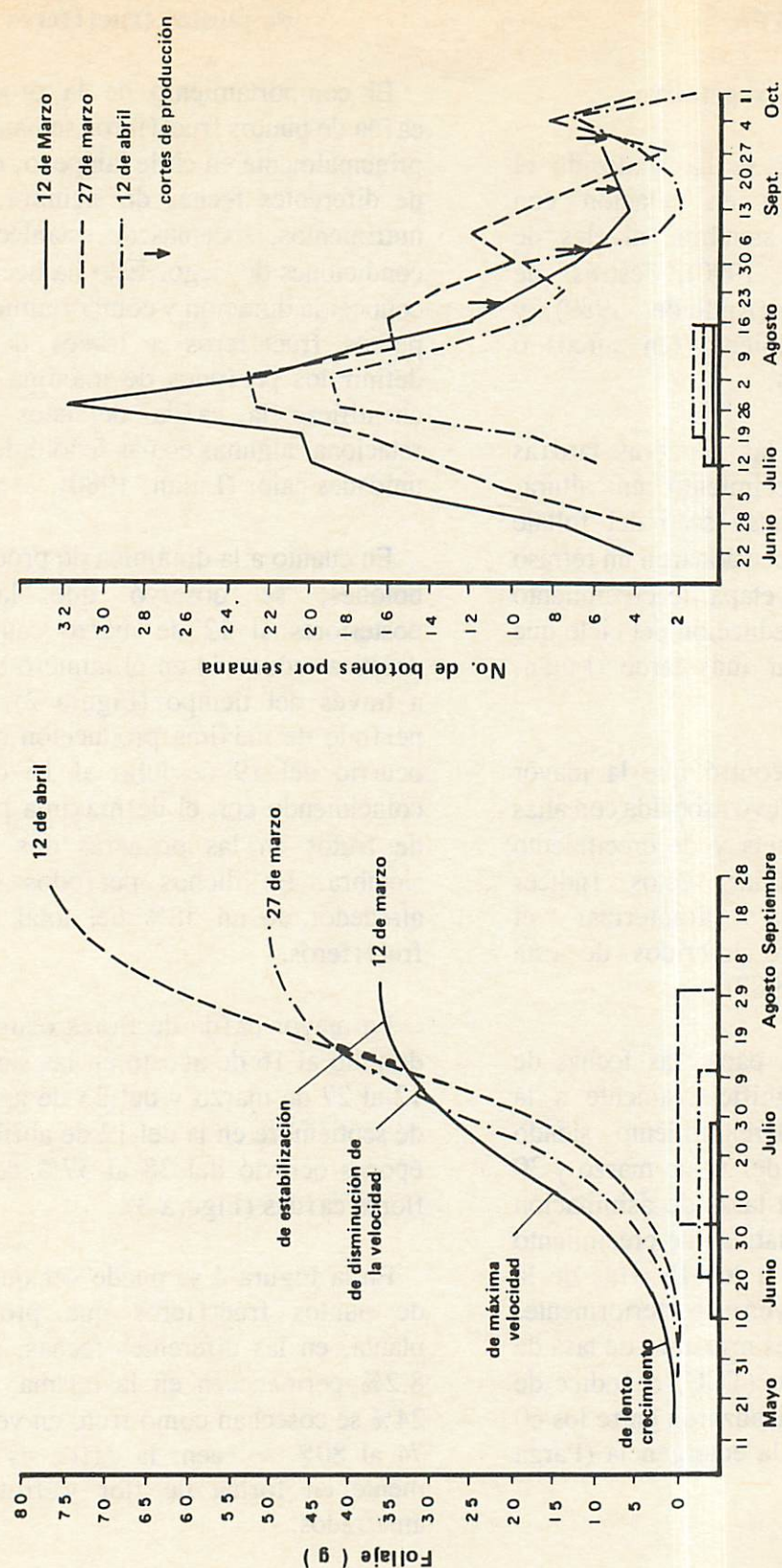


Figura 1. Crecimiento vegetativo de la planta de chile jalapeño variedad 'M' americano, sembrado en tres fechas de siembra. CAEDEL-CIAN-INIFAP. 1986.

