

## **Rentabilidad en la producción de hortalizas en ambientes controlados**

SALAZAR-MORENO, Raquel, ROJANO-AGUILAR, Abraham, FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther y PÉREZ-SOTO, Francisco

R. Salazar´, A. Rojano´, E. Figueroa´´ y F. Pérez´

´Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México - Texcoco Km. 38.5, 56230 Texcoco de Mora, México

´´Centro Universitario UAEM Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México  
raquels60@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez R. Salazar (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## **Abstract**

Tomato is the main vegetable produced under greenhouses and it represents high economic benefits in Mexico. A case of study is analyzed for a greenhouse located at Autonomous University of Chapingo. The facility has a 120 m<sup>2</sup> area with plastic covering and drip irrigation. The cost, yield, and price data were provided to determine the three profitability indicators: The Net Present Value (NPV), the Benefit-Costs ratio (B/C) and the Internal Return Rate (IRR). Results show that the tomato production under greenhouses in small scale, could be profitable only if the yields are above 16 kg/m<sup>2</sup> for a market price of \$15/kg.

## **1 Introducción**

El tomate es la principal hortaliza producida bajo invernaderos en México y el principal producto agrícola que se exporta, representa altos beneficios económicos para nuestro país en términos de la generación de empleos e ingresos por exportación. La demanda insatisfecha en ciertos periodos del año hace que el precio del producto se incremente.

Los invernaderos junto con el control climático permiten optimizar la productividad del sistema de cultivo, facilitar la programación de las cosechas, optimizar la calidad de los productos y minimizar la incidencia de plagas y enfermedades (Martínez, 2001). El desarrollo vegetativo del tomate bajo invernadero es de 80 a 90 días, edad en la que se inicia su cosecha, la cual se extiende hasta los 150 a 180 días de acuerdo con el manejo agronómico que se le dé, obteniéndose en promedio dos cosechas por año (Ubaque et al., 2002). Aun cuando se esté hablando del mismo nivel tecnológico existen diferentes variantes en la producción bajo invernaderos como: material de cubierta, calefacción, refrigeración, presencia de pantallas térmicas, tipo de sustrato, enriquecimiento del ambiente con CO<sub>2</sub>, y mano de obra. En este trabajo en particular se hace el estudio de la rentabilidad económica de la producción de tomate en un invernadero de tecnología media, ubicado en la Universidad Autónoma Chapingo.

### **1.2 Objetivo**

Obtener los índices de rentabilidad en la producción de tomate para un invernadero con sustrato y riego por goteo, ubicado en la Universidad Autónoma Chapingo. Con base en la información de costos, sugerir medidas para mejorar la rentabilidad en la producción de tomate bajo invernadero en esta región.

### **1.3 Antecedentes**

Durante 2008, se produjeron en México 2.26 millones de toneladas de tomate, dicha producción se distribuye a lo largo del país. Sin embargo, la zona productora de mayor importancia es la noroeste. De acuerdo al Tabla 1, el principal estado productor fue Sinaloa, cuya producción representó el 35% del total nacional, en segundo lugar Baja California con 9%, siguen en la lista los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8%, 6% y 5%, respectivamente.

**Tabla 1 Producción de tomate por estado**

Estado	Volumen		Valor	
	Miles de toneladas	Participación	MDP	Participación
Sinaloa	1,039.4	36.6%	3,070.4	23.4%
Baja California	189.6	6.7%	1,475.9	11.2%
Michoacán	171.0	6.0%	522.7	4.0%
Jalisco	156.7	5.5%	1,152.3	8.8%
Zacatecas	139.1	4.9%	670.1	5.1%
Baja California Sur	106.9	3.8%	720.8	5.5%
Resto del país	1,035.7	36.5%	5,534.3	42.1%
Total	2,838.4	100%	13,146.4	100%

Fuente: (SAGARPA, 2010)

