

Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental de chile poblano (*capsicum annuum* L. var. *grossum* sendt), bajo invernadero

Nereo Martínez-Andrade

roverdemixteco@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3323-6648>

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo,
Carretera México-Texcoco Km. 38.5, Chapingo, México.,
C.P. 56230. México.

Rogelio Castro-Brindis

rcbrindis69@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8668-8621>

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo,
Carretera México-Texcoco Km. 38.5, Chapingo, México.,
C.P. 56230. México.

Mario Pérez-Grajales

perezgm7@yahoo.com.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3769-2357>

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo,
Carretera México-Texcoco Km. 38.5, Chapingo, México.,
C.P. 56230. México.

Juan Enrique Rodríguez-Pérez

erodriguezx@yahoo.com.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5841-0083>

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo,
Carretera México-Texcoco Km. 38.5, Chapingo, México.,
C.P. 56230. México.

Correspondencia: roverdemixteco@hotmail.com

Artículo recibido 26 diciembre 2022 Aceptado para publicación: 26 enero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Martínez-Andrade, N., Castro-Brindis, R., Pérez-Grajales, M., & Rodríguez-Pérez, J. E. (2023). Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental de chile poblano (*capsicum annuum* L. var. *grossum* sendt), bajo invernadero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 1950-1971. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4536

RESUMEN

El chile es una especie vegetal con extensa dispersión y diversidad biológica en México, dentro de esta diversidad sobresale el chile poblano, el cual se identifica como una hortaliza muy demandada durante todo el año. En la presente investigación se realizó un análisis de crecimiento de plantas de chile poblano variedad Caballero con el objetivo de identificar las fases de crecimiento vegetal respecto a su demanda nutrimental y respuesta en rendimiento biológico. Dicho ensayo se llevó a cabo en condiciones de hidroponía e invernadero, en donde se evaluaron cuatro niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva de Steiner (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 dS/m) durante 135 días después del trasplante. El rendimiento varió de 1686.0 a 2401.5 g, siendo la solución nutritiva de 2.5 dS/m la que registro el valor más alto. El área foliar fluctuó entre 6615.50 a 9535.00 cm². A los 135 días después del trasplante, la hoja fue el órgano que acumuló los valores más bajos de materia seca (48.06-68.74), mientras que el fruto fue el más alto representando más del 50 % de la materia seca total. Con la solución nutritiva a 2.5 dS/m tuvo los valores más altos en tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, tasa de asimilación neta y razón de área foliar.

Palabras claves: hidroponia; nutrición vegetal; biomasa; crecimiento vegetal.

Growth analysis and nutritional dynamics of poblano hot pepper (*Capsicum annuum* L. var. *Grossum* sendt) under greenhouse conditions

ABSTRACT

Chili is a plant species with extensive dispersion and biological diversity in Mexico, within this biological diversity, the poblano pepper stands out, which is considered as a highly demanded vegetable throughout the year. In the present investigation, a growth analysis in poblano pepper 'Caballero' Variety was carried out to identify the phases of plant growth based on their nutritional demand and response in biological performance. This trial was carried out under hydroponic and greenhouse conditions, where four levels of electrical conductivity in Steiner's nutrient solution were evaluated (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 dS/m) for 135 days after transplantation. The yield varied from 1686.0 to 2401.5 g, being the nutrient solution of 2.5 dS / m exhibiting the highest value. The leaf area ranged from 6615.50 to 9535.00 cm². At 135 days after transplanting, the leaf was the organ that accumulated the lowest values of dry matter (48.06-68.74), while the fruit was the highest, representing more than 50 % of the total dry matter. It was observed that the nutritive solution at 2.5 dS/m had the highest values in absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate, and leaf area ratio.

Keywords: *hydroponics; plant nutrition; biomass; plant growth.*

INTRODUCCIÓN

Los procesos fisiológicos que conllevan al crecimiento de los diferentes órganos de la planta dependen directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación entre otros procesos, que generan el incremento irreversible de materia seca, acompañado de cambios morfológicos (Hunt, 2003). El crecimiento es el cambio irreversible en tamaño, forma y masa que son generados por procesos de división y elongación celular, fotosíntesis y otros procesos fisiológicos como una función del genotipo y el complejo ambiental (Hunt, 2003; Gomes *et al.*, 1999).

El análisis de crecimiento es una metodología para cuantificar los efectos simultáneos de factores ambientales que influyen en la eficiencia y utilización de la radiación y, por lo tanto, en la estimación de la producción fotosintética neta, es decir, la cantidad de biomasa acumulada menos las pérdidas por respiración (Hunt, 2003). La elaboración de curvas de crecimiento permite conocer sobre el proceso de acumulación y distribución de biomasa a lo largo del ciclo o en una etapa específica de desarrollo, tanto en la planta completa como en sus diferentes órganos, de modo que permite conocer la relación entre la fuente y la demanda (Casierra *et al.*, 2009). La productividad de un cultivo, en términos biológicos comienza a definirse desde el inicio del ciclo de producción comercial, y es afectada por diversos factores, algunos de ellos propios del genotipo, otros del ambiente, y otros de las condiciones de manejo (Anten y Pooter, 2009; Pooter *et al.*, 2014; Körner, 2015).

El análisis de crecimiento es indispensable para determinar una respuesta óptima a determinado tratamiento, dado que permite una aproximación cuantitativa del crecimiento de una planta o una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas. Las curvas de crecimiento se forman por medio de índices que evalúan de manera cuantitativa el crecimiento de las plantas, involucran técnicas mediante comparaciones que permiten estudiar los patrones de crecimiento vegetal a través del seguimiento de la acumulación y la variación de peso seco y el área foliar en función del tiempo. Esta información permite describir el comportamiento del crecimiento de la planta, sus partes y las relaciones que se producen entre el aparato asimilatorio y la producción de biomasa (Gardner *et al.*, 2003).

