

3
4 **Análisis de crecimiento y rendimiento de uchuva (*Physalis peruviana* L.)**
5 **cultivada en hidroponía e invernadero**
6

7 Cid Aguilar-Carpio¹

8 Porfirio Juárez-López^{1*}

9 Irving H. Campos-Aguilar¹

10 Irán Alia-Tejacal¹

11 Manuel Sandoval-Villa²

12 Víctor López-Martínez¹

13
14 ¹Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Av.
15 Universidad núm. 1001, Cuernavaca, Morelos, C. P. 62210, MÉXICO.

16 ²Colegio de Postgraduados, Programa de Edafología. Carretera México-Texcoco km 36.5,
17 Montecillo, Texcoco, México, C. P. 56230, MÉXICO.

18
19 *Autor para correspondencia: porfiriojlopez@yahoo.com

20
21 **Resumen**

22 La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es un fruto exótico con un mercado internacional en
23 crecimiento, y en México existe escasa investigación sobre su crecimiento y nutrición mineral. Por
24 lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la dinámica de crecimiento y el rendimiento
25 del cultivo de uchuva en función de tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner (50, 100
26 y 150 %) bajo condiciones de invernadero. El experimento se estableció en Cuernavaca, Morelos,
27 México (18° 58' 51'' latitud norte y 99° 13' 55'' longitud oeste, a 1,866 msnm). Se determinaron

28 las unidades calor acumuladas y se registró la ocurrencia de las fases fenológicas durante el
29 desarrollo del cultivo. El crecimiento del cultivo se evaluó a través del número de hojas, área foliar
30 y materia seca acumulada por planta. En la cosecha se registró el número y peso de frutos (con y
31 sin cáliz). La fenología del cultivo de uchuva se favoreció con la mayor concentración de la
32 solución nutritiva, al requerir 1,370 unidades calor de trasplante a madurez de consumo; esto
33 representó 15 y 5 días de precocidad en comparación con las otras concentraciones: 1,527 (50 %)
34 y 1,435 UC (100 %), respectivamente. La mayor producción de hojas, área foliar, materia seca,
35 tasa de crecimiento del cultivo y peso de frutos (con y sin cáliz) se obtuvo con la solución nutritiva
36 de Steiner al 100 y 150 %; por lo que se sugiere emplear la solución al 100 %.

37 **Palabras clave:** tasa de crecimiento del cultivo; nutrición de cultivos; área foliar.

38

39 Recibido: 09/07/2017

40 Aceptado: 04/04/2018

41

42 **Contenido sobresaliente**

43 Las unidades calor acumuladas de trasplante a madurez de consumo del fruto de uchuva (*Physalis*
44 *peruviana*) son 1,435.

45 La dinámica de la tasa de crecimiento del cultivo se ajusta a un modelo cuadrático.

46 La mayor producción de materia seca por planta por día es de 0.28 g.

47 El rendimiento de uchuva se favorece con la solución nutritiva Steiner al 100 y 150 %.

48

49

50 **Introducción**

51

52

53 La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una planta originaria de la región andina, perteneciente a la
54 familia de las solanáceas (Fischer, Ebert, & Lüdder, 2007). Su fruto es una baya color amarillo
55 brillante y sabor dulce semiácido (Fischer, Herrera, & Almanza, 2011). Se consume principalmente
56 en fresco y se le atribuyen propiedades nutraceuticas por su contenido de vitamina C y otros
57 compuestos antioxidantes (Gutiérrez, Hoyos, & Páez, 2007). Los principales países productores
58 son Australia, Colombia, Ecuador, India, Nueva Zelanda, Perú, Sudáfrica y Zimbabue; mientras
59 que los consumidores son Alemania, Brasil, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos de América,
60 Francia, Holanda, Inglaterra, Italia y Suiza (Fischer, Almanza, & Miranda, 2014).

61 En México, aún no existen áreas de producción intensivas ni extensivas de uchuva; sin embargo,
62 representa una alternativa por su potencial productivo (Castañeda-Salinas et al., 2013), por lo que
63 es necesario estudiar su manejo agronómico, con énfasis en nutrición mineral y en condiciones de
64 invernadero.

65 En un sistema de producción agrícola, la nutrición mineral es uno de los principales factores que
66 deben tomarse en cuenta, ya que un elemento en exceso o deficiente limita el desarrollo óptimo de
67 la planta, lo que afecta directamente su rendimiento (Sánchez, Molinos, Alcántar, & Sandoval,
68 2009). Martínez, Sarmiento, Fischer, y Jiménez (2008) encontraron en uchuva 90 % menos frutos
69 en plantas que no recibieron fertilización con boro o potasio y limitada en nitrógeno (15 % de la
70 solución completa), mientras que la ausencia de fósforo disminuyó 50 % el rendimiento en
71 comparación con las plantas control. En este sentido, se ha reportado que la planta de uchuva crece,
72 desarrolla y fructifica de forma adecuada con la solución nutritiva Steiner al 50 y 75 % de
73 concentración (Gastelum-Osorio, Sandoval-Villa, Trejo-López, & Castro-Brindis, 2013).

74 El ambiente de producción, como clima y manejo de cultivo, influye en el tiempo de
75 aprovechamiento productivo de la uchuva (Mora-Aguilar, Peña-Lomelí, López-Gaytán, Ayala-
76 Hernández, & Ponce-Aguirre, 2006), ya que en condiciones óptimas puede prolongarse hasta seis
77 años (Fischer et al., 2014). Para lograr esto, el conocimiento amplio de fisiología de la planta es
78 indispensable.