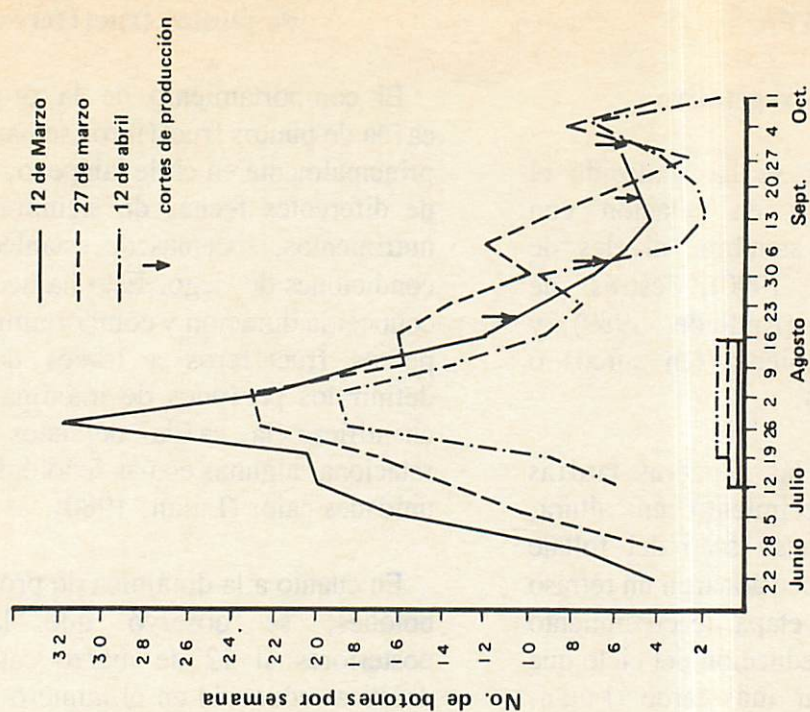


Figura 2. Curva de producción de botones en plantas de chile jalapeño variedad 'M' sembrado en tres fechas de siembra. CAEDEL-CIAN-INIFAP. 1986.

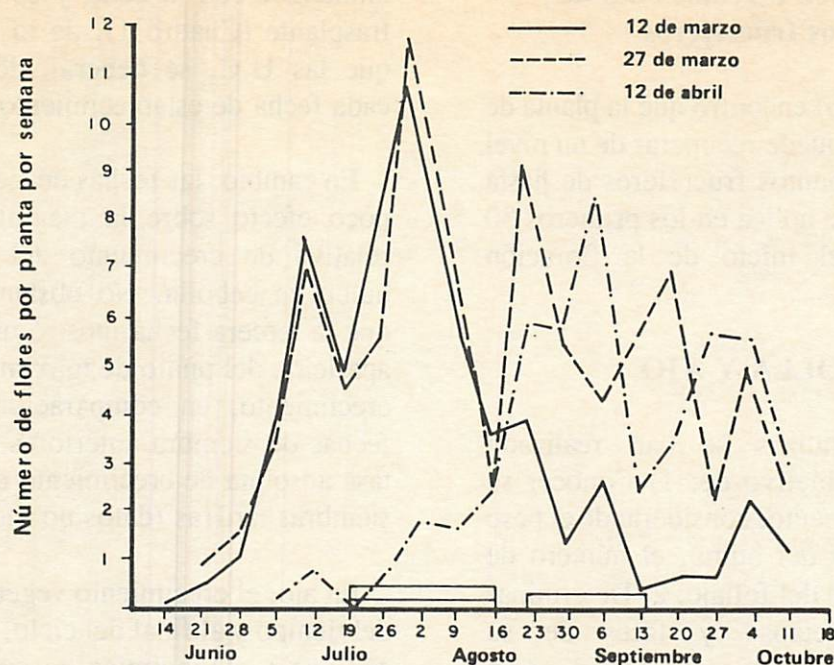


Figura 3. Dinámica de caída de flores en chile jalapeño sembrado en tres fechas. CEDEL - INIFAP - 1986.

