



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y
PRODUCTIVIDAD FRUTICULTURA**

**CAPACIDAD DE MULTIPLICACIÓN, PRODUCTIVIDAD E INDICADORES DE
CALIDAD DE CONSUMO DE NUEVAS VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA**

GEREMIAS RODRÍGUEZ BAUTISTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO, 2010

La presente tesis titulada: “CAPACIDAD DE MULTIPLICACIÓN, PRODUCTIVIDAD E INDICADORES DE CALIDAD DE CONSUMO DE NUEVAS VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA” realizada por GEREMIAS RODRÍGUEZ BAUTISTA, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. GUILLERMO CALDERON ZAVALA

ASESOR



MC. ARTURO CURIEL RODRIGUEZ

ASESOR



MC. DAVID JAEN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, edo. de México. Noviembre de 2010

CAPACIDAD DE MULTIPLICACIÓN, PRODUCTIVIDAD E INDICADORES DE CALIDAD DE CONSUMO DE NUEVAS VARIETADES MEXICANAS DE FRESA

Geremias Rodríguez Bautista

Colegio de Postgraduados, 2010

El presente trabajo tiene el objetivo de evaluar la capacidad de multiplicación, productividad e indicadores de calidad de consumo de las variedades mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y extranjeras (Festival y Albion) de fresa. En comparación con las variedades mexicanas, 'Festival' presentó mayor número de estolones, coronas y plantas hijas en el vivero de Zirahuén; sin embargo, el contenido de almidón fue mayor en las variedades mexicanas. En el vivero Tanaquillo, 'Festival' y 'CP-Jacona' presentaron mayor número de plantas hijas, aunque, el contenido de almidón fue mayor en 'Festival' que en 'CP-Jacona'. En Zirahuén, la acumulación de almidón en plantas hijas fue mayor, en contraste, con el vivero Tanaquillo donde el número de plantas hijas fue mayor. En Zirahuén, 'CP-Jacona' mostró baja capacidad de producción de estolones y plantas hijas pero éstas tuvieron el mayor contenido de almidón y el peso seco fue igual al de las variedades extranjeras y en el vivero Tanaquillo, las variedades mexicanas superaron a 'Albion' en la producción de plantas hijas. Para la evaluación de la productividad, 'CP-Jacona' presentó mayor producción en comparación con las demás variedades. De mayor a menor, el rendimiento acumulado se encontró 'CP-Jacona' con 131.667, 'CP-Zamorana' y 'Festival' con 106.3444 y 107.245 t.ha⁻¹, respectivamente, y Albion con 90.828 t.ha⁻¹. No se encontraron frutos enfermos que afecte el ciclo de producción. Se encontró mayor porcentaje de mermas en peso en condiciones de temperatura ambiente hasta 34 %, en contraste, con frutos refrigerados donde se reportan pérdidas máximas de 20 %. El contenido de sólidos solubles y el porcentaje de acidez son mayores al inicio del ciclo producción y disminuye conforme avanza el la producción, por otro lado, el contenido de ácido ascórbico presenta valores máximos al inicio y final del ciclo de producción y el mínimo en el mes de febrero en ambas variedades. 'CP-Zamorana' soporta una mayor carga de compresión, estadísticamente no existe diferencia entre la posición del fruto, sin embargo, la posición horizontal reporta valores mayores con respecto a la posición vertical, siendo este acomodo el ideal para transportar frutos de fresa.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa Duch*, calidad de planta, productividad, calidad de fruto, daños mecánicos.

MULTIPLICATION CAPACITY, PRODUCTIVITY AND QUALITY INDICATORS OF CONSUMPTION OF NEW MEXICAN STRAWBERRY VARIETIES.

Geremias Rodríguez Bautista

Colegio de Postgraduados, 2010

This work has the aim of assessing the performance of multiplication, productivity and quality indicators of consumption of Mexican varieties (CP-Jacona and CP-Zamorana) and United States (Festival and Albion) of strawberry. In comparison with Mexican varieties, 'Festival' produced more runners, crowns and daughter plants in the nursery of Zirahuén, but starch content was higher in the Mexican varieties. In Tanaquillo nursery 'Festival' and 'CP-Jacona' had the highest number of daughter plants; however, the starch accumulation in daughter plants was higher in 'Festival' than in 'CP-Jacona'. In Zirahuén, the root starch content of daughter plants was higher than in the Tanaquillo nursery, but the number of daughter plant produced was notably higher at Tanaquillo's nursery. At Zirahuén, 'CP-Jacona' had a low capacity of runners and daughter plants production but these plants showed the highest root starch content, but the dry weight of daughter plants was similar to foreign varieties. At tanaquillo, Mexican varieties were better than 'Albion' in production of daughter plants. For the evaluation of productivity, "CP-Jacona" showed higher production compared to other varieties. From highest to lowest cumulative yield was found 'CP-Jacona' to 131,667, 'CP-Zamorana' and 'Festival' with 106,344 and 107,245 t.ha⁻¹, respectively, and Albion with 90,828 t.ha⁻¹. Diseased fruits weren't found to affect the production cycle. The highest percentage of weight reductions in ambient temperature up to 34%, compared with chilled fruit which reported losses of 20% maximum. The content of soluble solids and acidity percentage is greater at the beginning of production cycle and decreases as the production progresses, on the other hand, the ascorbic acid content has maximum values at the beginning and end of production cycle and the minimum in the February in both varieties. 'CP-Zamorana' supports a greater compressive load; statistically no difference between the positions of the fruit, however, reported higher values horizontal position with respect to the vertical position and this arrangement ideal for transporting fruits of strawberry.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch, plant quality, productivity, fruit quality.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la oportunidad y el apoyo financiero que me brindó para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios para mi desarrollo profesional.

A mi consejo particular integrado por: Dr. Guillermo Calderón Zavala, Mc. Arturo Curiel Rodríguez y Mc. David Jaén Contreras, que siempre me han apoyado de manera incondicional en lo académico y emocional para llevar a cabo este trabajo.

A los profesores y trabajadores del Colegio de Postgraduados quienes aportaron sus conocimientos para mi formación.

A mis grandes amigos que me han apoyado en mi formación académica y personal durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

Al ingeniero Rafael Vega por su apoyo en campo y al señor Arturo López por su apoyo con el análisis en la fase de laboratorio.

Al personal de la Unidad de Apoyo de Estudiantes Indígenas, en especial a la Lic. Alejandra, Lic. Cecilia y al Psicólogo Guillermo.

DEDICATORIA

A mis padres Ma. Lucia y José Antonio que me han enseñado a luchar y vencer los obstáculos que se me presentan en el camino, así como, los valores fundamentales de la familia.

A mis hermanas Margarita, Ángela, Irene, Oliveria, Yolanda, Erisbeth y hermanos Rubén y Artemio, que me han brindado su amistad y sobre todo su cariño, amistad y apoyo moral.

A mis amigos incondicionales: Yam, Silvia, Peña, Pablo, Zeila, Nelly, Kesia, Yazmin, Memo, Hugo, Eli, ale. Que ha estado siempre conmigo para enfrentar los obstáculos de la vida.

A mis sobrinos, a quienes me han regalado momentos de alegría.

A los trabajadores: Rocío, Olga, don Humberto, Lupe, Chucho, José, entre otros. Que me han apoyado y brindado su amistad.

Aquellos que han estado siempre a mi lado para apoyarme en mi formación académica.

Se alcanza el éxito convirtiendo cada paso en una meta y cada meta en un paso.

C.C. Cortès

Contenido

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS PARTICULARES	3
HIPÓTESIS	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.1. Importancia mundial y nacional de la fresa.....	4
1.2. Exportación e importación de fresa en México.....	5
1.3. Características generales de la fresa.....	5
1.5. Calidad de la planta de fresa.....	7
1.5.1. Características de calidad de la planta de fresa	7
1.5.2. Factores que intervienen en la calidad de la planta en vivero	9
1.6. Producción de fruto	10
1.6.1. Épocas de producción de la fresa	10
1.6.2. Sistemas de producción de la fresa.....	11
1.6.3. Componentes de rendimiento	13
1.6.4. Factores que intervienen en la productividad de la fresa.....	14
1.7. Calidad de fruto.....	15
1.7.1. Características de calidad de fruto.....	15
1.7.2. Cambios físicos y bioquímicos durante la poscosecha.....	17
1.7.3. Factores que intervienen en la calidad de fruto	19
1.7.4. Daños mecánicos en el fruto.....	21
CAPÍTULO II. CAPACIDAD DE PROPAGACIÓN Y CALIDAD DE PLANTA EN VARIEDADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA.....	35
RESUMEN.....	35
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	39
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
2.4. CONCLUSIONES.....	47
2.5. LITERATURA CITADA.....	48
CAPÍTULO III. PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE EXPORTACIÓN DE LAS VARIEDADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA.....	51
RESUMEN.....	51

3.1. INTRODUCCIÓN.....	53
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS	54
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
3.3.1. Rendimiento mensual de frutos	55
3.3.2. Rendimiento acumulado.....	58
3.3.3. Porcentaje de frutos con calidad de exportación	60
3.3.4. Porcentaje de frutos chicos.....	62
3.3.5. Porcentaje de frutos deformes	63
3.3.6. Porcentaje de frutos enfermos	64
3.4. CONCLUSIONES.....	65
3.5. LITERATURA CITADA.....	66
CAPITULO IV. INDICADORES DE CALIDAD DE CONSUMO DE VARIEDADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA	69
RESUMEN.....	69
4.1. INTRODUCCIÓN.....	71
4.2. MATERIALES Y MÉTODOS	72
4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
4.3.1. Pérdida de peso.....	76
4.3.2. Sólidos solubles totales (SST).....	82
4.3.3. Acidez titulable (AT).....	84
4.3.5. Daños mecánicos.....	87
4.4. CONCLUSIONES.....	92
4.5. LITERATURA CITADA.....	94
5. APENDICE	98

INDICE DE CUADROS DEL CAPÍTULO II

Cuadro 1. Número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) encontrados en plantas madre de cuatro variedades de fresa en el vivero de Zirahuén, Michoacán, México (2 228 m de altitud) -----	41
Cuadro 2. Número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) encontrados en planta madre en variedades de fresa en el vivero de Tanaquillo, Michoacán, México (1 700 m de altitud)-----	42
Cuadro 3. Contenido de almidón, peso fresco y peso seco de plantas hijas en variedades mexicanas y extranjeras de fresa en el vivero de Zirahuén, Michoacán (2 228 m de altitud) ----	45
Cuadro 4. Contenido de almidón, peso fresco y peso seco de plantas hijas en variedades mexicanas y extranjeras de fresa en el vivero de Tanaquillo, Michoacán. (1,700 m de altitud)---	46

INDICE DE CUADROS DEL CAPÍTULO III

Cuadro 1. Rendimiento promedio total mensual estimado en las variedades mexicanas y extranjeras comerciales durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México. -----	56
Cuadro 2: Porcentaje de frutos promedio mensual con calidad para exportación en las variedades mexicanas y extranjeras comerciales, durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.-----	60
Cuadro 3. Promedio mensual de porcentaje de frutos chicos en variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa, durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.-----	62
Cuadro 4. Promedio mensual de porcentaje de frutos deformes de las variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa, durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.-----	63