79 Con base en lo anterior, el análisis de crecimiento se usa para estudiar los factores que influyen en
80 el desarrollo y rendimiento de las plantas (Santos-Castellanos, Segura-Abril, & Núñez-López,
81 2010). Dicho análisis usa medidas directas como el peso de la materia seca, el cual depende del
82 tamaño y la duración del área foliar (Tekalign & Hammes, 2005), con el que se puede calcular la

83 tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Esta tasa se considera un índice de la productividad agrícola
84 que mide la ganancia en peso de un cultivo por unidad de área y de tiempo (Santos-Castellanos et
85 al., 2010).

86 Generalmente, en estudios de análisis de crecimiento de hortalizas de fruto no se considera la
87 nutrición mineral como factor de variación (Juárez-Maldonado, de Alba-Romenus, Zermeño-
88 González, Ramírez, & Benavides-Mendoza, 2015; Mazorra, Quintana, Miranda, Fischer, &
89 Cháves, 2003); sin embargo, el estado nutrimental influye en el crecimiento y desarrollo de los
90 cultivos (Hawkesford et al., 2012). En México se conoce poco acerca de la producción de uchuva;
91 por lo que, el objetivo de esta investigación fue determinar la dinámica de crecimiento y el
92 rendimiento del cultivo de uchuva en función de tres concentraciones de la solución nutritiva
93 Steiner (50, 100 y 150 %) bajo condiciones de invernadero.

94

95

96 **Materiales y métodos**

97

98

99 El estudio se llevó a cabo en Cuernavaca, Morelos, México (18° 58' 51'' latitud norte y 99° 13'
100 55'' longitud oeste, a 1,866 msnm), de septiembre de 2015 a febrero de 2016. El 25 de julio de
101 2015 se sembraron semillas de uchuva ecotipo Colombia en charolas de poliestireno de 200
102 cavidades, una semilla por cavidad, que contenían sustrato comercial para germinación (BM2,
103 Berger®). El trasplante se llevó a cabo el 23 de septiembre de 2015, para lo cual se colocó una
104 planta por maceta.

105 Los tratamientos fueron distintas concentraciones (50, 100 y 150 %) de la solución nutritiva de
106 Steiner (1984) (Cuadro 1). El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con
107 cuatro repeticiones. La unidad experimental fueron 16 contenedores de polietileno color negro de
108 12 L de capacidad con tezontle como sustrato (granulometría de 1 a 8 mm). Los contenedores se
109 acomodaron a doble hilera, con distancia entre plantas y entre las dobles hileras de 2 m (Cooman,

110 Torres, & Fischer, 2005). Las plantas se tutoraron individualmente con rafia y el cultivo se condujo
111 a cuatro tallos por planta.

112

113 **Cuadro 1.** Composición química de las tres concentraciones (tratamientos) de la solución
114 nutritiva Steiner.

Concentración de la solución nutritiva (%)	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻
	meq·L ⁻¹					
50	4.5	3.5	2.0	6.0	0.5	3.5
100	9.0	7.0	4.0	12.0	1.0	7.0
150	13.5	10.5	6.0	18.0	1.5	10.5

115

116 Los fertilizantes que se usaron para preparar la solución nutritiva fueron nitrato de calcio, nitrato
117 de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio y fosfato monopotásico. Los microelementos se
118 aplicaron mediante una mezcla comercial de quelatos (Ultrasol Micro Mix, SQM[®]), en dosis de 20
119 g por cada 500 L de solución nutritiva. Para calcular dicha dosis se consideró el suministro de 3
120 mg·L⁻¹ de hierro (Fe). La mezcla comercial de micronutrientes contiene las siguientes
121 concentraciones en porcentaje: Fe (7.5), Mn (3.7), B (0.4), Zn (0.6), Cu (0.3) y Mo (0.2). El pH de
122 la solución se ajustó entre 5.5 y 6.0 con ácido sulfúrico y la conductividad eléctrica fue de 1.0, 2.0
123 y 3.0 dS·m⁻¹, para las concentraciones 50, 100 y 150 %, respectivamente. Los riegos se aplicaron
124 de acuerdo con la etapa fenológica y se consideró un drenaje de 15 a 20 % de solución nutritiva
125 para evitar acumulación de sales; en las etapas de mayor consumo se aplicaron 2 L de agua por
126 planta por día.

127 Durante el desarrollo del cultivo, se registró la temperatura (°C) media (T_{media}), máxima (T_{máx})
128 y mínima (T_{mín}) decenal (días) dentro del invernadero con un registrador de datos ambientales
129 (Hobo[®]). Además, se reportó la ocurrencia de las fases fenológicas (Fischer, 2000): trasplante,
130 floración y madurez de consumo. Para cada fase se determinó la acumulación de unidades calor
131 para el cultivo (UC, °C·d⁻¹), mediante el método residual de Snyder (1985):

132

$$UC = (T_{máx} + T_{mín} / 2) - TB$$

133 donde TB es la temperatura base, considerada como 6.3 °C (Salazar, Chaves-Córdoba, Cooman,
134 & Jones, 2006).

135 El crecimiento del cultivo se evaluó en función de las tres concentraciones de la solución nutritiva
136 (50, 100 y 150 %), mediante muestreos destructivos de ocho plantas por tratamiento a los 30, 60,
137 90 y 120 días después del trasplante (ddt). En cada muestreo se contabilizó el número de hojas
138 (NH) por planta y el área foliar (AF). Este último se determinó con un medidor de AF (LI-COR®
139 3100).