En el mercado estadounidense, el 80% de las importaciones de tomate son de origen mexicano; en segundo lugar, se ubica Canadá, con 18% de importaciones realizadas por USA; seguido a gran distancia por Holanda, Guatemala y República Dominicana, los que en su conjunto no superan el 2% de participación

En cuanto a costos de producción Rezvani et al. (2011) reporta que en Irán, el costo total de producción de tomate por hectárea en campo abierto fue de 3842.7 \$ ha<sup>-1</sup>, menor que el costo de producción bajo invernadero (64713.2 \$ ha<sup>-1</sup>). El costo total de producción bajo invernadero fue 94.1% más elevado que en campo abierto. Sin embargo, el ingreso neto por hectárea a campo abierto fue de 5097.6 \$ ha<sup>-1</sup>, mientras que bajo invernadero fue de 133,180.5 \$ ha<sup>-1</sup>. Es decir, el ingreso neto en campo abierto fue 26 veces menor con respecto a la producción bajo invernadero. La razón beneficio costo en invernaderos fue de 3.06 mientras que en campo abierto fue de 2.33. El autor enfatiza que el uso eficiente de insumos ayuda a incrementar la producción y productividad, contribuye a la economía, rentabilidad y competencia para la sostenibilidad agrícola de las comunidades rurales.

En un estudio hecho en la India, a 72 unidades de producción de tomate, Sepat et al. (2013) encontró una razón beneficio costo en campo abierto (9.43) un poco menor a la encontrada bajo invernaderos (9.83). Por lo tanto, el negocio de producción de tomate es redituable tanto en campo abierto como bajo invernadero, en esa región de la India. Rucoba et al. (2006) en un estudio financiero realizado en el estado de Chihuahua en México. reportó los índices de rentabilidad en la producción de tomate bajo invernadero, cuya relación beneficio/costo fue de 1.89, que se encuentra mucho más abajo que la reportada para el caso de India e Irán. En este estudio no se especifica las características del invernadero.

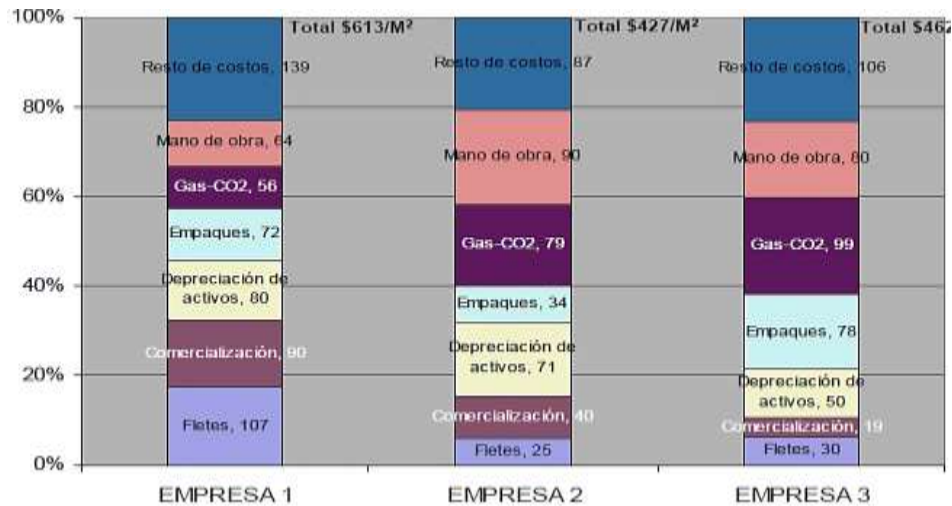
Santiago (2008) menciona que para alcanzar una producción de 450 toneladas de tomate, se requiere una inversión aproximada de \$250,000 a 350,000 dólares en un ciclo de 10 meses, dependiendo de la zona en donde se ubique la inversión, es decir hasta 1.28 toneladas de tomate por cada 1000 dólares de inversión.