INDICE DE CUADROS DEL CAPÍTULO IV

Cuadro 1. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán evaluados en condiciones ambientales en los meses de diciembre de 2009 y enero de 2010.-----	77
Cuadro 2. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán evaluados en condiciones ambientales en los meses de febrero, marzo y abril de 2010.-----	78
Cuadro 3. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán y evaluados en condiciones de refrigeración en los meses de diciembre de 2009 y enero de 2010.-----	79
Cuadro 4. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán y evaluados en condiciones de refrigeración en los meses de febrero, marzo y abril de 2010.-----	79
Cuadro 5. Medias de los efectos de los factores variedades y posiciones de cruceta sobre la carga y esfuerzo de compresión en frutos de cuatro variedades de fresas cultivadas y colectadas en Jacona, Michoacán, durante el ciclo 2009-2010.-----	89
Cuadro 6. Medias de los efectos de los factores variedades y posiciones de cruceta sobre la deformación y el modulo de Young en frutos de cuatro variedades de fresa cultivadas y colectadas en Jacona, Michoacán, durante el ciclo 2009-2010.-----	90

INDICE DE FIGURAS DE CAPÍTULO II

Contenido de almidón de cuatro variedades, dos mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y dos extranjeras (Festival y Albion), en dos viveros localizados a diferente altitud en el estado de Michoacán. Zirahuén, 2 228 m y Tanaquillo, 1 700 m. -----43

INDICE DE FIGURAS DE CAPÍTULO III

Figura 1. Comportamiento promedio mensual de rendimiento estimado de variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.-----57

Figura 2: Producción acumulada promedio estimada durante el ciclo de producción 2008-2009, de las variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.-----59

Figura 3: Comportamiento del porcentaje promedio mensual de frutos con calidad de exportación en variedades mexicanas y extranjeras durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México-----61

INDICE DE FIGURAS DE CAPÍTULO IV

Figura 1. Esquema de la posición del fruto de fresa sometido a compresión vertical. Las placas metálicas corresponden a las placa de la maquina universal de ensayos mecánicos.-----75

Figura 2: Porcentaje de pérdida de peso de frutos de cuatro variedades de fresa durante 5 días de almacenamiento en condiciones ambientales, en diferentes meses de cosecha en el ciclo de cultivo 2009-2010 en Jacona, Michoacán.-----80

Figura 3: Porcentaje de pérdida de peso de frutos de cuatro variedades de fresa durante 5 días de almacenamiento en condiciones de refrigeración a 5°C, en diferentes meses de cosecha durante el ciclo de cultivo 2009-2010 en Jacona, Michoacán.-----81

Figura 4: Contenido mensual promedio de sólidos solubles totales en variedades mexicanas y estadounidenses de fresa durante el ciclo 2009-2010 en Jacona, Michoacán.-----82

Figura 5: Comparación de la variación mensual del contenido de sólidos solubles totales en cuatro variedades de fresa durante el periodo de producción del ciclo 2009-2010 en Jacona, Michoacán.-----83

Figura 6: Variación mensual del contenido promedio de acidez titulable de cuatro variedades de fresa en el periodo de producción 2009-2010 en Jacona, Michoacán.-----85

Figura 7: Contenido de ácido de ascórbico en frutos de fresa de las variedades mexicanas y extranjeras durante cinco meses de producción, en el valle de Zamora-Jacona, Michoacán durante el ciclo 2009-2010.-----86

Figura 8. Curvas de esfuerzo-deformación a) para materiales biológicos con y sin punto de biocedencia y b) para dos especímenes de fresa evaluados.-----88

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

Figura 1: Capacidad de propagación de plantas madre de las variedades de fresa: a) y b) Estolones con plantas hijas, c) y d) planta madres con plantas hijas.-----98

Figura 2: Diferencias de calidad de planta de dos viveros. a) Plantas de fresa obtenidas en el vivero Tanaquillo y b) plantas de fresa obtenidas en el vivero de Zirahuén, Michoacán.-----99

Figura 3: a) Establecimiento del experimento, b) arreglo del experimento para la evaluación de la productividad y calidad de fruto-----99

Figura 4: a) Fruto con calidad de exportación de la fresa, b) Nivel de productividad de la variedad CP-Jacona, c) Fruto con deformación y d) fruto chico-----100

Figura 5: Variedades de fresa a) Variedad Festival, b) variedad Albion, c) Variedad CP-Jacona y d) Variedad CP-Zamorana-----101

INTRODUCCIÓN GENERAL

La fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) es una de las frutas más populares y con mayor demanda a nivel mundial (Olsson *et al.*, 2004). En México es de gran importancia socioeconómica por su fuerte demanda de mano de obra y es una fuente de divisas de las exportaciones, cuyo principal estado productor es Michoacán (Sánchez, 2008). La producción de fresa en México depende de la importación de variedades extranjeras, provenientes del estado de California y Florida, E.U.A.; además para establecerlas, es necesario pagar altos costos de regalías a la empresa concesionaria por el uso de la planta y por lo tanto, hay una disminución de la rentabilidad del cultivo para el productor (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008). Para resolver la problemática anterior el Colegio de Postgraduados ha generado nuevas variedades de fresa, entre las que destacan variedades CP-Zamorana y CP-Jacona, como nuevas variedades mexicanas, con la finalidad de disminuir costos de producción y lograr un mejor aprovechamiento del mercado de exportación por parte de los productores locales.

Sánchez-Sánchez (2006) menciona que la planta es la base del cultivo. La calidad genética y sanitaria tiene impacto directo en el rendimiento y generación de valor de la producción. La calidad de las plantas de fresa se caracteriza por poseer raíces abundantes, coronas múltiples y gruesas con muchas yemas diferenciadas y alto contenido de carbohidratos, para establecerse rápidamente en el terreno de cultivo, y con ello obtenerse una producción precoz y de alto rendimiento (Stapleton *et al.*, 2001). La investigación agronómica en fresa tiene prioridades para la obtención de altos rendimientos, resistencia a las enfermedades y plagas, transporte y conservación de la fruta. Sin embargo, en los últimos años, la investigación también considera como la seguridad alimentaria y calidad nutricional de la fruta (Caposcasa *et al.*, 2008). Por otro lado, la oferta de los cultivares de fresa en el mercado mundial es muy dinámica. Conocer las características de calidad para cada cultivar, incluida la composición nutricional, se convierte en una estrategia útil de mercado (Ferreira *et al.*, 2007).

Es importante determinar características de calidad en las nuevas variedades producidas en México. El contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y la relación de SST/AT, son factores importantes para evaluar la calidad del fruto (Kasfkas, 2004). Cordenunsi

et al. (2002) y Macías-Rodríguez *et al.* (2002) señalan que la composición química y los atributos de calidad de la fresa son altamente influenciados por la combinación de factores entre los que se encuentran los genéticos (variedad) y geográficos (clima, suelo, entre otros). Este conocimiento puede contribuir a evaluar y seleccionar las prácticas de cultivo más apropiados y asignar la mejor alternativa de uso (mercado de productos frescos, transformación industrial, etc.) para cada variedad de fresa (Ferreira *et al.*, 2007). Así, es importante el estudio de la capacidad de multiplicación y la calidad de la planta producida, la productividad y la calidad de fruto de las nuevas variedades.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad de multiplicación, productividad y parámetros de calidad de consumo de dos variedades mexicanas de fresa en comparación con variedades extranjeras comerciales de la región, Zamora, Michoacán.

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar la capacidad de multiplicación de dos variedades mexicanas y dos extranjeras a través de la evaluación de: número de estolones, número de coronas y las plantas hijas producidas por planta madre, así como el contenido de almidón en las raíces de las plantas hijas.

Determinar la productividad de las variedades mexicanas bajo el sistema de producción con macrotunel, cuantificando la cantidad de frutos producidos y el porcentaje de frutos con calidad de exportación.

Evaluar la calidad de los frutos de cada variedad durante el ciclo de producción, determinando contenido de ácido ascórbico, sólidos solubles totales, porcentaje de acidez, pérdida de peso durante la vida de anaquel y daños mecánicos.

HIPÓTESIS

Las variedades mexicanas presentan adecuada capacidad de multiplicación y calidad de la planta, en los sistemas de elevación baja y alta similar o mejor que las variedades extranjeras comerciales producidos en la región de Zamora-Jacona, Michoacán.

Las variedades CP-Jacona y CP-Zamorana producen altos rendimientos de fruta de alta calidad, al menos similares a las variedades comerciales Festival y Albion.

‘CP-Jacona’ y ‘CP-Zamorana’ son dos nuevas variedades mexicanas altamente competitivas para la producción de fruta de alta calidad en el subtrópico.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Importancia mundial y nacional de la fresa

La fresa es una de las frutas aceptables por su sabor, rica en vitaminas y minerales (Sharma and Singh. 2008), fuente de importantes antioxidantes y micronutrientes, siendo la fuente más rica en vitamina C y ácido fólico, en comparación con otros frutales (Olsson, *et al.*, 2004), poseen un alto contenido de agua, menor cantidad de carbohidratos de bajo peso molecular y una mayor relación glucosa/ fructosa (Olsson *et al.*, 2004; Vinson *et al.*, 2008).

Durante el 2006, el principal productor de fresa fue Estados Unidos de Norte de América, seguido por España, Turquía, Rusia y Republica de Corea. México ocupó el noveno lugar, mientras que en el 2007, la producción aumentó, ocupando el séptimo lugar con una producción de 187 138 toneladas (FAOSTAT, 2008).

En México la fresa se cultiva en ocho estados, durante el 2008, la superficie sembrada fresa fue de 6.2 miles de hectáreas y con un volumen de producción de 207.5 toneladas; y durante el 2009, la superficie sembrada fue de 6.5 miles de hectáreas y un volumen de producción de 212.2 toneladas (SIAP, 2009). En el 2009, el estado de Michoacán ocupó el primer lugar con una superficie sembrada de 3.59 hectáreas, seguido por Baja California y Guanajuato con 1.55 y 1.04 ha, respectivamente. El estado de Michoacán participa con el 50% de la producción, seguido por Baja California que aporta el 28 % de la producción. El distrito de Zamora, estado de Michoacán, concentra la mayor producción de fresa del país (FAOSTAT, 2008).

En el 2009, Estados Unidos de Norte América, registró el mejor nivel de rendimiento a nivel mundial, al obtener 48 toneladas por hectárea, seguidos por España e Israel con 40.53 y 40 toneladas por hectárea, respectivamente. En el caso de México, se ubicó en el octavo lugar con un rendimiento cerca de 28 toneladas por hectárea (SIAP, 2009).

El consumo per cápita de la fresa en México está entre 1.08 y 1.23 kg; su demanda se incrementa cuando bajan los precios. En el caso contrario disminuye el consumo, sustituyéndose por frutas de temporada (FAO, 2005).

1.2. Exportación e importación de fresa en México

La fresa es una de las frutas de mayor aceptación mundial y también una de las que tienen mayores usos, entre los que se encuentran su exportación e importación como producto fresco, en la industria congeladora, como saborizantes (en la elaboración de medicinas o repostería) entre otros (Zabetakis y Holden, 1997).

Durante el periodo 2007, España exportó 186.4 miles de toneladas y Estados Unidos 116.7 miles de toneladas, concentrando ambos países más del 50% de las exportaciones mundiales. Como tercer exportador destacó México con 66.9 miles de toneladas (FAOSTAT, 2008).