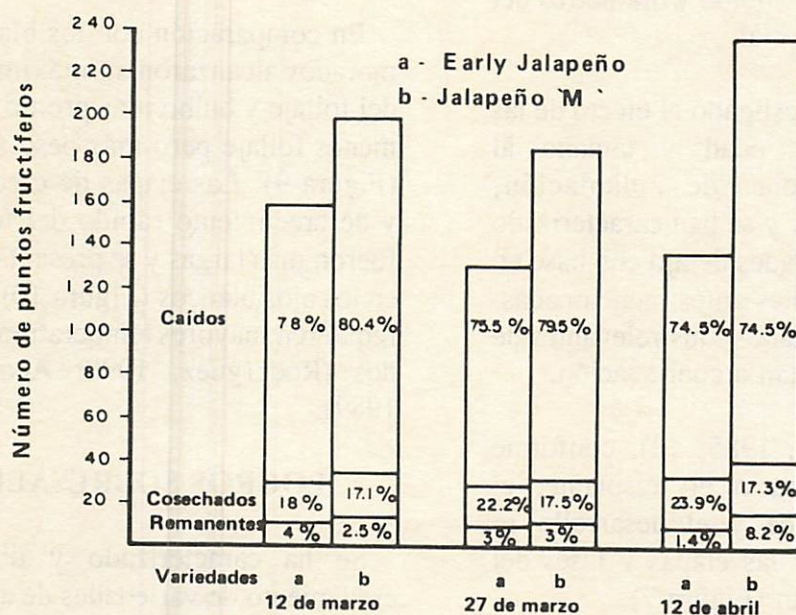


Figura 4. Efecto de 3 fechas de siembra sobre los porcentajes de puntos fructíferos caídos, cosechados y remanentes, en dos variedades de chile jalapeño. CIAN - INIA. 1980.

### Recuperación a remociones de puntos fructíferos

Quiñones (1986) encontró que la planta de chile jalapeño se puede recuperar de un nivel de remoción de puntos fructíferos de hasta un 25 %, si ésta se aplica en los primeros 30 días después del inicio de la floración (Figura 5).

### CEBOLLA Y AJO

En estas hortalizas se han realizado estudios con el objetivo de: 1) Conocer su cinética de crecimiento, considerando el peso seco del follaje y del bulbo, el número de hojas y la longitud del follaje; 2) Determinar las principales etapas y fases de su crecimiento, relacionándolas con temperatura, unidades calor y fotoperíodo; 3) Analizar su crecimiento con base en los índices de eficiencia, TCR, TAC e IC; y 4) Cuantificar los componentes del rendimiento, peso y tamaño del bulbo, número de dientes por bulbo y diámetros del cuello, polar y ecuatorial.

Además, se ha investigado el efecto de las fechas de siembra, edad y tamaño al trasplante, distancia de plantación, fertilización y riegos, y se han caracterizado y diferenciado variedades de ajo con base en algunas de las variables antes mencionadas. Algunos de los resultados más relevantes de estos estudios se anotan a continuación.

En cebolla (Luján, 1985; s/f), conforme se retrasa la siembra o el trasplante, el crecimiento se reduce y el desarrollo se retrasa (Figura 6); y las etapas y fases del crecimiento se acortan (Figura 7).

Las unidades calor (U.C.) acumuladas en cada etapa de crecimiento de la cebolla, variaron con la fecha de siembra del

almácigo, con la edad y con el tamaño al trasplante (Cuadro 1), de lo que se deduce que las U.C. se deberán determinar para cada fecha de establecimiento (Luján, s/f).

En cambio, las fechas de siembra tuvieron poco efecto sobre la magnitud de la tasa relativa de crecimiento del follaje y del bulbo en cebolla. No obstante, se apreció que la tercera fecha mostró un retraso en la aparición del punto de máxima eficiencia de crecimiento, en comparación con las dos fechas de siembra anteriores (Figura 8); la tasa absoluta de crecimiento declinó con las siembras tardías (datos no mostrados).

En ajo, el crecimiento vegetativo, a través del tiempo y al final del ciclo, los índices de eficiencia, el rendimiento y componentes del mismo, también disminuyeron al retrasar la siembra (después del 28 de septiembre). El número de dientes por bulbo, en cambio, se incrementó al sembrar más tarde (Cuadros 2 y 3; Rodríguez, 1990).

En comparación con los blancos, los ajos morados alcanzaron su máximo crecimiento del follaje y bulbo más pronto, y produjeron menos follaje pero más peso seco del bulbo (Figura 9). Las etapas de crecimiento lento y de crecimiento rápido del follaje y bulbo fueron más largas y se presentaron más tarde en los ajos blancos (Figura 10), debido a que requieren mayores temperaturas y fotoperíodos (Rodríguez, 1990; Acosta y Luján, 1989).

