

FENOLOGÍA Y RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADOS EN HIDROPONÍA

Esaú del C. Moreno Pérez; Rafael Mora Aguilar¹;
Felipe Sánchez del Castillo; Víctor García-Pérez

Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo,
Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: r.moraaguilar@gmail.com (¹Autor para correspondencia)

RESUMEN

La investigación se realizó bajo invernadero en Chapingo, Estado de México, durante el año 2007. Se evaluaron el comportamiento fenológico y el rendimiento de fruto de trece híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía: Cyrus, Conan, Gandal, Grandísimo, Itzel, Orión, Triple 4 y Triple Star producen fruto que madura en color rojo; Diego, Cadia, Giacomo y Moonset tienen frutos de color amarillo, y en Magno son de color naranja. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental estuvo conformada por seis plantas (1 m²). Se registraron variables fenológicas, morfológicas y el rendimiento de fruto y sus componentes. El híbrido Giacomo fue precoz, y su ciclo, de trasplante a inicio de cosecha, duró 91 días; Grandísimo fue tardío y requirió 117 días para completar su ciclo. En promedio de los materiales genéticos evaluados, la emergencia ocurrió 16 días después de la siembra (dds); la primera, segunda y tercera hojas verdaderas aparecieron a los 37, 47 y 61 dds, respectivamente; la primera, segunda, tercera y cuarta bifurcaciones ocurrieron a los 10, 17, 25 y 30 días después del trasplante (ddt), en cada caso; por su parte, la floración, fructificación, cambio de color del fruto e inicio de cosecha ocurrieron, respectivamente, a los 33, 44, 93 y 102 ddt. El híbrido Orión tuvo buena calidad de fruto con peso promedio individual de 178.7 g, anchura de 9.2 cm y longitud de 7 cm, comportándose como frutos de primera calidad para el mercado nacional; en consecuencia, alcanzó mayor rendimiento por planta (1.9 kg) y por área (11.5 kg·m⁻²); menor rendimiento mostró el híbrido Magno (5.7 kg·m⁻²).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Desarrollo, rendimiento, calidad de fruto, color de fruto, chile, invernadero.

PHENOLOGY AND YIELD OF BELL PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

HYBRIDS GROWN HYDROPONICALLY

ABSTRACT

The research was carried out under a greenhouse in Chapingo, State of Mexico, during 2007. Phenological behavior and fruit yield of thirteen bell pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids grown hydroponically were assessed. The hybrids Cyrus, Conan, Gandal, Grandísimo, Itzel, Orión, Triple 4 and Triple Star produce red fruits; Diego, Cadia, Giacomo and Moonset have yellow fruits, and Magno orange ones. A randomized complete block design with three replications was used, and the experimental unit consisted of six plants (1 m²). Phenological and morphological variables were recorded, plus fruit yield and its components. The hybrid Giacomo was early, and its cycle, from transplant to the beginning of the harvest, lasted 91 days, while Grandísimo was a late hybrid, requiring 117 days to fulfill its life cycle. On average, seedling emergence occurred 16 days after sowing (das) for all hybrids evaluated, while the first, second and third true leaves appeared at 37, 47 and 61 das, respectively, and the first, second, third and fourth bifurcations occurred at 10, 17, 25 and 30 days after transplanting (dat), respectively. Phenological phases such as flowering, fruiting, fruit color change and beginning of harvest occurred at 33, 44, 93 and 102 dat, in each case. The Orión hybrid had the best fruit quality, averaging 178.7 g in weight, 9.2 cm in width and 7 cm in length, achieving the standard of top-quality fruits in the Mexican market. In addition, Orión had the greatest yield per plant (1.9 kg) and per area (11.5 kg·m⁻²); the Magno hybrid showed the lowest yield (5.7 kg·m⁻²).

ADDITIONAL KEY WORDS: Development, yield, fruit quality, fruit color, pepper, greenhouse.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es una de las actividades más importantes en el sector hortícola de México, pues en el año 2007 nuestro país ocupó el tercer lugar a escala mundial por superficie cultivada (93,000 ha) y el sexto lugar en rendimiento de fruto (18.1 t·ha⁻¹), alcanzando una producción de 1'690,000 t (FAO, 2007). Este tipo de chile, también conocido como chile dulce o Bell, tiene importancia económica especialmente en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur porque exportan su producción, mientras que al mercado nacional lo abastecen principalmente Sinaloa y Morelos; en el cierre de la temporada 2006-2007 se exportaron 214,476 t, con valor de 226,226,537 dólares americanos (CIDH, 2007).

La producción de pimiento morrón representa una alternativa económica muy atractiva durante el ciclo otoño-invierno, debido al elevado rendimiento, alta calidad del fruto y elevados precios que alcanza éste durante la época invernal; sin embargo, dicha actividad productiva debe llevarse a cabo en invernaderos, por las restricciones ambientales que limitan el cultivo a cielo abierto en esa época. Los rendimientos que se pueden alcanzar en invernaderos con cubierta plástica con tecnología intermedia son 130 t·ha⁻¹; al usar tecnología mediana-alta se alcanzan 180 t·ha⁻¹, y con alta tecnología se logran hasta 250 t·ha⁻¹ (FUMIAF, 2005).

La fenología comprende el estudio de los fenómenos biológicos vinculados a ciertos ritmos periódicos o fases y la relación con el ambiente donde ocurren. En su ciclo ontogénico, los vegetales experimentan cambios visibles o no, que están en estrecha relación con el genotipo, el ambiente en que se desarrollan y la interacción entre éstos; el resultado del complejo de interacciones, ocasiona amplias respuestas de los diferentes cultivos y variedades (Mundarain *et al.*, 2005).

El conocimiento de la fenología de un cultivo particular es importante para su manejo correcto (Soto-Ortiz *et al.*, 2006; Soto-Ortiz y Silvertooth, 2008). Desde un punto de vista climatológico, estos fenómenos sientan las bases para la interpretación de cambios debidos a factores bioclimáticos; agrónomicamente, la consecuencia de un microclima específico permite la respuesta que se prevé de la planta; y, económicamente, las etapas fenológicas permiten la ejecución óptima de varias prácticas agrícolas, como la polinización manual, predicción de una probable incidencia de plagas, necesidad de fertilización específica o de aplicación de sustancias hormonales particulares, control de maleza, etc. (Cautín y Agusti, 2005).

Para describir el crecimiento y desarrollo de los cultivos, es necesario determinar las funciones o tasas de diferentes procesos; éstos incluyen la identificación de fases y etapas distintivas del desarrollo, así como la predicción de la duración de éstas para determinados regímenes de temperatura (Wurr *et al.*, 2002; Soto-Ortiz

INTRODUCTION

Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation is one of the most important activities in Mexico's horticultural sector, evidenced by the fact that in 2007 the country ranked third worldwide by cultivated area (93,000 ha) and sixth by fruit yield (18.1 t·ha⁻¹), reaching a production of 1'690,000 t (FAO, 2007). This type of pepper, also known as sweet pepper, is economically important especially in the states of Sinaloa, Sonora and Baja California Sur for export production, while the domestic market is mainly supplied by Sinaloa and Morelos. By the end of the 2006-2007 season, 214,476 t had been exported, worth U.S. \$226,226,537 (CIDH, 2007).

Bell pepper production represents a very attractive economic alternative for the fall-winter period due to the high yield, fruit quality and prices attained during the winter; however, this productive activity must be conducted in greenhouses due to the environmental constraints that limit the crop under field conditions in this season. Yields that can be achieved in plastic-covered greenhouses are as follows: 130 t·ha⁻¹ with intermediate technology; up to 180 t·ha⁻¹ with medium-high technology; and up to 250 t·ha⁻¹ using high technology (FUMIAF, 2005).

Phenology is the study of biological phenomena linked to certain periodic rhythms or phases and the relationship with the environment where they occur. In their ontogenetic cycle, plants experience visible changes (or the absence thereof) that are closely related to genotype, the environment in which they develop and the interaction between these factors, resulting in extensive responses in different crops and varieties (Mundarain *et al.*, 2005).

Knowledge of the phenology of a particular crop is important for its proper management (Soto-Ortiz *et al.*, 2006; Soto-Ortiz and Silvertooth, 2008). From a climatological standpoint, these phenomena provide the basis for interpreting changes due to bioclimatic factors; agronomically, the consequence of a specific microclimate allows the response expected from the plant; and economically, the phenological stages allow the optimal execution of various agricultural practices, such as hand pollination, prediction of probable pest incidence, the need for a specific fertilizer or application of particular hormonal substances, weed control, etc. (Cautín and Agusti, 2005).