Las técnicas de análisis de crecimiento brindan la posibilidad de comparar las respuestas frente a modificaciones del ambiente aéreo y radical, y facilitan cambios en las rutinas de

manejo y conducción de cultivos a través de los efectos que estos generan sobre los procesos fisiológicos asociados con la productividad a nivel de planta y cultivo. Constituyen, además, una herramienta que amplía nuestro horizonte de conocimiento agronómico y facilita su difusión (Di Benedetto y Tognetti, 2016).

El crecimiento de una planta se puede valorar mediante el análisis de peso seco y área foliar en relación con el tiempo (Hunt, 2003), de las cuales se obtiene una curva sigmoide en la que se reconocen tres fases: exponencial o logarítmica lineal, y estado constante o final (Casierra-Posada *et al.*, 2003). Dicho análisis involucra técnicas que utilizan índices fisiotécnicos tales como: Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) la cual mide la velocidad del incremento en peso seco de la planta ($\text{g}\cdot\text{día}^{-1}$); Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) que expresa el aumento de peso seco total por unidad de tiempo y disminuye a medida que avanza la edad de la planta (Ghanem *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2015); Razón de Área Foliar (RAF) es la relación que existe entre el área foliar total y el peso seco total por órgano (raíz, tallo, hoja, fruto) de la planta; Tasa de Asimilación Neta (TAN) es un indicador que expresa el aumento del peso seco total de la planta por unidad de superficie foliar y por unidad de tiempo; e Índice de Área Foliar (IAF) (Hunt, 2003).

La producción de materia seca total es resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la cantidad de radiación solar, habilidad de las hojas para fotosintetizar, IAF, arquitectura de la planta, respiración, y nutrición de la planta, entre otros. Esto se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo (Lahlou *et al.*, 2003; Tekaling y Hammes, 2005). Ante ello el manejo de los cultivos se puede mejorar ampliamente mediante el análisis de crecimiento (Casierra *et al.*, 2009). Por ello, en este estudio se registró y se ajustó mediante el modelo logístico la acumulación de materia seca en la biomasa aérea total y área foliar del chile poblano; y con ello se calcularon los índices de eficiencia fisiotécnica: TAC, TRC, TAN y RAF, como criterio para el manejo agronómico y nutrimental del chile poblano.

METODOLOGÍA

Condiciones Experimentales

La presente investigación se llevó a cabo en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, localizado a 19° 29' LN y 98° 53' LO, a 2240 msnm, con un clima (CWo(w))'g descrito como templado subhúmedo, el más seco de su grupo, lluvias en verano, poca oscilación térmica, marcha de la temperatura tipo Ganges (García, 1965); temperatura media anual de 15.2 °C, precipitación media anual de 636.5 mm, y 3.86 % de lluvia invernal. El genotipo evaluado fue chile poblano (*Capsicum annuum* L. var. Grossum sendt), variedad Caballero (Sakata®).

Tratamientos

Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico, se empleó la Solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984), con cuatro niveles de conductividad eléctrica (Cuadro 1). Las cantidades de micronutrimentos en la solución nutritiva fueron: 10.74, 2.46, 1.14, 1.3 y 1.7 mg·kg⁻¹ de Fe, Mn, Zn, Cu y B, respectivamente.

Cuadro 1. *Tratamientos en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.*

Tratamiento	CE (dS/m)	Cationes (mEq·litro ⁻¹)			Aniones (mEq·litro ⁻¹)			PO (MPa)
		Ca	Mg	K	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	
1	1.0	4.5	2	3.5	6.0	0.5	3.5	0.036
2	1.5	6.75	3	5.25	9.0	0.75	5.25	0.054
3	2.0	9.0	4	7.0	12.0	1.0	7.0	0.072
4	2.5	11.25	5	8.75	15.0	1.25	8.75	0.090

CE: Conductividad Eléctrica (dS/m) 1.0 (50 %); 1.5 (75 %); 2.0 (100 %); 2.5 (125 %); PO: Potencial Osmótico de la solución nutritiva (MPa) 0.036 (50 %); 0.054 (75 %); 0.072 (100 %); 0.090 (125 %); mEq·litro⁻¹: Miliequivalente por litro.

Diseño experimental

Se empleó el diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental y de muestreo consistió en una planta en maceta de polietileno negro de 40 x 45 cm calibre 700; como sustrato se utilizó tezontle rojo (3-5 mm). La distancia entre macetas fue de 0.3 m y 1.5 m entre hileras. Se cuantificó la acumulación de materia seca de hoja, tallo, fruto y total (g), así como el área foliar a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días después del trasplante (ddt).

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron medidas cada 15 días a partir del trasplante. El número de frutos y hojas por planta se cuantificaron al momento de cada muestreo; el área foliar (cm^2) se midió con un integrador de área foliar Delta-TMK2; para cuantificar el peso fresco y seco (g) se separaron las diferentes estructuras como frutos, tallos y hojas; se registró largo (cm) y ancho (cm) de fruto, y se obtuvo el índice de cosecha a partir de materia seca de fruto respecto a la materia seca total. Los datos obtenidos de la acumulación de materia seca y área foliar se ajustaron mediante regresión no lineal con el modelo logístico (Richard, 1959) para conocer el comportamiento de los índices fisiotécnicos:

$$MS(ddt) = A / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})$$

$$AF(ddt) = A / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})$$

Los índices de eficiencia fisiológica se estimaron con las siguientes ecuaciones:

$$TAC = MS' = A \cdot n \cdot k \cdot e^{-k \cdot ddt} / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})^2$$

$$TRC = MS' / MS = [A \cdot n \cdot k \cdot e^{-k \cdot ddt} / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})^2] / [A / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})]$$

$$TAN = MS' / AF$$

$$= [A \cdot n \cdot k \cdot e^{-k \cdot ddt} / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})^2] / [A / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})]$$

$$RAF = AF / MS = [A / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})] / [A / (1 + n \cdot e^{-k \cdot ddt})]$$