En zonas frías tales como Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Querétaro y el Edo. de México, el costo de inversión puede ser de \$70,000 a 120,000 dólares/ha; mientras que en zonas templadas de Michoacán, Guanajuato, Hidalgo y Jalisco, se ubicaría entre \$30,000 y 40,000 dólares/ha.

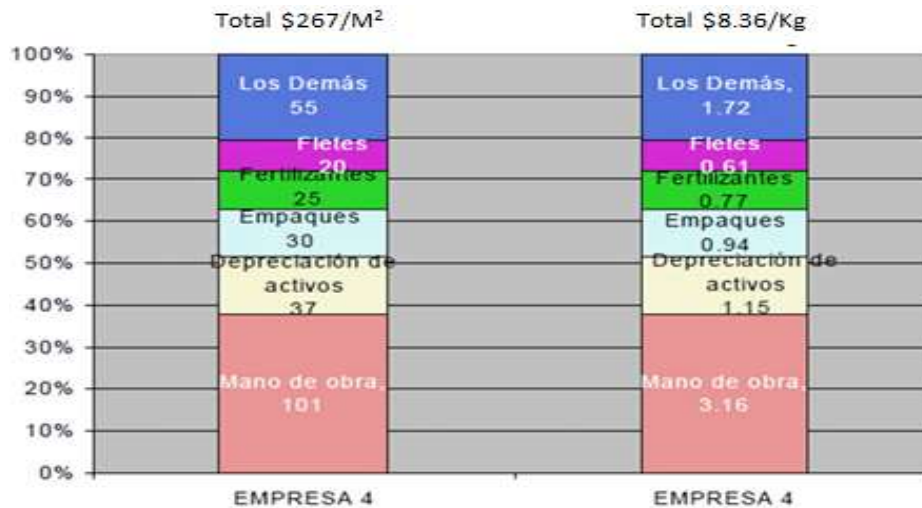
Terrones y Sánchez (2015) realizaron un estudio de la rentabilidad de la producción de tomate en la región de Hidalgo y encontraron una relación beneficio/costo entre 1.57 y 3.09 con una superficie entre 500-3700 m<sup>2</sup> bajo invernadero.

Es necesario realizar una distinción de los diferentes tipos de tecnología utilizados en la producción de tomate bajo invernadero, para poder hacer recomendaciones más puntuales a los productores. En un estudio hecho por FIRA (2007), se reporta la composición de los costos de producción de tomate en invernaderos de alta tecnología (Grafico 1), de mediana tecnología (Grafico 1.1), y tecnología baja (Grafico 1.1).

**Grafico 1** Composición de los costos de producción de tomate en tres invernaderos con alta tecnología (MX\$/m<sup>2</sup>)