140 La materia seca (MS; g-planta⁻¹) se cuantificó con una báscula digital; para lo cual, las muestras se
141 secaron a 70 °C en una estufa de circulación de aire forzado hasta peso constante. Con estos datos
142 se calculó la TCC mediante la ecuación:

143
$$TCC = \frac{PS2 - PS1}{A (T2 - T1)}$$

144 donde *PS2* y *PS1* indican el peso de la MS de la planta en los tiempos *T2* y *T1*, respectivamente, y
145 *A* representa el área ocupada por la planta (Escalante-Estrada & Kohashi-Shibata, 2015).

146 En madurez de consumo, se realizó la cosecha de frutos semanalmente durante tres meses, y se
147 registró el número y peso de frutos (con y sin cáliz) por planta.

148 Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza, y cuando existieron diferencias
149 significativas se hizo una comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el programa
150 *Statistical Analysis Software* (SAS Institute, 2003). Adicionalmente, se obtuvieron las
151 correlaciones entre las concentraciones de la solución nutritiva y las variables de crecimiento con
152 el programa Excel (Microsoft Office®).

153

154

155

Resultados y discusión

156

157

158

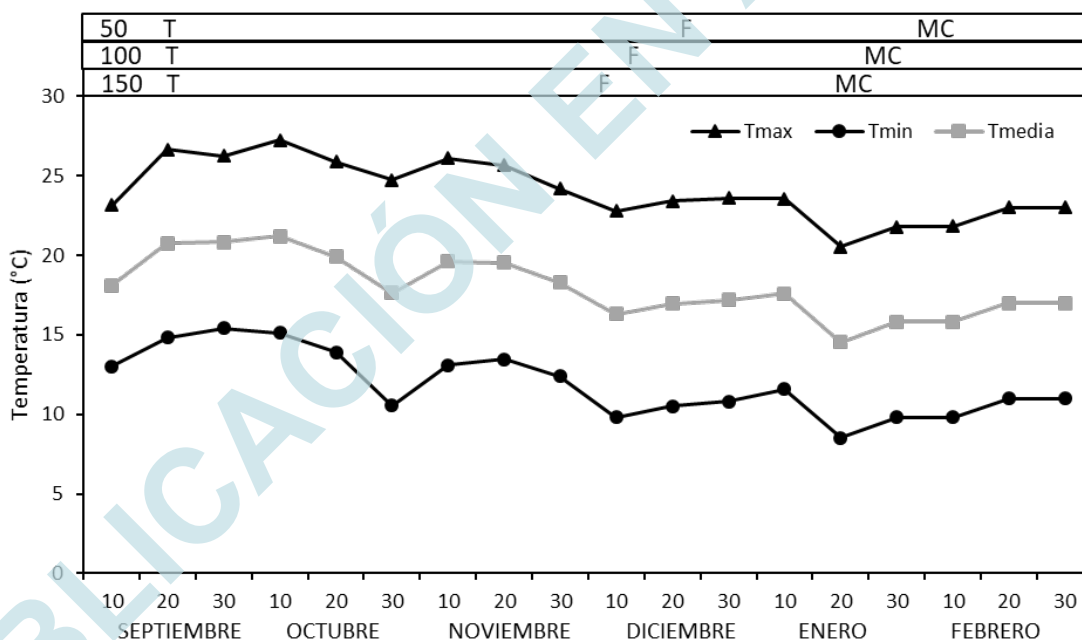
Fenología, temperatura y unidades calor

159

160

161 En las etapas fenológicas, la floración con la solución nutritiva a 150 % ocurrió 70 ddt, en la
162 solución a 100 % a los 75 ddt y en la solución a 50 % a los 85 ddt; mientras que la madurez de
163 consumo se presentó a los 110, 115 y 125 ddt, para las soluciones nutritivas a 150, 100 y 50 %,
164 respectivamente (Figura 1). Por lo tanto, se observa que las concentraciones de la solución nutritiva
165 tuvieron un efecto positivo sobre la fenología del cultivo. Esta tendencia puede asociarse a una
166 mayor disponibilidad nutrimental en las soluciones nutritivas de 100 y 150 % en comparación con
167 la de 50 %, lo que incrementa la acumulación de MS. Sabino-López et al. (2016) cultivaron
168 *Physalis peruviana* en invernadero con solución nutritiva a 50 % y reportaron la etapa de floración
169 a los 57 ddt y de 119 a 124 ddt la madurez fisiológica.