To describe the growth and development of crops, it is necessary to determine the functions or rates of different processes; these include the identification of distinct phases and stages of development, as well as their predicted duration for specific temperature regimes (Wurr *et al.*, 2002; Soto-Ortiz *et al.*, 2006; Soto-Ortiz and Silvertooth, 2008). In the case of *Capsicum* spp., Torres (1995) indicates only four phenological phases: emergence, seventh leaf, flowering and ripening. For its part, the USDA (2003) determined that the duration of these phenological stages is based on the period between specific phases, which de-

et al., 2006; Soto-Ortiz y Silvertooth, 2008). En el caso de *Capsicum* spp., Torres (1995) indica solamente cuatro fases fenológicas: emergencia, séptima hoja, floración y madurez; por su parte, USDA (2003) determina que la duración de las etapas fenológicas se basa en el periodo que transcurre entre fases específicas, que depende del origen de las plantas (siembra directa o trasplante); también menciona tres grandes etapas: 1) 50 % desde la siembra hasta el aclareo, 2) 75 % del aclareo o trasplante a amarre de fruto y 3) 100 % del amarre de fruto a la cosecha o fin de ésta.

La aparición de la radícula es el evento que evidencia la germinación de la semilla; varios factores como temperatura, agua, oxígeno y presencia de luz influyen para que una semilla germine o no; el estado de plántula comprende el periodo desde la emergencia y alargamiento del hipocótilo hasta la caída de los cotiledones. En el caso del pimiento morrón, el estado de plántula queda delimitado entre los 35 y 40 días después de la siembra, tiempo requerido para ser trasplantada; sin embargo, el trasplante debe realizarse cuando las plántulas tengan de 12 a 15 cm de alto, con un tallo de 5 a 7 mm de grosor y entre cuatro a cinco hojas, lo que ocurre entre 18 y 28 días, aunque ese periodo depende de la temperatura ambiental y de la conformación que la plántula presente para ese momento, es decir, de la cantidad de reservas del embrión, capacidad fotosintética y de la genética de las mismas (Mundarain *et al.*, 2005).

El periodo de emergencia varía y tiene mayor concentración entre 9 y 13 días. El periodo de floración oscila entre 70 y 93 días, con mayor ocurrencia al inicio de ese periodo. La maduración de frutos sucede a los 85 días en las variedades más precoces y a los 107 días en las más tardías (Fernandes *et al.*, 2004). Estas observaciones se aproximan a las efectuadas por Inoue y Reifschneider (1989), quienes caracterizaron la colección de *Capsicum* del Centro Nacional de Pesquisas de Hortalizas de EMBRAPA, en Brasil.

Montes *et al.* (2004) señalan que la acumulación de unidades calor durante las diferentes etapas de desarrollo de *Capsicum* spp. muestra diferencia entre tipos de chile, y que esa diferencia es más evidente entre los diferentes grados de domesticación, lo que refleja un inicio más lento del desarrollo por parte de las variantes del tipo silvestre (piquín); para el caso de los tipos domesticados, las diferencias no son significativas entre ellos, tal y como había sido consignado. También constatan que, dependiendo del grado de precisión que se requiera en la definición de las etapas de desarrollo, se pueden usar las unidades calor, una vez definidas para cada variante y el ambiente en donde se evaluarán, aunque destacan que es poco práctico manejar muchas fases fenológicas asociadas a diversas etapas de desarrollo de la planta, por lo que se pueden tomar diferentes estados fenológicos en fases concretas, como inicio de floración, maduración y senescencia de los frutos, como lo hizo Torres (1995). Los usos de métodos de acumulación de unidades calor son técnicas eficientes para

pend on plant origin (direct sowing or transplanting). It also mentions three major stages: 1) 50 % from sowing to thinning, 2) 75 % from thinning or transplanting to fruit set, and 3) 100 % from fruit set to harvest or the end of it.

The emergence of the radicle is the event that demonstrates seed germination. Several factors such as temperature, water, oxygen and the presence of light influence whether or not a seed germinates. The seedling stage covers the period from hypocotyl emergence and elongation until the fall of the cotyledons. In the case of bell pepper, the seedling stage ends at between 35 and 40 days after sowing, when the plant needs to be transplanted; however, the transplant must be carried out when the seedlings are 12 to 15 cm tall, with a stem 5 to 7 mm thick and four to five leaves, which occur between 18 and 28 days, although this period depends on ambient temperature and the conformation the seedling presents at the time, i.e., the quantity of embryo reserves, photosynthetic capacity and the genetics of the materials used (Mundarain *et al.*, 2005).

The emergence period varies, with higher concentration between 9 and 13 days. The flowering period varies between 70 and 93 days, with greater occurrence at the beginning of this period. Fruit ripening occurs at 85 days in the early varieties and at 107 days in the later ones (Fernandes *et al.*, 2004). These observations are similar to those made by Inoue and Reifschneider (1989), who characterized the *Capsicum* collection at the EMBRAPA National Vegetable Crop Research Center in Brazil.

Montes *et al.* (2004) indicate that the accumulation of heat units during the different development stages of *Capsicum* spp. shows differences among various types of pepper, and that these differences are most evident among the different degrees of domestication, which reflect a slower onset of development by wild-type variants (pequin). As for the domesticated types, there are no significant differences among them, as has been recorded. It should also be noted that, depending on the degree of precision required in the definition of the development stages, one can use heat units, once defined for each variant and the environment in which they will be evaluated, but it should be emphasized that it is impractical to handle many phenological phases associated with different stages of plant development; therefore, different phenological phases should be taken in specific stages, such as the beginning of flowering, ripening and fruit senescence, as did Torres (1995). Heat unit accumulation methods are more efficient techniques for modeling and predicting crop development stages, such as those of pepper, compared with the days-after-sowing method because the variation between seasons and locations can be better standardized by the estimation of heat units than with days after sowing (Soto-Ortiz *et al.*, 2006).

There is variation in the length of the plant life cycle in the different varieties of bell pepper. It can range from 100 to 150 days (Doorenbos and Kassam, 1979), from 95

modelación y predicción de las etapas del desarrollo de los cultivos, como el chile, en comparación con el método de días después de la siembra debido a que la variación entre estaciones y localidades puede ser mejor normalizada por la estimación de unidades calor que con días después de la siembra (Soto-Ortiz *et al.*, 2006).

Existe variación en la duración del ciclo vegetativo en las diferentes variedades de pimiento morrón; puede variar de 100 a 150 días (Doorenbos y Kassam, 1979), desde 95 a 100 días después del trasplante (Benacchio, 1982); o de 75 hasta 130 días después del trasplante (Ruiz-Corral *et al.*, 1999).

En México, la descripción fenológica de los chiles, especialmente el pimiento morrón, de colores, no está bien documentada y disponible para los productores o investigadores interesados en este cultivo; por ello, la finalidad de este trabajo es aportar información para contar con una guía fenológica que sirva de referencia para tomar decisiones en el manejo del cultivo del pimiento morrón en invernadero e hidroponía, y realizar actividades de manejo cultural de manera oportuna y adecuada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero en Chapingo, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' O, y 2,240 m). Se estudiaron trece híbridos de pimiento morrón con diferente color de fruto maduro: ocho rojos (Cyrus, Conan, Gandal, Itzel, Orión, Triple 4, Triple Star,

to 100 days after transplanting (Benacchio, 1982), or from 75 to 130 days after transplanting (Ruiz-Corral *et al.*, 1999).

In Mexico, the phenological description of peppers, especially colored bell peppers, is not well documented and generally unavailable to producers or researchers interested in this crop; therefore, the purpose of this study is to provide information for a phenological reference guide for decision-making in bell pepper cultivation in greenhouses and hydroponics, and to conduct crop management activities in a timely and appropriate manner.

MATERIALS AND METHODS

This research was conducted under greenhouse conditions in Chapingo, State of Mexico (19° 29' N, 98° 53' W, and 2,240 m). Thirteen bell pepper hybrids with different-colored ripe fruit were studied: eight red (Cyrus, Conan, Gandal, Itzel, Orión, Triple 4, Triple Star, Grandísimo), four yellow (Diego, Moonset, Cadia, Giacomo), and one orange (Magno), whose characteristics are indicated in Table 1

Seedling production began on Feb. 20, 2007 using 200-cavity seed trays, previously disinfected with 0.05 % chlorine; the substrate was composed of peat-moss and perlite at a ratio of 2:1 (v/v), which was moistened before sowing. One seed was placed by hand in each cavity, to a depth of 0.5 cm. Then the trays were covered with black plastic to promote uniform germination. When the seedlings had their fourth true leaf (67 days after sowing; das), the transplant was made to the depth of the root ball. To avoid branch breakage, tutoring with raffia thread on every

CUADRO 1. Principales características de 13 híbridos de pimiento morrón utilizados en el estudio. Chapingo, México. 2007.

TABLE 1. Main characteristics of 13 bell pepper hybrids used in the study. Chapingo, Mexico, 2007.