### LOGROS SOBRESALIENTES

Se ha caracterizado y diferenciado el crecimiento de variedades de ajo, en función de la fecha de siembra. Lo anterior permite una mejor elección de las variedades de ajo, blancas o moradas, de acuerdo con la fecha de siembra que se desee utilizar; también

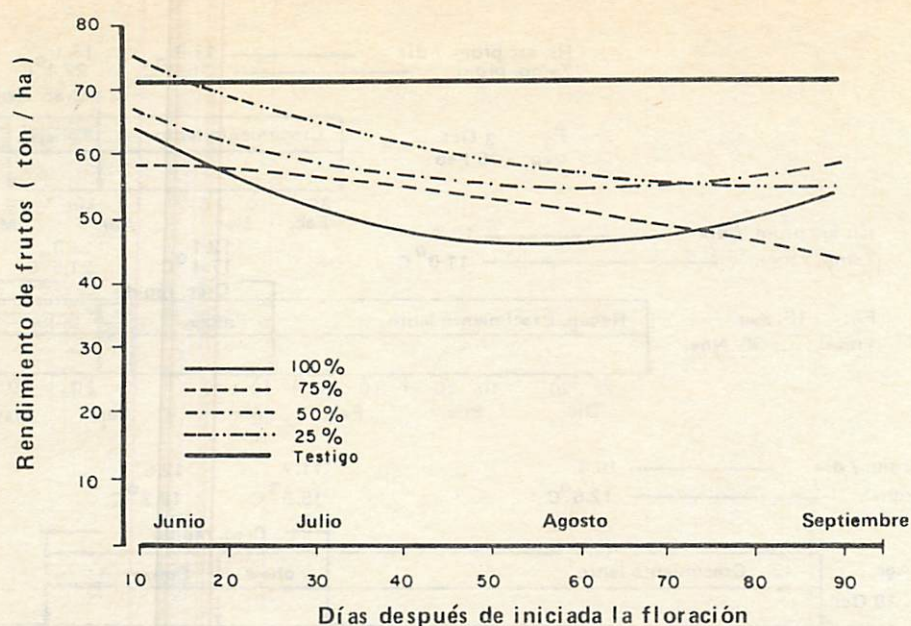


Figura 5. Rendimiento total obtenido en cinco niveles de remoción de puntos fructíferos, aplicados en nueve fechas durante el desarrollo de chile jalapeño. CAEDEL - CIAN - INIFAP . 1986.