170



171

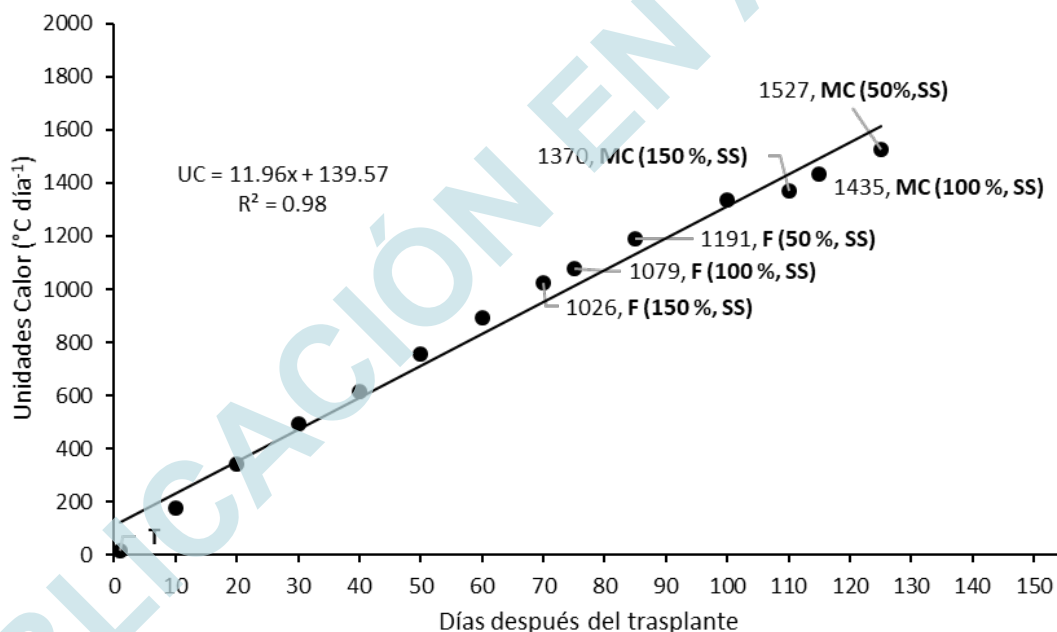
172 **Figura 1.** Promedios decenales (días) de temperaturas máximas (Tmáx), mínimas (Tmín) y
173 medias (Tmedia) durante el desarrollo del cultivo de uchuva. T: trasplante, F: floración, MC:
174 madurez de consumo.

175

176 La media decenal (días) de las temperaturas durante el desarrollo del cultivo fluctuó de 15 a 21 °C
177 (Figura 1), de trasplante la floración fue de 16 a 21 °C y de floración a madurez de consumo fue de
178 15 a 18 °C. Las temperaturas promedio en las cuales se desarrolló el cultivo de la uchuva fueron
179 aproximadas a los intervalos óptimos, los cuales son entre 13 y 16 °C (Fischer et al., 2014).

180 En la acumulación de UC durante el ciclo del cultivo (Figura 2), los totales fueron 1370, 1435 y
181 1527 UC, para las soluciones de Steiner al 150, 100 y 50 %, respectivamente. Es probable que esta
182 tendencia también se deba a la mayor disponibilidad nutrimental en la solución nutritiva a 150 %,
183 lo que favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo. Los resultados del presente estudio son
184 menores a los de Mora-Aguilar et al. (2006), quienes reportaron un total de 2,047 UC desde la
185 emergencia hasta la madurez fisiológica en un ecotipo de uchuva proveniente de Perú. Dichas
186 diferencias pueden atribuirse al origen del material genético evaluado, así como al periodo de
187 cultivo.

188



189

190 **Figura 2.** Unidades calor durante el desarrollo del cultivo de uchuva. T: trasplante, F: floración,
191 MC: madurez de consumo, SS: solución nutritiva Steiner.

192

193

194

Número de hojas y área foliar

195

196
 197 Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el NH en función de la concentración de la
 198 solución nutritiva. La solución a 150 % fue la que generó el mayor NH (Cuadro 2). Estos resultados
 199 indican que la mayor concentración nutrimental favorece la formación de nuevas hojas. Al igual
 200 que el NH, el AF varió significativamente ($P \leq 0.05$) entre las concentraciones nutritivas aplicadas
 201 (Figura 3). Lo anterior reflejó que la respuesta en las tres soluciones se ajustó a un modelo
 202 cuadrático. Puede apreciarse que en la concentración a 150 % se produjo la mayor AF por día (1.21
 203 $\text{cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$), en comparación con la solución a 100 ($1.05 \text{ cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$) y 50 % ($0.90 \text{ cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$). Es probable
 204 que los valores mayores tanto en NH como en AF sean resultado de la mayor disponibilidad
 205 nutrimental, lo que favorece el crecimiento y producción de MS (Hawkesford et al., 2012).

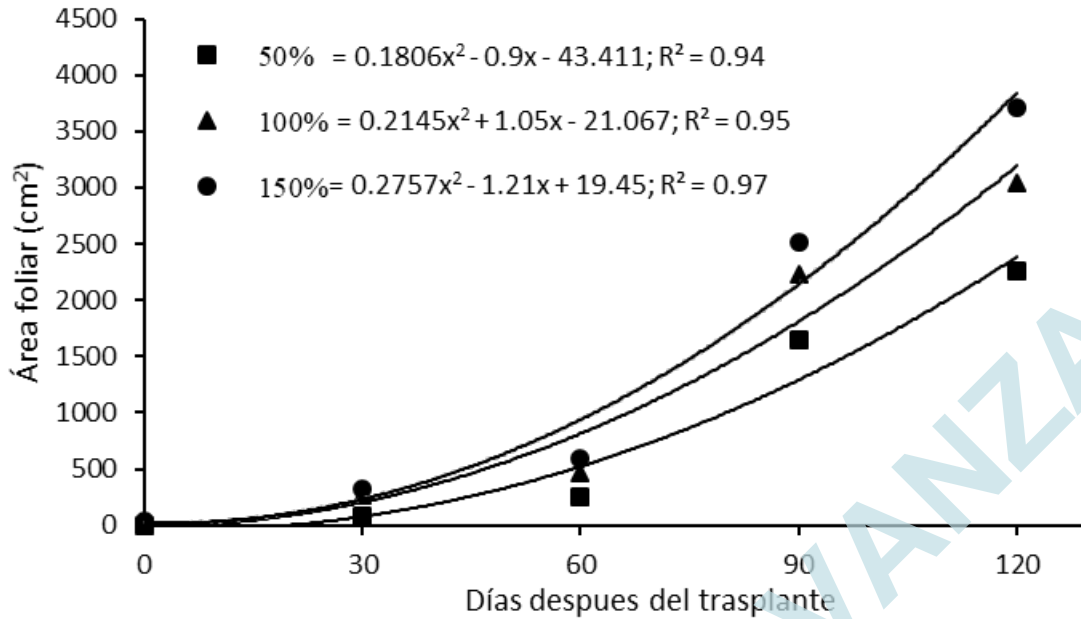
206
 207 **Cuadro 2.** Efecto de la concentración de la solución nutritiva Steiner en el número de hojas en el
 208 cultivo de uchuva.