HÍBRIDO	CASA COMERCIAL	CARACTERÍSTICAS
CYRUS	Hazera	Fruto tipo blocky de color rojo; planta robusta con resistencia a L4 y Spotted.
CONAN	Enza zaden	Pimiento tipo blocky de color rojo, con planta vigorosa que presenta buen cuaje con calor, uniforme y homogéneo con resistencia a TM3 + TSWV ^a .
DIEGO	Hazera	Pimiento tipo blocky de color amarillo. Planta compacta, con madurez media-temprana, cuyos frutos son de tamaño grande y extragrande con resistencia a Bls (1, 2, 3); Xa (1, 2, 3).
GANDAL	Enza zaden	Pimiento tipo blocky. Planta compacta y vigorosa con pocos tallos laterales, con frutos de color rojo, consistentes y de rápida maduración. Cuajado con calor y precocidad, resistente a TM3 + TSWV.
GIACOMO	Hazera	Pimiento tipo blocky de color amarillo con alto potencial de rendimiento, peso promedio de fruto de 240 g y tamaño de 10 x 11 cm, de madurez temprana. Con peso volumétrico de 110 a 150 semillas·g ⁻¹ y resistente a PMMoV P-1, 2, 3, 8 ^z .
GRANDÍSIMO	Hazera	Pimiento tipo blocky de color rojo de tamaño grande (10 x 10 cm), con peso promedio de fruto de 200 a 260 g. La madurez es media a tardía, buen amarre de fruto bajo temperaturas relativamente bajas con resistencia a ToMV.
ITZEL	Enza zaden	Pimiento tipo blocky con planta robusta de entrenudos medios, frutos rojos de buena calidad, con resistencia a TM3 + TSWV.
MAGNO	Enza zaden	Pimiento blocky con planta abierta, de buen vigor y capaz de hacer un ciclo largo. El fruto, muy homogéneo, presenta un atractivo color naranja en su madurez.

MOONSET	Hazera	Pimiento tipo blocky color amarillo; planta fuerte y compacta, cuyos frutos son de gran peso, tamaños XL y LG; tolerante a stip, acorchado y pudrición apical de precocidad temprana.
ORIÓN	Enza zaden	Pimiento tipo blocky verde-rojo; planta vigorosa con altos rendimientos y calidad, y alta resistencia: Tm: 0, Xv (1, 2, 3, 5), con resistencia intermedia a TSWV.
TRIPLE STAR	Enza zaden	Pimiento tipo blocky de color rojo; planta muy fuerte, compacta y vigorosa; excelente calidad y forma de fruto; tolerante al acorchado, stip y pudrición apical. Su madurez y cosecha es temprana.
CADIA	Enza zaden	Pimiento tipo blocky de color amarillo muy uniforme, de excelente calidad, dureza, cuajado y desarrollo del fruto en condiciones de baja temperatura.
TRIPLE 4	Enza zaden	Pimiento tipo blocky de color rojo brillante; planta fuerte y vigorosa; amarre de frutos continuo; alto porcentaje de fruta con tamaños XL y LG; tolerante a la pudrición apical, acorchado y stip. Altos rendimientos, precocidad a cosecha temprana.

^y TM3: Virus del mosaico de tabaco (Tobacco Mosaic) razas 0, 1, 2 y 3; TSWV: Virus del bronceado del tomate (Tomato Spotted Wilt). ^z PMMoV: Virus del moteado de la nervadura (Pepper Mild Mottle Virus).

^y TM3: Tobacco Mosaic Virus, races 0, 1, 2 and 3; TSWV: Tomato Spotted Wilt Virus. ^z PMMoV: Pepper Mild Mottle Virus.

Grandísimo), cuatro amarillos (Diego, Moonset, Cadia, Giacomo) y uno naranja (Magno), cuyas características se indican en el Cuadro 1.

El 20 de febrero de 2007 se inició la producción de plántula. Se usaron charolas de unicel de 200 cavidades, previamente desinfectadas con cloro al 0.05 %; el sustrato estuvo compuesto por musgo esfagníneo (peat-moss) y perlita en proporción 2:1 (v/v), el cual fue humedecido antes de sembrar; manualmente se colocó una semilla por cavidad, a 0.5 cm de profundidad; posteriormente, las charolas se cubrieron con plástico negro para promover uniformidad en la germinación. Cuando las plántulas tuvieron la cuarta hoja verdadera (67 días después de la siembra; dds), se hizo el trasplante a la profundidad del cepellón. Para evitar desgajamiento de las ramas, 23 días después del trasplante (ddt) se inició el tutorado con hilo de rafia en cada rama de la planta; esta actividad se efectuó de manera continua hasta la cosecha. A los 33 ddt se pudo para dejar únicamente dos ramas por planta en la primera bifurcación; después se dejó que la planta desarrollara libremente hasta alcanzar la cuarta bifurcación, momento en que se despuntó (eliminación del ápice de la planta), dejando tres hojas excedentes para dar sombra a los frutos. También, cuando aparecieron los primeros botones florales en todos los materiales, se eliminó el primer fruto para disminuir la competencia entre estos órganos y buscar uniformidad, precocidad y rendimiento.

En etapa de plántula y hasta el momento del trasplante, el cultivo se irrigó dos o tres veces cada día con solución nutritiva al 50 % de concentración (Cuadro 2). Una vez acondicionadas las camas para el trasplante, se colocó el sistema de riego con tres líneas de cintillas de goteo calibre 8000 marca HIDROLITE®, con 15 cm de separación entre goteros y 1.0 L·h⁻¹ de gasto por emisor, en

plant branch was begun 23 days after transplanting (dat), and this activity was carried out continuously until harvest. At 33 dat, pruning was carried out, leaving only two branches per plant at the first bifurcation; then the plant was left to grow freely until reaching the fourth bifurcation, at which point it was blunted (apex removal), leaving three surplus leaves to shade the fruit. Also, when the first flower buds appeared in all the materials, the first fruit was removed to reduce competition between these organs and promote uniformity, earliness and yield.

At seedling stage and until the time of transplantation, the crop was irrigated two or three times a day with nutrient solution at 50 % concentration (Table 2). Once the beds were conditioned for transplant, the irrigation system was installed with three 8000-caliber HIDROLITE® drip lines, with 15 cm spacing between drippers and 1.0 L·h⁻¹ delivery per emitter, with irrigation performed six times a day, providing 5 to 7 L·m⁻²·day⁻¹.

The indicated nutrient solution provided the following elements in these concentrations (mg·L⁻¹): N (237), P (57.3), K (250.1), Ca (253.3), Mg (53.8), S (180), Fe (2.7), Mn (0.6), B (0.5), Cu (0.1) and Zn (0.05).

During crop development, some pests appeared including leafminer (*Lyriomiza* spp.) and worm defoliator (*Spodoptera exigua* Hüdner), which were controlled with DECIS® 2.5 CE (Deltametrina) in doses of 3 mL·L⁻¹ and HORTA® 25 TRIDENTE (Diazinón) at a ratio of 1 g·L⁻¹, respectively. Pests with lower incidence at the end of the cycle were whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius), thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) and red spider mites (*Tetranychus urticae* Koch), which did not warrant chemical control. Also were observed diseases such as root collar rot (*Phytophthora capsici* Leonina) and, to a lesser extent, powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lev.) Salm.), which

CUADRO 2. Cantidades de fertilizantes utilizadas para preparar 1,000 litros de la solución nutritiva empleada en el desarrollo del cultivo de pimiento morrón. Chapingo, México. 2007.

TABLE 2. Amounts of fertilizer used to prepare 1,000 liters of nutrient solution used in the development of the bell pepper crop. Chapingo, Mexico. 2007.

Fertilizante comercial	Fórmula	Cantidad utilizada (g en 1,000 litros)	Elemento que aporta
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1333.33	N, Ca
Nitrato de potasio	KNO_3	233.33	K, N
Sulfato de potasio	KSO_4	383.33	K, S
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	633.33	Mg, S
Ac. Fosfórico (85 %)	H_3PO_4	106.67 ml	P
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15	Fe, S
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2.3	Mn, S
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.20	Cu, S
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.20	Zn, S
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	5	B
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	25 ml	S

cuyo caso se irrigó en seis ocasiones al día aportando de 5 a 7 L·m⁻²·día⁻¹.

Con la solución nutritiva indicada se aportó la concentración (mg·L⁻¹) de cada uno de los elementos siguientes: N (237), P (57.3), K (250.1), Ca (253.3), Mg (53.8), S (180), Fe (2.7), Mn (0.6), B (0.5), Cu (0.1) y Zn (0.05).

Durante el desarrollo del cultivo incidieron algunas plagas como minador de la hoja (*Lyriomiza* spp.) y gusano defoliador (*Spodoptera exigua* Hüdner), que fueron controlados con DECIS® 2.5 CE (Deltametrina) en dosis de 3 mL·L⁻¹ y HORTA® 25 TRIDENTE (Diazinón) a razón de 1 g·L⁻¹, respectivamente. Incidencia menor al final del ciclo tuvieron la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) y araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), mismas que no ameritaron control químico. Se observaron enfermedades como la pudrición del cuello radicular (*Phytophthora capsici* Leonina) y, en menor grado, cenicilla (*Leveillula taurica* (Lev.) Salm.), las cuales fueron controladas mediante aplicación de PREVICUR y DEROSAL® (Propamocarb + Carbendazim), dirigidos al cuello radicular y al follaje, a razón de 2 mL·L⁻¹.