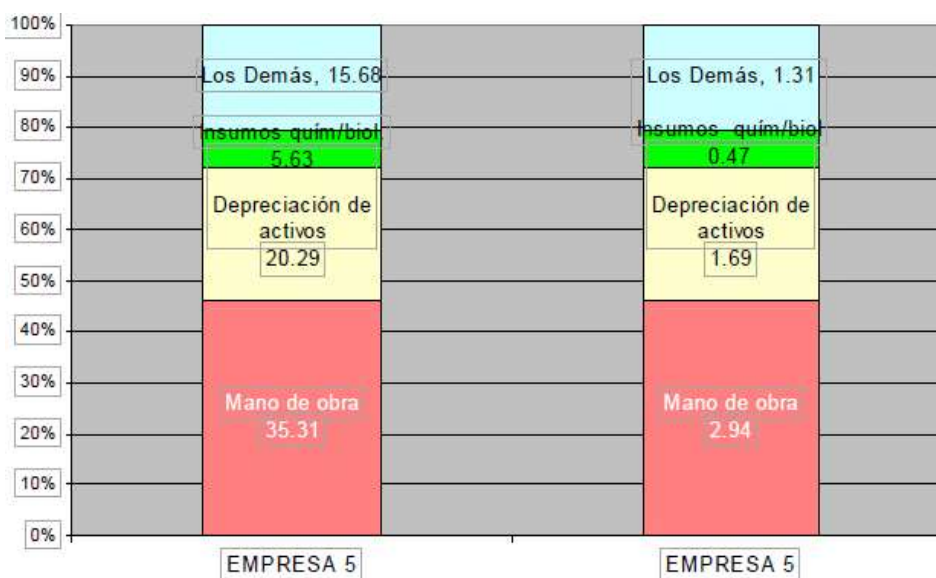


**Grafico 1.1** Composición de los costos de producción de tomate en invernaderos con tecnología media (MX\$/m<sup>2</sup> y MX\$/Kg)



FIRA (2007), menciona que la empresa con tecnología media tiene mal calculado su sistema de calefacción y no tiene apoyos a la productividad de la mano de obra (carritos transportadores y piso de cemento), de ahí su bajo rendimiento

**Grafico 1.2** Composición de costos de producción de tomate en invernadero con baja tecnología (MX\$/m<sup>2</sup> y MX\$/Kg) (FIRA, 2007)



Ellings et al., (2012), realizaron un estudio en Aguascalientes México e identificaron los precios unitarios de varios insumos utilizados en la producción bajo invernaderos (Tabla 1.1).

**Tabla 1.1** Precio de los insumos utilizados en la producción de tomate

Insumo	Unidades	Precio
Gas natural	\$ kg <sup>-1</sup>	11.49
Electricidad	\$ kWh <sup>-1</sup>	0.37
CO <sub>2</sub> puro	\$ kg <sup>-1</sup>	3.27
Material de la planta	\$ planta <sup>-1</sup>	15.69
Costos de labor de cultivo	\$ h <sup>-1</sup>	36.27
Protección del cultivo	\$ m <sup>-2</sup>	16.34
Nutrición de cultivo en ciclo cerrado	\$ kg tomate	0.92
Agua (Sistema de riego, nebulización)	\$ m <sup>-3</sup>	0.64
Sustrato	\$ m <sup>-2</sup>	21.24
Filmes de plástico, alambres y clips	\$ m <sup>-2</sup>	8.17

Ellings también hace una clasificación de diferentes niveles tecnológicos como se describen en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2** Niveles tecnológicos en la producción bajo invernaderos (B=baja; M=media; A=Alta)

Características	B	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	A
Cubierta	P	P	P	P	P	C	D
Calefacción	N	S, H	S, H	S, P	S, P	S, P	S, P
Enfriamiento	V	V	V	V	E	V	M
Pantallas	N	N	S	N	N	N	S
Sustrato	S	H	H	H	H	R	R
CO <sub>2</sub>	N	N	N	S	N	S	S

P =Plástico, C= Cristal, D=Cristal difuso; Calefacción: Si/No H: Calentadores de aire, P: Calefacción con rieles en el piso; Enfriamiento: V=Ventilación, E=Enfriamiento evaporativo, M=Enfriamiento mecánico; Pantallas termicas: Si/No; Sustrato: S=suelo, H=Hidroponía, R=Hidroponía con reuso de agua; Enriquecimiento de CO<sub>2</sub>: S/ N.

Asimismo, Ellings et al., (2012) reporta la eficiencia en el uso del agua y la energía para los diferentes niveles tecnológicos, lo cual se ve también reflejado en los costos de producción.

