

## **Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa\***

### **Considerations for improving competitiveness of the “El Bajío” region in domestic strawberry production**

**Luis León López, Dora Linda Asunción Guzmán-Ortíz, José Abraham García Berumen, Carlos Gerardo Chávez Marmolejo y Juan José Peña-Cabriales<sup>§</sup>**

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (IPN)-Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Unidad Irapuato. km 9.6 del Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. C. P. 36821 Irapuato, Guanajuato, México. Tel: 01 462 6239600. Ext. 9642. (lleon@ira.cinvestav.mx; dguzman@ira.cinvestav.mx; josabraham\_90@hotmail.com; carlosg.chavez@m@outlook.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: jpna@ira.cinvestav.mx.

#### **Resumen**

En los años 40's, la región “El Bajío”, Guanajuato, México se posicionó como líder a nivel nacional en la producción de fresa. En 1966, esta región alcanzó una producción de 143 x 10<sup>3</sup> t, ocupando el segundo lugar en la producción mundial y reconociéndose como “La Capital Mundial de la Fresa”. Sin embargo, diversos factores entre los que destacan: 1) la falta de organización y capacitación tecnológica de los productores; 2) la dependencia de los Estados Unidos de América para adquirir la planta “madre”; y 3) la incidencia de plagas y enfermedades ocasionadas por el monocultivo, generaron un declive significativo en la producción. Esta baja productividad, así como la incapacidad de mantener la demanda externa, favorecieron el surgimiento de nuevas regiones productoras, destacando Michoacán y Baja California. El objetivo de este ensayo fue realizar un análisis retrospectivo sobre la producción de fresa en la región “El Bajío” estado de Guanajuato para identificar los puntos críticos a resolver en el afán de recuperar el liderazgo nacional, destacando las acciones siguientes: 1) promover la organización entre productores para adoptar sistemas de producción más rentables; 2) lograr la independencia del extranjero en la adquisición de planta “madre”, apoyándose en instituciones nacionales de investigación a fin de generar variedades propias para la región;

#### **Abstract**

In the 40's, the region “El Bajío”, Guanajuato, Mexico positioned itself as national leader in strawberry production. In 1966, this region reached a production of 143 x 10<sup>3</sup> t, ranking second in world production and recognized as the “Strawberry Capital of the World”. However, several factors including: 1) the lack of organization and technological training of producers; 2) the dependence of the United states of America to acquire the “mother” plant; and 3) the incidence of pests and diseases caused by monoculture; generated a significant decline in production. This low productivity and inability to meet the external demand, favored the emergence of new production regions highlighting Michoacán and Baja California. This study aimed to perform a retrospective analysis of strawberry production in the region, “El Bajío” state of Guanajuato, to identify critical points in an effort to regain national leadership, highlighting the following: 1) promote organization among producers to adopt more profitable production systems; 2) achieving independence from foreigners in the acquisition of “mother” plant, based on national research institutions to generate our own varieties for the region; 3) strengthen strawberry marketing, stimulating the creation of companies adding

\* Recibido: junio de 2013  
Aceptado: enero de 2014

3) fortalecer la comercialización de la fresa, estimulando la creación de empresas que den valor agregado al producto; y 4) hacer un esfuerzo conjunto entre productores, autoridades, empresas y la ciudadanía en general para que a través de acciones coordinadas (crédito, capacitación, difusión, cultura, etc.) se consolide y fortalezca la cadena producto fresa y se vigorice a la fresa como ícono de la ciudad de Irapuato, Guanajuato.

**Palabras clave:** *Fragaria x ananassa* Duch., productividad, rentabilidad, tecnificación.

### Panorama histórico

En 1849, la planta de fresa fue introducida a México, llegando a Irapuato en 1852 a través Don Nicolás Tejada, líder político del Distrito de Irapuato, estableciéndose 24 plantas de fresa en un almácigo en el bordo del río Guanajuato, terreno que aún se conoce como “Moussier”, cuya ubicación actual es la zona noreste de la ciudad. El cultivo de fresa cobró importancia hasta 1880, cuando Óscar Droege, alemán radicado en Irapuato, enseñó a los agricultores locales el cultivo técnico de la fresa, en las huertas ubicadas en la hacienda de san Juan de Retana. Su cultivo se extendió a la hacienda de Buena Vista propiedad del Lic. Joaquín Chico González quien impulsó el comercio de la fresa hacia la ciudad de México (Sánchez, 2008).

A partir de los años 40's, el estado de Guanajuato se posicionó como el mayor productor de fresa en México, lugar que mantuvo hasta 1974. Durante 1966-1970, la producción de fresa en México fue de 123 564 t año<sup>-1</sup> en una superficie de 8,832 ha (Echánove, 2001), con una significativa contribución de la región “El Bajío”, estado de Guanajuato, posicionando a nuestro país en segundo lugar en la producción mundial de fresa (FAO, 2013). En ese periodo, la Comisión Nacional de Productores de Hortalizas (CNPH) impuso cuotas de plantación y exportación de fresa a las dos principales zonas productoras de ese entonces Irapuato, Guanajuato y Zamora, Michoacán. Esto fue perjudicial para los productores de Irapuato, debido a una desventaja fundamental frente a Zamora, quienes contaban con más recursos hídricos y mayor cantidad de empresas congeladoras, lo que generó una baja rentabilidad de la producción en Irapuato y posicionando a Zamora como principal productor de fresa a nivel nacional (Echánove, 2001).

A mediados de los años 80's, Ensenada, Baja California, surgió como entidad productora de fresa, la cual dada su cercanía con los Estados Unidos de América (EE. UU),

product value; and 4) make a joint effort among producers, authorities, businesses and overall public, through coordinated actions (credit, training, advertising, culture, etc.) to consolidate and strengthen the strawberry product chain and invigorate strawberry as the icon of Irapuato city, Guanajuato.

**Keywords:** *Fragaria x ananassa* Duch, productivity, profitability, technification.

### Historical overview

In 1849, strawberry was introduced in Mexico, reaching Irapuato in 1852 by Don Nicholas Tejada, political leader of the Irapuato District, establishing 24 strawberry plants in a seedbed in the side of the Guanajuato River, a land still known as “Moussier” whose current location is northeast of the city. Strawberry cultivation became important in 1880, when Oscar Droege, a German living in Irapuato, taught local farmers the techniques for strawberry cultivation in orchards located in the San Juan de Retana ranch. Its cultivation spread to the Buena Vista ranch, property of Mr. Joaquín González Chico who promoted strawberry trade in Mexico city (Sánchez, 2008).

From the 40's, the state of Guanajuato positioned as the largest strawberry producer in Mexico, position held until 1974. During 1966-1970, strawberry production in Mexico was 123 564 t yr<sup>-1</sup> in an area of 8 832 ha (Echánove, 2001), with a significant contribution from the region “El Bajío”, state of Guanajuato, positioning our country as second in world strawberry production (FAO, 2013). During this period, the National Commission for Vegetable Growers (CNPH) imposed quotas on strawberry export and planting for the two leading production areas at the time, Irapuato, Guanajuato and Zamora, Michoacán. This was detrimental for Irapuato producers, due to a fundamental disadvantage with Zamora, who owned more water resources and freezing companies, which generated low profitability for Irapuato production and positioned Zamora as leader of domestic strawberry production (Echánove, 2001).