Con respecto a las importaciones de la fresa, Sánchez (2008) menciona que durante el periodo 2000 a 2005, México ocupó el décimo lugar en las importaciones mundiales. En el mismo periodo, Estados Unidos de Norte América ocupó el cuarto lugar. Durante el 2007, Francia ocupó el primer lugar en las importaciones, seguidos por Canadá, Alemania y Estados Unidos de Norte América (FAOSTAT, 2008).

Sánchez (2008) menciona que en los meses de octubre a diciembre, es cuando se tiene la cosecha de la primera floración, la oferta de fresa de Michoacán prácticamente no tiene competencia en el mercado nacional y menos en el de exportación, ya que la producción en Baja California inicia en febrero. Las ventanas de producción y exportación entre México y Estados Unidos de Norte América son diferentes, mientras que este último presenta un déficit en la oferta local en su país durante el invierno tiene que recurrir a la importación del producto, principalmente de México, para abastecer su mercado interno y reexportaciones a otros países.

1.3. Características generales de la fresa

Las fresas cultivadas en la actualidad son híbridos octaploides reconocidos como *fragaria x ananassa Duch.*, producto de la cruce de *F. virginiana L.*, nativa del Norte de América y Norte de México; y *F. Chiloensis Duch.*, nativa de las costas Oeste de Norte y Sud- América (Bringhurst, *et al.*, 1960).

La fresa cultivada (*Fragaria x ananassa Duch*) es de amplia adaptación, se cultiva en latitudes bajas de los trópicos y latitudes altas de los sub-trópicos (Hancock, 1999). El rango de temperatura óptimo para el crecimiento y desarrollo es de 10 a 26 ° C (Strik, 1985). Actualmente

se tiene variedades o híbridos que tienen un rango de adaptabilidad muy amplio que pueden ser cultivadas en climas tropicales y subtropicales (Aspuria *et al.*, 1996; Larson y Shaw, 2000).

La fresa es una planta perenne, herbácea, que posee un sistema radical superficial, con un tallo corto comúnmente denominado corona, del cual se originan a partir de yemas axilares, estolones, ejes florales o coronas laterales. Las hojas crecen en roseta, tienen peciolo largo y son trifoliadas con bordes aserrados y con pubescencia en el envés, flores y frutos (Brazanti, 1989).

La fresa se propaga generalmente en forma asexual, ya sea por división de coronas, que no es muy común y se limita a cultivares que tienden a estolonizar nada o muy poco, o por estolones, que es el método más fácil y rápido que permite conservar las características del clon que se desea cultivar y representa la base de su reproducción, aunque, por otro lado, reduce la formación de coronas secundarias (Brazanti, 1989); o por micropropagación, que es una alternativa para obtener material vegetativo libre de virus (Brusco, 1986).

El fruto de la fresa deriva de una modificación del receptáculo y en él se encuentran los “aquenios”, o sea los verdaderos frutos secos de este tipo. Desde el punto de vista botánico, el fruto es un poliaquenio (Sánchez-Sánchez, 2006). El tamaño de lo que se suele llamar fruto depende de diversos factores genéticos, fisiológicos y ambientales: autofertilidad, posición de la flor en la inflorescencia, etc. (Larson y Shaw, 2000).

1.4. Variedades de fresa

En el mundo se conocen más de 1000 variedades de fresa, producto de la gran capacidad de hibridación que presenta la especie¹. A partir de 1975 todas las plantas madres y nuevas variedades son fundamentalmente de viveros de los Estados Unidos (Vega, 2002). El cultivo de fresa en Michoacán se basa en cultivares extranjeros, provenientes principalmente de la Universidad de California, Estados Unidos de Norte América (UC-EUA) (Sánchez, 2008). Sin embargo, este mismo autor, al hacer un análisis de los riesgos tecnológicos del actual sistema de producción de fresa en México, indica que la dependencia de la zona productora de Michoacán, y otras, del suministro de planta por parte de UC-EUA o sus concesionarios (Eurosemillas, por ejemplo) y el pago de regalías cada vez más costosas (con aumentos de 300% de 2001 a 2005) sólo por el uso de esas variedades registradas y protegidas, resultan en un aumento en los costos de producción y una menor rentabilidad (Sánchez, 2008).

En la región de Zamora, Michoacán las variedades que más se cultivan son 'Festival' con el 32 % de la superficie total, Camino Real con el 28 % y Aromas con el 20 %; en la Zona Norte-Centro las variedades Camino Real, Camarosa y Festival cubrieron el 97 % de la superficie total (Sánchez, 2008).

Martínez-Bolaños. (2008) mencionan que las diferencias en variedades responden a las diferentes orientaciones de mercado. Los exportadores compran por prioridad la variedad Camarosa y en menor grado Festival, Camino Real y Aromas. La industria busca las variedades Festival, Camino Real y Aromas (Sánchez-Sánchez, 2006).

La morfología de la planta y el aspecto que en conjunto presentan, son una manera de distinguir los cultivares. Algunas características, tales como el número de hojas, se utilizan para determinar la adaptación de los genotipos en cierta época del año (Branzanti, 1989). Larson y Shaw, (2000) menciona que la forma y el tamaño de los frutos es una característica varietal, aunque se ven influenciados por la posición en la inflorescencia y otros factores ambientales.

Stapleton *et al.* (2001) mencionan que la variedad Festival produce fruta abundante y de excelente calidad, tanto para consumo en fresco como para la industria; mientras que la variedad Albion es la segunda variedad en importancia de la Universidad de California, en precocidad. Esta variedad es de reciente introducción, ya que se dio a conocer en el 2006.

1.5. Calidad de la planta de fresa

1.5.1. Características de calidad de la planta de fresa

La planta es la base del cultivo de la fresa, la calidad desde el punto de vista genético como sanitario tienen impacto directo en la producción y en el valor de la producción (Sánchez-Sánchez, 2006). Stapleton *et al.* (2001) mencionan que una plantación de fresa debe establecerse con plantas producidas en viveros especializados.

La calidad de las plantas (raíces abundantes, coronas múltiples y gruesas con muchas yemas diferenciadas y alto contenido de carbohidratos) deben ser aceptables, para establecerse rápidamente en el terreno de cultivo, y con ello obtenerse una producción precoz y de alto rendimiento (Stapleton *et al.*, 2001).

Los azúcares solubles desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, cuando Los órganos terminan su desarrollo, dichos azúcares se almacenan temporalmente como almidón en las raíces y coronas de la planta, como resultado del acortamiento del fotoperiodo y la disminución de las temperaturas durante el otoño e invierno (Guttridge y Anderson, 1975; Dinar y Stevens, 1981; Maas, 1998). El contenido de almidón es necesario para la propagación de la planta (Lieten *et al.*, 1995), el almacenamiento a largo plazo (Bringinghurst *et al.*, 1960), el establecimiento de la plantación, la precocidad y el rendimiento de frutos (Schupp y Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

El número de horas en refrigeración, el contenido de sacarosa en la raíz y el rendimiento de frutos están relacionados con la acumulación de almidón en las plantas (Lieten, 1995). Las plantas obtenidas en el invierno, son expuestas a temperaturas bajas adecuadas para un crecimiento vigoroso durante los días cortos del invierno, para una buena cosecha temprana, frutos de calidad y rendimientos altos durante seis meses o más tiempo de cosecha (Voth y Bringinghurst, 1990). Ito *et al.*, (2004) mencionan que los carbohidratos son consumidos durante la iniciación y desarrollo de los órganos florales.

Alarcón *et al.* (2000) encontraron que la energía (fotoasimilados) ahorrada en el crecimiento de la raíz y acumulación de materia seca de la planta, se dirigió hacia la parte aérea y con ello favoreció la formación de estolones, número de plantas hijas. Carrillo-Mendoza *et al.* (2005) encontraron que la planta aprovecha la urea y la sacarosa para la acumulación de materia seca y no de las reservas de almidón.

Con respecto a la función del nitrógeno existe la controversia con la floración: niveles altos de nitrógeno inhiben la floración y promueven el crecimiento vegetativo (Galleta y Bringinghurst, 1990). La urea y la sacarosa aumentan el vigor de las plantas hijas, y la aplicación de N estimula el crecimiento y vigor vegetativo de la planta (Carrillo-Mendoza *et al.*, 2005).

Alarcón *et al.* (2000) encontraron que la inoculación de endófitos micorrízicos en plantas madre modifica favorablemente la formación de estolones y plantas hijas. Además, mejora el aprovechamiento de nitrógeno y fosforo por las plantas hijas unidas a la planta madre.

1.5.2. Factores que intervienen en la calidad de la planta en vivero

Las variedades de fresa presentan diferentes sensibilidades a los factores ambientales, durante el crecimiento vegetativo, floración (Darrow y Waldo, 1934; Durner *et al.*, 1984) o en la producción de estolones (Dennis *et al.*, 1970).

La disminución del crecimiento vegetativo es causada principalmente por los cambios de longitud del fotoperiodo y los cambios de temperatura (Darrow y Waldo, 1934; Risser y Robert, 1993 ;Fridtjof y Heide, 2006). La disminución del fotoperiodo y de la temperatura, causan efectos en el desarrollo de la fresa, tales como la disminución de la producción de estolones (Smeets, 1980), inducción de la floración (Dennis *et al.*, 1968). Este último efecto produce cambios fisiológicos en las plantas, resultando un bajo nivel de crecimiento potencial, que impide cualquier desarrollo de crecimiento vegetativo en otoño. Posteriormente, las fresas recuperan el vigor vegetativo y floral con un efecto de enfriamiento en el otoño e invierno (Risser y Robert, 1993).

El genotipo y la interacción genotipo por temperatura influye en la producción estolones (Serce y Hancock, 2004). Las altas temperaturas en el vivero puede afectar la calidad de las plantas y en el número de estolones (Anderson y Guttridge, 1975). Además, las altas temperaturas, en condiciones de vivero, afectan la calidad de plantas hijas (Anderson y Guttridge, 1975), rendimiento y el tamaño del fruto (Lieten *et al.*, 1995). Anderson y Guttridge, (1975) menciona que a temperaturas por arriba de 10 °C con días igual o mayor de 12 horas, la planta tiende a avejentar aumentando la producción de estolones, a temperaturas más bajas el desarrollo floral es iniciado; en temperaturas extremadamente elevadas arriba de 25 °C la diferenciación floral es inhibida y por encima de los 32 °C ocurren abortos, aunque actualmente existen diferencias de comportamiento en relación a las condiciones climáticas.

Por otro lado, la altitud afecta el tamaño el tamaño y el número de coronas de las plantas (Moroto *et al.*, 1997). Establecer viveros de fresa en altitudes altas, puede provocar daños a las plantas por las bajas temperaturas, en contraste, en altitudes bajas las plantas llegan a presentar menor contenido de almidón, con una baja productividad durante el establecimiento; por otro lado, se puede obtener mayor número de coronas en periodos más cortos, en comparación con las plantas producidas en latitudes altas (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

La producción de las plantas hijas, en altitud alta es limitado, así como la acumulación de carbohidratos en las plantas de un vivero de altitud baja que ocurre en un periodo corto (Paydas, *et al.*, 1993). Kafkas (2004) encontraron que las plantas obtenidas en un vivero de altitud alta, las plantas fueron superiores que las obtenidas en un vivero de altitud baja, en términos de precocidad, rendimiento y calidad.