Donde: ddt = días después del trasplante, MS (ddt) = materia seca, AF (ddt) = área foliar y MS' (ddt) = primera derivada de la función logística en función de los días después del trasplante (ddt), A = valor máximo de la materia seca en la biomasa aérea total o del área foliar, k = tasa constante que determina la amplitud de la curva y n = no tiene significado biológico y sólo toma lugar en el tiempo inicial cuando ddt = 0. Con los datos obtenidos, se realizó el análisis estadístico donde se empleó el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 9.0 para determinar los estimadores de los parámetros del modelo logístico. La significancia estadística de las correlaciones entre los valores predichos con sus respectivos valores observados fueron los estimadores de referencia para evaluar la eficacia del modelo utilizado. Finalmente, para conocer las diferencias entre los tratamientos, se realizó un análisis de varianza univariado y pruebas de comparación de medias de Tukey, ambas bajo una significancia de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticamente ($P \leq 0.05$) no se observó diferencia en el efecto de la concentración de la solución nutritiva para número total de frutos por planta, rendimiento y calidad de frutos, debido a que las plantas mostraron un comportamiento similar a través de los cuatro niveles de CE (Cuadro 2 y 3). En cuanto a calidad de fruto, el 2.5 dS/m mostró el valor más alto en NTF, y tuvo 14.67, 11 y 9.67 frutos de primera, segunda y tercera calidad, respectivamente, lo cual lo ubica como el tratamiento más eficiente en el uso de nutrimentos representado en número y calidad de frutos producidos. El índice de cosecha para los cuatro tratamientos se situó en un intervalo de 0.55 a 0.62. Tales resultados en cuanto al número total de frutos por planta fueron superiores a los obtenidos por Sarduy-Díaz *et al.* (2016), quienes reportaron valores entre 16.5 y 21.6 frutos por planta.

Cuadro 2.

Rendimiento por planta en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

CE (dS/m)	Cortes									
	(75 ddt)		(90 ddt)		(105 ddt)		(120 ddt)		(135 ddt)	
	Peso fresco total (g)									
1.0	364.50	a ^z	682.2	a	1260.1	a	1397.4	a	1686.0	A
1.5	374.80	a	808.7	a	1094.9	a	1818.5	a	1969.5	A
2.0	367.43	a	846.4	a	1285.7	a	1906.0	a	1710.3	A
2.5	316.53	a	743.1	a	1195.2	a	1926.0	a	2401.5	A
CV	27.90		29.74		18.67		18.02		14.30	
DMS	280.64		647.3		638.12		897.43		785.05	
Media	355.82		770.1		1208.98		1761.98		1941.83	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.

Cuadro 3. Calidad y número de frutos total por planta en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

CE (dS/m)	Calidad de fruto									
	1ª		2ª		3ª		FNC		NTF	
1.0	11.00	a ²	8.33	a	4.00	a	2.67	a	26.00	A
1.5	14.67	a	7.67	a	4.00	a	1.33	a	27.67	A
2.0	12.67	a	4.67	a	6.00	a	2.50	a	25.00	A
2.5	14.67	a	11.00	a	9.67	a	5.00	a	38.67	A
CV	31.80		42.78		86.32		47.51		19.32	
DMS	11.91		9.57		14.43		4.77		16.02	
Media	13.25		7.92		5.92		2.88		29.33	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m. 1ª: Frutos de primera; 2ª: Frutos de segunda; 3ª: Frutos de tercera; FNC: Frutos no comerciales; NTF: Número total de frutos.

El área foliar presentó diferencia significativa a los 90 y 135 ddt, momento en que 2.0 dS/m y 2.5 dS/m fueron superiores respecto a 1.0 dS/m, como resultado de mayor número de hojas en la planta (Cuadro 4). La velocidad de crecimiento del número de hojas y área foliar fue similar en las etapas de crecimiento inicial (75 ddt). Sin embargo, al iniciar la etapa reproductiva, los tratamientos 2.0 dS/m y 2.5 dS/m incrementaron el número de hojas y en consecuencia produjeron una mayor área foliar, y con ello mayor superficie de intercepción de radiación lo cual determina la magnitud del sistema fotosintético (Tanaka y Junichi, 1972). El máximo valor de índice de área foliar se registró en la etapa de floración, la cual disminuyó al final del ciclo del cultivo, valor máximo de índice que coincide con lo encontrado por Santos *et al.* (2010).

Respecto a la acumulación de materia seca en hoja, tallo, fruto y total, se registraron diferencias significativas en tallo, hoja y total, a los 30 y 135 ddt. Específicamente, los tratamientos 2.0 dS/m y 2.5 dS/m fueron estadísticamente superiores a 1.0 dS/m a los 30 ddt y 135 ddt, exhibiendo valores ubicados en un rango de 3.90-68.74 g en hoja, 7.61-101.37 g en tallo, y 11.50-428.14 g en materia seca total (Cuadros 5, 6 y 7). Tales resultados sugieren que la solución nutritiva al 100 y 125 % permitió una mayor acumulación de materia seca en tallo y peso total de materia seca.

Este mismo efecto significativo en la acumulación de materia seca bajo diferentes concentraciones fue también observado en chile serrano y chile de agua, donde la

concentración de la solución nutritiva tuvo un efecto significativo en la acumulación de materia seca en diferentes órganos de la planta (Valentín-Miguel *et al.*, 2013; Cruz-Crespo *et al.*, 2014). En contraste, Villa-Castorena *et al.* (2009) en pimiento, reportan que soluciones nutritivas al 75 y 90 % acumularon una cantidad de materia seca similar, evidenciando que un cambio en la concentración nutritiva no tuvo efecto en la acumulación de materia seca. Tales diferencias sugieren que la acumulación de materia seca bajo diferentes concentraciones depende de la especie estudiada.