In the mid 80's, Ensenada, Baja California, emerged as strawberry production entity, which given its proximity to the United states of America (USA), the world's largest strawberry consumer and its high technification, reached 32 922 t yr<sup>-1</sup> in 1999, quickly surpassing the state of Guanajuato. Since 1999, the state of Guanajuato ranks third in strawberry

principal consumidor mundial de la frutilla, y su alto nivel de tecnificación, en 1999, alcanzó una producción de 32 922 t año<sup>-1</sup>, superando rápidamente al estado de Guanajuato. A partir de 1999, el estado Guanajuato ocupa el tercer lugar en la producción de fresa, contribuyendo con 7% de la producción nacional mientras que Michoacán contribuye con el 50%, y Baja California con 37% (SAGARPA, 2013). Durante los últimos 12 años, la contribución menor del estado de Guanajuato en la producción nacional de fresa se ha debido, principalmente, a una tendencia negativa en la superficie de plantación a partir del 2001 (1 455 ha) en comparación con 3 561 ha en 1993 para una producción de 43 210 t (SAGARPA, 2011); asimismo, a que en el estado de Guanajuato los sistemas de producción de fresa no han logrado superar los niveles de productividad de sus competidores. En este ensayo se presenta una reflexión crítica sobre la situación del cultivo de fresa en el estado de Guanajuato, proponiendo alternativas para revertir la tendencia negativa en la producción de fresa que en los últimos años ha presentado la región "El Bajío" estado de Guanajuato.

### Organización de productores

Los productores de fresa en el estado de Guanajuato corresponden a 514 ejidatarios y 128 pequeños propietarios, aunque 20% de los pequeños propietarios cultivan 65% de la superficie total de fresa (Echánove, 2001). En 2011, el Comité Estatal del Sistema Producto Fresa de Guanajuato reportó un aproximado de 1000 productores y poco más de 15 socios. Aunque existe una controversia en cuanto al número real de productores en "El Bajío" estado de Guanajuato. Actualmente, el estado de Guanajuato cuenta con tres asociaciones de productores relacionadas con el cultivo de fresa: 1) Consejo Estatal de Productores de Fresa de Guanajuato A. C.; 2) Hidroponía Fresas Irapuato A. C.; y 3) Asociación Pro-Mercado de la Fresa. Sin embargo, no todos los productores tienen una participación constante y activa, lo cual dificulta la cooperación para el establecimiento de objetivos comunes en la cadena de producción de fresa.

No obstante que las organizaciones de agricultores representan un impulso para suministrar bienes y servicios esenciales para el cultivo de fresa (Birchall, 2004), así como la adquisición de crédito y capacitación, en "El Bajío" estado de Guanajuato, la mayoría de los productores de fresa no implementan tecnologías de vanguardia (goteo, acolchado, túneles, etc.) y capital económico para asegurar el abasto de fresa en el mercado interno, así como guardar los estándares de calidad e inocuidad para la exportación. Por lo anterior, los productores e instituciones gubernamentales

production, contributing 7% of domestic production while Michoacán contributes 50% and Baja California 37% (SAGARPA, 2013). During the past 12 years, the lower contribution of the state of Guanajuato in domestic strawberry production is essentially due to a negative trend in plantation area from 2001 (1 455 ha) compared to 3 561 ha in 1993 for a production of 43 210 t (SAGARPA, 2011), also strawberry production systems of the state of Guanajuato have not been able to overcome the productivity levels of its competitors. This essay offers a critical reflection on the status of strawberry cultivation in the state of Guanajuato, proposing alternatives to reverse the negative trend in strawberry production shown in recent years in the region "El Bajío", state of Guanajuato.

### Producer organization

Strawberry growers in the state of Guanajuato consist of 514 common land holders, and 128 smallholders, although 20% of smallholders cultivate 65% of overall strawberry area (Echánove, 2001). In 2011, the State Committee on Strawberry Product System of Guanajuato reported approximately 1 000 producers and just over 15 partners. However there is a dispute about the actual number of producers in "El Bajío", state of Guanajuato. Currently, the state of Guanajuato has three producer associations related to strawberry cultivation: 1) State Council of Strawberry Growers of Guanajuato C. A.; 2) Irapuato Hydroponic Strawberries C. A.; and 3) Strawberry Pro- Market Association. However, not all producers have a constant and active participation, which hampers cooperation in setting common objectives for strawberry production.

Although farmers' organizations represent a boost to provide goods and services essential to strawberry cultivation (Birchall, 2004), credit acquisition and training, in "El Bajío", state of Guanajuato, most strawberry producers do not implement advanced technologies (drip irrigation, plastic mulching, high tunnels, etc.) and funds to ensure strawberry supply in domestic market meeting quality and safety export standards. Therefore, producers and relevant government institutions should create and promote bonding and interaction between the various industry associations, assigning specific activities to each of them and setting achievable goals in the short and medium term in order to contribute to better production, product quality, revenue and market competition.

correspondientes deben crear y promover la unión e interacción entre las diferentes asociaciones del ramo, asignando actividades específicas a cada una de estas, así como establecer metas viables a corto y mediano plazo con el fin de coadyuvar al aumento de la producción, calidad de los productos, ingresos y la competencia en el mercado.

La competitividad de la producción agrícola depende principalmente de la asociación y compromiso de los productores para el fortalecimiento de la cadena agroalimentaria de fresa. Consecuentemente, es urgente la actualización de un plan rector del sistema “producto fresa” estatal que sea validado con base en las demandas del mercado, el reconocimiento y participación a nivel regional y nacional de los productores y otros agentes con un fin común.

### Sistemas de producción

Según Darrow (1966), Dávalos (2009) y Lantz (2010) las condiciones ambientales ideales para el desarrollo de la planta de fresa y las prevalecientes en “El Bajío” estado de Guanajuato son similares exceptuando el tipo de suelo, el cual es arcilloso, pH alcalino >8, materia orgánica bajo <2% y con una conductividad eléctrica (CE) alta >1.5 (Cuadro 1). Por otra parte, Barroso y Álvarez (1997) reportaron que fisiológicamente, el estrés osmótico derivado de una alta CE del extracto de suelo saturado es un factor adverso que genera lesiones en las hojas y por lo tanto contribuye a un bajo desarrollo de la planta. En “El Bajío”, la principal fuente de agua durante el ciclo otoño-invierno proviene del subsuelo y es rica en bicarbonatos, lo que provoca un aumento en el pH, además contiene altos niveles de Cl, generando un efecto fitotóxico en las plantas de fresa.

A la llegada del cultivo de fresa a Irapuato, el sistema de siembra consistía en la utilización de brotes de plantas viejas, conocidas como camotes (botánicamente llamadas “coronas”), para el establecimiento del nuevo ciclo en “entarquinamiento” que consistía en el anegamiento total de la parcela a través del diseño de melgas para irrigación alcanzando un rendimiento de 2.7 t ha<sup>-1</sup> (Meneses, 1945). Posteriormente, en la década de los 50’s con la llegada de variedades de fresa provenientes de los EE. UU (Dávalos, 2011) y el surgimiento de “La Revolución Verde” a mediados de la década de los 60’s, los sistemas de producción implementaron el uso de fertilizantes y plaguicidas, lo cual generó un incremento notable del rendimiento a 16.5 t ha<sup>-1</sup> (Aguado, 2012).

The competitiveness of agricultural production depends essentially on producers partnership and commitment to strengthen the strawberry food chain. Consequently, it is urgent to update a master plan of the “strawberry product” state system and its validation based on market demands, recognition and participation of producers at regional and national level and other agents with a common purpose.

### Production systems

According to Darrow (1966), Dávalos (2009) and Lantz (2010) ideal environmental conditions for strawberry development and those prevailing in “El Bajío” state of Guanajuato are similar except for soil type, which is clayey, alkaline pH > 8, low organic matter <2% with high electrical conductivity (EC) > 1.5 (Table 1). Moreover, Barroso and Alvarez (1997) reported that physiologically osmotic stress derived from high EC of saturated soil extract is an adverse factor causing lesions on leaves and therefore contributes to reduction in plant development. In “El Bajío”, the main source of water for the autumn-winter cycle comes from the ground and it is bicarbonates-rich, causing pH increase, also contains high Cl levels, generating a phytotoxic effect on strawberry plants.