La obtención de las plantas libres de enfermedades y estolones de calidad, son importantes como la cantidad de plantas hijas por planta madre (Paydas, *et al.*, 1993). De Cal *et al.* (2004) mencionan que en el vivero, la planta puede ser atacada por la enfermedad Oidio de fresa, causada por *Aphanis Podosphaera* (Wallr.) U. Braun & S. Takam; sym *Macularis Sphaerotheca* f. sp. *Fragariae* (Wall. Ex Fries), afectando las hojas, peciolo, estolones, flores y frutos. Las hojas afectadas, reducen la fotosíntesis debido a la cobertura de micelio, que conduce al necrosamiento y defoliación (Maas, 1998). Otra enfermedad es la antracnosis que afecta a la planta de fresa, provocando lesiones en el peciolo, pudrición de la fruta, manchas foliares y pudrición de la corona y de los estolones (Howard *et al.*, 1992).

1.6. Producción de fruto

1.6.1. Épocas de producción de la fresa

Existen dos tipos comerciales de plantas de fresa, plantas de día neutro y plantas de día corto; además se tienen plantas de día largo. Las plantas de día corto presentan la iniciación de las yemas florales en condiciones de otras especies de día corto o cuando las temperaturas son menos de 15 °C y con un fotoperiodo de 8 a 12 h. Las plantas de día largo presentan la iniciación de yemas florales cuando los días son largos con un fotoperiodo mayor de 12 h y temperaturas moderadas (Hancock, 1999). En la costa central y sur de California, durante el verano las temperaturas son frescas, durante el invierno los cultivares de día corto comienzan a producir flores y la producción de frutos comienza a partir de marzo hasta el mes de noviembre (Gargantini, 1989).

En las plantas de día neutro, un fotoperiodo de 16 h con 4 h de interrupción durante la noche, es efectivo para la formación de floración temprana a temperaturas moderadas de alrededor de los 20 °C sin embargo, a temperaturas de 28 °C, tiene un efecto inhibitorio sobre la floración (Hancock, 1999).

En florida, la fresa se cosecha durante cinco meses, que va desde finales de noviembre al mes de abril (invierno-primavera) y el 70% de la producción se lleva a cabo durante los meses de marzo y abril, cuando los precios de los frutos son iguales o inferiores a los costos de producción (Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor, 1997). En Tucumán, Argentina, la mayor producción se lleva a cabo durante el mes de junio a noviembre (invierno-primavera) (Gargantini, 1989). Mientras que en México la producción se centra en los meses de noviembre al mes abril (Sánchez, 2008).

En los meses de octubre a diciembre, se obtiene la cosecha de la primera floración, la oferta de fresa de Michoacán prácticamente no tiene competencia en el mercado nacional y menos en el de exportación; por consiguiente, el volumen que se alcanza a producir durante la primera floración tiene un impacto en la rentabilidad total del cultivo. La producción de fresa durante el comienzo de la temporada (noviembre a enero) es importante ya que los precios medios en el mercado son de 30 a 40 % más alto que los frutos producidos durante la última parte de la temporada (febrero a abril) (Sánchez, 2008).

1.6.2. Sistemas de producción de la fresa

El objetivo de la plantación de cualquier cultivo es obtener el máximo rendimiento y la más alta calidad. El rendimiento de los cultivos es el método más eficaz para evaluar los beneficios económicos de los sistemas de producción (Yuan, *et al.*, 2003), y las tecnologías de producción tienen un impacto directo en el rendimiento medio por hectárea, en el costo medio de producción por tonelada y la calidad del producto, tanto en presentación como en inocuidad (USDA, 2006).

La mayoría de las plantaciones de fresa se lleva acabo en túneles de plásticos e invernaderos (Yuan, *et al.*, 2003). En los sistemas de producción intensiva de la fresa, las cubiertas plásticas son ampliamente utilizadas para la retención de calor, ahorro de agua, control de malezas, obtención de frutos precoces y de calidad, así como rendimientos altos (USDA, 2006).

Singh *et al.* (2007) encontraron que al cultivar la fresa en macrotunel, la floración y la madurez del fruto ocurre 13 y 19 días antes, en comparación con las plantas establecidas a ‘cielo abierto’, también, aumenta el rendimiento mensual y rendimiento total de la producción de fruto. Paranjpe *et al.* (2007) mencionan que las variedades Elsanta y Kent, aumentaron el número de flores y frutos en condiciones de invernadero, con una producción de 2.41 y 2.25 kg/m²

aproximadamente. Lieten (2002) indicó que con un porcentaje de 65 a 75 de humedad relativa en invernadero se obtienen la máxima producción y tamaño del fruto.

En agricultura protegida, la fresa puede ser cultivada en bolsas de polietileno o cloruro de polivinilo (PVC) en canales o tuberías (Paranjpe *et al.*, 2007). Dijkstra *et al.* (1993) encontraron que la variedad Elsanta, cultivado en bolsas de turba en forma horizontal lineal, los rendimientos alcanzan hasta 1.94 a 2.51 kg m², con una densidad de plantación de 4 a 8 plantas por m², sin embargo, el rendimiento por planta disminuye a medida que aumenta la densidad de plantas. Cuando la densidad de las plantas aumentan, es evidente la competencia por la luz y por lo tanto, la planta presenta menor crecimiento (Paranjpe *et al.*, 2007).

Dijkstra *et al.* (1993) indican que el uso de acolchado permite la distribución uniforme y crecimiento de las raíces, y por lo tanto, mayor producción por planta. El acolchado es una de las prácticas culturales más importantes, que mejora el crecimiento de las plantas, aumenta el peso del fruto, rendimiento y calidad del fruto (Sharma y Singh, 2008). Singh *et al.* (2007) mencionan que las plantaciones con acolchado, el fruto llega a presentar mayor contenido de sólidos solubles totales y de ácido ascórbico y menor acidez.

En Florida, E.U.A, el cultivo de la fresa en se lleva acabo a densidades de 39,520 a 54,340 plantas ha⁻¹ (Ledgard *et al.*, 2003). Mientras que en california, las densidades de plantas oscilan entre 50, 635 y 57,000 plantas ha⁻¹. Dijkstra *et al.* (1993) reportaron un incremento en rendimiento con densidades de población cada vez mayor con el uso de bolsas de turba en horizontal, así con macetas de plástico. Paranjpe *at al.* (2007) encontraron que la distancia entre líneas y plantas no influye en el rendimiento de los frutos comercializables por planta, en el número y en el peso de los frutos por m².

El riego en los sistemas de producción intensiva es importante, debido que aumenta el número de hojas, flores, frutos y estolones, rendimiento total de frutos, rendimiento de frutos comerciales, tamaño de frutos conforme aumenta el riego de ep1 00 a Ep1 25 (Yuan, *et al.*, 2003) y el riego excesivo reduce el rendimiento, mientras que el riego inadecuado causa escasez de agua y reduce la producción de materia seca (Dom y Nishiyama, 2003).

Kamperidou y Vasilakakis (2005) mencionan que los frutos provenientes de plantas frescas son de mayor tamaño que los de las plantas que han sido almacenadas en refrigeración y también, pueden ser cosechados por un periodo más largo.

1.6.3. Componentes de rendimiento

El rendimiento de la fresa, como en cualquier otro cultivo, es el resultado acumulativo de varios componentes de rendimiento que influyen directamente o indirectamente (Shokaeva, 2007). Cuando las variedades se cultivan como plantas individuales, en particular los componentes de rendimiento son el número de coronas por planta, número de inflorescencias, número de flores por inflorescencia y peso del fruto (Shokaeva, 2008). El número de coronas no contribuye en el rendimiento de forma directa, sin embargo, es el índice clave para el desarrollo de la planta y en consecuencia para el rendimiento (Shokaeva, 2005 b).

Se ha comprobado que el rendimiento es generalmente correlacionado con el número de inflorescencias por planta, mientras que el peso medio del fruto y el número de flores influye en el rendimiento de inflorescencias (Baumann *et al.*, 1993; Shokaeva, 2005 b). El número de inflorescencias por planta, en principio, es incompatible con el tamaño grande del fruto comercial especialmente cuando las plantas presentan una sola corona (Baumann *et al.*, 1993). Las plantas que producen muchos racimos por corona desarrollan frutos de tamaños pequeños. Incluso si el primer fruto es de tamaño grande, después puede producir frutos pequeños, y la diferencia de tamaño puede ser grande (Strik y Proctor, 1998).

Verhul *et al.* (2006) mencionan que el número de inflorescencias por planta es influenciado principalmente por la edad de la planta y la duración del día corto, mientras que la inducción de la floración es determinada principalmente por el fotoperiodo y la temperatura. El número de inflorescencias pueden aumentar indirectamente si la respuesta de la nutrición es buena por lo que aumenta el número de coronas y con ello el número de inflorescencia (Breen y Martin, 1981). Y la floración es afectada por la duración de la temperatura durante la inducción y días cortos (Fridtjof y Heide, 2006).

El comportamiento de las plantas en diferente en ciertas condiciones, las temperaturas desfavorables, así como las heladas tardías de primavera, influyen sobre el rendimiento acumulado y en el desbalance entre los componentes de rendimiento (Baumann *et al.*, 1993).

Durante la obtención de cultivares y líneas casi siempre se producen rendimientos bajos. Sin embargo, algunas variedades suelen producir rendimientos intermedios en un determinado lugar (Shokaeva, 2005 b). Por lo tanto, si la condición ambiental es favorable para un genotipo en particular, se puede obtener mayor rendimiento (Yuan, *et al.*, 2003). Un genotipo con rendimiento comercial bajo no tiene valor para el cultivo comercial (Shokaeva, 2008)

Para aumentar el crecimiento del fruto, a menudo se utilizan los compuestos que regulan el crecimiento de la planta (auxinas, citocininas y giberelinas), a fin de lograr mayor tamaño de la fruta (Guardiola y Garcia-Luis, 2000; Stern *et al.*, 2007). El ácido giberélico se ha encontrado que aumenta el número de frutos, mientras que la auxina juega un papel importante en el crecimiento y tamaño del fruto y por lo cual aumento de rendimiento (Nistch, 1950; Schwab y Raab, 2004).

1.6.4. Factores que intervienen en la productividad de la fresa

Los factores genéticos y ambientales influyen en el crecimiento de las plantas y en la productividad y calidad del fruto (Himelrick y Galletta, 1990). La disponibilidad del agua, las temperaturas nocturnas y diurnas, y la intensidad de la luz del día están relacionadas con el tamaño del fruto (Avgdori-Avidov, 1986). Darrow y Waldo, (1934) mencionan que la luz es un factor importante en el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta de fresa. Un incremento del nivel de radiación ocasiona normalmente un incremento en la producción y acumulación de materia seca de la planta y en todas sus partes, así como un aumento en tamaño de frutos. La temperatura y el fotoperiodo son los factores ambientales más importantes que regulan la transición del crecimiento vegetativo al reproductivo.