Conforme el tiempo fue avanzando se observó que el tallo y fruto fueron acumulando mayor cantidad de materia seca que las hojas. De acuerdo a Azofeifa & Moreira (2004), este incremento significativo en el contenido de materia seca en el tallo y fruto previo a la floración obedece a que el desarrollo de órganos generativos es acompañado por un cambio en el patrón de crecimiento de las partes vegetativas en plantas de chile. Este mismo autor reporta que las hojas y tallo constituyen en promedio cerca de 15 y 30 %, respectivamente, de materia seca total. Tales valores fueron muy similares a los encontrados en este estudio, donde el tallo constituyó entre el 23.68 y 28.01 %, mientras que las hojas representaron entre 16.06 y 17.75 %.

Aunque no se detectó alguna diferencia significativa entre los tratamientos respecto al contenido de materia seca en fruto (Cuadro 7), se observó que el 2.5 dS/m fue el que tuvo la mayor cantidad de materia seca en fruto (257.92 g). Dicha acumulación de materia seca en fruto en 2.5 dS/m fue más notoria después del día 120 ddt, ya que a partir de este día los valores de materia seca fueron mayores respecto al resto de tratamientos. Similarmente, los tratamientos 1.5 dS/m y 2.0 dS/m, empezaron acumular mayor materia seca que el tratamiento 1.0 dS/m a partir del día 90 ddt. De acuerdo a Niklis *et al.*, (2002), tales diferencias en la acumulación de materia seca obedecen a diferencias en factores externos tales como la nutrición, ácido ascórbico y clima. Por su parte, Kojima (2005) afirma que el desarrollo del fruto es afectado también por reguladores de crecimiento tales como el ácido abscísico (ABA) y ácido indolacético (AIA), los cuales juegan un papel imperante en el desarrollo del fruto. Por otro lado, dos variables importantes que se deben tener en cuenta en la cuantificación de biomasa, son el efecto de la restricción radical asociada con el contenedor (Pagani *et al.*, 2013; Coro *et al.*, 2014; Di Matteo *et al.*, 2015) y el efecto de la calidad del sustrato del cultivo utilizado (Di Benedetto, 2011; Di Benedetto y Pagani *et al.*, 2012), dos aspectos a los que se les ha prestado

relativamente poca atención y que pueden causar alteraciones en el desarrollo radical, y por lo tanto en su tasa de crecimiento (Rowell, 2014).

De acuerdo a nuestros resultados, el fruto fue el órgano que almaceno la mayor cantidad de materia seca, seguido por el tallo y hoja. Esto se debe a que el fruto es el principal órgano consumidor de asimilados (Lorenzo, 1996). En términos porcentuales, la materia seca acumulada en el fruto de chile poblano vario de 54.5 a 60.24 %, respecto al total acumulado en la planta. Dichos valores fueron similares a los encontrados en pepino (Marcelis, 1992) y tomate (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997), quienes reportaron que los frutos constituyen al menos 50 % del peso de materia seca total acumulada por la planta.

Cuadro 4.

Área foliar (cm²) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

T / DDT	0		15		30		45		60		75		90		105		120		135	
1.0	30.00	a ^z	53.00	a	323.67	a	1044.4	a	2405.80	a	3992.80	a	4224.90	b	5004.00	a	5754.40	a	6615.50	B
1.5	26.00	a	64.33	a	366.00	a	1034.1	a	3727.60	a	4984.30	a	5684.00	ab	5907.00	a	7350.50	a	7316.50	B
2.0	30.33	a	61.33	a	339.33	a	1106.40	a	3459.50	a	5293.30	a	6845.20	a	7679.00	a	7367.40	a	7487.30	Ab
2.5	26.33	a	67.33	a	333.00	a	1184.2	a	3346.00	a	5886.10	a	6959.30	a	7682.00	a	8117.80	a	9535.00	A
DMS	14.27		31.12		177.41		364.30		1353.2		1991.30		2616.20		3681.20		2471.00		2113.50	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.; DDT: días después del transplante.

Cuadro 5.

Acumulación de materia seca en hoja (g) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

T / DDT	0		15		30		45		60		75		90		105		120		135	
1.0	0.18	a ²	0.22	a	2.80	b	3.36	a	6.46	a	17.50	a	26.53	a	32.68	a	35.60	a	48.06	B
1.5	0.17	a	0.22	a	3.61	ab	4.14	a	7.88	a	22.23	a	27.28	a	35.98	a	44.07	a	54.43	B
2.0	0.15	a	0.24	a	3.90	ab	4.41	a	7.59	a	23.77	a	31.02	a	42.90	a	42.77	a	56.11	Ab
2.5	0.18	a	0.24	a	4.24	a	4.85	a	7.49	a	25.33	a	35.16	a	44.63	a	46.25	a	68.74	A
DMS	0.09		0.07		1.16		1.74		1.75		8.47		8.94		19.41		13.46		13.54	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.; DDT: días después del transplante.

Cuadro 6.

Acumulación de materia seca en Tallo (g) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

T/ DDT	0		15		30		45		60		75		90		105		120		135	
1.0	0.05	a ²	0.18	a	5.08	b	7.21	a	11.83	a	29.00	a	37.80	a	44.40	a	48.93	a	77.13	B
1.5	0.25	a	0.17	a	5.13	b	7.86	a	15.36	a	37.03	a	41.77	a	48.30	a	57.23	a	82.20	Ab
2.0	0.09	a	0.19	a	7.61	a	7.62	a	13.43	a	36.40	a	45.87	a	62.77	a	59.47	a	80.50	Ab
2.5	0.06	a	0.18	a	7.82	a	8.63	a	13.77	a	38.87	a	53.90	a	61.03	a	62.60	a	101.37	A
DMS	0.40		0.12		1.91		2.44		4.65		16.49		18.46		29.36		21.20		20.93	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.; DDT: días después del transplante.

Cuadro 7.

Acumulación de materia seca en Fruto (g) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

T / DDT	60		75		90		105		120		135	
1.0	2.46	a ^z	26.86	A	53.60	a	110.90	a	118.99	a	150.20	A
1.5	2.65	a	25.79	A	64.10	a	136.11	a	171.94	a	193.25	A
2.0	1.97	a	30.40	A	72.78	a	138.96	a	180.22	a	179.57	A
2.5	1.90	a	26.30	A	63.07	a	130.24	a	180.31	a	257.92	A
DMS	1.77		17.25		55.18		59.92		63.08		109.18	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.; DDT: días después del transplante.