### Cuadro 1. Condiciones edáfico-ambientales ideales y presentes en “El Bajío” estado de Guanajuato para la producción de fresa.

**Table 1. Ideal edaphic and environmental conditions and those present in “El Bajío” state of Guanajuato for strawberry production.**

Parámetro	Ideal	Irapuato
Temperatura (°C)	7-29	11-28
Precipitación pluvial (mm año <sup>-1</sup> )	600	620
Altitud (m)	1300-2000	1700
pH (log)	5.5-6.5	> 8
Suelo	Arenoso	Arcilloso
Conductividad eléctrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	< 0.8	> 1.5
Materia orgánica (%)	> 2	< 2

Upon strawberry crop arrival to Irapuato, the planting system involved the use of buds from old plants, known as yams (botanically called “crowns”), for the establishment of the new cycle in “siltation” which consisted of total plot waterlogging through designing border irrigation reaching a 2.7 t ha<sup>-1</sup> yield (Meneses, 1945). Later, in the early 50’s with the arrival of strawberry varieties from the

Actualmente, Guanajuato no ha logrado superar el rendimiento de 20.3 t ha<sup>-1</sup> alcanzado en 2007 (SAGARPA, 2013), lo anterior debido a que durante más de 70 años, el estado ha permanecido con escasa o nula tecnificación en la producción de fresa. Múltiples factores ambientales, económicos, sociales y de organización, han contribuido a este rezago tecnológico. Al respecto, los productores de “El Bajío” comentan, “...en la época de mayor auge en la producción de la región, no se tenía conocimiento de las innovaciones tecnológicas de hoy en día...”.

La producción de fresa en la región “El Bajío” estado de Guanajuato se establece bajo el sistema tradicional, el cual es altamente dependiente de la aplicación de fertilizantes, principalmente N, y el uso excesivo de agua con dosis de 500 kg N ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> y 2 x 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> agua ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>, respectivamente. La productividad de agua en el cultivo de fresa bajo este sistema de producción es 1.6 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> (Monroy *et al.*, 2002), todo esto se ha traducido en un aumento de los costos de producción y una disminución de la rentabilidad para el productor, generando una tasa de crecimiento baja (0.8%) comparada con entidades como Michoacán (2.26%) y Baja California (21.85%) (Hernández *et al.*, 2011).

Comparativamente, en Zamora se ha estimado una productividad del agua, en riego por gravedad de 2.31 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>, y una dosis de fertilización N de 400 kg ha<sup>-1</sup> (CNA, 2005; Distrito de Desarrollo Rural 088, 2004). Dichos programas de fertilización N son mayores a los implementados en el cultivo de fresa en otras regiones del mundo, *i.e.* California, USA aplican 112 a 170 kg N ha<sup>-1</sup> (Voth, 1991) y en Florida, USA fertilizan con 50 a 100 kg N ha<sup>-1</sup> (Hochmuth *et al.*, 1996), mientras que en Almería, España la fertilización oscila en 200 a 250 kg N ha<sup>-1</sup> (Cadahia, 1998).

Los sistemas de producción de fresa más utilizados en el país se clasifican de acuerdo al nivel de tecnificación en cuanto a riego y cubierta (Cuadro 2). Destacando que los sistemas semitecnificado y tecnificado en comparación con el sistema tradicional, generan un incremento del rendimiento, además el precio del producto es mayor por ofrecer una mayor calidad e inocuidad, resultando en una rentabilidad mayor.

U.S. (Dávalos, 2011) and the emergence of "Green Revolution" in the mid 60's production systems implemented the use of fertilizers and pesticides, which caused a significant raise in yield at 16.5 t ha<sup>-1</sup> (Aguado, 2012).

Currently, Guanajuato has failed to exceed the 20.3 t ha<sup>-1</sup> yield achieved in 2007 (SAGARPA, 2013), the above because for over 70 years, the state has remained with little or no technification in strawberry production. Multiple environmental, economic, social and organizational factors have contributed to this technological gap. In this regard, the producers of “El Bajío” comment, "... at the time of greatest production growth in the region, we were not aware of today's technological innovations..."

Strawberry production in the region, “El Bajío”, state of Guanajuato is established under the traditional system, which is highly dependent on fertilizers application, especially N, and overuse of water at doses of 500 kg N ha<sup>-1</sup> cycle<sup>-1</sup> and 2 x 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> water ha<sup>-1</sup> cycle<sup>-1</sup>, respectively. Water productivity in strawberry production under this system is 1.6 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> (Monroy *et al.*, 2002) this has resulted in higher production costs and reduced profitability for producers, generating a low growth rate (0.8%) compared to entities such as Michoacán (2.26%) and Baja California (21.85%) (Hernández *et al.*, 2011).

Comparatively, in Zamora, water productivity in surface irrigation has been estimated in 2.31 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>, and a dose of N fertilization of 400 kg ha<sup>-1</sup> (CNA, 2005; Rural Development District 088, 2004). Such programs of N fertilization are greater than those implemented for strawberry cultivation in other regions of the world, *i.e.* California, USA applies 112-170 kg N ha<sup>-1</sup> (Voth, 1991) and in Florida, USA, fertilization is done with 50 to 100 kg N ha<sup>-1</sup> (Hochmuth *et al.*, 1996), while in Almería, Spain fertilization varies from 200 to 250 kg N ha<sup>-1</sup> (Cadahia, 1998).

The most used strawberry production systems in the country are classified according to technification level in terms of irrigation and cover (Table 2). Emphasizing that the

**Cuadro 2. Comparativo de los sistemas de producción de fresa en “El Bajío” estado de Guanajuato.**  
**Table 2. Comparison of strawberry production systems in “El Bajío” state of Guanajuato.**

Parámetro	Tradicional	Semitecnificado	Tecnificado
Costo (\$ ha <sup>-1</sup> )	90 000-120 000	130 000-150 000	400 000-450 000
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	10-20	30-40	70-80
Valor (\$ kg <sup>-1</sup> )	5-7	5-7	7-8

Comunicación personal de productores.



Por lo anterior, en la región “El Bajío” estado de Guanajuato es necesaria la transición a corto plazo del sistema de producción tradicional de fresa a sistemas *ad hoc* que consideren técnicas como riego por goteo, sistemas de nutrición, acolchado, cubierta, manejo integrado de plagas y enfermedades, buenas prácticas agrícolas y de inocuidad poscosecha, mediante un esfuerzo conjunto entre productores, autoridades y empresas correspondientes, para que a través de acciones coordinadas (crédito, capacitación, difusión, cultura, etc.) se aumente la productividad del cultivo de fresa, cumpliendo con los estándares de calidad e inocuidad para el mercado nacional y extranjero.

### Planta “madre”

A partir de la década de los 50's, los productores de fresa han estado condicionados en la adquisición de plantas “madre” de fresas provenientes de los EE. UU (Dávalos, 2011), entre las que destacan: Festival, Camino Real, Sweet Charly, Camarosa, y Albion. El productor adquiere la planta “madre” en cada ciclo a través de un intermediario o directamente de Ekland Marketing o Euro Semillas S.A. de C. V. pagando USD\$500-1 000 por millar de plantas según la variedad, más regalías que en el periodo 2001 a 2005 aumentaron hasta 300% (Sánchez, 2008), así como trámites de importación, transporte, entre otros, lo cual genera una disminución en la rentabilidad del cultivo.