**Tabla 1.3** Producción de tomate y uso del agua y energía en diferentes niveles tecnológicos

Concepto	B	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	A
Prod Tomate kg m <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup>	21.6	50.7	49.3	70.3	53.6	67.5	134.5
Uso del agua M <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup>	3	2	2	2	2	1.3	0.6
Uso de la energía MJ m <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup>	43	762	604	922	768	778	3465
Eficiencia uso del agua kg m <sup>-3</sup>	7.2	25.3	24.7	35.2	21.4	51.9	168.2
Eficiencia uso de la energía kg GJ <sup>-1</sup>	505	67	82	76	70	87	39

De acuerdo con Ponce 2013, de las 20,000 has de agricultura protegida en México, 12,000 has son invernaderos, el 79% de los sistemas agrícolas protegidas son de media-alta tecnología, 17% son de tecnología media y un 5% con baja tecnología.

El rendimiento de la producción de tomate en invernaderos de baja tecnología es de aproximadamente 120 toneladas por hectárea (t/ha), en rangos de tecnología media de 200 a 250 t/ha, y en la alta tecnología conduce a obtener hasta 600 t/ha.

## 1.4 Metodología

El estudio estuvo basado en un invernadero con cultivo de tomate bajo un sistema en sustrato, con fertiriego, localizado en la Universidad Autónoma Chapingo (Figura 1). El invernadero es de carga completa tipo cenital, con una resistencia máxima al viento de 120 km/h, de dimensiones 8 m de ancho y 15 m de largo, con una superficie total de 120 m<sup>2</sup>. La cubierta es de plástico blanco (polietileno). Cuenta con dos ventanas laterales y cenitales, con un sistema de apertura y cierre manual con malacates galvanizados de 600 lb protegidos con mallas antinsectos de 25 x 25 y de 1 m de ancho en cenitales y malla antivirus en ventanas laterales de 40 x 26.

**Figura 1** Invernadero tipo cenital con ventilación natural localizado en la Universidad Autónoma Chapingo



El sistema de riego es por goteo (Figura 1.1), con válvulas PVC, manguera ciega de 16 mm, capacidad de gotero de 8 l/h., distribuidor de 4 salidas, de realizaron 12 riegos por día de 1, 2, 3, 4 y 5 min. La textura del suelo es franco con una superficie total de 120 m<sup>2</sup>

**Figura 1.1** Sistema de riego.



## 1.5 Índices para evaluar la rentabilidad

### 1.5.1 Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto (VPN), es el valor que actualiza mediante una tasa de descuento prefijada, el flujo de beneficios netos (beneficios totales-costos totales) generados por el proyecto de inversión.

El VPN considera el valor temporal del dinero y es un flujo actualizado de rentabilidad, debe ser igual o mayor que cero, lo que es equivalente a decir, que dada una tasa de actualización, el valor presente de los beneficios supera, o es igual al valor presente de los costos. En términos generales, el VPN representa la ganancia adicional actualizada que genera el proyecto por encima de la tasa de descuento (Muñante, 2002).

La fórmula para obtener el VPN es:

$$VPN = \sum_{t=1}^T \frac{\Pi_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Donde t = año, T = longitud del horizonte de tiempo,  $\Pi$  = rentabilidad anual (\$/ha), r = tasa de descuento. Los principales supuestos introducidos en la etapa del cálculo del VPN son la tasa de descuento (r) y el horizonte temporal (T). Las tasas de interés bancario sirven como un buen indicador del valor temporal del dinero.

### 1.5.2 Relación Beneficio-Costo (B/C)

Es el cociente que resulta de dividir el valor actualizado de la corriente de beneficios entre el valor actualizado de la corriente de los costos, a una tasa de actualización previamente determinada.