Cuadro 8.

Acumulación de materia seca total (g) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

T / DDT	0		15		30		45		60		75		90		105		120		135	
1.0	0.23	a ²	0.39	a	7.88	b	10.56	a	20.77	a	73.36	a	117.93	a	187.95	a	203.53	a	275.38	b
1.5	0.42	a	0.39	a	8.74	b	12.00	a	25.90	a	85.05	a	133.16	a	220.40	a	273.25	a	329.94	ab
2.0	0.26	a	0.42	a	11.50	a	12.03	a	23.00	a	90.57	a	149.67	a	244.63	a	282.47	a	316.19	ab
2.5	0.24	a	0.42	a	12.06	a	13.07	a	23.17	a	90.17	a	151.86	a	235.87	a	289.13	a	428.14	a
DMS	0.49		0.19		1.69		3.84		7.40		34.47		75.14		97.29		89.53		138.77	

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia mínima significativa; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.; DDT: días después del transplante.

Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

Los tratamientos alcanzaron el máximo valor de TAC en diferentes momentos en el ciclo del cultivo (Figura 1), 1.0 dS/m y 1.5 dS/m a 105 ddt, 2.0 dS/m a 90 y 2.5 dS/m 120 ddt, lo anterior se relaciona con el efecto que tiene la disponibilidad de nutrimentos de la solución nutritiva sobre la velocidad del crecimiento, expresado como mayor división y diferenciación celular, para la formación de brotes, hojas, flores y frutos (Gardner *et al.*, 2003).

Se observó mayor TAC a los 120 ddt en plantas irrigadas con solución nutritiva al 2.5 dS/m, con $6.74 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$. Otro aspecto importante es que la TAC decreció a partir de 90 ddt en las plantas irrigadas con solución a 1.0 dS/m, 1.5 dS/m y 2.0 dS/m; mientras que el 2.5 dS/m presentó disminución en la TAC a los 120 ddt, lo cual se explica por la mayor disponibilidad de nutrimentos a lo largo del ciclo del cultivo, lo que permitió prolongarlo, pero entró más tarde a producción respecto de los demás tratamientos. Además, se observó que, si bien el rendimiento comercial no fue afectado, si lo fue la calidad (Cuadro 3). La TAC ofrece una visión acertada del poder de demanda de los frutos, por lo que es importante destacar que las labores agrícolas orientadas a incrementar la acumulación de materia seca en los frutos, se deben llevar a cabo teniendo en cuenta los máximos valores registrados para la TAC, dado que en el momento en que se presenta un alto valor de esta variable, es el periodo en que el fruto es sensible de influenciarse por actividades como la fertilización foliar, el suministro de agua e incluso por un mayor suministro de luz (Casierra *et al.*, 2009).

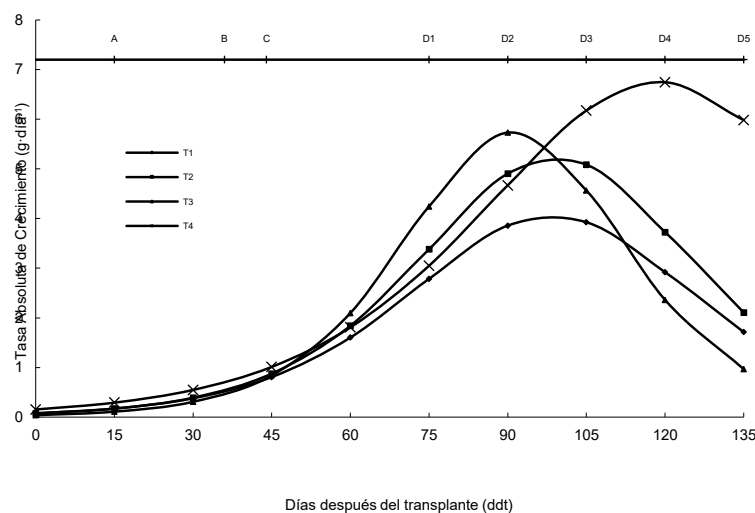
El comportamiento de la TAC fue progresivo desde cero a un máximo de $6.74 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$ en el intervalo de 0 a 135 ddt en los cuatro tratamientos (Figura 1). En los primeros 60 ddt se observó crecimiento lento debido a que en este intervalo de tiempo se encuentra el periodo de adaptación, posteriormente se presenta mayor división y diferenciación celular que conduce a la bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto, posteriormente, al llegar a la etapa de madurez comercial se logró la máxima TAC e inmediatamente se observó una marcada disminución (Figura 1).

En general se observó que una vez se alcanzó el máximo valor de TAC en los cuatro tratamientos, la magnitud de este índice disminuyó en forma inmediata, ya que ningún tratamiento mantuvo constante el valor de este índice a través del tiempo. La ventaja de alcanzar rápidamente el valor máximo de la TAC, como en las plantas de 1.5 dS/m y 2.0

dS/m, es que se logra el uso más eficiente de los recursos agua, nutrientes y radiación disponible, debido a que, en un sistema de producción intensiva, no sólo es importante el uso eficiente del espacio, sino también del tiempo requerido para la producción de fruto, lo que mejora la productividad del sistema.

Figura 1.

Comportamiento de la Tasa absoluta de crecimiento (TAC) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1º, 2º, 3º, 4º, 5º cortes respectivamente; T1: 1.0 dS/m; T2: 1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.



Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Las plantas de los cuatro tratamientos alcanzaron sus valores máximos de TRC en el intervalo de 0 a 45 ddt. Posteriormente, la tendencia fue disminuir rápidamente y ningún tratamiento mantuvo constante su tasa promedio en la acumulación de materia seca total en función del peso seco acumulado (Figura 2). Este comportamiento de la TRC es típico ya que presenta valores altos al principio del ciclo del cultivo y bajos a medida que transcurre el tiempo, debido a que la mayor parte de fotosintatos son translocados al fruto, alcanzando incluso valores de cero al final del ciclo (Gardner et al., 2003). En la TRC a diferencia de la TAC, los valores se incrementaron en las primeras etapas de crecimiento, mientras que en la TAC los valores más altos fueron obtenidos en las etapas finales. Esto se debió a que en las etapas iniciales se presenta una activa división celular en relación con la biomasa presente.

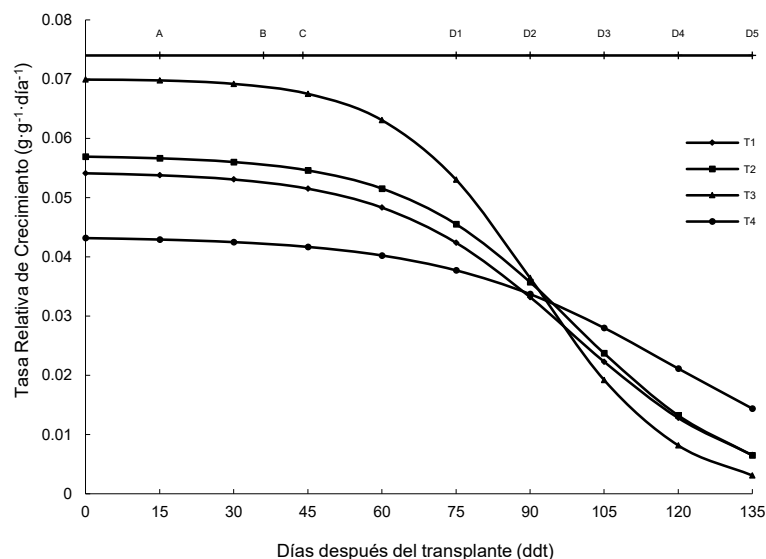
La TRC aumentó rápidamente en el intervalo de 0 a 45 ddt en los cuatro tratamientos, periodo en que se desarrolló una activa diferenciación floral, lo cual se vio reflejado en los valores máximos de este índice en esa etapa fenológica. En el periodo de 45 a 135

ddt, la disminución de la TRC fue muy alta ($0.0031 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) evidenciando la decreciente actividad meristemática en la planta, no obstante, el peso de la materia seca aumentó con el tiempo, de acuerdo a los valores de la TAC.

En los primeros 30 días después del transplante el tratamiento de 2.5 dS/m presentó mayor eficiencia en la producción de materia seca ($0.07 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$), y en 2.5 dS/m fue el menos eficiente con $0.043 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$. Sin embargo, al final del ciclo (135 ddt) el de 2.5 dS/m fue superior con $0.0144 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, en tanto a 2.0 dS/m con $0.0031 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$.

Figura 2. Comportamiento de la Tasa relativa de crecimiento (TRC) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1º, 2º, 3º, 4º, 5º cortes respectivamente; T1: 1.0 dS/m; T2: 1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.

Tasa de asimilación neta (TAN)



De acuerdo al comportamiento característico de la TAN, se observó que una vez los tratamientos 1.5 dS/m y 2.0 dS/m y 2.5 dS/m tuvieron los máximos valores de TAN al inicio del cultivo, su eficiencia disminuyó constantemente a través del tiempo (Figura 3). Posterior a los 45 ddt un pequeño incremento fue observado en 1.0 dS/m 1.5 dS/m 2.0 dS/m en los valores de TAN, y posteriormente un decremento constante se observó después de los 90 ddt. Respecto a 2.5 dS/m, los valores de TAN se incrementaron después de los 75 ddt, para finalmente mostrar una disminución en la acumulación de materia seca total a los 120 ddt. Tales resultados sugieren que en este periodo la planta debe ser abastecida con mayor cantidad de agua y nutrimentos, debido a que en esta etapa se produce y acumula mayor cantidad de fotoasimilados (Beadle, 1998). Posteriormente, el

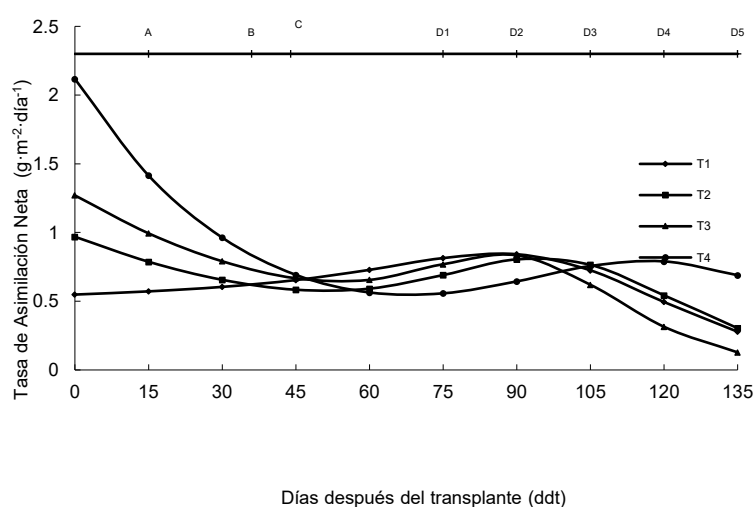
valor de la TAN disminuye drásticamente con ligeras fluctuaciones, lo cual se atribuye a que las hojas internas e inferiores del dosel (sombreadas) no reciben suficiente radiación, y no realizan el proceso de fotosíntesis eficientemente (Gardner *et al.*, 2003).

En el periodo de 0 y 60 ddt los tratamientos presentaron la misma tendencia en ganancia neta de peso seco por unidad de área foliar, sobresaliendo 2.5 dS/m entre los 105 a 135 ddt con la mayor TAN ($0.6896 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) respecto a los tratamientos 1.0 dS/m ($0.2782 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), 1.5 dS/m ($0.3037 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y 2.0 dS/m ($0.1279 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$).