Durante el desarrollo reproductivo, las plantas son sensibles a las altas temperaturas (McKee y Richards, 1998). Temperaturas por encima de 30 °C, reducen el tamaño de la fruta (Wang y Camp, 2000), peso de la fruta y el crecimiento de la planta (Hellman y Travis, 1988). Himelrick y Galletta, (1990) encontraron que el número de aquenios por fruto fue menor a temperaturas nocturnas y diurnas de 32/27 °C a diferencia de 24/19 °C y 20/15 °C, respectivamente. Así como también, a medida que aumenta la temperatura, el contenido de lípidos en la membrana del fruto disminuye (Wang y Lin, 2006). Nestby y Rune, (1999) mencionan que el rendimiento está fuertemente influenciado por el cultivar y la temperatura.

La época de plantación de la fresa juega un papel importante en la obtención de rendimiento (Anna *et al.*, 2003). Sin embargo, pueden ser plantados en diferentes épocas del año, dependiendo de la variedad, ubicación y el clima (Galleta y Bringham, 1990; Sharma y Singh, 2008). Por otra parte, una mayor rentabilidad y productividad de la fresa, se está adoptando en muchos países, ya sea con la siembra escalonada o con el uso de técnicas de plasticultura (Hancock, 1999).

Entre las diferentes enfermedades que pueden afectar el cultivo de la fresa se encuentra el Moho gris (*Botrytis cinérea*), que provoca grandes pérdidas (Wilcox y Parecen, 1994; Hancock, 1999). Por otro lado, el aumento del contenido de calcio en la pared celular de la fruta, ayuda a retrasar y disminuye el crecimiento de moho gris, lo que puede disminuir la incidencia y las alteraciones fisiológicas (Naradison *et al.*, 2006).

La aplicación foliar de calcio y boro durante la precosecha, reduce la incidencia de desordenes fisiológicos, como el albinismo, malformación del fruto y las enfermedades; y por lo tanto, aumenta el rendimiento de los frutos comerciables y la firmeza (Singh *et al.*, 2007).

La aplicación de hormonas de crecimiento en las plantas de fresa, aumenta el rendimiento comercial total; sin embargo, no presenta ningún efecto en los atributos de calidad bioquímica del fruto. Por otro lado, la acción de las hormonas depende de la variedad, etapa de crecimiento del cultivo, las condiciones ambientales antes, durante y después de la aplicación (Roussos *et al.*, 2008).

1.7. Calidad de fruto

1.7.1. Características de calidad de fruto

El principal objetivo de los productores es producir una fruta de aspecto atractivo (tamaño, color y forma) (Azodanlou *et al.*, 2003). Mientras que los consumidores de la fresa, son atraídos por el color rojo brillante y aroma típico de una fruta fresca (Scalzo *et al.*, 2005a). Caposcasa *et al.* (2008) mencionan que en los últimos años, la investigación se ha centrado en la seguridad alimentaria y calidad nutricional de la fruta. Las frutas de calidad se destinan directamente a la comercialización como fruta fresca, mientras que las de segunda calidad son sometidas a un tratamiento posterior, por lo tanto, las empresas de transformación dependen a menudo de las variedades, que son principalmente para el consumo en fresco (Wesche-Ebeling y Montgomery,

1990). Sin embargo, hay un número creciente de empresas de transformación que ofrecen una amplia variedad de productos de fresa: frutas congeladas, concentrados, mermeladas, jugo, néctar, jarabe, productos lácteos, entre otros (Gossinger, 2008).

Los frutos de la fresa, por su atractivo visual y sabor, son muy deseables, pero son muy perecederos, siendo susceptibles a daños mecánicos, pérdida de agua, decadencia y deterioro fisiológico, para el mercado la calidad del fruto se centra en las cualidades físicas, tamaño, color, firmeza, acidez, dulzura y aroma (Anzodanluo *et al.*, 2003; Mitcham, 2004). El sabor juega un papel importante en la satisfacción del consumidor y además influye en el consumo de frutas y alimentos en general (Pelayo *et al.*, 2002). Pero hay un creciente interés en los beneficios a la salud que incluye el aumento de la capacidad antioxidante del protoplasma en los seres humanos (Cao *et al.*, 1998), la actividad antioxidante de las lipoproteínas de baja densidad (Heinonen *et al.*, 1998), y la actividad anticancerígena contra las células del cáncer humano y del ratón (Wang y Lin, 2006)

Entre las especies de frutas, las fresas contienen mayor cantidad de actividad antioxidante total (de 2 a 11 veces) que tienen las manzanas, melocotones, peras, uvas, tomates, naranjas y kiwis (Scalzo *et al.*, 2005a). Es una fuente de ácido ascórbico (AA), antocianinas y flavonoides, y fuente rica entre los alimentos en contenido de vitamina C y ácido fólico (Guo *et al.*, 2003; Olsson *et al.*, 2004), posee un mayor contenido de agua, menor contenido de carbohidratos de bajo peso molecular y una mayor relación glucosa/fructosa (Olsson *et al.*, 2004; Vinson *et al.*, 2008).

Los azúcares y ácidos orgánicos son los compuestos que contribuyen significativamente en el sabor de muchas frutas. En la fresa, los carbohidratos solubles se acumulan en el fruto en forma de glucosa, fructosa y sacarosa (Ranwala *et al.*, 1992), que representan aproximadamente el 99 % del contenido total de azúcares y el resto formada por sorbitol, xilitol y xilosa, aunque la cantidad de glucosa, fructosa y sacarosa varía con el grado de madurez del fruto (Hubbar *et al.*, 1991; Pérez *et al.*, 1997). El contenido de carbohidratos solubles depende del genotipo y las condiciones climáticas (Hulme, 1970). Sin embargo, el contenido total de azúcares normalmente se encuentra dentro del rango de 70 a 100 mg en 100 g de fruta fresca (Hubbard *et al.*, 1991).

Pérez *et al.* (1997) han encontrado una de correlación bajo para los sólidos solubles (SST) y azúcares totales, acidez titulable (AT) y total de los ácidos orgánicos, por lo tanto, los parámetros

no son suficientemente buenos para la evaluación de la calidad de la fresa. Strum *et al.* (2003) mencionan que los componentes de la calidad pueden ser sensoriales y nutricionales.

El ácido cítrico es el ácido orgánico principal en el fruto de la fresa y el ácido ascórbico es la forma predominante de la vitamina C (Lee y Kader, 2000), su concentración varía entre 9.15 y 20.27 g kg⁻¹ en la etapa madura del fruto (Cordenunsi *et al.*, 2002; Kafkas, *et al.*, 2004); mientras que el contenido de antocianinas varía entre 10 y 80 mg/100 g de fruta fresca (Heinonen *et al.*, 1998; Zabetakis *et al.*, 2001) y en jugo el contenido varía entre 21 y 333 mg /L (Garzón y Worlsted, 2000); la variación se debe al estado de madurez, variedad y a las condiciones ambientales (Haffner *et al.*, 1998).

Las concentraciones de ácido ascórbico son generalmente más altas en los frutos maduros en comparación con la fruta no madura (Olsson *et al.*, 2004). Cada variedad presenta diferencias en contenido de antioxidantes y de vitamina C, antocianinas y ácido fólico en los frutos (Tulipani *et al.*, 2009).

En Europa central y norte, la variedad Elsanta es la más importante, que se caracteriza por la excelente conservación, uniformidad en tamaño y forma, y obtención de rendimientos altos (Haffner *et al.*, 1998).

1.7.2. Cambios físicos y bioquímicos durante la poscosecha

La vida poscosecha de las frutas y hortalizas se ha definido tradicionalmente en términos de apariencia visual (frescura, color y ausencia de alteraciones fisiológicas) y la textura (firmeza, jugosidad y textura crujiente). Aunque este concepto implica el atractivo estético y las propiedades mecánicas asociadas con la calidad, no tienen en cuenta el sabor y la calidad nutricional (Pelayo *et al.*, 2002).

El control de la calidad comienza en el campo, con la selección de la calidad máxima en el momento adecuado de la cosecha (Strum *et al.*, 2003). La fresa es un fruto no climaterico, por lo tanto, la maduración y senescencia es rápido, debido a una alta tasa de respiración y la producción de etileno (75 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 15 °C, y la calidad de los frutos disminuyen rápidamente después de la cosecha (Kader, 2002;Knee *et al.*, 1997; Wills *et al.*, 2004).

Durante la maduración, se produce la disminución de la firmeza del fruto, como consecuencia del proceso de ablandamiento, que implica modificaciones bioquímicas e histológicas (Brownleader

et al., 1999). Los cambios bioquímicos importantes en las paredes celulares de la fresa implican el aumento de la fracción de pectina, y los cambios histológicos son causados por modificaciones en la composición y paredes estructurales de la célula de la fruta (Redgwell *et al.*, 1997). En fresa, Jiménez-Bermúdez *et al.*, (2002) mencionan que durante la maduración, se reduce la expresión del gen que codifica la síntesis de *Pectatoliase* y por lo tanto, reduce el ablandamiento del fruto. Como consecuencia de ello, el fruto debe ser cosechado en plena madurez, listo para el consumo, esto significa que hay un periodo corto en que la fruta presenta su mayor calidad.

El almacenamiento en atmósfera modificada, ha dado buenos resultados en la conservación del fruto; sin embargo, el color se ve afectado negativamente, probablemente como consecuencia de la inhibición de las enzimas relacionadas con la síntesis de antocianinas, así como también, se observa una reducción en el contenido de ácido ascórbico (Wills *et al.*, 2004). Agar *et al.* (1997) mencionan que la reducción del contenido de ácido ascórbico (AA) está relacionada con la actividad del enzima ascorbato oxidasa, que promueve la oxidación del ácido ascórbico en ácido dehidroascórbico. Mehlhorn (1990) ha detectado que la actividad de peroxidasa de ascorbato después del tratamiento de etileno, por lo que es posible que los niveles altos de CO₂, puedan reducir la cantidad del ácido ascórbico, aumentando el nivel de etileno.

Para conservar el contenido de ácido ascórbico inicial durante el almacenamiento, la temperatura es el factor más importante (Lee y Kader, 2000). A una temperatura de 0 °C se considera la mejor para el almacenamiento de la fresa, debido a los pocos cambios en la calidad. Sin embargo, la comercialización y almacenamiento en el mercado generalmente ocurren a altas temperaturas. Estas temperaturas altas pueden afectar, no sólo la vida útil de la fresa, sino también su valor nutricional, en términos de azúcares solubles, vitamina C y los compuestos antioxidantes (Cordenunsi *et al.*, 2004). Nunes *et al.* (2006) mencionan que las concentraciones de antocianinas totales aumentan durante la maduración, pero las concentraciones de fenoles totales se han mantenido o cambiado durante el almacenamiento en función de las variedades o las etapas de madurez.

Ayala- Zavala *et al.* (2004) encontraron que la calidad del fruto se mantiene más tiempo a 0 °C que a 5 y 10 °C durante un periodo de 13 días después de la cosecha, pero la fruta almacenada a temperaturas más bajas presentan una disminución en la capacidad antioxidante, contenido de

fenoles totales y concentración de antocianinas. Cordenunsi *et al.* (2004) indican que las concentraciones de ácido ascórbico disminuye en todos los cultivares durante el almacenamiento a 6 °C durante 6 días; por el contrario, la concentración de antocianina varía de acuerdo con el cultivar.