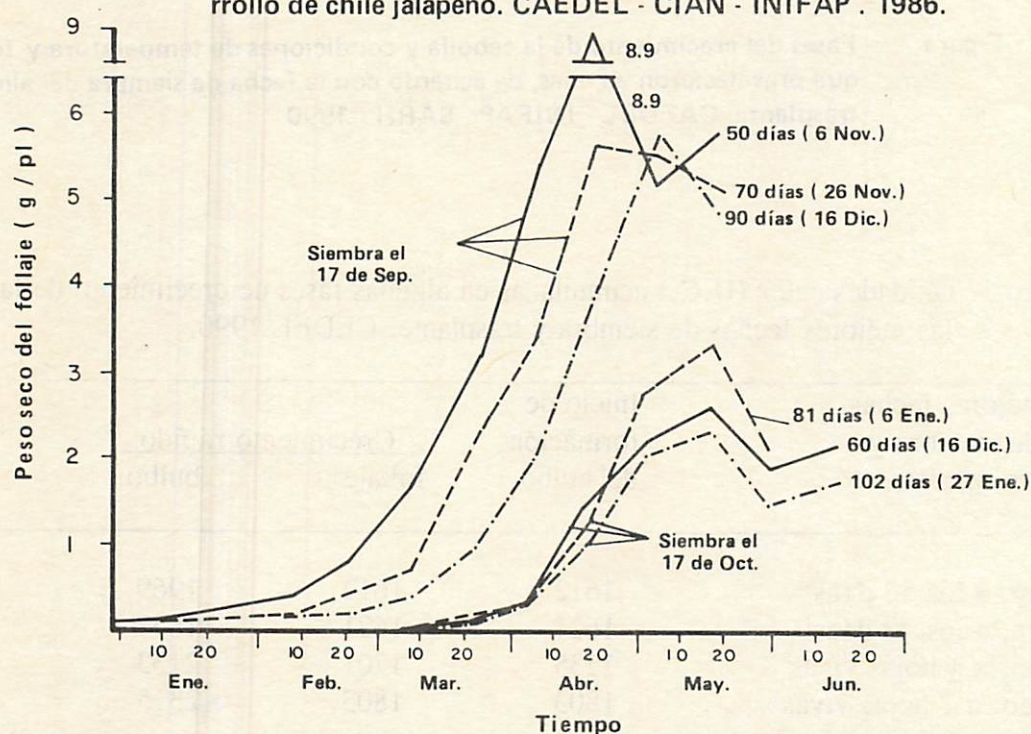


Figura 6. Crecimiento del peso seco del follaje de cebolla, en función de dos fechas de siembra de almácigo y tres edades de trasplante. CAEDEL - INIFAP - SARH. 1990.

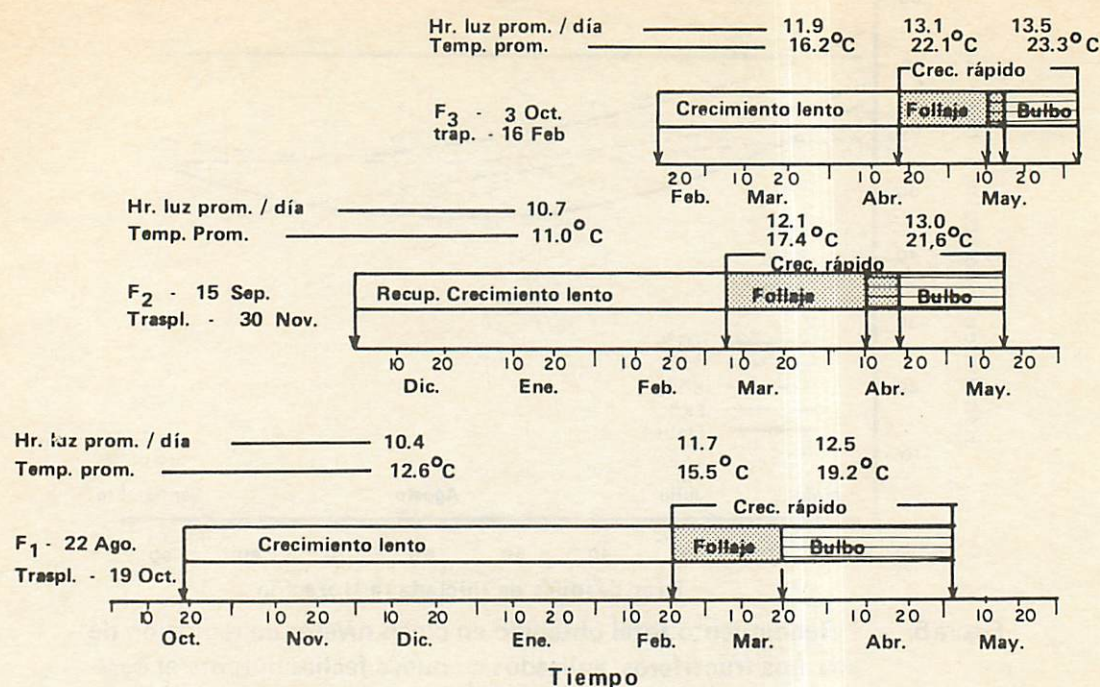


Figura 7. Fases del crecimiento de la cebolla y condiciones de temperatura y fotoperiodo que prevalecieron en ellas, de acuerdo con la fecha de siembra del almácigo y de trasplante. CAEDEL - INIFAP - SARH - 1990.

Cuadro 1. Unidades calor (U.C.) acumuladas en algunas fases de crecimiento de la cebolla en las mejores fechas de siembra y trasplante. CEDEL 1990.

| Mejores fechas de siembra y trasplante | Inicio de formación del bulbo | Crecimiento rápido |       | Madurez fisiológica <sup>1</sup> |
|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|----------------------------------|
|                                        |                               | follaje            | bulbo |                                  |
| 17 Sep. a los 50 días <sup>2</sup>     | 1612                          | 1612               | 1969  | 2539                             |
| 17 Sep. a los 70 días <sup>2</sup>     | 1621                          | 1621               | 1877  | 2548                             |
| 15 Sep. a 4 hojas vivas <sup>3</sup>   | 1735                          | 1701               | 2133  | 3033                             |
| 22 Ago. a 2 hojas vivas <sup>3</sup>   | 1803                          | 1803               | 2315  | 3179                             |

<sup>1</sup> Cuando el 100% de las plantas doblaron el follaje.