El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental y útil estuvo compuesta por seis plantas de cada variedad (1 m²). Las variables fenológicas evaluadas fueron: días a emergencia (DEM); días a la primera (PHV), segunda (SHV) y tercera hoja verdadera (THV); días a la primera (PB), segunda (SB), tercera (TB) y cuarta bifurcación (CB); días a floración (DFL); días a fructificación (DFR); días a cambio de color del fruto (DCC) y días a cosecha (DCO). Las variables morfológicas fueron: altura de planta (ALP); diámetro de tallo (DIT); diámetro de planta (DIPL); altura de la primera (ALPB) y cuarta bifurcación (ALCB). Los componentes del rendimiento registrados fueron: longitud de fruto (LFR);

were controlled by applying PREVICUR and DEROSAL® (Propamocarb + Carbendazim), directed at the root collar and foliage at a rate of 2 mL·L⁻¹.

A randomized complete block experimental design with three replicates was used; the experimental plot consisted of six plants of each variety (1 m²). The phenological variables assessed were: days to emergence (DTE); days to first, second and third true leaf (FTL, STL and TTL, respectively); days to first, second, third and fourth bifurcation (FB, SB, TB and FOB, respectively); days to flowering (DFL); days to fruiting (DFR); days to color change (DCC); and days to harvest (DHA). The morphological variables were: plant height (PH); stem diameter (ST); plant diameter (PD); and height of the first and fourth bifurcation (HFB and HFOB, respectively). Yield components recorded were: fruit length (FL); fruit width (FW); fruit weight (FWE); number of fruits per plant (FRPL); plant yield (PY); and plot yield (PLY). With the information obtained, an analysis of variance and a comparison of means test (Tukey $P \leq 0.05$) were performed for each variable using Statistical Analysis System software, version 9. Variables related to the seedling stage (such as days to emergence and days to first, second and third true leaf) were recorded only once, so the means comparison test was not performed and only the time elapsed of the biological event of each variety is indicated.

RESULTS

The hybrids Triple Star, Grandísimo and Cadia reached 50 % emergence between 20 and 30 days after sowing (das), which ranks them as slow to carry out this physiological process. In Diego and Itzel, >50 % emergence occurred at 15 das, and only Giacomo emerged early (9 das). As for the overall average, emergence occurred at 18 das (Figure 1).

ancho de fruto (ANFR); peso de fruto (PFR); número de frutos por planta (FRPL); rendimiento por planta (RPL) y rendimiento por parcela (RPAR). Con la información obtenida se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) para cada una de las variables, mediante el sistema computacional Statistical Analysis System versión 9. En las variables registradas en estado de plántula como días a emergencia, días a primera, segunda y tercera hoja verdadera, sólo se tomaron datos en una ocasión, por lo que no se hizo la prueba de comparación de medias y solamente se indica el tiempo transcurrido del evento biológico en cada variedad.

RESULTADOS

Los híbridos Triple Star, Grandísimo y Cadia alcanzaron el 50 % de la emergencia entre 20 y 30 días después de la siembra (dds), lo cual los ubica como lentos para llevar a cabo ese proceso fisiológico. En Diego e

Hybrids with slow germination also showed low rates of development and, consequently, it took longer for the first, second and third true leaf to appear in 50 % of their plants (Figures 2, 3 and 4); by contrast, the opposite occurred in hybrids that emerged early, such as Diego, Itzel and Giacomo. In these, the FTL, STL and TTL appeared at 31, 46 and 60 das, respectively. In general, the emission sequence of these organs occurred at 38, 52 and 61 das, respectively.

The hybrid Grandísimo developed slowly and did not show the first bifurcation until 21 days after transplanting (dat); by contrast, the hybrid Giacomo developed rapidly and at 6 dat had its FB (Table 3). Appearance of the SB, TB and FOB occurred differentially among hybrids: at 25, 30 and 36 dat in Grandísimo; at 22, 29 and 34 dat in Orión; and, in stark contrast, at 9, 15 and 25 dat in Giacomo. In terms of the average for all hybrids, FB occurred at 10 dat, SB at 16.5 dat, TB at 25 dat and FOB at 34 dat.

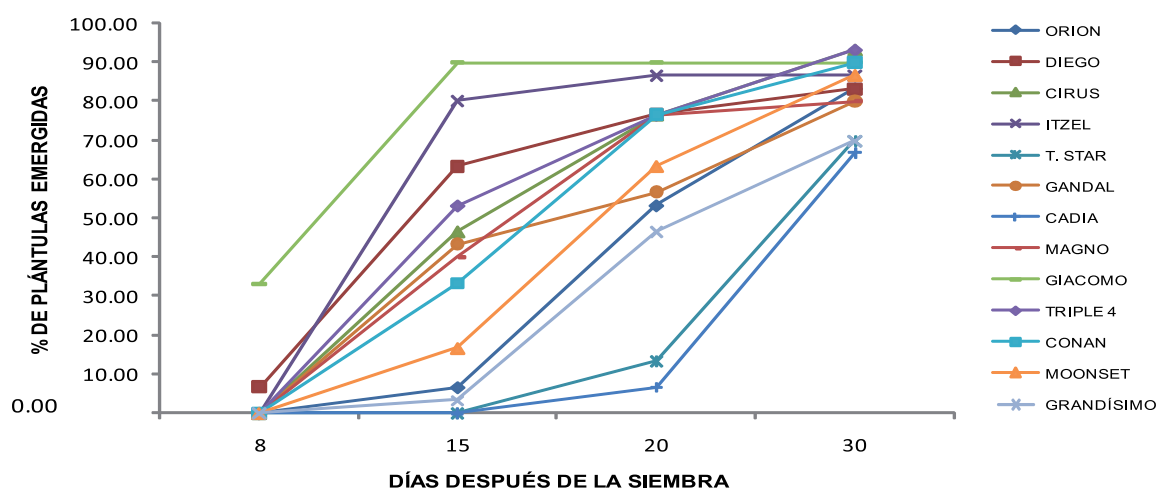


FIGURA 1. Cinética de la emergencia en 13 híbridos de pimienta morrón.

FIGURE 1. Kinetics of emergence in 13 bell pepper hybrids.

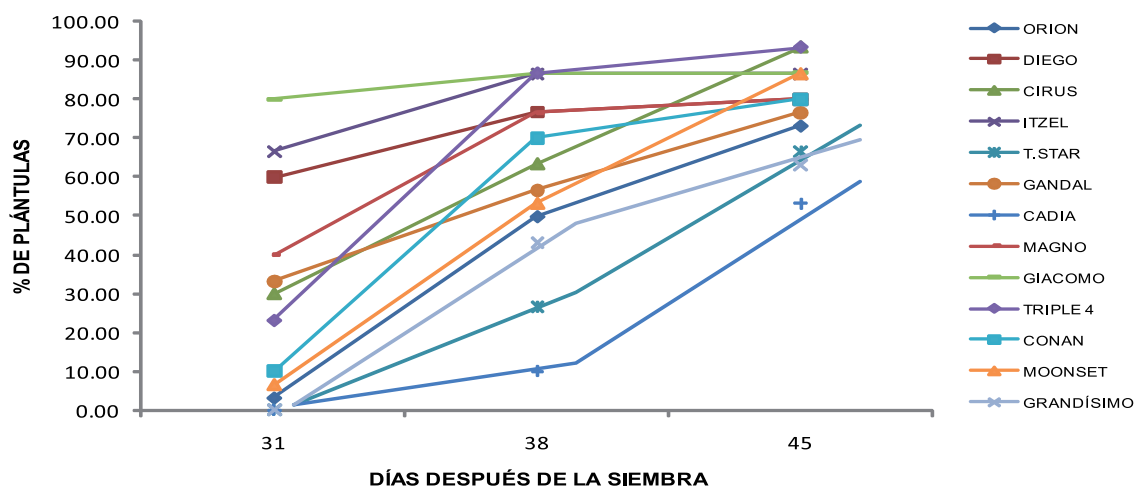


FIGURA 2. Días después de la siembra a la aparición de la primera hoja verdadera en 13 híbridos de pimienta morrón.

FIGURE 2. Days after sowing to the appearance of the first true leaf in 13 bell pepper hybrids.