Dada la trascendencia de lo anterior, en México cuatro instituciones incluyen en sus líneas de investigación el mejoramiento de variedades de fresa mexicanas: El Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP) en colaboración con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), las cuales han desarrollado las variedades CP Zamorana, CP Jacona, CP Roxana y CP Paola diseñadas para la zona productora de Michoacán (Rodríguez-Bautista *et al.*, 2012), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en colaboración con el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN (CINVESTAV-IPN), Unidad Irapuato, han desarrollado las variedades Buenavista, Cometa, Nikté y Pakal (Dávalos *et al.*, 2011) para clima prevaleciente en la región “El Bajío” estado de Guanajuato, fotoperiodo neutro y corto con bajo requerimiento de frío, precocidad y productividad alta, tolerancia a las enfermedades como *Fusarium oxysporum* y el complejo viral de la fresa, y calidad para mercado fresco e industria. Según los productores estas variedades no han podido sustituir a las extranjeras debido a que presentan un menor rendimiento en el sistema tradicional. Por lo que es necesario, la validación por parte de los productores en sistemas tecnificados.

semi-technified, and technified systems compared to the traditional one, generate greater yield, plus product price is raised by offering greater safety and quality, resulting in higher profitability.

Therefore, in the region “El Bajío”, state of Guanajuato, a short-term transition is needed, from traditional strawberry production systems into *ad hoc* systems considering techniques such as drip irrigation systems, nutrition, mulching, cover, integrated pest and disease management, good agricultural practices and post-harvest food safety, through a joint effort between producers, authorities and companies involved, so that, through coordinated actions (credit, training, advertising, culture, etc.) strawberry productivity is elevated, complying with quality and safety standards for domestic and foreign markets.

### Mother Plant

From the early 50's, strawberry producers have been conditioned on the acquisition of “mother” strawberry plants from the U.S. (Dávalos, 2011), among which are: Festival, Camino Real, Sweet Charly, Camarosa, and Albion. The producer acquires the “mother” plant in each cycle through a broker or directly from Ekland Marketing or Euro Seeds Ltd., paying USD \$500 -1 000 per thousand plants according to variety, plus royalties which in the period 2001-2005 raised to 300% (Sánchez, 2008) and import formalities, transportation, among others, which causes a reduction in farming profitability.

Given the relevance of this, in Mexico four institutions included Mexican strawberry breeding in their research: The Postgraduate College in Agricultural Sciences (CP) in collaboration with the University of Michoacán of San Nicolás de Hidalgo (POSTECH), which have developed the varieties CP Zamorana, CP Jacona, CP Roxana and CP Paola, designed for Michoacán production area (Rodríguez-Bautista *et al.*, 2012), the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) in collaboration with the Centre for Research and Advanced Studies-IPN (CINVESTAV-IPN), Irapuato Unit, which have developed the Buenavista, Kite, Nikté and Pakal varieties (Dávalos *et al.*, 2011) for local climate in “El Bajío” state of Guanajuato, neutral and short photoperiod with low chilling requirement, earliness and high productivity, tolerance to diseases such as *Fusarium oxysporum* and strawberry virus complex, and quality for fresh market and industry. According to

Estudios comparativos sobre la calidad de la fruta de las variedades mexicanas desarrolladas para Michoacán i.e. CP Roxana, CP Paola con las variedades extranjeras Aromas, Camarosa y Festival, reportan adecuada calidad de las variedades nacionales; sin embargo, las variedades nacionales requieren un manejo cuidadoso en poscosecha debido a su menor firmeza. Asimismo, estudios sobre la calidad de propagación de las variedades CP Zamorana, CP Jacona y las variedades extranjeras Festival y Albion en viveros de Michoacán, reportaron que las variedades mexicanas son altamente sensibles a las condiciones de altitud en las que se establecen los viveros, generando una menor capacidad de producción de estolones y plantas "hijas" en comparación con la variedad Festival, aunque superan al genotipo Albion en la producción de vivero (Rodríguez-Bautista *et al.*, 2012).

### Comercialización

En 1946, surge en Irapuato la primera empresa dedicada a la comercialización de fresa congelada destinándose principalmente a Europa y los EE. UU (Echánove, 2001). Según Sánchez (2008), en la década de los 70's debido a que existía una demanda y un desabasto potencial de fresa en invierno, los EE. UU destinaron recursos a la zona productora de Zamora, Michoacán, la cual dadas sus condiciones edafoclimáticas se convirtió en la principal entidad productora y comercializadora de fresa. Por lo anterior, a mediados de los 80's, las pocas empresas congeladoras y comercializadoras de fresa establecidas en el estado de Guanajuato cambian de actividad, dedicándose al enlatado y congelado de hortalizas debido al bajo volumen y escasa disponibilidad del producto (Echánove, 2001).

Actualmente, algunas empresas procesadoras y comercializadoras de fresa en Irapuato, son "Congeladora El Niño", "La Campiña", "Congeladora del Bosque", "Fimex S. A. de R. L.", "Transportes Arredondo", y "Congeladora del Río, S. A. de C. V.". La producción nacional de fresa se concentra en los meses de Noviembre a Mayo. De la producción total en fresco importada por los EE. UU, 99.3% proviene de México (Hernández *et al.*, 2011), lo cual ocasiona un desabasto nacional de junio a octubre, que además coincide con la época de importación de fresa proveniente de los EE. UU y Canadá (Sánchez, 2008).

Sánchez (2008), sugiere que México debe revertir su orientación de exportador a los EE. UU y abrir sus ventanas al comercio nacional de la fresa, ya que la competitividad de países exportadores como China presenta una fuerte

producers, these varieties have been unable to replace foreign ones because of their lower yield in the traditional system. Therefore, validation by producers in technified systems is required.

Comparative studies on fruit quality of Mexican varieties developed for Michoacán *i.e.* CP Roxana, CP Paola *versus* the foreign varieties Aromas, Camarosa and Festival, reported adequate quality of domestic varieties, but domestic varieties require careful postharvest handling due to their lower firmness. Also, studies on propagation quality of CP Zamorana, CP Jacona and the foreign varieties Festival and Albion in Michoacán nurseries, reported that Mexican varieties are highly sensitive to altitude conditions where nurseries are established, generating lower capacity of producing stolons and "daughter" plants compared to the Festival variety, although they exceed the Albion genotype in nursery production (Rodríguez-Bautista *et al.*, 2012).

### Marketing

In 1946, appears in Irapuato the first company dedicated to marketing frozen strawberries predominantly in Europe and U.S. (Echánove, 2001). According to Sánchez (2008), in the 70's given the demand and potential strawberry shortage in winter, U.S. allocated resources to the Zamora, Michoacán production area, which based on its soil and climatic conditions became the leading strawberry producer and marketer. Therefore, in the mid 80's, the few strawberry freezing and marketing companies established in the state of Guanajuato, changed their activity, focusing on canned and frozen vegetables due to strawberry low volume and availability (Echánove, 2001).

Currently, some strawberry processing and marketing companies in Irapuato, are "Congeladora El Niño", "La Campiña", "Congeladora del Bosque", "Fimex S. A. de R. L.", "Transportes Arredondo", and "Congeladora del Río, S. A. de C. V." Domestic strawberry production is concentrated from November to May. From overall fresh production imported by U.S, 99.3% is provided by Mexico (Hernández *et al.*, 2011), causing a domestic shortage from June to October, which matches import time from U.S. and Canada (Sánchez, 2008).

Sánchez (2008) suggests that Mexico should reverse its orientation as exporter to the U.S. and open windows to domestic strawberry trade, since the competitiveness of

rivalidad comercial. Los estudios sobre sistemas de inteligencia de mercados, como han sido impulsados en Michoacán (Sánchez, 2008) sugieren una estrategia de participación atractiva a implementar en “El Bajío” estado de Guanajuato, que puede fortalecer la calidad del producto.

Si se logra la participación propositiva de todos los agentes involucrados en la cadena de valor de la fresa, se pueden explorar nuevas estrategias de consumo que permitan ampliar los mercados como venta al por mayor, desarrollo de cooperativas, compañías procesadoras o mercado directo, asegurando la comercialización del producto (Guerena y Holly, 2007).