<sup>2</sup> 1987-1988.

<sup>3</sup> 1988-1989.

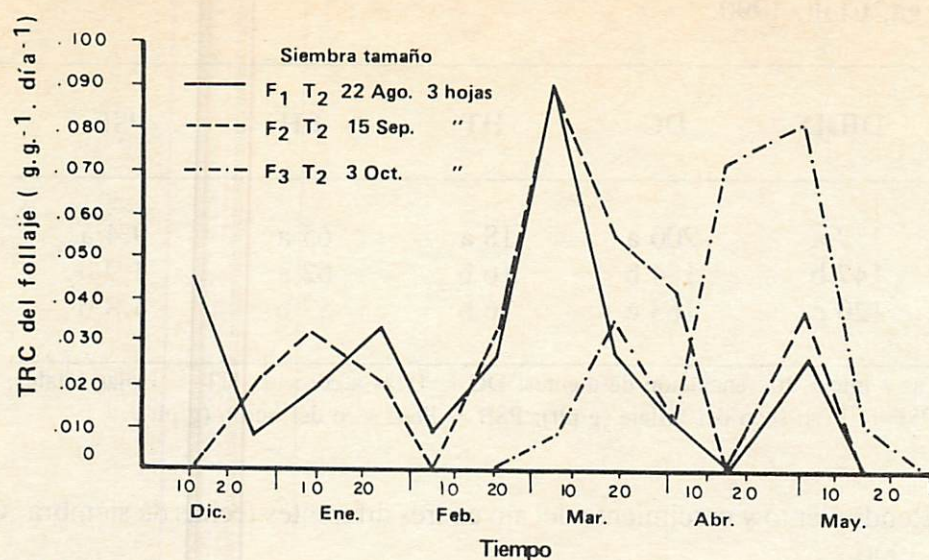


Figura 8. Cinética de la tasa relativa de crecimiento del follaje en plantas de cebolla sembradas en diferentes fechas de siembra de almácigo. CAEDEL - CIFAP, CHIH. INIFAP - SARH. 1990.

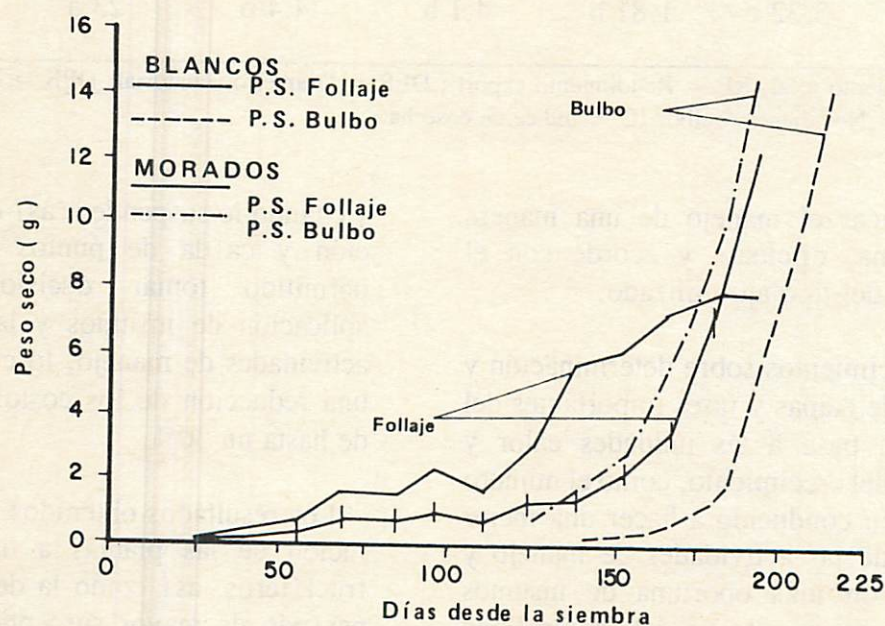


Figura 9. Crecimiento del follaje y bulbo en ajos blancos y morados. Ojinaga. 1990.