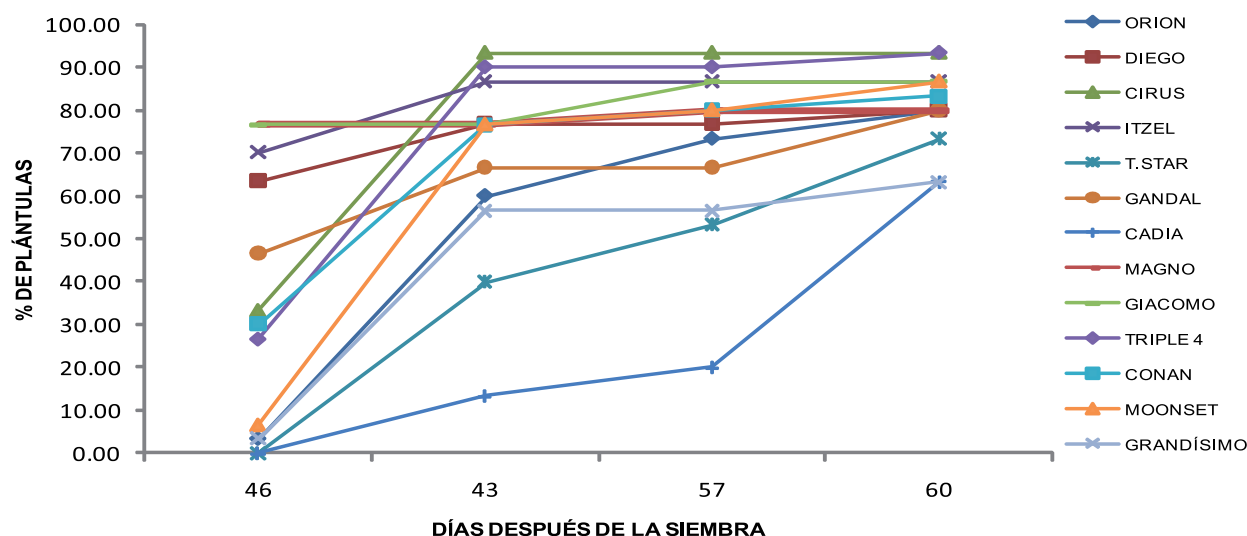


FIGURA 3. Días después de la siembra a la aparición de la segunda hoja verdadera en 13 híbridos de pimiento morrón.

FIGURE 3. Days after sowing to the appearance of the second true leaf in 13 bell pepper hybrids.

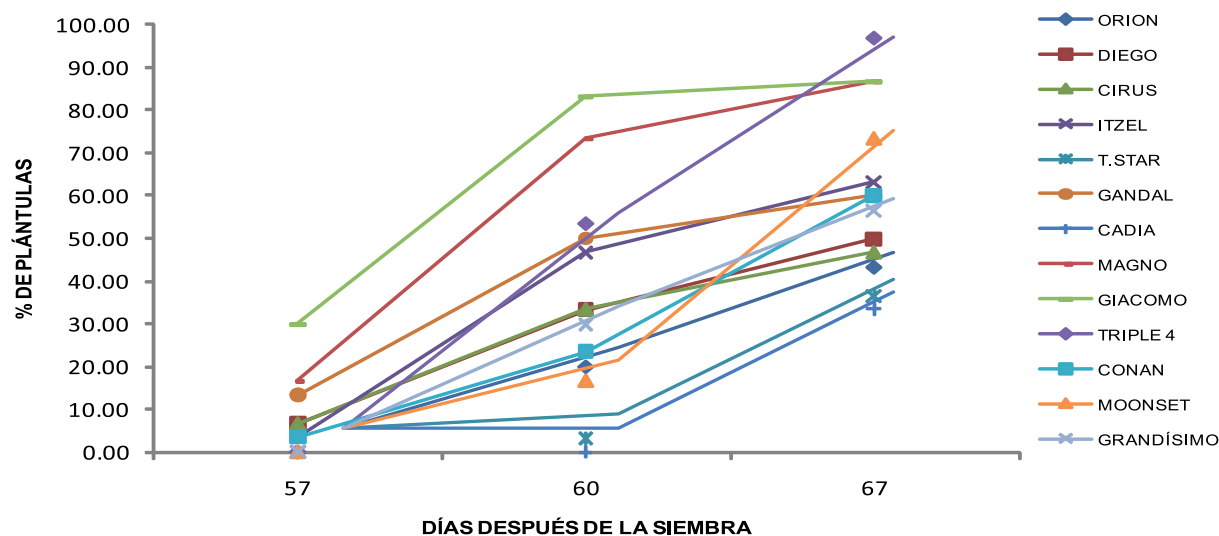


FIGURA 4. Días después de la siembra a la aparición de la tercera hoja verdadera en 13 híbridos de pimiento morrón.

FIGURE 4. Days after sowing to the appearance of the third true leaf in 13 bell pepper hybrids.

Itzel >50 % de emergencia ocurrió a los 15 dds, y sólo Giacomo emergió pronto (9 dds). En promedio general, la emergencia ocurrió a los 18 dds.

Los híbridos con germinación lenta también mostraron bajas tasas de desarrollo y, en consecuencia, tardó en aparecer la primera, segunda y tercera hoja verdadera en el 50 % de sus plantas (Figuras 2, 3 y 4); lo contrario ocurrió en los híbridos que emergieron pronto, como Diego, Itzel y Giacomo. En éstos, la PHV, SHV y THV apareció a los 31, 46 y 60 dds, respectivamente. De manera general, la secuencia de emisión de esos órganos ocurrió a los 38, 52 y 61 dds, en cada caso.

El híbrido Grandísimo se desarrolló en forma lenta y mostró la primera bifurcación hasta 21 días después del

The hybrid Grandísimo required until 45 dat to achieve flowering, so it is also characterized as one of the later hybrids; Diego, Cyrus, Itzel, Cadia, Conan, Moonset, Gandal, Magno, Giacomo and Triple 4 flowered around 30 dat. Fruit color change in the early hybrids (Giacomo: yellow; Magno: orange) took place at 85-86 dat, and were thus statistically different from Triple Star and Grandísimo, in which color change occurred at 99 and 104 dat, respectively. Therefore, these hybrids were not harvested until 118 and 111 dat, respectively, while in Magno and Giacomo harvesting was carried out at 91 dat. On average, flowering, fruiting, fruit color change or veraison and harvest occurred at 33, 44, 93 and 102 dat, respectively (Table 3).

There was variation in total plant height (Table 4). The variety Grandísimo (80.9 cm) was the tallest of the mate-

trasplante (ddt); por el contrario, el híbrido Giacomo se desarrolló rápidamente y a los 6 ddt tuvo la PB (Cuadro 3). La aparición de la SB, TB y CB ocurrió de manera diferencial entre híbridos: a los 25, 30 y 36 ddt en Grandísimo; a los 22, 29 y 34 ddt en Orión; mientras que en Giacomo fue a los 9, 15 y 25 ddt, respectivamente. En promedio de todos los híbridos, la PB ocurrió 10 ddt; SB a los 16.5 ddt; TB a los 25 ddt y CB a los 34 ddt.

El híbrido Grandísimo requirió 45 ddt para alcanzar la floración, por lo que también se caracteriza como uno de los híbridos más tardíos; Diego, Cyrus, Itzel, Cadia, Conan, Moonset, Gandal, Magno, Giacomo y Triple 4 florecieron alrededor de los 30 ddt. El cambio de color del fruto en los híbridos precoces (Giacomo: amarillo, y Magno: naranja) sucedió a los 85-86 ddt, y fueron estadísticamente diferentes de Triple Star y Grandísimo, en los cuales ocurrió a los 99 y 104 ddt, respectivamente; por lo tanto, la cosecha en estos híbridos se realizó, en cada caso, hasta los 118 y 111 ddt, mientras que en Magno y Giacomo se realizó a los 91 ddt. En promedio, la floración, fructificación, el cambio de color del fruto o envero y la cosecha ocurrieron a los 33, 44, 93 y 102 ddt, respectivamente (Cuadro 3).

Hubo variación en la altura total de planta (Cuadro 4); la variedad Grandísimo (80.9 cm) fue más alta que los demás materiales; Magno y Giacomo fueron los de

rials, while Magno and Giacomo had the lowest height (50 cm). These differences were mainly due to the difference in internode length, and not to the number of internodes, since all plants were pruned at the fourth bifurcation.

The hybrid Triple 4 had the largest diameter stems (1.9 cm), which enabled it to have good branch and fruit support; among the 12 remaining hybrids, there were no statistical differences in this character, and its value oscillated from 1.4 to 1.6 cm (Table 4).

The hybrid Grandísimo, with 68.9 cm in plant diameter or width, was superior to the other materials in this regard (Table 4); Cyrus, Moonset, Magno and Giacomo had more compact and closed plants, so they only reached 56 cm in PD. This characteristic allows establishing a greater number of plants per m² in the absence of strong competition for space and light, plus they are earlier hybrids than Grandísimo (Table 4). Grandísimo also achieved the greatest height at the first and fourth bifurcation (33 and 61 cm, respectively) and was statistically different than the other hybrids in these characteristics (Table 4); Triple Star and Gandal were the lowest, reaching only 20.8-19.4 cm and 39.1-35.2 cm in HFB and HFOB, respectively.

With regard to fruit yield and its morphological components, it was observed that the hybrid Orión had the widest

CUADRO 3. Comparaciones de medias de caracteres fenológicos en trece híbridos de pimiento morrón. Chapingo, México. 2007.

TABLE 3. Comparison of means of phenological characteristics in 13 bell pepper hybrids. Chapingo, Mexico. 2007.