1.7.3. Factores que intervienen en la calidad de fruto

El cultivo, la variedad, la fertilización, la región y las condiciones meteorológicas, así como del tiempo de muestreo y el grado de madurez, afectan considerablemente el valor nutritivo del fruto de fresa (Haffner *et al.*, 1998). Los materiales de propagación tienen algún efecto en el desarrollo de la planta y calidad del fruto (Kamperidou y Vasilakakis, 2005).

El contenido de ácido ascórbico es modificado por varios factores como el estado de madurez, variedad, riego y fertilización. Por ejemplo, la intensidad de luz, aumenta la producción de azúcar y, en consecuencia, aumenta la síntesis de ácido ascórbico (Lee y Kader, 2000; Cordenunsi *et al.*, 2004)). Por el contrario, las temperaturas más altas en el día y la noche pueden provocar una disminución en la síntesis de azúcar y ácido ascórbico (Wang y Camp 2000; Ferreyra *et al.*, 2007).

Además de la variedad, otro de los factores que influyen sobre la calidad de la fresa es la época de recolección (Gady *et al.*, 2006). El momento de cosecha es esencial para una calidad óptima y, a menudo para el mantenimiento de la calidad después de la cosecha (Sturm *et al.*, 2003). La ruta de biosíntesis de antocianinas continúa después de la cosecha y almacenamiento a bajas temperaturas (Holcroft y Kader, 1999). Ayala-Zavala *et al.* (2004) y Singh *et al.* (2007) encontraron que la fruta almacenada a temperaturas más altas presenta mayor contenido de antocianinas, compuestos fenólicos y concentraciones de flavonoides y mayor actividad antioxidante que a temperaturas bajas. Los factores de precosecha, así como, los antecedentes genéticos, las condiciones ambientales durante el cultivo, así como las prácticas culturales empleadas, influyen en la capacidad de antioxidantes del fruto (Roussos *et al.*, 2008).

Los frutos almacenados a baja temperatura, 6 horas después de la cosecha, muestran cambios no deseados en color, textura y una reducción de peso, alrededor del 50 % de contenido de agua en comparación con los que se enfrían inmediatamente después de la cosecha (Nunes *et al.*, 2006). La temperatura puede influir significativamente en la firmeza de las frutas y aumenta la pérdida

con el tiempo de almacenamiento (Ayala- Zavala, et al., 2004). Gottdenker *et al.* (2001) mencionan que la humedad relativa determina la firmeza del fruto y la vida de anaquel, ya que son mas susceptibles al daño por *Botrytis cinérea* y *Rizopus spp.* Mitchell *et al.* (1964) mencionan que despues de ocho dias de almacenamiento a 5 °C las fresas alcanzan un 33.7 % de pérdida de peso. La firmeza de los frutos esta influenciado por la estación, el cultivar y la época de cosecha (Redgwell *et al.*, 1997).

El cambio de textura es una consecuencia del proceso de envejecimiento y también de la atmósfera en la que se almacena la fruta, además de los cambios obvios en la apariencia, la contaminación por hongos también puede promover cambios indeseables en la textura y contribuir a la reducción de vida de anaquel del fruto (Cordenunsi *et al.*, 2004). La disminución de la firmeza del fruto, se producen durante la maduración como consecuencia del proceso de ablandamiento, que implica modificaciones bioquímicas e histológicas (Brownleader *et al.*, 1999). La alteración de la pared de las células puede modificar, no sólo la textura de las frutas frescas, sino también las propiedades químicas de las frutas (Redgwell *et al.*, 1997).

Además de las lesiones mecánicas, la otra causa de la pérdida de calidad del fruto es el crecimiento de moho. Dado que el uso de fungicidas no está permitido, las bajas temperaturas y atmosferas modificadas son las herramientas para evitar, al menos parcialmente, el crecimiento del moho y la senescencia del fruto, y así ampliar la vida útil del fruto (Brownleader *et al.*, 1999).

Los nutrientes como el calcio y el boro están relacionados con la incidencia de albinismo y la malformación de fruto de la fresa (Lieten, 2002; Sharma y Singh, 2008). Se ha comprobado que la fruta con bajo contenido de Ca es sensible a trastornos fisiológicos y patológicos, que resultan en vida de anaquel corta (Fallahi *et al.*, 1997). La aplicación de calcio antes y después de la cosecha previene los trastornos fisiológicos, retrasa la maduración y mejora la calidad del fruto. Además la deficiencia del boro, reduce la germinación del polen y crecimiento de tubo polínico, en consecuencia, se presenta frutos mal formados, lo que reduce el rendimiento y deteriora la calidad del fruto (Lieten, 2002).

Cheng, (1994) menciona que la deficiencia de B en la fresa da lugar a una menor acumulación de sólidos solubles totales y vitamina C. Atkinson *et al.* (2006) encontraron una relación inversa

entre la producción de fruto y el contenido de sólidos solubles, es decir, cuando la producción de fruto aumenta, el contenido de sólidos solubles disminuye.

1.7.4. Daños mecánicos en el fruto

El mercado globalizado demanda frutas de calidad, donde el consumidor elige la fruta en el mercado por: el gusto, sabor, frescura, maduración, apariencia y limpieza; y los daños mecánicos en ellas influyen negativamente en su comercialización (Ruiz, 1977). Al final de la fase de maduración del fruto, tiende a suavizar y, por lo tanto, el periodo óptimo para el consumo en fresco, es relativamente corto. Culpepper y Neal, (2003) mencionan que la textura suave de una fruta madura es muy atractivo para los consumidores de fresa; sin embargo, plantea un problema importante para los productores y distribuidores, a pesar de los avances de la tecnología y distribución.

Un fruto separado de la planta, se vuelve susceptible a factores externos e internos y para mantener las características de calidad en los frutos se debe minimizar entre otros, los daños mecánicos que ocurren durante las operaciones de cosecha, transporte, selección, almacenamiento y distribución al mercado (Ruiz, 1977). Ayala- Zavala, *et al.* (2004) mencionan que durante el traslado de los productos frescos del campo al mercado, mayorista y minoristas, con frecuencia no disponen de instalaciones para establecer las condiciones óptimas para cada producto. Anzaldúa, (1994) indica que una manipulación inadecuada genera daños mecánicos y cualquier fruto es susceptible a los daños mecánicos. Ciertos frutos se dañan más fácilmente que otros; algunos muestran síntomas de deterioro al instante; pero ninguno es inmune al daño, y una vez dañado el producto pierde valor económico (Anzaldúa, 1994).

Los principales causantes de los daños en los frutos agrícolas pueden ser térmicos, biológicos y físicos. Para el caso de daños mecánicos, éstos pueden ser causados por impacto, compresión, abrasión o vibración y las fresas muestran más daño cuando se someten a compresión (Mohsenin, 1970). Para la fresa la cantidad de golpes es directamente relacionada con la cantidad de energía absorbida, debido al tamaño grande de las células y la fragilidad de las mismas (Marigheto *et al.*, 2004).

El manejo rudo de los productos agrícolas afecta el proceso fisiológico de la maduración, produciendo un incremento en la tasa metabólica y en los niveles de producción de etileno, formando parte del proceso de maduración. Además, la ruptura de los tejidos externos de los

frutos proporciona sitios de entrada a los microorganismos, causantes de la putrefacción, los cuales disminuyen la vida de anaquel de los mismos (Altisent, 1991). Yam *et al.* (2009) encontraron que la producción de etileno y CO₂ incrementa a medida que se incrementa la carga de compresión.

La evidencia física del golpe es la ruptura de la célula, posteriormente se distorsionan y conducen a la expansión de la pared celular y eventualmente la ruptura (Holt & Schoorl, 1983), que provoca cambios en su estructura y textura, produciendo cambios en la permeabilidad de la membrana, permitiendo el movimiento del agua y de los metabolitos del interior al exterior de la célula. Los sustratos, iones y enzimas, que se encuentran en los distintos compartimientos, son liberados durante el proceso e interactúan unos con otros durante el almacenamiento, a través de reacciones enzimáticas y no enzimáticas (Otero y Prestamo, 2009).

Los daños provocados por la presión dependen del producto (Otero y Prestamo, 2009). Los productos blandos, como las fresas o tomates son particularmente sensibles a la presión, muestran daños en los tejidos cuando son tratados a presión mayor de 300 Mpa (Marigheto *et al.*, 2004). En cerezas, el impacto del daño mecánico depende de la temperatura del fruto y en el momento del impacto. Para minimizar el daño, las frutas deben ser empacadas entre 10 y 20 °C (Crisosto *et al.*, 1993).

Cuando el fruto recibe una presión, el contenido de sacarosa disminuye y aumenta la glucosa y fructosa (Otero y Préstamo, 2009). Hernández-Muñoz *et al.* (2006) encontraron que la aplicación de Ca y B, aumenta la firmeza del fruto de fresa; sin embargo, el contenido de sólidos solubles totales disminuye, aumentando el contenido de acidez y ácido ascórbico. Duvetter *et al.* (2005) mencionan que la aplicación de *Aspergillus pectinmetilesterasa* y calcio aumenta la firmeza en el fruto de las fresas.

Las propiedades bioquímicas de los productos hortofrutícolas constituyen aspectos importantes de calidad, especialmente en frutillas tan delicadas y de corta vida de anaquel (Chávez-Franco, 1996). Debido a esto, es importante estudiar las propiedades mecánicas de los frutos, las cuales se definen como aquellas que se relacionan con el comportamiento de los materiales cuando se aplican fuerzas características de esfuerzo de deformación bajo cargas estáticas y dinámicas (Villaseñor *et al.*, 2004), todo ello con la finalidad de conocer las aplicaciones prácticas, como la caracterización del material, la determinación del tiempo óptimo de cosecha, el mejor método de

separación del árbol o planta, la eliminación de productos con calidad indeseable, y la disminución del daño mecánico durante su cosecha y poscosecha (Mohsenin 1970;Chávez-Franco, 1996).

1.8. LITERATURA

- Agar, I. T., J. Streif., and F. Bangerth. 1997. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere on the ascorbic and dehydroascorbic content of some berry fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 11:47–55.
- Alarcón A., R. Ferrera-Cerrato, M. C. González-Chávez, y A. Villegas-Monter. 2000. Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa CV. Fern obtenidas por cultivo IN VITRO. *Terra* 18(3):211-218.
- Altisent, M. R. 1991. Damage mechanisms in the handling of fruits. *Agricultural Physics and Engineering*. J M. Ed. CAB International. Wallingfor, RU. Pp: 235-257.
- Anderson, H. M., and C. G. Guttridge. 1975. Survival and vigour of cold stored strawberry runner plants after different lifting dates, storage temperatures and pre-storage treatments. *Scientia Horticulturae*. 27: 8-57.
- Anna, J., Keutegen., and E. Pawelzik. 2008. Contribution of amino acid to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators, under NaCl. *Food Chemistry*. 111:642-647.
- Aspuria, J. R., Y. Fujime., and N. Okuda. 1996. Strawberry and other small fruits for the highlands of the Philippines. *Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ.* 48:1-6.
- Atkinson, J. C., P. A. A. Dodds, Y. Y. Ford, J. L. Miere, J. M. Taylor, P. S. Blanke., and N. Paul. 2006. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x anannassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. *Annals of Botany*. 97:429-441.
- Avigdori-Avidov, H. 1986. Strawberry. In: Monselise, S.P. (*ed.*). *Fruit Set and Development*. CRC Press. Boca Raton, Florida. Pp: 419-448.
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y., and G. A. González-Aguilar. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Food Science and Technology*. 37:687-695.