Cuadro 2. Etapas fenológicas y crecimiento del ajo en tres diferentes fechas de siembra. Ojinaga, Chih. 1990.

| Fechas de siembra | DIDD  | DC    | HT   | LH   | PSF   | PSB  |
|-------------------|-------|-------|------|------|-------|------|
| 28 de Sep.        | 157 a | 200 a | 18 a | 65 a | 9.4 a | 14 a |
| 21 de Oct.        | 147 b | 184 b | 16 b | 62 a | 4.9 b | 11 b |
| 21 de Nov.        | 120 c | 163 c | 16 b | 57 b | 4.8 b | 10 b |

DIDD = Días a inicio diferenciación de dientes; DC = Días a cosecha; HT = Hojas totales; LH = Long. de hojas (cm); PSF = Peso seco del follaje (g/plt); PSB = Peso seco del bulbo (g/plt).

Cuadro 3. Rendimiento y crecimiento del ajo en tres diferentes fechas de siembra. Ojinaga, Chih. 1990.

| Fechas de siembra | RT<br>(ton/ha) | RE<br>(ton/ha) | DEB<br>(cm) | DPB<br>(cm) | NDB  | IC<br>g/g |
|-------------------|----------------|----------------|-------------|-------------|------|-----------|
| 28 de Sep.        | 6.31 a         | 2.38 a         | 4.9 a       | 5.1 a       | 17 b | 0.60      |
| 21 de Oct.        | 4.71 b         | 2.37 a         | 4.2 b       | 4.6 b       | 19 b | 0.69      |
| 21 de Nov.        | 3.32 c         | 1.81 b         | 4.1 b       | 4.4 b       | 23 a | 0.67      |

RT = Rendimiento total; RE = Rendimiento export.; DEB = Diámetro ecuatorial; DPB = Diámetro polar del bulbo; NDB = No. dientes/bulbo; IC = Índice de cosecha.

permite aplicar el manejo de una manera más oportuna, eficiente y acorde con el crecimiento del tipo ajo utilizado.

Los conocimientos sobre determinación y predicción de etapas y fases importantes del cultivo, con base a las unidades calor y parámetros del crecimiento, como el número de hojas, han conducido a hacer una mejor planeación de las actividades de manejo y una aplicación más oportuna de insumos (nutrientes, agua, etc.), del control de organismos dañinos y de prácticas de cultivo.

El conocer cómo crecen las plantas de un cultivo, cuándo inician su crecimiento rápido

y cuándo lo suspenden, así como la producción y caída de puntos fructíferos, ha permitido tomar decisiones sobre la aplicación de insumos y la realización de actividades de manejo, lo cual se refleja en una reducción de los costos de producción de hasta un 30%.

Los resultados obtenidos sobre la recuperación de las plantas a daños en puntos fructíferos, así como la determinación del período de mayor susceptibilidad, proporcionan herramientas para estimar la magnitud del daño en caso de incidencia de plagas del fruto y granizo, y para decidir sobre la conveniencia de hacer aplicaciones de agroquímicos; además, señala el período en