VARIEDAD	DPB ^y	DSB	DTB	DCB	DFL	DFR	DCC	DC
Orión	15.0b [*]	21.7ab	29.3a	34.0ab	36.3ab	45.3ab	94.3abc	99.3bc
Diego	11.0bc	18.3abc	26.7ab	30.0abc	34.0b	45.3ab	93.3abc	102.7abc
Cyrus	9.0cd	18.3abc	26.7ab	33.3 ab	34.7b	44.3ab	91.7bc	104.0abc
Itzel	9.0cd	14.0bc	21.7bc	28.3bc	32.0b	43.0b	90.7bc	99.3bc
Triple Star	9.0cd	15.0bc	25.0ab	30.0abc	36.3ab	43.0b	99.3ab	110.7ab
Gandal	9.0cd	15.0bc	25.0ab	30.0abc	30.0b	40.0b	95.6abc	102.7abc
Cadia	11.0bc	15.0bc	25.0ab	30.0abc	32.0b	45.3ab	91.3bc	102.7abc
Magno	9.0cd	15.0bc	24.7ab	28.7bc	30.0b	42.0b	86.0c	91.0c
Giacomo	5.6d	9.0c	15.0c	25.0c	30.0b	38.7b	84.7c	91.0c
Triple 4	9.0cd	18.3abc	23.7ab	28.3bc	30.0b	42.0b	91.3bc	105.0abc
Conan	9.0cd	15.3bc	23.3ab	28.3bc	32.0b	45.3ab	91.3bc	105.0abc
Moonset	9.0cd	14.7bc	25.0ab	29.0abc	32.0b	43.0b	91.0bc	99.3bc
Grandísimo	21.0a	25.0a	30.0 a	36.0a	45.3 a	52.7a	104.0a	117.7a
Media gral.	10.4	16.5	24.6	30.0	33.4	43.8	92.6	102.3
DMS ^x	4.07	9.64	6.81	7.30	9.13	9.55	11.18	17.00
CV (%)	13.06	19.54	9.23	8.12	9.13	7.29	4.03	5.55

^{*}DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación.

^yDPB: Días a Primera Bifurcación; DSB: Días a Segunda Bifurcación; DTB: Días a Tercera Bifurcación; DCB: Días a Cuarta Bifurcación; DFL: Días a Floración; DFR: Días a Fructificación; DCC: Días a Cambio de Color del fruto; DC: Días a Cosecha.

^{*}Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^xDMS: Spanish acronym for Least Significant Difference; CV: Coefficient of Variation

^yDPB: Days to First Bifurcation; DSB: Days to Second Bifurcation; DTB: Days to Third Bifurcation; DCB: Days to Fourth Bifurcation; DFL: Days to Flowering; DFR: Days to Fruiting; DCC: Days to Fruit Color Change; DC: Days to Harvest.

^z Means with the same letter in each column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

menor altura (50 cm). Estas diferencias estuvieron dadas, principalmente, por diferencia en la longitud de entrenudos, y no por el número de entrenudo, ya que todas las plantas fueron podadas en la cuarta bifurcación.

El híbrido Triple 4 tuvo tallos de mayor diámetro (1.9 cm), lo que le permitió tener buen soporte de ramas y frutos; entre los 12 híbridos restantes no hubo diferencias estadísticas en este carácter, y su valor osciló desde 1.4 hasta 1.6 cm (Cuadro 4).

El híbrido Grandísimo, con 68.9 cm de diámetro o ancho de planta fue superior al resto de los materiales (Cuadro 4); Cyrus, Moonset, Magno y Giacomo tuvieron plantas más compactas y más cerradas, por lo que solamente alcanzaron 56 cm de ANPL; esta característica permite establecer mayor número de plantas por m² sin que exista fuerte competencia por espacio y luz, además de que son híbridos más precoces que Grandísimo (Cuadro 4); también este híbrido alcanzó mayor altura a

and heaviest fruits (9.2 cm and 178.7 g, respectively), while the Conan fruits were the longest (8.5 cm). In general, Cyrus produced fruits of lesser size and weight (Table 5).

In number of fruits per plant (FRPL), the hybrid Cadia stood out with 11.8, although statistically it was equal to 10 other materials in this characteristic; by contrast, the hybrids Itzel and Conan, which were statistically equal, had only 7 FRPL, being the lowest expression in this feature (Table 5).

The hybrid Orión, by performing well in yield components, such as fruit length and width (7.0 x 9.2 cm), fruit weight (178.7 g) and number of fruits per plant (10.7), reached a PY of nearly 2 kg·plant⁻¹, surpassing Moonset, Triple 4, Giacomo, Conan, Itzel, Gandal, Cyrus and Magno in this regard. Orión also had high PLY (11.5 kg·m⁻²), exceeding that of Conan, Itzel, Gandal, Cyrus and Magno (Table 5).

CUADRO 4. Comparación de medias para caracteres morfológicos de la planta de pimiento morrón. Chapingo, México. 2007.

TABLE 4. Comparison of means for morphological characters of the bell pepper plant. Chapingo, Mexico. 2007.

VARIEDAD	ALP ^y (cm)	DITA (cm)	ANPL (cm)	ALPB (cm)	ALCB (cm)
Orión	57.8bcd ^z	1.5b	61.4bc	25.0bcd	47.7b
Diego	51.7cde	1.6b	60.6bc	21.1de	39.2de
Cyrus	50.7de	1.4b	57.1c	25.8bc	40.9cd
Itzel	58.2bcd	1.5b	58.7bc	23.4bcde	40.3cde
Triple Star	59.6b	1.6b	65.2ab	20.8e	39.1de
Gandal	52.9bcde	1.7b	59.4bc	19.4e	35.2e
Cadia	53.8bcde	1.5b	61.8bc	23.0bcde	44.4bc
Magno	49.9e	1.4b	57.2c	22.3bcde	42.2cd
Giacomo	50.1e	1.5b	56.0c	21.6de	40.5cd
Triple 4	59.1bc	1.9a	59.9bc	21.3de	39.8cde
Conan	58.6bc	1.6b	60.6bc	21.7cde	39.7cde
Moonset	56.8bcde	1.7b	58.0c	26.1b	39.8cde
Grandísimo	80.9a	1.5b	68.9a	33.0a	61.0a
Media general	56.9	1.5	60.3	23.4	42.3
DMS ^x	7.58	0.23	7.08	4.06	5.09
CV (%)	8.15	9.39	7.37	10.99	7.50

^aDMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación.

^yALPT: Altura de Planta; DITA: Diámetro de Tallo; ANPL: Ancho de Planta; ALPB: Altura de la Primera Bifurcación; ALCB: Altura de la Cuarta Bifurcación.

^zMedias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^xDMS: Spanish acronym for Least Significant Difference; CV: Coefficient of Variation

^yALPT: Plant Height; DITA: Stem Diameter; ANPL: Plant Width; ALPB: Height of the First Bifurcation; ALCB: Height of the Fourth Bifurcation.

^zMeans with the same letter in each column are statistically equal according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

la primera (33 cm) y cuarta bifurcación (61 cm) y resultó estadísticamente diferente a los demás híbridos en estas características (Cuadro 4); Triple Star y Gandal fueron más bajos, pues solamente alcanzaron 20.8-19.4 cm y 39.1-35.2 cm de ALPB y ALCB, respectivamente.

Con respecto al rendimiento de fruto y sus componentes morfológicos, se observó que el híbrido Orión tuvo frutos más anchos (9.2 cm) y más pesados (178.7 g) y en Conan éstos fueron más largos (8.5 cm). En general, Cyrus produjo frutos de menor tamaño y peso (Cuadro 5).

En número de frutos por planta (FRPL) destacó el híbrido Cadia (11.8); aunque estadísticamente fue igual a otros 10 materiales en esta característica; por el contrario, los híbridos Itzel y Conan, que fueron estadísticamente iguales, presentaron solamente 7 FRPL, siendo los de menor expresión en tal carácter (Cuadro 5).

El híbrido Orión, al tener buen comportamiento en los componentes del rendimiento, como el largo y ancho

GENERAL DISCUSSION

Significant differences were found in the phenological behavior of the genetic materials evaluated, which agrees with the findings of Inoue and Reifschneider (1989), Fernandes *et al.* (2004), Montes *et al.* (2004) and Mundarain *et al.* (2005), among others. Emergence began at 6 das in the materials that produce yellow and orange fruit, and was delayed until 21 das for those with red fruit. These results approximate the period from 9 to 13 days required for the species to germinate, as indicated by Inoue and Reifschneider (1989) and Fernandes *et al.* (2004). It is possible that incident temperature within the greenhouse (<15 °C) influenced this physiological process, as the structure had no heating to create an optimal environment for germination, which is 18 °C (Cásseres, 1984); as noted by Guenkov (1983), the lowest temperature that pepper (*Capsicum* spp.) seeds tolerate during germination is 12 to 13 °C, and at such a temperature germination is slow (20-25 days), whereas at 20-25 °C germination begins at seven or eight days.

CUADRO 5. Comparación de medias del rendimiento de fruto y sus componentes en trece híbridos de pimiento morrón. Chapingo, México. 2007.

TABLE 5. Comparison of means of fruit yield and its components in thirteen bell pepper hybrids. Chapingo, Mexico.