Concentración de la solución Steiner (%)	Días después del trasplante			
	30	60	90	120
50	8.8 b ^z	12.0 c	25.2 b	37.8 b
100	11.6 ab	19.6 b	34.4 a	51.6 a
150	13.2 a	36.2 a	35.2 a	52.8 a
DMSH ¹	4.0	2.2	5.7	8.6
CV (%)	14.6	6.7	12.5	12.5

209 ¹DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

210 ^zMedias con letras iguales dentro de cada columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

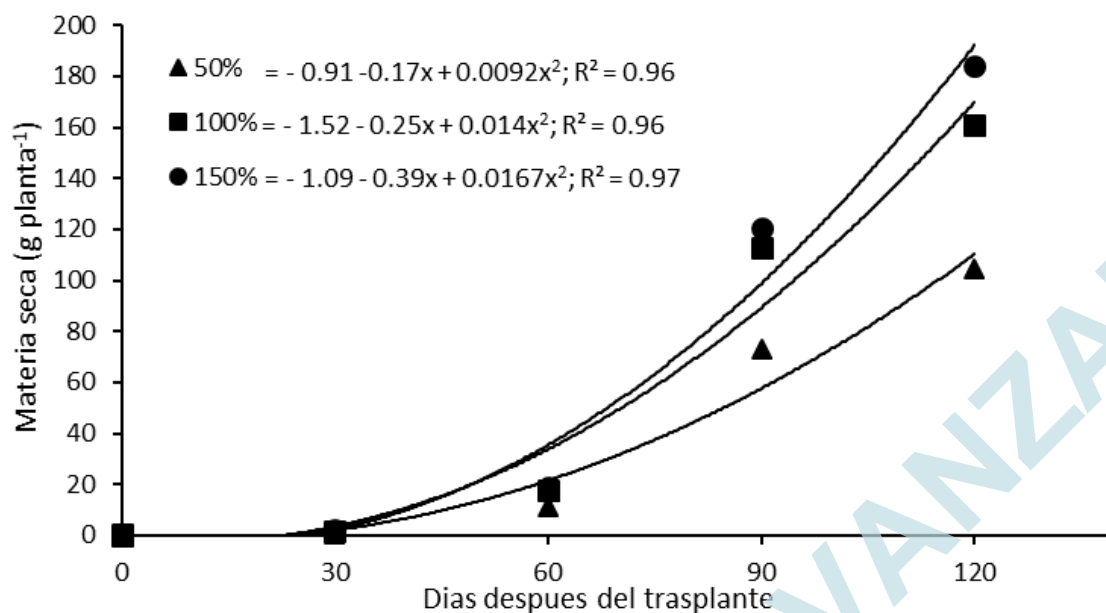
211



212
213 **Figura 3.** Efecto de la solución nutritiva Steiner en el área foliar en el cultivo de uchuva.
214

215
216 **Materia seca**
217
218

219 En cuanto a la producción de MS (Figura 4), las concentraciones de la solución nutritiva a 100 y
220 150 % presentaron los valores más altos. Durante el desarrollo del cultivo, la producción de MS
221 por planta incrementó en función del aumento en la concentración de la solución nutritiva. Dichos
222 incrementos en las tres concentraciones se ajustaron a un modelo cuadrático. Así, la producción de
223 MS por planta por día fue de 0.39, 0.25 y 0.17 g, para las concentraciones a 150, 100 y 50 %,
224 respectivamente. Lo anterior puede atribuirse a una mayor disponibilidad y aprovechamiento de
225 los nutrimentos (Aldana, Nel, & Fischer, 2014).