- Azodanlou, R., C. Darbellay, J. L. Luisier, J. C. Villettaz, and R. Amado. 2003. Quality assessment of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:715-721.
- Baumann, T. E., G. W. Eaton., and D. Spaner. 1993. Yield components of day-neutral and short-day strawberry varieties on raised beds in British Columbia. *Horticulturae Science* 28:891-894.
- Breen, P. J., and L. W. Martin. 1981. Vegetative and reproductive growth responses of three strawberry cultivars to nitrogen. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106:266-272.
- Bringhurst, R. S., V. Voth., and V. D. Hook. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Proceeding American Society for Horticultural Science*. 75: 373-381.
- Brownleader, M. D., P. Jackson, A. Mobasheri, A. T. Pantelides, S. Sumar., and M. Trevan. 1999. Molecular aspects of cell wall modifications during fruit ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 39:149-164.
- Cao, G., and R. L. Prior. 1998. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clinical Chemistry*. 44:1309-1315.
- Capocasa, F., J. Scalzo, B. Mezzetti, and M. Battino. 2008. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. *Food Chemistry* 111:872-878.
- Carrillo-Mendoza O., J. Rodríguez-Alcázár. R. Cano-Medrano., y López-Jiménez. 2005. Aplicación foliar de urea y sacarosa y su efecto en el acondicionamiento de planta de vivero y producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) 'CP. 99-3^a. *Agrociencia* 39:195-204.
- Chávez-Franco H. S., E. Vásquez-García, y C. Saucedo-Veloz. 1999. Propiedades biomecánicas de frutos. *Agrociencia* 34:329-335.
- Cheng, B.T. 1994. Ameliorating *Fragaria* ssp. and *Rubus idaeus* L. productivity through boron and molybden addition. *Agrochemica* 38 (3):177-185.
- Cordenunsi, B., J. Oliveira, M. Genovese, and F. Lajolo. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 2581-2586.

- Cordenunsi, B. R. Genovese, M. I. Nascimiento, J. R. O. Hassimotto, N. M. A. Santos, R. J., and F. M. Lajolo. 2004. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant capacity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*. 91:113-121.
- Darrow, G.M. and Waldo, G.F., 1934. Responses of strawberry varieties and species to duration of the daily light period. U.S.D.A. Tech. Bull. 453 p.
- De Cal, A., A. Martínez-Treceño, J.M. López-Aranda, and P. Melgarejo. 2004. Chemical alternatives to methyl bromide in Spanish strawberry nurseries. *Plant Disease* 88:210-214.
- Dijkstra, J., J. De Bruijn, A. Scholtens, and J. M. Wijsmuller. 1993. Effects of planting distance and peat volume on strawberry production in bag and bucket culture. *Acta Horticulturae*. 348:180-184.
- Dinar M, and M. A. Stevens, 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106: 415-418.
- Duvetter, T., I. Fraeye, T. Van Hoang, S. Van Buggenhout, I. Verlent, and C. Smout, 2005. Effect of pectinmethylesterase infusion methods and processing techniques on strawberry firmness. *Journal of Food Science*, 70(6): 383-388.
- Durner, E. F., J. A. Barden, D. G. Himelrick, and E. B. Poling. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, junebearing, and everbearing strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 109:396-400.
- Fallahi, E. R., J. W. Moon, Y. Huang, and R. Jensen. 2000. Effects of ribulose 1,5 biphosphate carboxylase/oxygenase content, leaf nitrogen and leaf morphology on CO₂ assimilation in strawberry genotypes. *Acta Horticulturae*. 527:177-183.
- Ferreira, R.M., S.Z. Vina, A. Mudridge, and A.R. Chávez. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*. 112: 27-32.
- Gady, A. L., J. A. Tudela, M. L. Gil, J. J. Medina, C. Soria, y F. A. Tomás-Barberán. 2006. Efecto del cultivo hidropónico y convencional en la calidad de cinco variedades de fresa en tres épocas de recolección. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC. 101-104.

- Galletta, G. J. and R. S. Bringham. 1990. Strawberry management. *In*: Galletta, G. J. and D. G. Himelrick (eds). Small Fruit Crop Management. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ, USA. pp: 83-156.
- Gargantini, G. 1989. The strawberry production in Argentina. *Acta Horticulturariae*. 265-756.
- Garzon, G. A., and R. E. Wrolstad. 2002. Comparison of the stability of pelargonidinbased anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*. 67:1288-1299.
- Gossiger, M., S. Moritz, M. Hermes, S. Wedelin, H. Scherbichler, H. Halbwrith, K. Stich, and E. Berg hofer. 2009. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering* 90:171-178.
- Guardiola, J. L., A. García-Luis, 2000. Increasing fruit size in citrus. Thinning and stimulation of fruit growth. *Plant Growth Regul.*31:121-132.
- Guo, C., J. Yang., J. Wie, Y. Li Xu., and J. Y. Jiang. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23:1719-1726
- Guttridge, C. G., and H. M. Anderson. 1975. The relationship between plant size and fruitfulness in strawberry in Scotland. *Hort. Res.* 13:125-135.
- Haffner, K., and S. Vestheim. 1998. Fruit quality of strawberry cultivars. *Acta Horticulturariae*. 439 (I): 325-332.
- Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CAB International Publishing. New York, NY, USA. 237 p.
- Heinonen, I. M., A. S. Meyer., and E. N. Frankel. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:4107-4112.
- Hellman, E.W.,and J. D. Travis. 1988. Growth inhibition of strawberry at high temperatures. *Adv. Strawberry Prod.* 7:36-38.
- Hernández-Muñoz, P., E. Almenar, M. J. Ocio, and R. Gavara. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria×ananassa*). *Postharvest Biological Technology*. 39:247-253.
- Himelrick, D. G. and G. J. Galletta. 1990. Factors that influence small fruit production. *In*: Galletta, G. J and Himelrick, D. G. (eds.), Small Fruit Crop Management. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. Pp: 14 -82.

- Holcroft, D. M., and A. A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biological Technology*. 17 (1):19-32.
- Holt, J. E., and D. Schoorl, 1983. Strawberry bruising and energy dissipation. *Juornal of Textures Studies*, 13: 349-357.
- Howard, C. M., J. L. Maas, C. K. Chandler, and E. E. Albrechts. 1992. Anthracnose of strawberry caused by the *Colletotrichum* complex in Florida *Plant Physiology*. 76: 976-981.
- Hubbard N, D.M. Pharr, S. C. Huber. 1991 Sucrose phosphate synthase and other sucrose metabolising enzymes in fruits of various species. *Plant Physiology*. 82:191-196
- Ito, A., H. Hayama, and Y. Kashimura. 2004. Possible roles of sugar concentration and its metabolism in the regulation of flower bud formation in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*). *Acta Horticulturae*. 363:365-373.
- Jiménez-Bermúdez, S., Redondo-Nevado, J., Muñoz-Blanco, J., Caballero, J. L., López-Aranda, J. M., y V. Valpuesta. 2002. Manipulation of strawberry fruit softening by antisense expression of a pectate lyase gene. *Plant Physiology*. 128:751-759.
- Kafkas, E. 2004. Bazı Çilek Genotiplerinde Aroma Bileşiklerinin Tayini Ve Aroma Bileşikleri İle Bazı Meyve Kalite Kriterleri Arasındaki İlişkiler, PhD. Thesis.
- Kamperidou, I., and M. Vasilakakis. 2005. Effect of propagation material on some quality attributes of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, var. Selva). *Scientia Horticulturae*. 107:137-142.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. Davis: University of California. 39-47 p.
- Knee, and M., J. A. Sargent, and D. J. Osborne. 1997. Cell wall metabolism in developing strawberry fruits. *Journal of Experimental Botany*. 28: 377-396.
- Larson, K. D., and D. V. Shaw. 2000. Soil fumigation and runner plant production: A synthesis of four years of strawberry nursery field trials. *Scientia Horticulturae*. 35:642-646.
- Lee, S. K., and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biological Technology*. 20:207-220.
- Legard, D. E., Hochmuth, G.J., Stall, W.M., Duval, J.R., Price, J.F., Taylor, T.G., and S.A. Smith. 2003. Strawberry production in Florida. In: Olson, S.M., Maynard, D.N. (Eds.), *Vegetable Production Guide for Florida*. Univ. FL-IFAS Coop. Ext. Serv., Gainesville, FL, USA, Pp: 239-244.

- Lieten, F., J. M. Kinet and G. Bernier. 1995. Effect of prolonged cold storage on the production capacity of strawberry plants. *Scientia Horticulturae*. 60:213-219.
- Lieten, F. 2002. Gassamenstelling bewaring aardbeiplanten (Controlled atmosphere storage). *Ann. Res. Rept. Strawberries*. Pp: 13-15.
- López-Galarza, S., J. V. Maroto, A. San Bautista, B. Pascual, and J. Alargada. 1997. Performance of the waiting-bed strawberry plant system compared to the traditional planting systems in Valencia, Spain. *Acta Horticulturae*. 15:461-465.
- Maas, J. L. 1998. Photoperiod and temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. *Adv. Strawberry Production*. 5: 22-24.
- Macías-Rodríguez, L., E. Quero, and M. G. López. 2002. Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria*×*ananassa*) during plant development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:3317-3321.
- Martínez-Bolaños M., D. Nieto-Ángel, D. Téllez-Ortiz, J. Rodríguez-Alcanzar, Ma. T. Martínez-Damián, H. Vaquera-Huerta, y O. Carrillo-Mendoza. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares Mexicanos y Estadounidenses. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Vol. XIV (2): 113-119.
- Marigheto, N., A. Vial, K. Wright., and B. Hills, 2004. A combined NMR and microstructural study of the effect of high-pressure processing on strawberries. *Applied Magnetic Resonance*. 26(4):521-531.
- McKee, J., and A. J. Richards. 1998. The effect of temperature on reproduction in five *Primula* species. *Ann. Bot.* 82:359-374.
- Miltchell, F. G., E. C. Axie., and A. S. Greate. 1964. Handling strawberries for fresh market. Davis: University of California. 16 p.
- Mitcham, E. J. 2004. Strawberry. In: K. C. Gross, C. Y Wang, M. E. Saltveit. (Eds.). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist and Nursery Crops*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville Area, Agriculture Handbook 66 on the Website of the USDA.
- Mohsenin, N. N. 1970. *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Science. 742 p.