### Alternativas de manejo integral

#### Nutrición

La nutrición adecuada de la planta de fresa es determinante para potencializar la producción de las variedades en la región “El Bajío” estado de Guanajuato bajo los sistemas semitecnificado y tecnificado. Las variedades de fresa tienen requerimientos nutricionales diferentes durante sus etapas de dormancia, vegetativa, floración y fructificación. Es indispensable conocer con precisión los requerimientos nutritivos para eliminar los riesgos de déficit o exceso tanto de macro como micro elementos, los cuales pueden causar trastornos en la formación, desarrollo y producción del fruto.

Es fundamental realizar el análisis químico de suelo y agua para determinar las capacidades de aporte nutrimental de cada zona productora, y con base en estos resultados administrar los requerimientos nutricionales a través de la fertirrigación. Asimismo, dichos requerimientos deberán ser validados en la planta a través de herramientas fisiotécnicas con la cuantificación de algunos iones como el  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{+2}$  (Cadaña, 2005) y diseñar un programa de fertirrigación adecuado tomando en cuenta las siguientes variables: especie y variedad de la planta, estado y desarrollo fenológico, parte de la planta de interés (follaje, fruto, flor, raíz), estacionalidad del año y clima (temperatura, humedad y fotoperiodo) y propiedades físico-químicas del suelo y agua (Cadaña, 2005).

Durante la fertirrigación es importante mantener balanceada la solución nutritiva, ya que de lo contrario puede ocasionar daños serios al cultivo tanto por deficiencia como por toxicidad. Considerando la dosis de fertilización N:P:K ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para el cultivo de fresa en la región de “El Bajío” estado de Guanajuato: 500:80:180, se realizó un estudio

exporting countries like China has a strong commercial rivalry. Studies on market intelligence systems, as those driven in Michoacán (Sánchez, 2008) suggest an attractive participation strategy to implement in “El Bajío”, state of Guanajuato, which can enhance product quality.

If the proactive participation of all actors involved in the strawberry value chain is achieved, they can explore new consumption strategies that expand markets and wholesale, cooperative development, processing companies or direct market, ensuring product marketing (Guerena and Holly, 2007).

### Alternatives of integrated management

#### Nutrition

Adequate nutrition of the strawberry plant is crucial to maximize variety production in the region “El Bajío” state of Guanajuato, under the semi-technified and technified systems. Strawberry varieties have different nutritional requirements during dormancy, vegetative, flowering and fruiting stages. It is essential to know the exact nutritional requirements to eliminate the risks of deficiency or excess of both macro and micro elements, which can cause disturbances in fruit formation, development and production.

Soil and water chemical analysis is fundamental to assess the capabilities of nutritional contribution for each production area, and based on these results manage nutritional requirements through fertigation. Furthermore, these requirements must be validated on plants through physio-technical tools to quantify certain ions such as  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Ca}^{+2}$  (Cadaña, 2005) and design an appropriate fertigation program taking into account the following variables: species and plant variety, status and phenological development of the plant of interest (foliage, fruit, flower, root), seasonality of year and weather (temperature, humidity and photoperiod) and soil and water physicochemical properties (Cadaña, 2005).

Keeping a balanced nutrient solution during fertigation is important otherwise it can cause serious damage to the crop by both deficiency as toxicity. Considering the N:P:K fertilization dose ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) for strawberry cultivation in the region of “El Bajío” state of Guanajuato: 500:80:180, a study was conducted using the  $^{15}\text{N}$  isotope technique (Monroy *et al.*, 2002), showing that maximum N-fertilizer absorption



empleando la técnica isotópica de  $^{15}\text{N}$  (Monroy *et al.*, 2002), demostrando que las etapas de máxima absorción de N-fertilizante (días después del trasplante, ddt) durante el ciclo de producción de fresa se presenta: 64-97 (26%), 128-157 (19%), 188-219 (18%) ddt.

### Abonos orgánicos

La aplicación de abonos orgánicos como las compostas y lombricompostas ayudan a incrementar el rendimiento y calidad de frutos de diversos cultivos como chile y fresa (Arancon *et al.*, 2006). Asimismo, la aplicación foliar o al suelo de extractos acuosos de lombricomposta ha demostrado efectos positivos sobre la salud de las plantas, el rendimiento y la calidad nutricional, lo cual se ha atribuido a la mejora de las comunidades microbianas benéficas, del estado nutricional de las plantas e induciendo sus mecanismos de defensa (Carpenter, 2005; Pant *et al.*, 2009), así como a las sustancias húmicas que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas a nivel de raíz, además de mejorar la adquisición de nutrientes y el incremento de la actividad fotosintética en términos de concentración de clorofila en hojas (Nardi *et al.*, 2002).

También, Arancon *et al.* (2006) observaron que las interacciones entre la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y microorganismos presentes en el estiércol de vaca y, desperdicios de alimentos producen hormonas del crecimiento vegetal y ácidos húmicos para la planta de fresa. Ellos aplicaron 0, 250 y 500 mg de humus de la lombricomposta a un medio comercial para estimular el crecimiento en plantas, Metro-Mix360 (MM360), observando que la sustitución de humus entre 250 a 1 000 mg MM360  $\text{kg}^{-1}$  incrementó significativamente el crecimiento de raíces y número de frutos de fresa.

### Biofertilizantes

Desde 1999, el Programa de Investigación sobre biofertilizantes del INIFAP ha contado con un apoyo prácticamente ininterrumpido por parte de SAGARPA para generar tecnologías propias para el desarrollo y manejo de biofertilizantes en cultivos básicos, así como para la implementación de esquemas que permitan la adopción de estos productos por parte de los productores mexicanos. Sin embargo, algunos ensayos experimentales en parcelas de productores de fresa a campo abierto han mostrado resultados interesantes logrando una disminución de fertilizantes principalmente N y P (Aguado, 2012) a través de la aplicación de inoculantes microbianos como *Azospirillum*.

stages (days after transplant, DAT) during strawberry production cycle are presented: 64-97 (26%), 128-157 (19%), 188-219 (18%) DAT.

### Organic fertilizers

Application of organic fertilizers such as compost and vermicompost help increment yield and fruit quality of various crops such as pepper and strawberry (Arancon *et al.*, 2006). Also, foliar or soil application of aqueous vermicompost extracts has shown positive effects on plant health, yield and nutritional quality, which has been attributed to improvement of beneficial microbial communities, plant nutritional status and triggering plant defense mechanisms (Carpenter, 2005; Pant *et al.*, 2009), as well as humic substances enhancing plant growth and development at root level, while improving nutrient acquisition and increasing photosynthetic activity in terms of chlorophyll concentration in leaves (Nardi *et al.*, 2002).

Also, Arancon *et al.* (2006) found that interactions between the Californian red worm (*Eisenia foetida*) and microorganisms in cow manure and food waste produce plant growth hormones and humic acids for the strawberry plant. They applied 0, 250 and 500 mg of vermicompost humus to a commercial medium to stimulate plant growth, Metro-Mix360 (MM360), noting that humus substitution between 250 and 1 000 mg  $\text{kg}^{-1}$  MM360 significantly promoted root growth and number of strawberry fruits.

### Biofertilizers

Since 1999, the INIFAP Research Program on biofertilizers has received continuous support by SAGARPA to generate its own technologies for biofertilizers development and management in staple crops and to implement adoption schemes of these products by Mexican producers. However, some experimental tests in strawberry growers open field plots have shown interesting results decreasing fertilizers essentially N and P (Aguado, 2012) through application of microbial inoculants as *Azospirillum*.