La relación B/C expresa los beneficios netos obtenidos por unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto; si el valor es menor que uno, indicará que la corriente de costos actualizados es mayor que la corriente de beneficios y por lo tanto la diferencia (B-C), cuyo valor será negativo, indicará las pérdidas por unidad monetaria invertida y viceversa.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^T B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^T C_t (1+r)^{-t}} \quad (1.1)$$

Donde:

$B_t$  = beneficios en cada período del proyecto

$C_t$  = costos en cada período del proyecto

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

$(1+r)^{-t}$  = factor de actualización



### 1.5.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR económica de un proyecto es la tasa de actualización que hace que el valor actualizado de la corriente de beneficios se iguale al valor actualizado de la corriente de costos (Muñante, 2002).

$$\sum_{t=1}^T B_t(1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T C_t(1+r)^{-t} = 0 \quad (1.2)$$

Donde:

$B_t$  = beneficios en cada período del proyecto

$C_t$  = costos en cada período del proyecto

$(1+r)^{-t}$  = factor de actualización

$r$  = tasa de actualización

$t$  = tiempo en años

En forma tradicional, la TIR se calcula por tanteo o interpolación.

La TIR expresa la tasa de interés real máxima que podría pagar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, una vez recuperados los costos de inversión y operación. El criterio formal de selección a través de este indicador es aceptar todos los proyectos independientes cuya TIR sea igual o mayor que la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2002). Se le conoce también como la tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida.

### 1.6 Resultados

El invernadero bajo estudio se encuentra entre el nivel bajo y medio 1 ( $M_1$ ) de acuerdo a la clasificación de Ellings. La tabla 1.5 y 1.6 describen los costos fijos y variables en el sistema de producción.

**Tabla 1.5** Costo del invernadero y del sistema de riego

Costos fijos	Precio en pesos
Costo del invernadero incluyendo instalación	\$ 42,000
Costo del sistema de riego	\$ 15,000
Total	\$ 57,000

El invernadero es de 120 m<sup>2</sup> por lo que el costo fijo es de 625 pesos /m<sup>2</sup>

**Tabla 1.6** Principales costos variables en la producción de tomate

Concepto	Unidad	Costo
Plántula de tomate	480 plántulas	\$1,440
Fertiriego	varios	\$10,636
Mano de obra	7 meses	\$10,400
Total		\$22,476

El precio del tomate bajo invernadero puede variar desde 7 a 15 pesos el kilogramo dependiendo de la época de venta. El invernadero junto con el sistema de riego puede tener una vida útil de 15 años y hay que sustituir la cubierta cada 5 años lo cual tendrá un costo promedio de \$ 7,000.

Considerando una tasa de interés promedio representativa anual del Banco de México del 4% como la tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR), y una vida útil del invernadero de 15 años. De acuerdo con la empresa Hidroenvironment, se tienen rendimientos de tomate en hidroponía bajo invernadero que van entre 15-20 kg /m<sup>2</sup>. Considerando el escenario de altos rendimientos (20 kg /m<sup>2</sup>) y un precio promedio del tomate de \$15/Kg para el ciclo Otoño-Invierno, los ingresos netos anuales serían de \$13,524, y por lo tanto el valor presente del flujo de beneficios netos durante el periodo de vida útil del invernadero se expresa en (1.3).

$$VPN_1 = 13,524(P/A, 4\%, 15) - 7,000(P/F, 4\%, 5) - 7,000(P/F, 4\%, 5) - 57,000 = \$82,875.7 \quad (1.3)$$

Mientras que la relación beneficio costo se calcula en (1.4).

$$B/C_1 = \frac{150,365.24}{67,489.5} = 2.23 \quad (1.4)$$

La tasa interna de retorno para el escenario de altos rendimientos es TIR = 21.12%.

Considerando el escenario de rendimientos de 15 kg de tomate /m<sup>2</sup>, el valor presente neto disminuye drásticamente a \$ 17, 189.85 (1.5) y la relación beneficio costo es menor a 1 (7).

$$VPN_2 = 4,524(P/A, 4\%, 15) - 7,000(P/F, 4\%, 5) - 7,000(P/F, 4\%, 5) - 57,000 = -\$17, 189.85 \quad (1.5)$$

$$B/C_2 = \frac{50,299.64}{67,489.5} = 0.74 \quad (1.6)$$

Siendo la TIR menor al 1%.