Razón de área foliar (RAF)

El área foliar de los cultivos y el coeficiente de extinción de la radiación fotosintéticamente activa influyen sobre la radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo y están significativamente relacionadas con la producción de biomasa y el rendimiento (Lizaso *et al.*, 2003). Paralelamente, la producción de materia seca esta linealmente relacionada con la radiación fotosintéticamente activa interceptada y acumulada. Dicha relación muestra la eficiencia con la que el cultivo convierte la energía lumínica en biomasa vegetal y se denomina eficiencia en el uso de la radiación ($\text{g m}^2 \text{ día}^{-1} \text{ MJ}^{-1}$) (Cho *et al.*, 2015).

Figura 3. Comportamiento de la Tasa de asimilación neta (TAN) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1º, 2º, 3º, 4º, 5º cortes respectivamente; T1: 1.0 dS/m; T2: 1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.

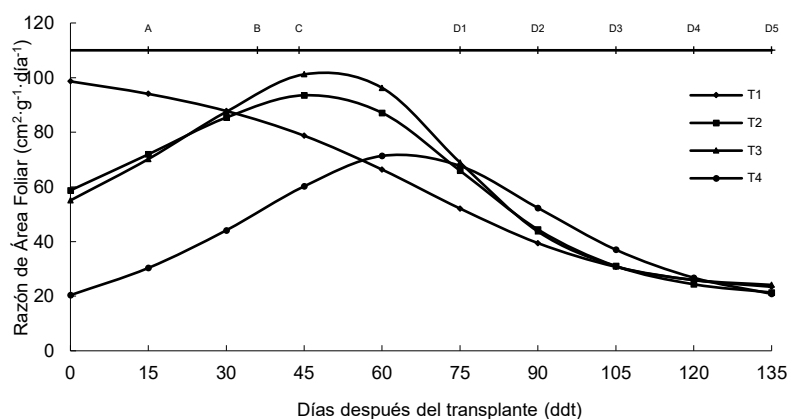


En chile poblano, la variación del área foliar respecto al peso seco total fue distinta entre tratamientos, 1.0 dS/m presentó la mayor RAF con un valor de $98.6274 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$, a los 0 ddt mientras que 1.5 dS/m y 2.0 dS/m mostraron su máxima RAF a los 45 ddt con valores

de 93.52 y 101.1887 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, respectivamente. Posteriormente, 2.5 dS/m presentó su máxima RAF a 60 ddt con un valor de 71.3384 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

Después de haber alcanzado el máximo valor de RAF, los tratamientos evaluados mostraron tendencia descendente en los periodos subsiguientes, el tratamiento más eficiente en el comportamiento de este índice de los 0 a 60 ddt fue 2.5 dS/m, mientras que de 60 a 135 ddt lo fue 1.0 dS/m (Figura 4). Esto pudiera deberse a la salinidad de la solución dado que es un factor que influye directamente en las tasas de crecimiento, y por lo tanto en la eficiencia fisiotécnica del cultivo (Carranza *et al.*, 2009).

Figura 4. Comportamiento de la Razón de área foliar (RAF) en chile poblano var. Caballero, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva. A: Bifurcación del tallo principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D1, D2, D3, D4, D5: 1º, 2º, 3º, 4º, 5º cortes respectivamente; T1:1.0 dS/m; T2:1.5 dS/m; T3: 2.0 dS/m; T4: 2.5 dS/m.



CONCLUSIONES

Los valores más altos en los índices fisiotécnicos se presentó en las fases fenológicas de floración a amarre y crecimiento de fruto, lo cual refleja una máxima actividad fisiológica en la planta y con ello la mayor exigencia en el manejo del cultivo, así como la aplicación de diversos insumos como agua y nutrimentos para no limitar la acumulación de biomasa. El mayor índice de cosecha (0.62), área foliar, acumulación de biomasa en hojas, tallo y total, así como las mayores tasas de crecimiento: Tasa Absoluta de Crecimiento (6.74 $\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$), Tasa Relativa de Crecimiento (0.0144 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$), Tasa de Asimilación Neta (2.1174 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$) y Razón de Área Foliar (71.3384 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), en chile poblano, se obtuvieron con la solución nutritiva a 2.5 dS/m.

LITERATURA CITADA

- Anten, N. P. R., & Poorter, H. (2009). Carbon balance of the oldest and most-shaded leaves in a vegetation: a litmus test for canopy models. *New Phytologist*, 183(1), 1-3. doi 10.1111/j.1469-8137.2009.02888.x
- Azofeifa, A., & Moreira, M. A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28 (1), 57-67. Retrieved from <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13838/6768-9336-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Beadle, C. L. (1988). *Análisis del Crecimiento Vegetal*. pp. 17-21. In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y Colegio de Postgraduados. Ed. Futura, Chapingo, México.
- Carranza, C., Lanchero, O., Miranda, D., Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) "Batavia" cultivada en un suelo salino de la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 27, 41-48. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11330/11986>
- Casierra, P. F., Cardozo, M. C., Cárdenas-Hernández, J. F. (2003). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*, 25, 299-305. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180320296012>
- Casierra P. F.; Cardoso M. C. (2009). Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. "Quindio") cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 62 (1), 4815-4822. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24880/36727>
- Cho, Y. Y., Lee, J. H., Shin, J. H., & Son, J. E. (2015). Development of an expolinear growth model for park-choi using the radiation integral and planting density. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56(3), 310-315. doi 10.1007/s13580-015-0140-z
- Coro, M., Araki, A., Rattin, J. & Di Benedetto, A. (2014). Lettuce and celery responses to both BAP and PBZ related to the plug cell volumen. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(10), 1103-1119. doi 10.9734/AJEA/2014/10096
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Bugarín-Montoya, R.; Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P., & Alejo-Santiago, G. (2014). Concentración nutrimental foliar