Castillejo (2011) also demonstrated the positive effect of two bacterial consortia of *Azospirillum* spp. genus on strawberry plants of the Albion variety in greenhouse, quantifying that *Azospirillum* spp. inoculation without added

Asimismo, Castillejo (2011) demostró el efecto positivo de dos consorcios bacterianos del género *Azospirillum* spp. sobre plantas de fresa variedad Albión en el invernadero, cuantificando que la inoculación *Azospirillum* spp. sin adición de fertilizante, incrementaron significativamente el área foliar, masa fresca y seca, y el rendimiento de fruto en 26, 28, 37 y 125%, respectivamente, en comparación con las plantas no inoculadas y sin fertilizante. También demostró que la inoculación con *Azospirillum* spp. más 50% de la dosis de fertilización N en comparación con los tratamientos con 50 y 100% de fertilizante N fue estadísticamente mayor en 46% de área foliar, 56% masa fresca y 73% masa seca. Adicionalmente, la inoculación con *Azospirillum* promovió la calidad de los frutos de fresa incrementando su tamaño (>60%) y °Brix, respecto a los frutos provenientes del tratamiento 100% de fertilización N. Estos datos sugieren que la inoculación con *Azospirillum* potencializa la absorción de N proveniente de la fertilización N en el cultivo de fresa.

### Plagas y enfermedades

Las plagas de mayor importancia económica para el cultivo de fresa en “El Bajío” estado de Guanajuato son: 1) araña roja (*Tetranychus urticae*); 2) chinche ligus (*Lygus hesperus*); 3) trips occidental de la flor (*Frankliniella occidentalis*); 4) gusano del elote de maíz (*Helicoverpa zea*); y 5) gallina ciega (*Phyllophaga* spp.). Durante los últimos años, *T. urticae* ha sido la principal plaga que afecta la planta de fresa debido a la disminución de los carbohidratos de la savia de las hojas, lo cual reduce el rendimiento, calidad y vigor de la planta (Klamkowski *et al.*, 2007).

Estimaciones económicas sobre el control de *T. urticae* en el cultivo de fresa en Guanajuato indican un gasto aproximado de \$ 9 500-20 000 ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> aumentando los costos de producción. Aunado a lo anterior, se ha reportado la resistencia de esta plaga a las medidas de control químico debido a su alta fecundidad, ciclo de vida corto, endogamia y reproducción arrenotoquia (hembras vírgenes sin copulación producen huevos haploides que serán machos, las hembras copuladas ovipositan huevos fertilizados o diploides que se convierten en hembras (Van *et al.*, 2009). Así, los estudios ecológicos son de vital importancia para la generación de conocimiento y entendimiento del origen y distribución de esta plaga y la potencialización de medidas de control. Se ha hipotetizado que el material “madre” que se distribuye para el establecimiento tanto para las plantaciones como de los viveros de fresa ha sido uno de los principales vehículos de distribución de la misma.

fertilizer, significantly increased leaf area, fresh and dry weight, and fruit yield at 26, 28, 37 and 125%, respectively, compared to non-inoculated plants without fertilizer. He also demonstrated that *Azospirillum* spp., inoculation plus 50% of N fertilization dose compared to 50 and 100% of N fertilize treatments was statistically greater in 46% leaf area, 56% fresh weight and 73% dry mass. Additionally, *Azospirillum* inoculation promoted strawberry fruit quality, increasing size (> 60%) and °Brix compared to fruits from the 100% N fertilization treatment. These data suggest that *Azospirillum* inoculation stimulates N absorption from N fertilization in strawberry cultivation.

### Pests and diseases

Pests of major economic importance to strawberry cultivation in “El Bajío” state of Guanajuato are: 1) spider mite (*Tetranychus urticae*); 2) tarnished plant bug (*Lygus hesperus*); 3) western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*); 4) corn earworm (*Helicoverpa zea*); and 5) grub (*Phyllophaga* spp.). In recent years, *T. urticae* has been the major strawberry pest due to decreased carbohydrate sap from the leaves, which reduces yield, quality and plant vigor (Klamkowski *et al.*, 2007).

Economic estimates on *T. urticae* control in strawberry cultivation in Guanajuato indicate an expense of approximately \$ 9 500- 20 000 ha<sup>-1</sup> cycle<sup>-1</sup> increasing production cost. In addition, there are reports of this pest resistance to chemical control measures due to their high fecundity, short life cycle, inbreeding and arrhenotoky reproduction (virgin females without coupling produce haploid eggs becoming male, mated females lay eggs or diploid fertilized eggs becoming females (Van *et al.*, 2009). Therefore, ecological studies are vital for generating knowledge and understanding of the origin and distribution of this pest and the potentiation of control measures. It has been hypothesized that “mother” material distributed to establish strawberry plantations and nurseries has been one of the principal vectors of their distribution.

Excessive pesticide use in “El Bajío”, state of Guanajuato has altered natural predators in the ecosystem. Thus the presence of toxic waste products in both fruit and plant, leads to higher risk and harm to environment and human health (Muñoz, 1992). Derived from a survey conducted in the U.S. by the Regional Agricultural Producers Union of Strawberry and Vegetables of Zamora Valley, highlights the bad impression of Mexican strawberry given the irrational use of pesticides.

El uso excesivo de pesticidas en “El Bajío” estado de Guanajuato ha alterado a los depredadores naturales presentes en el ecosistema. Así la presencia de residuos de productos tóxicos tanto en fruto como en planta, conlleva al incremento del riesgo y daño al medioambiente y salud humana (Muñoz, 1992). Derivado de una encuesta realizada en los EE. UU por la Unión Agrícola Regional de Productores de Fresa y Hortalizas del Valle de Zamora, destaca la mala impresión de la fresa mexicana dado el uso irracional de pesticidas.

Por otro lado, ante la necesidad de implementar estrategias de buenas prácticas agrícolas, inocuidad, y certificaciones de productos libres de pesticidas en la gran mayoría de los productos de exportación, hoy en día es necesario buscar nuevas estrategias para el control de las plagas del cultivo de fresa en el estado de Guanajuato. La implementación de los programas de pesticidas autorizados, deberá ser acompañada por investigación enfocada a: 1) generación de variedades mexicanas con resistencia a plagas a través de diferentes enfoques de investigación como la transformación genética; 2) estudios sobre rotación de agroquímicos para no generar resistencia; y 3) empleo de depredadores naturales a las principales plagas del cultivo. Respecto a este último punto estudios realizados por Escudero y Ferragut (1998) muestran una supervivencia para los depredadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) 73.7% y para *Phytoseiulus persimilis* 50.8% cuando se alimentan de *T. urticae* principal plaga de la fresa, lo cual los convierte en una adecuada alternativa para controlar dicha plaga.

Otra alternativa de interés como agente de control de plagas son los microorganismos entomopatógenos, esta estrategia es incipiente en México, por lo que es necesario que centros de investigación, universidades públicas y sector privado concentren esfuerzos y recursos tanto humanos como económicos hacia el aislamiento, identificación, validación en campo y reproducción de cepas microbianas con actividad biocida contra plagas, ya que a nivel laboratorio se han reportados cepas promisorias de hongos como *Beauveria bassiana*, *Metarrizum anisopliae* y *Verticillium* spp. (Chandler *et al.* 2005); de bacterias como *Bacillus thuringiensis* (Ibarra *et al.*, 2003); virus como el virus de la poliedrosis nuclear, virus de la granulosis, y entomopoxivirus; nematodos como *Heterorhabditis* spp. (Rodríguez *et al.*, 2009).

Es importante destacar que la implementación de control de plagas deberá estar enfocado en la prevención de los daños, acompañada por la capacitación de los productores de fresa para observar y entender los ciclos biológicos

Furthermore, given the need to implement strategies for good agricultural practices, food safety, and certification of pesticide-free products in most export products, new strategies are required for strawberry pests control in the state of Guanajuato. The implementation of authorized pesticide programs, must be accompanied by research focusing on: 1) generation of pest resistant Mexican varieties through different research approaches such as genetic transformation; 2) Agrochemicals rotation studies in order to avoid resistance; and 3) use of natural predators to major crop pests. On the latter point, studies by Escudero and Ferragut (1998) show 73.7% survival for the *Neoseiulus californicus* (McGregor) predator and 50.8% for *Phytoseiulus* when feeding on *T. urticae*, the strawberry major pest, turning them a suitable alternative to control this pest.