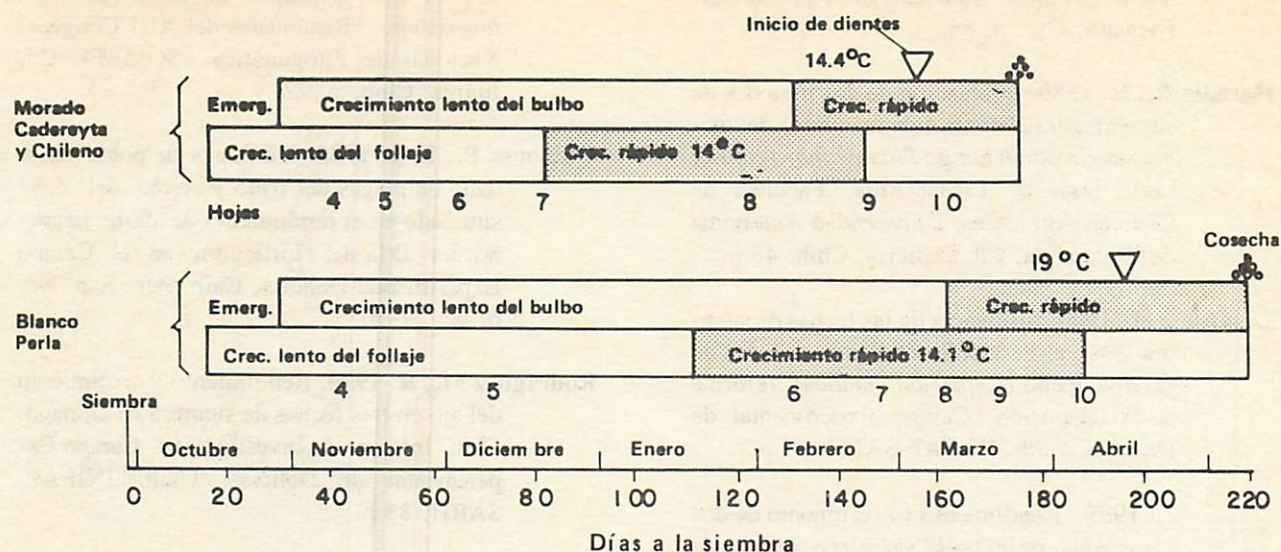


Figura 10. Fases de crecimiento de cuatro variedades de ajo. CEDEL - INIFAP - 1989.

que las plantas requieren de mayor protección y cuidados.

El conocimiento del nivel de crecimiento y desarrollo adecuado para alcanzar rendimientos óptimos, ha sido de gran importancia para diagnosticar la necesidad de aplicar insumos y predecir rendimientos.

Los índices TAN y TRC han resultado altamente sensibles a los cambios del clima y a los efectos negativos de los factores de manejo y plagas. También reflejan en alto grado, los cambios en el crecimiento que ocurren en las plantas. Por lo anterior, estos índices son los que más han contribuido al entendimiento del crecimiento de hortalizas y han permitido seleccionar variedades de papa y tomate más eficientes, que tienen una

menor necesidad de insumos y de prácticas de cultivo, reduciendo así los costos de producción.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta R., G. F. y M. Luján F. 1989. Crecimiento y rendimiento de cuatro cultivares de ajo y su interacción con la temperatura y fotoperíodo en la región de Delicias, Chih. Informe de Investigación. Campo Experimental de Delicias, Chih. INIFAP-SARH. 43 p.
- Andrade S., P. 1989. Efecto de cuatro tensiones de humedad en el suelo sobre la incidencia de *Phytophthora capsici* Leo. y desarrollo fisiológico en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Cd. Delicias, Chih. 63 p.

- Hernández R., T. 1987. El método de análisis de crecimiento para caracterizar el desarrollo y producción en el cultivo de tomate. Resúmenes II Congreso Nacional de Horticultura. Irapuato, Gto. p. 56.
- Heredia R., R. 1989. Evaluación de dos métodos de siembra para el control de marchitez del chile causada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Cd. Delicias, Chih. 48 p.
- Luján F., M. 1980. Influencia de las fechas de siembra sobre el desarrollo de dos variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum*). Informe de Investigación. Campo Experimental de Delicias, Chih. INIFAP-SARH. 61 p.
- \_\_\_\_\_. 1985. Rendimiento y crecimiento de dos variedades de cebolla en cinco fechas de siembra en la región de Delicias, Chih. Fitotecnica 7:114-134.
- \_\_\_\_\_. (s/f). Crecimiento y producción de la cebolla, sembrada y trasplantada a diferentes fechas, edades y tamaños. Aceptado para publicación en la Revista Fitotecnica Mexicana.
- Parga T., V. M., F. Borrego E., M. Murillo S. y D. Rocha M. 1990. Efecto de la fecha de siembra en diferentes parámetros fisiotécnicos en tres genotipos de papa (*Solanum tuberosum*). Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Cd. Juárez, Chih. p. 72.
- Quiñones P., F. J. 1986. Dinámica de población y daño de plagas del fruto y efecto del daño simulado en el rendimiento de chile jalapeño. 1er. Día del Horticultor en el Campo Experimental Delicias, Chih. Pub. Esp. No. 6. pp. 21-30.
- Rodríguez M., R. 1990. Rendimiento y crecimiento del ajo en tres fechas de siembra en Ojinaga, Chih. Informe de Investigación. Campo Experimental de Delicias, Chih. INIFAP-SARH. 83 p.
- Uribe M., H. R. 1990. Respuesta del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada en la región de Delicias, Chih. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coah. 112 p.