VARIEDAD	LFR ^y (cm)	ANFR (cm)	PFR (g)	FRPL (#)	RPL (g)	RPAR (g)
Orión	7.0abc ^z	9.2 ^a	178.7a	10.8ab	1922.2a	11533a
Diego	7.6abc	7.8ab	154.0abcd	10.4ab	1574.2abcd	9445abc
Cyrus	5.0c	7.4ab	98.0e	10.3ab	1018.9d	6113bc
Itzel	7.6abc	8.1ab	157.9abc	7.2b	1095.3cd	6572bc
Triple Star	7.1abc	7.7ab	152.7abcd	11.1ab	1705.0abc	10230abc
Gandal	5.7bc	7.3b	122.7cde	9.2ab	1088.2cd	6529bc
Cadia	5.9abc	8.1ab	125.4bcde	11.8a	1493.4abcd	8961abc
Magno	6.1abc	7.5ab	114.5de	8.8ab	958.2d	5749c
Giacomo	7.0abc	7.7ab	133.0bcde	9.1ab	1241.0bcd	7446abc
Triple 4	6.9abc	7.8ab	125.5bcde	10.3ab	1258.2bcd	7549abc
Conan	8.5a	8.9ab	166.7ab	7.1b	1139.0cd	6834bc
Moonset	6.6abc	8.9ab	141.7abcd	9.0ab	1287.0bcd	7722abc
Grandísimo	7.8ab	9.0ab	159.4abc	11.1ab	1767.3ab	10604ab
Media gral.	6.8	8.1	140.7	9.7	1349.8	6310.6
DMS ^x	2.70	1.82	42.64	4.24	622.09	4633.5
CV (%)	13.19	7.53	18.93	27.31	28.80	19.13

^x DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación.

^y LFR: Largo de Fruto; ANFR: Ancho de Fruto; PFR: Peso de Fruto; FRPL: Frutos por Planta; RPL: Rendimiento por Planta; RPAR: Rendimiento por Parcela.

^z Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^x DMS: Spanish acronym for Least Significant Difference; CV: Coefficient of Variation

^y LFR: Fruit Length; ANFR: Fruit Width; PFR: Fruit Weight; FRPL: Fruits per Plant; RPL: Yield per Plant; RPAR: Yield per Plot.

^z Means with the same letter in each column are statistically equal according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

de fruto (7.0 x 9.2 cm), peso de fruto (178.7 g) y número de frutos por planta (10.7), alcanzó un RPL de casi de 2 kg·planta⁻¹ y superó en éste a Moonset, Triple 4, Giacomo, Conan, Itzel, Gandal, Cyrus y Magno; también tuvo alto RPAR (11.5 kg·m⁻²), en cuyo caso superó a Conan, Itzel, Gandal, Cyrus y Magno (Cuadro 5).

DISCUSIÓN GENERAL

Se encontraron diferencias significativas en el comportamiento fenológico de los materiales genéticos evaluados, lo cual coincide con resultados de Inoue y Reifschneider (1989), Fernandes *et al.* (2004), Montes *et al.* (2004) y Mundarain *et al.* (2005), entre otros. La emergencia se inició a los 6 dds en los materiales que producen fruto de color amarillo y naranja, y se prolongó hasta 21 dds para aquellos con fruto de color rojo; tales resultados se aproximan al periodo de 9 a 13 días que requiere la especie para germinar, como lo indican Inoue y Reifschneider (1989) y Fernandes *et al.* (2004). Es posible que en este proceso fisiológico haya influido la temperatura incidente dentro del invernadero (<15 °C), ya que no contaba con calefacción para generar un ambiente óptimo para la germinación, que es de 18 °C (Cásseres, 1984); pues, como señala Guenkov (1983), la temperatura más baja que toleran las semillas de chile (*Capsicum* spp.) durante la germinación es 12 a 13 °C, y a semejante temperatura la germinación es lenta (20-25 días), mientras que a 20-25 °C la germinación comienza a los siete u ocho días.

En general, los híbridos con frutos de color rojo (Grandísimo y Triple Star) fueron más tardíos, ya que completaron su ciclo, de trasplante-cosecha, entre 99 y 118 días, mientras que en aquellos que tienen frutos de color amarillo (Giacomo, Moonset, Diego y Cadia) o naranja (Magno) fue de 91 a 102 días. Estos resultados son similares a los que obtuvieron Mundarain *et al.* (2005), quienes mencionan que la tasa de desarrollo de la plántula depende de la temperatura ambiental y de la cantidad de reservas del embrión, capacidad fotosintética y características genéticas del material utilizado. Sin embargo, el periodo a maduración observado difiere de los 85 días requeridos por las variedades y 107 días por las tardías, según lo mencionan Inoue y Reifschneider (1989) y Fernandes *et al.* (2004), debido a las diferencias del material genético utilizado, de las condiciones de cultivo o ambientales y de la interacción entre ambos factores que ocasiona amplias respuestas de los diferentes cultivos y variedades (Mundarain *et al.*, 2005).

En comparación con el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), cultivado a cielo abierto en suelo, la duración del ciclo biológico del pimiento morrón es más prolongada. Esto se puede apreciar claramente en el periodo de ocurrencia de algunas fases fenológicas como la floración y fructificación, que en el chile habanero se alcanzan a los 63 y 85-87 dds, respectivamente (Trujillo *et al.*, 2004), y en pimiento morrón se

In general, hybrids with red fruits (Grandísimo and Triple Star) were later, as they completed their transplant-harvest cycle between 99 and 118 days, while those with yellow fruits (Giacomo, Moonset, Diego and Cadia) or orange ones (Magno) took 91 to 102 days. These results are similar to those obtained by Mundarain *et al.* (2005), who mentioned that seedling development rate depends on ambient temperature and the amount of embryo reserves, photosynthetic capacity and genetic characteristics of the material used. However, the observed period to ripening differs from the 85 days required by the early varieties and the 107 days by the late ones, as mentioned by Inoue and Reifschneider (1989) and Fernandes *et al.* (2004), due to differences in the genetic material used, the growing or environmental conditions and the interaction between the two factors, resulting in extensive responses in different crops and varieties (Mundarain *et al.*, 2005).

Compared with the habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq), grown in the ground under the field conditions, the biological cycle of the bell pepper is longer. This can be clearly seen in the occurrence period of some phenological phases, such as flowering and fruiting, which in the habanero pepper were achieved at 63 and 85-87 das, respectively (Trujillo *et al.*, 2004), whereas in bell pepper they took place at 100 and 111 das, respectively, which contrasts with the period of 70 to 93 days reported by Fernandes *et al.* (2004).

The difference in the number of fruits produced by the plants of each hybrid can be attributed to the abortion of buds, flowers and fruits, which occurred mostly in the large-fruited materials such as Itzel and Conan. According to Wien (1999), the main causative agents of flower fall are high temperature, low radiation intensity, the presence of fruit in the rapid growth stage and biotic agents. The difference in the number of fruits produced by each plant influenced their individual yield and that of each plot. By contrast, some hybrids with a greater number of fruits, due to a higher fruit set, achieved smaller size (length and width) and lower quality, which is consistent with the results reported by Cebula (1995). These fruit characteristics reflect the effect of the severity of pruning at the fourth bifurcation for some hybrids, accentuated when pruned at the last bifurcation. However, some materials had fruit with acceptable dimensions for national marketing, according to the minimum requirements of Mexican standards (highest quality).

Among the hybrids assessed, some had good behavior in terms of good-sized fruits, a good number of fruits per plant without losing quality or size, and high yield per individual (1.92 kg·plant⁻¹) and plot (11.5 kg·m⁻²), exceeding the 8 to 10 kg·m⁻² yield estimated by Nuez *et al.* (1996) in a greenhouse during a spring cycle similar to that in which this crop developed.

When performing an extrapolation of the maximum yield obtained in the conditions under which the experi-

logran a los 100 y 111 dds, en cada caso; y que contrastan con el periodo de 70 a 93 días indicados por Fernandes *et al.* (2004).

La diferencia en el número de frutos que produjeron las plantas de cada uno de los híbridos se puede atribuir a la aborción de botones, flores y frutos, que ocurrió mayormente en los materiales de fruto grande como Itzel y Conan. De acuerdo con Wien (1999), los principales agentes causales de la caída de flores son alta temperatura, baja intensidad de radiación, presencia de fruto en la etapa de crecimiento rápido y de agentes bióticos; la diferencia en el número de frutos que produjo cada planta influyó en el rendimiento individual de éstas y en el de cada parcela. Por lo contrario, en algunos híbridos con mayor número de frutos por planta, producto de un mayor amarre, éstos alcanzaron menor tamaño (largo y ancho) y menor calidad, lo cual coincide con resultados de Cebula (1995); estas características del fruto reflejaron el efecto de la severidad de la poda en la cuarta bifurcación para algunos híbridos, acentuándose cuando se podó en la última bifurcación; sin embargo, algunos materiales tuvieron fruto con dimensiones aceptables para su comercialización nacional, según los requerimientos mínimos de las normas mexicanas (calidad suprema).