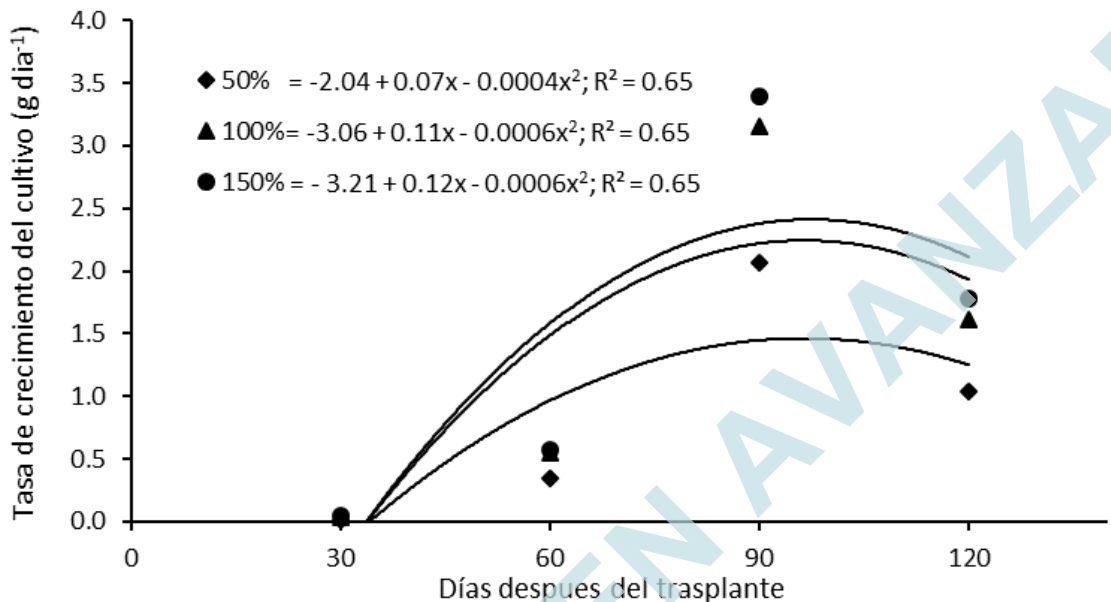


227
 228 **Figura 4.** Producción de materia seca del cultivo de uchuva en función de la concentración de la
 229 solución nutritiva Steiner.

232 Tasa de crecimiento del cultivo

233
 234
 235 En la TCC se observó un aumento por efecto de las concentraciones aplicadas (50, 100 y 150 %) (Figura 5). Al igual que las variables antes mencionadas, estos incrementos se ajustaron a un modelo cuadrático. La concentración a 150 % generó mayor producción de MS por día ($0.12 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$) respecto a las otras concentraciones: 100 ($0.11 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$) y 50 % ($0.07 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$); esto puede atribuirse a una mejor eficiencia de la planta para producir MS con la solución a 150 %. Con las concentraciones a 100 y 150 %, la TCC fue superior desde los 30 ddt respecto a 50 %. La máxima producción de MS se observó a los 90 ddt con 3.06 y $3.21 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$, para las concentraciones a 100 y 150 %, respectivamente. No obstante, a los 120 ddt se presentó un descenso en la eficiencia de la acumulación de MS. En cultivos anuales, este comportamiento se debe a que las plantas presentan mayor número de frutos en maduración y después éstas entran en fase de senescencia (Mazorra et al., 2003), lo cual induce una reducción en la TCC de la planta. Sin embargo, en

246 uchuva, el descenso observado a los 120 ddt pudo deberse a que se eliminaron hojas viejas
 247 conforme maduraron los frutos en la parte inferior de las plantas, lo cual es una práctica habitual
 248 en el manejo de este cultivo.
 249



250
 251 **Figura 5.** Dinámica de la tasa de crecimiento del cultivo de uchuva en función de la
 252 concentración de la solución nutritiva Steiner.

253
 254
 255 **Número y peso de frutos**

256
 257
 258 En el número y peso de frutos (con y sin cáliz) se observaron diferencias estadísticas significativas
 259 ($P \leq 0.05$) por efecto de la solución nutritiva (Cuadro 3). El mayor número de frutos se obtuvo con
 260 las soluciones a 150 y 100 %, con un incrementó en la producción de frutos de 64 y 37 %,
 261 respectivamente, ambas en comparación con la solución a 50 %. El menor número de frutos con la
 262 solución nutritiva a 50 % puede atribuirse al limitado crecimiento longitudinal de las ramas
 263 generadoras de flores, por efecto del menor aporte nutrimental (Martínez et al., 2008). Los
 264 resultados del presente estudio son superiores a los encontrados por Gastelum-Osorio et al. (2013),

265 quienes reportaron un aumento de 7 % en la producción de frutos de uchuva al incrementar la
 266 concentración de la solución nutritiva Steiner de 50 a 100 %.

267
 268 **Cuadro 3.** Efecto de la concentración de la solución nutritiva Steiner en el número y peso de
 269 frutos (con y sin cáliz) de uchuva.

Concentración de la solución Steiner (%)	Frutos por planta	Fruto con cáliz (g·planta ⁻¹)	Fruto sin cáliz (g·planta ⁻¹)
50	11.7 c ^z	87.3 b	79.5 b
100	16.0 b	127.5 a	115.5 a
150	19.2 a	138.5 a	130.5 a
DMSH ¹	2.6	18.9	20
CV (%)	7.7	7.4	14

270 ¹DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

271 ²Medias con letras iguales dentro de cada columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

272
 273 Respecto a los frutos con cáliz (Cuadro 3), el mayor peso se presentó con la concentración más alta
 274 de la solución nutritiva, lo cual se relacionó con el mayor diámetro ecuatorial del fruto (datos no
 275 mostrados). Con la solución a 100 % se observó un incremento de 46 % en el peso de frutos, y a
 276 150 % el aumento fue de 59 %, en comparación con la solución a 50 %. Este comportamiento
 277 puede atribuirse a que con mayor disponibilidad y aprovechamiento nutrimental incrementa el
 278 crecimiento del fruto (Antúñez-Ocampo, Sandoval-Villa, Alcántar-González, & Solís-Martínez,
 279 2014; Fischer, 2000).

280 Al igual que en frutos con cáliz, las concentraciones a 100 y 150 % generaron un aumento en el
 281 peso de los frutos sin cáliz, de 36 y 51 g·planta⁻¹, respectivamente, en comparación con la solución
 282 a 50 % (Cuadro 3). Esto probablemente debido a que la acumulación de carbohidratos en el fruto
 283 se vio favorecida por el mayor suministro de nutrientes (Gastelum-Osorio et al., 2013; Martínez
 284 et al., 2008).