En un escenario optimista en el cual se pudiera vender la producción a 15 pesos/kg de tomate, la producción mínima para la cual la empresa puede cubrir los costos considerados sin generar ganancias es de 15.85 kg/m<sup>2</sup> es decir con una relación beneficio/costo de 1.

## 1.7 Conclusiones

En un invernadero de tecnología media con hidroponía, los mayores costos variables de producción son los correspondientes a la mano de obra y el fertiriego. Para un invernadero pequeño como el analizado de tan solo 120 m<sup>2</sup>, los ingresos netos son muy sensibles al rendimiento por hectárea, con un rendimiento elevado de 20 kg/m<sup>2</sup> la relación beneficio costo es bastante buena de 2.23, con una disminución del rendimiento a 15 kg/m<sup>2</sup> la producción ya no es rentable, no se alcanzan a cubrir los costos. Terrones y Sánchez (2011) reportan una relación beneficio-costo entre 1.57 y 3.09 en 5 invernaderos localizados en Hidalgo cuya superficie oscila entre 500 y 1200 m<sup>2</sup>. En general la producción bajo invernadero es más rentable a medida que se incrementa la superficie ya que pueden ser aplicados rendimientos a escala. Otro factor importante es la época de cosecha que puede ser en otoño o invierno en donde los precios del producto pueden variar notablemente. Únicamente cuando los rendimientos sean mayores a 16 kg/m<sup>2</sup> y los precios sean mayores a 15 \$/m<sup>2</sup>, la producción de tomate a pequeña escala puede ser rentable. En este estudio en particular no se consideró el costo del terreno que puede incrementar los costos fijos notablemente.

## 1.8 Referencias

- Elings, A., Campen, J., García V, N, van der V. O. (2012). A greenhouse design for Mexico. The case of La Huerta, Aguascalientes. Ministerie van Economiche Zaken. Rapport GTB-1223.
- FIRA. (2007). Agricultura protegida. Cultivo de Tomate en Invernadero. Dirección de Consultoría en Agronegocios. Dirección Regional del Norte, México.
- Martínez, P.F. (2001). Cultivo de tomate en invernadero frío. pp. 70-78. En: Memorias del curso Horticultura Protegida. 22 a 26 de octubre de 2001. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Muñante D.D. (2002). Manual de formulación y evaluación de proyectos. Manual para el cultivo del tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Ponce, C.P. (2013). Producción de tomates en invernadero en México. Revista Productores de Hortalizas. <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>
- Rezvani M. P., Feizi, H., Mondani, F. (2011). Evaluation of Tomato Production Systems in Terms of Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Iran. Not Sci Biol, 2011, 3(4):58-65. [www.notulaebiologicae.ro](http://www.notulaebiologicae.ro). Print ISSN 2067-3205; Electronic 2067-3264.
- Rucoba, G. A., Anchondo N.A., Luján A.C., Olivas, G. J. M.( 2006). Análisis de Rentabilidad de un Sistema de Producción de Tomate bajo Invernadero en la Región Centro-Sur de Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios, ISSN (Versión impresa): 1405-9282.
- SAGARPA. (2010). Monografía de Cultivos: tomate. Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios.<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documents/Monografias/Tomate.pdf>.
- Santiago, J. (2008). Breve sobre costos reales de producción de tomate. Revista Hortalizas. <http://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/breve-sobre-costos-reales-de-produccion-de-tomate/>
- Sepat, S. R., Sepat, S., Sepat, A. K. (2013). Energy use efficiency and cost analysis of tomato under greenhouse and open field production system at Nubra valley of Jammu and Kashmir. International Journal of Environmental Sciences Volume 3, No 4, 2013.
- Terrones, C.A., Sánchez T, Y. (2011)). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de tomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. Quinta Época. Año XV. Volumen 29. Julio-diciembre del 2011.
- Ubaque, H.W., E.H. Fuentes y R. Lee. (2002). Manual de tomate bajo invernadero. Vol. 2. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.