Entomopathogenic microorganisms are another interesting alternative for pest control agents, this strategy is emerging in Mexico, so it is required that research centers, public universities and private sector focus efforts and both human and financial resources to the isolation, identification, field validation and reproduction of microbial strains with biocidal activity against pests, since laboratory studies reported promising strains of fungi such as *Beauveria bassiana*, *Metarrizum anisopliae* and *Verticillium* spp. (Chandler *et al.*, 2005); also bacteria as *Bacillus thuringiensis* (Ibarra *et al.*, 2003), viruses such as the nuclear polyhedrosis virus, granulosis virus and entomopoxivirus and nematodes such as *Heterorhabditis* spp. (Rodríguez *et al.*, 2009).

Importantly, the implementation of pest control should be focused on prevention of damage, accompanied by training strawberry growers to observe and understand life cycles of major pests, to reduce the risk of economic and environmental damage caused by the indiscriminate use of chemical pesticides.

Moreover, various control strategies of plant pathogenic fungi have been implemented in strawberry plants, mostly against *Botrytis cinerea* due to its high resistance to fumigants (Washington *et al.*, 1992) and *Rhizopus stolonifer* in a wide range of temperature and relative humidity (Velázquez *et al.*, 2008). In Brazil, biocontrol strategies have been developed against *Botrytis cinerea* with *Clonostachys rosea* with fungicide application intervals, reporting 65-97% reductions in flowers and fruits (Cota *et al.*, 2009). In California, combinations have been studied, with hot

de las principales plagas, y así poder reducir riesgos de daños económicos y ambientales ocasionados por el uso indiscriminado de pesticidas químicos.

Por otra parte, diversas estrategias de control de hongos fitopatógenos se han implementado en plantas de fresa, principalmente contra *Botrytis cinerea* debido a su alta capacidad de resistencia a los fumigantes (Washington *et al.*, 1992) y *Rhizopus stolonifer* en una amplia variedad de temperatura y humedad relativa (Velázquez *et al.*, 2008). En Brasil, se han desarrollado estrategias de biocontrol contra *Botrytis cinerea* por medio de *Clonostachys rosea* con intervalos de aplicación de fungicidas, reportando reducciones de 65-97% en flores y frutos (Cota *et al.*, 2009). En California, se han estudiado combinaciones de inmersiones en agua caliente, control biológico con *Pichia guilliermondii* Wickerham, y atmósferas controladas en frutos de fresa cosechados. Sin embargo, la combinación de los tratamientos no sobrepasó el tratamiento comercial, sugiriendo el mejoramiento de este tipo de estudios para la conservación del fruto (Wszelaki y Mitcham, 2003).

En México, Velázquez *et al.* (2008) desarrollaron una revisión de las diferentes estrategias para el control de *Rhizopus stolonifer* como el uso de sustancias químicas, radiación gama y de luz ultravioleta, antagonistas microbianos, atmósferas controladas, productos vegetales y quitosano. Lo que sugiere áreas de investigación para su aplicación. En relación a las principales enfermedades que afectan al cultivo de fresa, los hongos son la principal amenaza durante el desarrollo del cultivo. Dávalos *et al.* (2011) demostraron que tan solo el hongo *Fusarium* puede causar pérdidas superiores al 50 % en la producción (Cuadro 3).

Los principales agentes causales de enfermedades en el cultivo de fresa son: *Botrytis* spp., *Colletotrichum* spp. y *Phytophthora* spp. (podredumbre del fruto); *Fusarium moniliforme*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*, *Alternaria* spp. (secadera de la fresa); *Fusarium oxysporum* (podredumbre de raíz y corona) y virus moteado de la fresa (SMoV) y de enchinamiento (SCV). Téliz-Ortiz *et al.*, 1986; Fraire-Cordero *et al.*, 2003; Dávalos *et al.*, 2011).

### La fresa como “distintivo” de Irapuato

El prestigio del cultivo de la fresa en Irapuato requiere ser fortalecido en todos los aspectos. Desde un aumento en su producción, hasta una mayor comercialización nacional e internacional, tanto de la frutilla en fresco como de productos

water dips, biological control with *Pichia guilliermondii* Wickerham, and controlled atmospheres on harvested strawberry fruits. However, treatment combination did not exceed the commercial treatment, suggesting the improvement of such studies for fruit conservation (Wszelaki and Mitcham, 2003).

In Mexico, Velázquez *et al.* (2008) reviewed different control strategies of *Rhizopus stolonifer* as the use of chemicals, gamma radiation and ultraviolet light, microbial antagonists, controlled atmospheres, vegetable products and chitosan. This suggests research areas for application. Concerning major diseases affecting strawberry, fungi are the major threat during crop development. Dávalos *et al.* (2011) demonstrated that *Fusarium* fungus alone can cause production losses greater than 50% (Table 3).

The principal causative agents of diseases in strawberry cultivation are: *Botrytis* spp., *Colletotrichum* spp., and *Phytophthora* spp., (fruit rot), *Fusarium moniliforme*, *Rhizoctonia solani* and *Verticillium dahliae*, *Alternaria* spp., (strawberry damping off); *Fusarium oxysporum* (root and crown rot) and strawberry mottle virus (SMoV) and strawberry crinkle virus (SCV) (Téliz-Ortiz *et al.*, 1986; Fraire-Cordero *et al.*, 2003; Dávalos *et al.*, 2011).

### Strawberry as Irapuato hallmark

Strawberry cultivation prestige in Irapuato needs to be strengthened in all aspects. From increasing production to greater national and international marketing of both fresh and processed strawberry such as jams, cosmetics, nutraceuticals, beverages, and other products. Similarly, the creation of a “Living Strawberry Museum” as a tourist attraction of Irapuato, using the city renown as a place of reference is proposed. This museum would be part of the city tour, including, among other features, qualified personnel for marketing tasks emphasizing “Eco-strawberry” quality (strawberries produced in a framework of environmental respect, free of pesticides and microbial pathogens) and guiding the audience through history, management, technology, process and properties of this crop.

Retrospective analysis on strawberry cultivation leads to infer that implementation of organized strategies among different production branches will result in a profit chain for farmers and a stimulus to technological innovation.



procesados *vgr* mermeladas, cosméticos, nutraceuticos, bebidas, etc. De igual manera, se propone la creación de un “Museo Vivo de la Fresa” como atracción turística de Irapuato, aprovechando la fama de la ciudad como lugar de referencia. Éste museo sería parte del recorrido de la ciudad y entre otras características, contaría con personal calificado para tareas de comercialización enfatizando la calidad de las “Ecofresas” (frutillas producidas en un marco de respeto al medio ambiente, libre de plaguicidas, y patógenos microbianos) y orientando al público en cuanto a la historia, manejo, tecnologías, propiedades y proceso de dicho cultivo.

El análisis retrospectivo del cultivo de fresa conlleva a inferir que la implementación de estrategias organizadas entre los diferentes ramos de su producción se traducirá en una cadena de beneficio al agricultor, así como un estímulo a la innovación tecnológica.

## Conclusiones

En la región de “El Bajío” estado de Guanajuato se han identificado estrategias claves para la recuperación de la competitividad del cultivo de fresa: 1) la asociación y compromiso de productores para el fortalecimiento del sistema de producción de fresa; 2) la transición del sistema tradicional a la implementación de sistemas de producción más competitivos; 3) la participación de los diferentes centros de investigación para lograr la independencia en la adquisición de la planta “madre”; 4) el uso de recursos biotecnológicos para mejorar la nutrición y enfrentar los problemas de plagas y enfermedades del cultivo; y 5) la integración y participación activa de todos los actores con una misma visión en este sistema, generando así el eje central para el mejoramiento de cadena de valor de la fresa.