Dentro de los híbridos evaluados, algunos tuvieron buen comportamiento al contar con frutos de buen tamaño, planta con buen número de frutos sin perder calidad ni tamaño y con rendimiento individual ($1.92 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$) y por parcela ($11.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$), superando lo calculado por Nuez *et al.* (1996) de 8 a $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en invernadero durante un ciclo de primavera semejante a aquel en que se desarrolló este cultivo.

Al realizar una extrapolación del rendimiento máximo obtenido en las condiciones en que se desarrolló el experimento, en una hectárea es factible obtener $115 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, en un ciclo no mayor a seis meses de duración, desde la siembra hasta fin de cosecha, por lo que se podrían lograr hasta $230 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ haciendo dos ciclos de cultivo al año, lo cual es un rendimiento mayor de lo reportado por la Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal (FUMIAF, 2005), para la producción en invernadero con tecnología intermedia ($130 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) y cercano a lo reportado en los Países Bajos, $272 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (FAO, 2007), con la ventaja de no necesitar elevada inversión para la producción de este cultivo, ya que en este estudio se usó un invernadero con tecnología mediana que está al alcance de muchos productores del país.

Los híbridos Cyrus, Moonset, Magno y Giacomo tuvieron plantas más compactas y cerradas que, aunque fueron de menor rendimiento que el híbrido Grandísimo, posibilitan tener un mayor número de plantas por unidad de superficie sin que la radiación solar incidente o el espacio sean factores limitantes, además de ser materiales precoces, lo que incrementaría el rendimiento por unidad de superficie y tiempo. Por otro lado, el híbrido Grandísimo aunque es de alto rendimiento tiene una planta más ancha, lo que dificultaría su manejo en mayor densidad a la aquí evaluada.

ment was conducted, in a hectare it is possible to obtain $115 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in a cycle not exceeding six months, from sowing through to harvest. Therefore, up to $230 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ could be achieved by two crop cycles per year, which is a higher yield than that reported by the Mexican Foundation for Agricultural and Forestry Research (known by the Spanish acronym FUMIAF) in 2005 for greenhouse production with intermediate technology ($130 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$) and close to that reported in the Netherlands, $272 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (FAO, 2007), with the advantage of not requiring high investment for the production of this crop, since in this study we used a medium-technology greenhouse that is within the financial reach of many Mexican producers.

The hybrids Cyrus, Moonset, Magno and Giacomo were more compact and closed plants, which, although they had lower yield than the hybrid Grandísimo, enable them to have a greater number of plants per unit area without incident solar radiation or space being limiting factors. In addition, they are early materials, thereby increasing yield per unit area and time. On the other hand, the hybrid Grandísimo, although it has a high yield, is a wider plant, hampering its management in a higher density than that assessed here.

CONCLUSIONS

In general, the hybrid Giacomo, with yellow fruit and only 91 days from transplant to harvest, was the earliest in the group of 13 hybrids assessed. Conversely, red-colored Grandísimo was the latest, having a cycle of 117 days from transplant to harvest.

On average for the 13 bell pepper hybrids, emergence occurred at 16 das; the first, second and third true leaves appeared at 37, 47 and 61 das, respectively; the first, second, third and fourth bifurcations occurred at 10, 17, 25 and 30 das, while flowering, fruiting, color change (veraison) and harvest began at 33, 44, 93 and 102 das, respectively.

The hybrid Orión had good-quality fruit with average individual weight of 178.7 g, plus greater width (9.2 cm) and length (7 cm), meeting the standards of top-quality fruit in the domestic market. Consequently, it had the highest yield per plant ($1.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) and per plot ($11.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$); the hybrid Magno had the lowest yield ($5.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$).

End of English Version

CONCLUSIONES

En general, el híbrido Giacomo, con frutos de color amarillo y sólo 91 días de trasplante a cosecha, fue el más precoz dentro del grupo de 13 híbridos evaluados. De forma contraria, Grandísimo, de color rojo, fue el más tardío al tener un ciclo de 117 días de trasplante a cosecha.

En promedio de los 13 híbridos de pimiento morrón, la emergencia ocurrió a los 16 dds; la primera, segunda y tercera hojas verdaderas aparecieron a los 37, 47 y 61 dds, respectivamente; la primera, segunda, tercera y cuarta bifurcaciones ocurrieron a los 10, 17, 25 y 30 ddt; mientras que la floración, fructificación, cambio de color (envero) y cosecha iniciaron a los 33, 44, 93 y 102 ddt, en cada caso.

El híbrido Orión tuvo buena calidad de fruto con peso promedio individual de 178.7 g, así como mayor anchura (9.2 cm) y longitud (7 cm), comportándose como frutos de primera calidad dentro del mercado nacional. Consecuentemente, presentó el mayor rendimiento por planta (1.9 kg·m⁻²) y por parcela (11.5 kg·m⁻²); el híbrido de menor rendimiento fue Magno (5.7 kg·m⁻²).

LITERATURA CITADA

- BENACCHIO S., S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo potencial de producción en el Trópico Americano. PONAIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- CÁSSERES E. 1984. Producción de Hortalizas. IICA. San José, Costa Rica. pp. 107-118.
- CAUTIN, R.; AUGUSTI, M. 2005. Phenological growth stages of the cherimoya tree (*Annona cherimola* Mill.). Scientia Horticulturae 105: 491-597.
- CEBULA E. 1995. Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. Acta Horticulturae 412: 321-329.
- CIDH (Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas). 2007. Consultado el 01 de octubre de 2008. Página electrónica: www.cidh.org.mx.
- DOORENBOS J.; KASSAMA A., H. 1979. Efecto del Agua Sobre el Rendimiento de los Cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm. 33. FAO. Roma. 212 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. Informe Estadístico. Consultado el 01 de octubre de 2008. Página electrónica: www.faostat.fao.org.
- FERNANDES Da S., D. F.; CARMO O., M.; PINHEIRO M., L. H.; NODA, H.; MANOARES M., F. 2004. Diversidade Fenotípica em Pimentas Cultivadas na Amazônia. Associação Brasileira de Horticultura. Anais CBO 2004. Página electrónica: <http://www.abhorticultura.com.br/CBO/>
- FUMIAF (Fundación Mexicana de Investigación Agropecuaria y Forestal). 2005. Cultivo de Pimiento en Invernaderos de Alta Tecnología en México. Consultado 01 de octubre de 2008. Página electrónica: www.fumiaf.sagarpa.com.mx
- GUENKOV G. 1983. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 143-156.
- INOUE, A. K.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. 1989. Caracterização da coleção de germoplasma de Capsicum do CNPq. Horticultura Brasileira 7: 10-18.
- MONTES H., S.; HEREDIA G., E.; AGUIRRE G., J. A. 2004. Fenología del cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.). Memorias de la Primera Convención Mundial del Chile 2004. Consejo Nacional de Productores de Chiles. León, Guanajuato. pp. 43-47.
- MUNDARAIN, S.; COA, M.; CAÑIZARES, A. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.). Revista UDO Agrícola 5(1): 62-67.
- NUEZ V., F.; GIL R., O.; COSTA G., J. 1996. Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. México, D.F. 607 p.
- RUIZ-CORRAL, J. A.; MEDINA G., G.; GONZÁLEZ A., I. J.; ORTIZ T., C.; FLORES H., E.; MARTÍNEZ P., R. A.; BYERLY M., K. F. 1999. Requerimientos Agroclimáticos de Cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Guadalajara, Jalisco. pp. 94-97.
- SOTO-ORTIZ, R.; SILVERTOOTH, J. C.; GALADIMA, A. 2006. Crop Phenology for Irrigated Chiles (*Capsicum annuum* L.) in Arizona and New Mexico. College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. 2006 Vegetable Report. Página electrónica: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1419/contents.html>
- SOTO-ORTIZ, R.; SILVERTOOTH, J. C. 2008. A Crop Phenology Model for Irrigated New Mexico Chile (*Capsicum annuum* L.) Type Varieties. College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. The 2007 Vegetable Report. pp. 104-112. Página electrónica: <http://www.azrangelands.org/pubs/crops/az1438/>
- TORRES R., E. 1995. Agrometeorología. Ed. Trillas. México, D. F. pp. 68-80, 106-113.
- TRUJILLO A., J. J.; GUTIÉRREZ A., O.; PÉREZ LL., C DEL. R. 2004. Morfología de planta y fenología de genotipos de chile habanero (*Capsicum annuum* L.) colectados en Yucatán, México. Memorias de la Primera Convención Mundial del Chile 2004. Consejo Nacional de Productores de Chiles. León, Guanajuato. pp. 59-63.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2003. Processing Chile Pepper Pilot Loss Adjustment Standards Handbook 2004 and Succeeding Crop Years. Washington, D.C. pp. 9-13.
- WIEN H., C. 1999. Pepper, pp. 259-293, In: The Physiology of Vegetable Crops. Wien, H.C. (ed.) CABI Publishing Wallingford, UK.
- WURR, D. C. E.; FELLOWS, J. R.; PHELPS, K. 2002. Crop Scheduling and Prediction - Principles and Opportunities with Field Vegetables. Advances in Agronomy 76: 201-234.