285 En general, con las soluciones nutritivas a 100 y 150 % se obtuvieron los mejores resultados en
 286 todas las variables evaluadas. Este comportamiento puede deberse a que la concentración de N en
 287 forma de nitrato corresponde a 6, 12 y 18 meq·L⁻¹ en las concentraciones de 50, 100 y 150 %,
 288 respectivamente (Cuadro 1). Al respecto, el N es el elemento más requerido por las plantas, ya que

289 representa de 1 a 5 % de la MS total y es constituyente integral de proteínas, ácidos nucleicos,
290 clorofila, coenzimas, fitohormonas y metabolitos secundarios (Hawkesford et al., 2012).
291 Asimismo, dosis óptimas de N incrementan el proceso fotosintético, la producción de AF y MS
292 total, factores determinantes para mejorar los rendimientos de los cultivos (Leghari et al., 2016).
293 Por otra parte, la concentración de K es de 3.5, 7.0 y 10.5 meq·L⁻¹ en la solución nutritiva Steiner
294 a 50, 100 y 150 %, respectivamente (Cuadro 1). El K es el catión absorbido en mayor cantidad por
295 las plantas; además, está involucrado en la fotofosforilación y transporte de fotoasimilados de los
296 tejidos fuente, via floema, a los tejidos demanda, activación enzimática y mantenimiento de la
297 turgencia. Por lo tanto, una adecuada nutrición con K está asociado con incrementos en el
298 rendimiento y calidad de frutos (Çolpan, Zengin, & Özbahçe, 2013; Lester, Fijon, & Makus, 2010).
299 Los resultados del presente estudio demuestran que es factible el cultivo de uchuva en condiciones
300 de invernadero e hidroponía, lo cual representa una alternativa para diversificar la producción de
301 hortalizas. Asimismo, los resultados de fenología y análisis de crecimiento podrían ser útiles para
302 planear el establecimiento del cultivo y calendarizar las primeras cosechas de esta hortaliza de
303 fruto.

306 Conclusiones

309 La fenología del cultivo de uchuva, en las condiciones evaluadas, se favoreció con la solución
310 nutritiva a 150 %, al requerir 1,370 UC de trasplante a madurez de consumo. Lo anterior representó
311 15 y 5 días de precocidad en comparación con las concentraciones a 50 % (1,527 UC) y 100 %
312 (1,435 UC), respectivamente.

313 La mayor producción de hojas, área foliar, materia seca, tasa de crecimiento del cultivo, y peso de
314 frutos (con y sin cáliz), se obtuvo con la solución nutritiva de Steiner a 100 y 150 %.

315 De acuerdo con los resultados encontrados y las condiciones en que se realizó el estudio, se sugiere
316 emplear la solución nutritiva de Steiner a 100 % en el cultivo de uchuva, ya que el rendimiento es
317 similar ($P \leq 0.5$) al obtenido con 150 % de concentración, pero con menor requerimiento de
318 fertilizantes.

319 Agradecimientos

320 El primer autor agradece al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la
321 Secretaría de Educación Pública de México (SEP) por la beca posdoctoral otorgada.

322

323 Referencias

324 Aldana, F., Nel, G. P., & Fischer, G. (2014). Efecto del estrés por anegamiento sobre el crecimiento,
325 desarrollo y sintomatología de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista de la*
326 *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149), 393-400. doi:
327 10.18257/raccefyn.114

328 Antúñez-Ocampo, O. M., Sandoval-Villa, M., Alcántar-González, G., & Solís-Martínez, M.
329 (2014). Aplicación de amonio y nitrato en plantas de *Physalis peruviana* L. *Agrociencia*,
330 48(8), 805-817. Retrieved from [http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2014/nov-](http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2014/nov-dic/art-4.pdf)
331 [dic/art-4.pdf](http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2014/nov-dic/art-4.pdf)

332 Castañeda-Salinas, C., Sandoval-Villa, M., Sánchez-Monteón, A. L., Alejo-Santiago, G., Jiménez-
333 Meza, V. M., Aburto-González, C. A., & García-López, M. (2013). Respuesta de plántulas
334 de uchuva (*Physalis peruviana* L.) diferentes concentraciones de nitrato y amonio. *Revista*
335 *Bio Ciencias*, 2(3), 148-153. Retrieved from
336 <http://revistabiociencias.uan.mx/BIOCIENCIAS/article/view/45/43>

337 Cooman, A., Torres, C., & Fischer, G. (2005). Determinación de las causas del rajado del fruto de
338 uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre.
339 *Agronomía Colombiana*, 23(1), 74-82. Retrieved from
340 <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/19919>

341 Çolpan, E., Zengin, M., & Özbahçe, A. (2013). The effects of potassium on the yield and fruit
342 quality components of stick tomato. *Horticultural Environmental Biotechnology*, 54(1), 20-
343 28. doi: 10.1007/s13580-013-0080-4

344 Escalante-Estrada, J. A., & Kohashi-Shibata, J. (2015). *El rendimiento y crecimiento del frijol.*
345 *Manual para la toma de datos.* México: Colegio de Postgraduados- Campus Montecillo.

346 Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo de la uchuva. In: Flórez, V. J., Fischer, G., & Sora, A.
347 (Eds.), *Producción, poscosecha y exportación de uchuva (Physalis peruviana L.)* (pp. 9-
348 26). Bogotá: Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia.

349 Fischer, G., Ebert, G., & Lüdders, P. (2007). Production, seeds and carbohydrate contents of cape
350 gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes.
351 *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81(1), 29-35. Retrieved from
352 <https://ojs.openagrar.de/index.php/JABFQ/article/view/2107/2492>

353 Fischer, G., Herrera, A., & Almanza, P. J. (2011). Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). In:
354 Yahia, E. M. (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*
355 (pp. 374-396). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.