## Literatura citada

- Aguado-Santacruz, G. A. 2012. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 1ª (Ed.). Celaya, Guanajuato, México, D. F. 42-47 pp.
- Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Lee, S. and Byrne, R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Eur. J. Soil Biol.* 1(42):65-69.

## Conclusions

Key strategies are identified for recovery of strawberry cultivation competitiveness in the region of “El Bajío”, state of Guanajuato: 1) producers association and commitment to strengthen the strawberry production system; 2) transition from a traditional system to the implementation of competitive production systems; 3) participation of different research centers for independence in “mother” plant acquisition; 4) use of biotechnological resources to improve nutrition and control crop pest and disease; and 5) integration and active participation of all stakeholders with a common vision in this system, thus generating the backbone for improving the strawberry value chain.

*End of the English version*



- Barroso, M. C. y Álvarez C. E. 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. *Sci. Hort.* 4(71):177-188.
- Birchall, J. 2004. Cooperatives and the millennium development goals, International Labour Organization. Primera Ed. Geneva, Switzerland. 101 pp.
- Cadahía, L. C. 2005. Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª Ed. Madrid, España. 681 pp.
- Carpenter, B. 2005. Diving into compost tea. *Biocycle* 7(46):61-62.
- Castillejo, A. 2011. Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. albion cultivada en invernadero. Tesis Profesional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Jiquilpan, Michoacán, México. 62 pp.
- Chandler, D.; Davidson G., and Jacobson, R. J. 2005. Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Biol. Sci. Tec.* 1(15):37-54.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2005. Uso consuntivo del cultivo de la fresa en el Valle de Zamora, Michoacán. Documento técnico.
- Cota, L. V.; Maffia, L. A.; Mizubuti, E. S. G. and Macedo, P. E. F. 2009. Biological control by *Clonostachys rosea* as a key component in the integrated management of strawberry gray mold. *Biol. Control.* 3(50):222-230.
- Dávalos, P. A. 2009. Nuevas variedades de fresa y sistemas de plantación alternativos en “El Bajío”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Celaya, Guanajuato, México, D. F. 24 pp.
- Dávalos, P. A.; Aguilar, G. R.; Jofre, A. E.; Hernández, A. R. y Vázquez, M. N. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. Ríos, S. A. (Ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1ª (Ed.). Celaya, Guanajuato, México, D. F. 153 pp.
- Darrow, G. M. 1966. The strawberry. History, breeding and physiology. The New England Institute for medical research. Primera Ed. NY, USA. 447 pp.

- Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 088-Zamora. 2004. Estadísticas de superficie, producción y costo de los cultivos agrícolas. México.
- Echánove, F. 2001. Abastecimiento a la ciudad de México: El caso de los pequeños productores de fresa de Guanajuato. *Invest. Geográf.* 45:128-148.
- Escudero, L. A. y Ferragut, F. 1998. Comunidades de ácaros del ecosistema hortícola mediterráneo: composición y distribución geográfica. *Sanidad Vegetal Plagas* 4(24):749-762.
- Fraire-Cordero, M. L.; Yáñez, M. de J.; Nieto, D. y Vázquez G. 2003. Hongos patógenos en fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en postcosecha. *Rev. Mex. Fitopatol.* 3(21):285-291.
- Guerena, M. y Holly, B. 2007. Fresas: producción orgánica. El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible. USA. 1-32pp.
- Hernández, D.; Garza, M. y Guzmán, E. 2011. Competitividad de la fresa mexicana de exportación a EE. UU: un modelo de equilibrio parcial. *México. Global. Competit. y Gobernab.* 3(5):102-114.
- Hochmuth, G. J.; Albrechts, E. E.; Chandler, C. C.; Cornell, J. and Harrison, J. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(4):660-665.
- Ibarra, J. E., del Rincón, M. C., Ordúz, S., Noriega, D., Benintende, G., Monnerat, R., Regis, L., de Oliveira, C. M. F., Lanz, H., Rodríguez, M. H., Sanchez, J., Peña, G. and Bravo, A. 2003. Diversity of *Bacillus thuringiensis* strains from Latin America with insecticidal activity against different mosquito species. *Environ. Microbiol.* 9(69):5269-5274.
- Klamkowski, K.; Sekrecka, M.; Fonyodi, H. and Treder, W. 2007. Changes in the rate of gas exchange, water consumption and growth in strawberry plants infested with the two-spotted spider mite. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 1(15):155-162.
- Lantz, W.; Swartz, H.; Demchak, K. and Frick, S. 2010. Season-long strawberry production with everbearers for northeastern producers. TKM Marketing Inc. Primera Ed. Prince George's, Maryland, USA. 70 pp.
- Meneses, R. 1945. La fresa en Irapuato. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 87 pp.
- Monroy, J.; Vera-Núñez, J. A.; Carrera, M. A.; Grajeda-Cabrera O. A. y Peña-Cabriales, J. J. 2002. Absorción de Nitrógeno (<sup>15</sup>N) y productividad del agua por el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) en "El Bajío". *Terra* 1(20):65-79.
- Muñoz, V. H. 1992. Situación y perspectivas de la horticultura en Colombia. Primer curso de horticultura de clima frío. Conferencia. ICA Tibaitatá. Mosquera.
- Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 2(34):1527-1536.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. FAOSTAT. (consultado mayo, 2013). URL: <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- Pant, A. P.; Radovich, T. J.; Hue, N. V.; Talcott, S. T. and Krenek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. *Bonsai*, *Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agr.* 14(89):2383-2392.
- Rodríguez, D.; Torres, M.; Uribe, L. y Flores, L. 2009. Susceptibilidad de los estadios L2 y L3 de *Phyllophaga elenans* a una cepa nativa de *Heterorhabditis* sp. en condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense* 2(33):171-182.
- Rodríguez-Bautista, G.; Calderón, G.; Jaen, D. y Curiel, A. 2012. Capacidad de propagación y calidad de planta de variedades mexicanas y extranjeras de fresa. México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 18(1):113-123.
- Sánchez, R. G. 2008. La red de valor fresa. Fundación Produce, Laser Impresores. 1ª Ed. Morelia, Michoacán, México. 17-108 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (consultado mayo, 2013). URL: <http://www.siap.gob.mx/>.
- Téliz-Ortíz, D.; Mendoza, H. A. y Sandoval J. 1986. Enfermedades de la fresa en México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 1(4):1-12.
- Van, L. T.; Vontas, J. and Tsagkarakou, A. 2009. Mechanisms of acaricide resistance in the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Biorational Control Arthropod Pests* 8(40):347-393.
- Velázquez, M. G.; Bautista, S. y Hernández, A. N. 2008. Estrategias de control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb (Ex Fr.) Lind agente causal de pudriciones postcosecha en productos agrícolas. *Rev. Mex. Fitopatol.* 1(26):49-55.
- Voth, V. 1991. Pomology strawberry research. Australian Berry Fruit Growers Federation. National Conference, Hobart, Australia.
- Washington, W. S.; Shanmuganathan, N. and Forbes, C. 1992. Fungicide control of strawberry fruit rots, and the field occurrence of resistance of *Botrytis cinerea* to iprodione, benomyl and dichlofluanid. *Crop Protect.* 4(11):355-360.
- Wszelaki, A. L. and Mitcham, E. J. 2003. Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries. *Postharvest Biol. Tec.* 3(27):255-264.
- Xiangyu Guo, M. 2010. Study on functions of the agriculture cooperative in food safety. *Agricul. Sc. Proc.* (1):477-482.