- y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3): 289-295. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000300016
- Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42 (3), 258-282. Retrieved from http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/revisiones/di-benedetto-castellano-4_1.pdf
- Di Benedetto A., & Pagani A. (2012). *Difficulties and possibilities of alternative substrates for ornamental bedding plants: An ecophysiological approach*. In: Peat: Formation, Uses and Biological Effects. Draguhn, C., & Ciarimboli, N. (eds.). Nova Science Publishers, Inc. New York, EUA.
- Di Benedetto, A. (2011). *Root restriction and post-transplant effects for bedding pot plants*. In: Ornamental plants: Types, cultivation and nutrition. Aquino, J. C. (ed.). Nova Science Publishers, Inc, New York, EUA.
- Di Matteo, J., Rattin, J., & Di Benedetto A. (2015). Increase of spinach growth through the use of larger plug cell volume and exogenous BAP spray. *American Journal of Experimental Agricultura*, 6(6), 372-383. doi 10.9734/AJEA/2015/14979
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., Mitchell, R. L., (2003). *Physiology of crop plants*. Iowa: Blackwell publishing company.
- Ghanem, M. E., Albacete, A., Smigocki, A. C., Frebort, I., Pospisilova, H., Martinez, A. C., Acosta, M., Sánchez, B. J., Lutts, S., Dodd, I. C., & Pérez, A. F. (2011). Root-synthesized cytokinins improve shoot growth and fruit yield in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 125-140. doi: 10.1093/jxb/erq266
- Gómes, C., Buitrago, C., Cante, M., & Huertas, B. (1999). Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. *Revista Comalfe*, 26(1-3), 42-55. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12324/16986>
- Hunt, R. (2003). *Growth analysis, individual plants*, pp. 579-588. In: Encyclopaedia of applied plant sciences. Thomas, B., Murphy, D. J., & Murray, D. (eds.). Academic Press, Londres.

- Kojima, K. (2005). Phytohormones in shoots and fruits of tomato; apoplast solution and seedless fruit. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 39(2), 77-81. doi: 10.6090/jarq.39.77
- Körner, C. (2015). Paradigm shift in plant growth control. *Current Opinion in Plant Biology*, 25, 107-114. doi: 10.1016/j.pbi.2015.05.003
- Lahlou, O. S. O., & Ledent J. F. (2003). The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato. *Agronomie*, 23(3), 257-268. doi:10.1051/agro:2002089
- Lizaso, J. I., Batchelor, W. D., & Westgate, M. E. (2003). A leaf área model to simulate cultivars-specific expansión and senescence of maize leaves. *Field Crops Research*, 80(1), 1-17. doi: 10.1016/S0378-4290(02)00151-X
- Lorenzo, P. (1996). *Intercepción de luz, bioproductividad e intercambio gaseoso durante la ontogenia de un cultivo invernal de Cucumis sativus L. en Almería*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca
- Marcelis, L. F. M. (1992). The dynamics of growth and dry matter distribution in cucumber. *Annals of Botany*, 69(6), 487-492. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a088376
- Niklis, N. D., Siomos, A. S., & Sfakiotakis, E. M. (2002). Ascorbic acid, soluble solids and dry matter content in sweet pepper fruit: change during ripening. *Journal of Vegetable Crop Production*, 8(1), 41-51. doi: 10.1300/J068v08n01_06
- Pagani, A., Molinari, J., & Di Benedetto, A. (2013). BAP spray and plastic container responses on *asparagus officinalis* L. crown growth. *Journal of Life Science*, 7(8), 827-835. doi:10.17265/1934-7391/2013.08.007
- Papadopoulos, A. P., & Pararajasingham, S. (1997). The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. *Scientia Horticulturae*, 69(1-2): 1-29. doi: 10.1016/S0304-4238(96)00983-1
- Pooter, H., Lambers, H., & Evans, J. R. (2014). Trait correlation networks: a whole-plant perspective on the recently criticized leaf economics spectrum. *New Phytologist*, 201(2), 378-382. doi: 10.1111/nph.12547
- Richard, F. (1959). A flexible growth function empirical use. *Journal of Experimental Botany*. 10:290-300. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/23686557>

- Rowell, D. L. (2014). *Soil Science: Methods and applications*. Nueva York, EUA: Routledge.
- Santos, C. M., Segura, A. M., & Ñustez, L. C. E. (2010). Análisis de crecimiento y relación fuente –demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63 (1), 5253-5266. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n1/a04v63n01.pdf>
- Sarduy-Díaz, M., Díaz-Aguila, I., Castellanos-González, L., Soto-Ortiz, R., & Pérez-Rodríguez, Y. (2016). Sustratos y soluciones nutritivas para la obtención de plántulas de pimiento y su influencia en la producción en cultivos protegido. *Centro Agrícola*, 43(4), 42-48. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n4/cag06416.pdf>
- Steiner, A. (1984). The Universal Nutrient Solution. pp. 633–649. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilles Culture. ISOSC. (eds.). Wageningen, The Netherlands.
- Tanaka, A., & Junichi, Y. (1972). Producción de materia seca y componentes del rendimiento de grano en maíz. Chapingo, México: Colegio de Postgraduados.
- Tekaling, T., & Hammes, P. S. (2005). Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 105(1), 29-44. doi: 10.1016/j.scienta.2005.01.021
- Valentín-Miguel, M. C., Castro-Brindis, R., Rodríguez-Pérez, J. E., & Pérez-Grajales, M. (2013). Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19, 71-78. doi: 10.5154/r.rchsh.2012.02.013
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Insunza-Ibarra, M. A., Román-López, A., González-López, M. L., & Valdéz-Amaya, J. (2009). Cultivares y nutrición de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero de clima controlado. *Biotechnia* 11:45-49. doi: 10.18633/bt.v11i2.59
- Zhang, D., Zhang, Z., Li, J., Chang, Y., Du, Q., & Pan, T. (2015). Regulation of vapor pressure deficit by greenhouse micro-fog systems improved growth and productivity of tomato via enhancing photosynthesis during summer season. *Plos One*, 10(7), e0133919. doi: 10.1371/journal.pone.0133919