356 Fischer, G., Almanza, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis*
357 *peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 36(1), 1-15. doi:
358 10.1590/0100-2945-441/13

359 Gastelum-Osorio, D. A., Sandoval-Villa, M., Trejo-López, C., & Castro-Brindis, R. (2013). Fuerza
360 iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de
361 frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(2), 197-210. doi:
362 10.5154/r.rchsh.2012.01.002

363 Gutiérrez, T., Hoyos, O., & Páez, M. (2007). Determinación del contenido de ácido ascórbico en
364 uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR).
365 *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 5(1), 70-79. Retrieved from
366 [http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/5](http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/53/40)
367 [3/40](http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/53/40)

368 Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Moller, I. S., & White, P.
369 (2012). Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (Ed.), *Marschners's Mineral*
370 *Nutrition of higher plants* (pp. 135-189). USA: Academic Press.

371 Juárez-Maldonado, A., de Alba-Romenus, K., Zermeño-González, A., Ramírez, H., & Benavides-
372 Mendoza, A. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista*
373 *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 943-954. doi: 10.29312/remexca.v6i5.589

374 Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., Laghari, A. H., Bhabhan, G. M., Talpur, K. H.,
375 Bhutto, T. A., Wahocho, S. A., & Lashari, A. A. (2016). Role of nitrogen for plant growth
376 and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209-218.
377 Retrieved from
378 [https://www.researchgate.net/publication/309704090_Role_of_Nitrogen_for_Plant_Grow](https://www.researchgate.net/publication/309704090_Role_of_Nitrogen_for_Plant_Growth_and_Development_A_review)
379 [th_and_Development_A_review](https://www.researchgate.net/publication/309704090_Role_of_Nitrogen_for_Plant_Growth_and_Development_A_review)

- 380 Lester, E. G., Jifon, L. J., & Makus, D. J. (2010). Impact of potassium nutrition on food quality of
381 fruits and vegetables: A condensed and concise review of the literature. *Better Crops*, 94(1),
382 18-21. Retrieved from
383 [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/BFE8750D3C2718B085257980006ED3](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/BFE8750D3C2718B085257980006ED301/$FILE/Better%20Crops%202010-1%20p18.pdf)
384 [01/\\$FILE/Better%20Crops%202010-1%20p18.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/BFE8750D3C2718B085257980006ED301/$FILE/Better%20Crops%202010-1%20p18.pdf) e
- 385 Martínez, F. E., Sarmiento, J., Fischer, G., & Jiménez, F. (2008). Efecto de la deficiencia de N, P,
386 K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana*
387 L.). *Agronomía Colombiana*, 26(3), 389-398. Retrieved from
388 <http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11470/12116>
- 389 Mazorra, M. F., Quintana, A. P., Miranda, D., Fischer, G., & Cháves, B. (2003). Análisis sobre el
390 desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la zona
391 Sumapaz (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana*, 21(3), 175-189. Retrieved from
392 <http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/17824/18732>
- 393 Mora-Aguilar, R., Peña-Lomelí, A., López-Gaytán, E., Ayala-Hernández, J. J., & Ponce-Aguirre,
394 D. (2006). Agrofenología del *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista*
395 *Chapingo Serie Horticultura*, 12(1), 57-63. doi: 10.5154/r.rchsh.2005.10.011
- 396 Sabino-López, J. E., Sandoval-Villa, M., Alcántar-González, G., Ortiz-Solorio, C., Vargas-
397 Hernández, M., & Colinas-León, T. (2016). Fenología de *Physalis peruviana* L. cultivada
398 con base en tiempo térmico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3521-3528.
399 Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2631/263149506011/>
- 400 Salazar, M. R., Chaves-Córdoba, B., Cooman, A., & Jones, J. W. (2006). Simple phenological and
401 potential production model for cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Acta*
402 *Horticulturae*, 718, 105-111. doi: 10.17660/ActaHortic.2006.718.11
- 403 Sánchez, G. P., Molinos, D. S., C., Alcántar, G. G., & Sandoval, V. M. (2009). Diagnóstico
404 nutrimental en plantas. In: Alcántar, G. G., & Trejo-Téllez, L. I. (Eds.), *Nutrición de*
405 *Cultivos* (pp. 202-247). D.F., México: Mundi-Prensa.
- 406 Santos-Castellanos, M., Segura-Abril, M., & Núñez-López, C. E. (2010). Análisis de crecimiento
407 y relación fuente demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el
408 municipio de Zipaquirá (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(1),
409 5253-5266. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n1/a04v63n01.pdf>

- 410 Statistical Analysis Software (SAS Institute). (2003). *SAS/STAT user's guide ver. 9.1*. Cary, USA:
411 Author.
- 412 Snyder, R. L. (1985). Hand calculating degree days. *Agricultural and Forest Meteorology*, 35(1-
413 4), 353-358. doi: 10.1016/0168-1923(85)90095-4
- 414 Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In: *Proceedings of the Sixth International*
415 *Congress on Soilless Culture* (pp. 633-649). The Netherlands: ISOSC, Wageningen.
- 416 Tekalign, T., & Hammes, P. S. (2005). Growth and productivity of potato as influenced by cultivar
417 and productive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Scientia Horticulturae*,
418 105(1), 29-44. doi: 10.1016/j.scienta.2005.01.021

PUBLICACIÓN EN AVANZADA