- Moroto, J. V., S. A. López-Galarza, San Bautista, and B. Pascual. 1997. Cold stored and fresh multicrown strawberry plants for autumn–winter production in eastern Spain. *Acta Horticulturae*. 439:545–548.
- Nestby, R., R. Bjørgum, A. Nes, T. Wikdahl, and B. Hageberg. 1999. Reaction of strawberry plants to long term freezing and alternate freezing and thawing. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 76 (3): 280-285.
- Nitsch, J. P., 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *Am. J. Bot.* 37: 211-215.
- Nunez, V., C. Gómez-Cordoves, B. Bartolome, Y. J. Hong, and A. E. Mitchell. 2006. Nongalloylated and galloylated proanthocyanidin oligomers in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv. graciano, tempranillo and cabernet sauvignon. *Journal Science Food Agricultural*. 86:915-921.
- Olsson, M. E., J. Ekvall, K. E. Gustavsson, J. Nilsson, D. Pillai, I. Sjöholm, U. Svensson, B. Akesson, and M. G. L. Nyman. 2004. Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch): effects of cultivar, ripening, and storage. *Journal of Agricultural and Food*. 52: 2490-2498.
- Otero, L., y G. Prestamo. 2009. Effects of pressure processing on strawberry studied by nuclear magnetic resonance. *Innovate Food Science and Emerging Tecnologies* 10:434-440.
- Paranpejpe, A. 2007. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. *Proceedings of the Florida State for Horticultural Science*, 116: 98-105.
- Paydaş, S. N. Kaşka, and I. T. Ağar. 1996. Studies on strawberry crossings between Turkish and American or European cultivars. *Gartenbauwissenschaft*. 61:96-102.
- Pelayo, C., S. E. Ebeler., and A. A. Kader. 2002. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air 20 kPa CO₂. *Postharvest Biological Technology*. 27 (2):171-183.
- Pérez A. G., R. Olías, J. Espada, J. M. Olías, and C. Sanz. 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45:3545-3549.

- Redgwell, R. J., E. MacRae, I. Hallet, M. Fischer, J. Perry, and R. Harker. 1997. In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening. *Plant Physiology*. 20:3162-173.
- Risser, G., and F. Robert. 1993. What cold treatments promote growth in strawberry?. *Acta Horticulturae*. 48:381-383.
- Roussos, P. A., S. N. Vemmos., and C. A. Pontikis. 2008. The role of carbohydrates on the salt tolerance of jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link)) explants in vitro. *Eur. J. Hortic. Sci.*70:278-282.
- Ruiz, A. M. 1977. Damage mechanisms in the handling of fruits. CAB International. Wallingford R.U. USA. 231-257 p.
- Sánchez-Sánchez, J. L. 2006. Producción orgánica de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en tubos de PVC. Universidad Autónoma de Sinaloa, 1-4 p.
- Sánchez, R. G. 2008. La red de valor fresa: Sistema de inteligencia de mercados. Fundación Produce Michoacán. 145 p.
- Scalzo, J., A. Politi, N. Pellegrini, B. Mezzetti., and M. Battino. 2005a. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21:207-213.
- Schwab, W., T. Raab. 2004. Developmental changes during strawberry fruit ripening and physic chemical changes during postharvest storage. In: Dris, R., Jain, S.M. (Eds.). *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops, 'Quality handling and Evaluation'*, vol. 3. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, Pp. 341-369.
- Sharma, R. R., and R. Singh. 2008. Fruit nutrient content and lipoxigenase activity in relation to the production of malformed and button berries in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Scientia Horticulturae*. 119:28-31.
- Singh, R., R. R. Sharma, and R. K. Goyal. 2007. Interactive effect of planting time and mulching on 'Chandler' strawberry (*Fragaria x ananssa* Duch.). *Scientia Horticulturae*. 111:344-351.
- Shokaeva, D. B. 2005 b. About interdependency of the main productivity components in different strawberry cultivars. *Selskokhozyaistvennaya Biologiya* 5:43-51 (In Russian, with English abstract).
- Shokaeva, D. 2007. Important features of strawberry genotypes and peculiarities of inheritance. *Sodininkyste' ir darz'ininkyste*. 26:102-114.

- Shokaeva, D. B. 2008. Relationships between yield components in first cropping year and average yield of short-day strawberries over two main seasons. *Scientia Horticulturae*. 118:14-19.
- Schupp, J., and B. Hennion. 1996. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Horticulturae*. 439(2):617-621.
- Stapleton, S. C., C. K. Chandler, D. E. Legard, J. E. Price, and J. C. Sumler. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *Horticultural Technology*. 11:61-65
- Stern, R.A., M. A. Flaishman, and R. Ben-Arie. 2007. Effect of synthetic auxins on fruit size of five cultivars of Japanese plum (*Prunus salicina Lindl.*). *Scientia Horticulturae*. 112:304-309.
- Strik, B. C., J. T. A. Proctor. 1988. Yield component analysis of strawberry genotypes differing in productivity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 113:124-129.
- Sturm, K., D. Koron, and F. Stampar. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*. 83:417-422.
- Tulipani, S., S. Romandani, F. Busco, S. Bompadre, B. Mezzetti and M. Battino. 2009. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 117:181-188.
- USDA, 2006. United States Standards for Grades of Strawberries.
- Vega del Rio, R. 2002. Historia de la introducción del cultivo de la fresa al Valle de Zamora, Michoacán. 1938-2000. Fundación Produce Michoacán, A. C.
- Verhuel, M. J., A. Sonstebj, and S. O. Grimstad. 2006. Influences of day and night temperatures on flowering of *Fragaria x ananassa Duch.*, cvs. Korona and Elsanta, at different photoperiods. *Scientia Horticulturae*. 112, 200-206.
- Villaseñor, P. C. 2004. Análisis físico-Mecánico de frutos de Melón (*Cucumis melo L.*) Bajo compresión axial e impacto. Tesis de Maestría Colegio de Posgraduados Montecillo, Texcoco, México. 100 p.

- Vinson, J. A., P. Bose, J. Proch, H. Al Kharrat, and N. Samman. 2008. Cranberries and cranberry products: Powerful in vitro, ex vivo and in vivo sources of antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(14):584-589.
- Voth, V., R. S. Bringthurst. 1990. Culture and physiological manipulation of California strawberries. *Scientia Horticulturae*. 25(8):889-892.
- Wang, S. and M. J. Camp. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*. 85:183-199.
- Wang, S. Y., and H. Lin. 2006. Effect of plant growth temperature on membrane lipids in strawberry (*Fragaria x ananassa Duch.*). *Scientia Horticulturae*. 108:35-42.
- Webb, R. A., J. V. Pourves., B. A. White., and R. Ellis. 1974. A critical path analysis of fruit production in strawberry. *Scientia Horticulturae*. 2:175-184.
- Wesche-Ebeling, P., and M. W. Montgomery. 1990. Strawberry polyphenoloxidase: Its role in anthocyanin degradation. *Journal of Food Science*, 55, 731-734.
- Wilcox W. F., and R. C. Seem, 1994. Relationship between strawberry gray mold incidence, environmental variables, and fungicide applications during different periods of the fruiting season. *Phytopathology*, 84:264-270.
- Wills, R. B. H., W. B. Mcglasson., D. Graham., and D. Joyce. 2004. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. (4ed). Wallingford: CABI. 262 p.
- Yam T. A., P. C. Villaseñor, K. E. Romanchik, E. M. Soto, y P. M. Peña. 2009. Análisis de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) bajo compresión y su relación con los procesos fisiológicos, *Revista ingeniería agrícola y Biosistemas*. Pp: 63-70.
- Yuan, J. P., E. Sadilova., and F. Chen. 2003. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. *Food Research International*. 42: 1023-1033.
- Zabetakis, I., D. Leclerc, , and P. Kajda. 2001. The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48:2749-2754.

1.9. LITERATURA CONSULTADA

FAOSTAT 2010, <http://faostat.fao.org/default.aspx>. consulta realizada en junio 2010.

USDA, 2006. United States Standards for Grades of Strawberries.

<http://www.nal.usda.gov/fni/foodcomp/search/>. consulta realizada en junio 2010.

Dirección General de Desarrollo Económico Municipal. Reporte fresa 2003. Coordinación de Economía y Estadística. Marzo de 2003.

Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor, 1997.

FAO, 2005. http://www.fao.org/index_es.htm. Consulta realizada en junio 2010.

SIAP, 2009: <http://www.siap.gob.mx>. Consulta realizada en junio 2010.

CAPÍTULO II. CAPACIDAD DE PROPAGACIÓN Y CALIDAD DE PLANTA EN VARIETADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar comparativamente la capacidad de propagación y calidad de plantas de fresa en variedades mexicanas (CP-Jacona, CP-Zamorana) y extranjeras (Festival y Albion). Las cuatro variedades se establecieron en dos viveros localizados en Michoacán, México a diferente altitud: Tanaquillo (1,700 m) y Zirahuén (2,228 m). Se muestrearon ocho plantas madre y ocho plantas hijas como repeticiones. Las variables estudiadas fueron número de coronas, estolones y plantas hijas por planta madre; a las plantas hijas se les cuantificó el contenido de almidón en raíz, peso fresco y seco. El análisis estadístico se hizo con la prueba t-Student, con nivel de significancia de 5%. En comparación con las variedades mexicanas, 'Festival' presentó mayor número de estolones, coronas y plantas hijas en el vivero de Zirahuén, en comparación con las variedades mexicanas; sin embargo, el contenido de almidón fue mayor en las variedades mexicanas. En el vivero Tanaquillo, 'Festival' y 'CP-Jacona' presentaron mayor número de plantas hijas, sin embargo, el contenido de almidón fue mayor en 'Festival' que en 'CP-Jacona'. En el vivero Zirahuén, la acumulación de almidón en plantas hijas fue mayor, en contraste, con el vivero Tanaquillo pero el número de plantas hijas fue mayor. En el vivero de mayor altitud, Zirahuén, 'CP-Jacona' mostró baja capacidad de producción de estolones y plantas hijas pero éstas tuvieron el mayor contenido de almidón y el peso seco fue igual al de las variedades norteamericanas y en el vivero Tanaquillo, las variedades mexicanas superaron a 'Albion' en la producción de plantas hijas.

Palabras clave: *Fragaria x ananasa*, propagación de plantas, reservas, acumulación de materia seca, nuevas variedades

ABSTRACT

This work was carried out in order to compare the capacity of multiplication and plant quality of strawberry plants as in recent-creation Mexican varieties (CP-Jacona and CP-Zamora) and foreign varieties (Festival and Albion). The four varieties were established in two nurseries located in Michoacan, Mexico at different altitude: Tanaquillo (1700 m) and Zirahuén (2228 m). Eight mother plants and eight daughter plants were sampled at harvest time as replications. Number of crowns, runners and daughter plants per mother plant were counted. Root starch content and fresh and dry plant weight were recorded from daughter plants. Statistical analysis was done with t-Student test with significance level of 5 %. In comparison with Mexican varieties, 'Festival' produced more runners, crowns and daughter plants in the nursery of Zirahuén, but starch content was higher in the Mexican varieties. In Tanaquillo nursery 'Festival' and 'CP-Jacona' had the highest number of daughter plants; however, the starch accumulation in daughter plants was higher in 'Festival' than in 'CP-Jacona'. In Zirahuén, the root starch content of daughter plants was higher than in the Tanaquillo nursery, but the number of daughter plant produced was notably higher at Tanaquillo's nursery. At the nursery Zirahuén, 'CP-Jacona' had a low capacity of runners and daughter plants production but these plants showed the highest root starch content, but the dry weight of daughter plants was similar to American varieties. At the nursery of lower latitude, Mexican varieties were better than 'Albion' in production of daughter plants.

Key words: *Fragaria x ananassa*, plant propagation, reserves, dry matter accumulation, new varieties

2.1. INTRODUCCIÒN

El consumo de alimentos ricos en antioxidantes, micronutrientes y fitoquímicos es una medida preventiva para disminuir el riesgo de enfermedades crónicas causadas por el estrés oxidativo (Kay y Holub, 2002). La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es una fuente importante de antioxidantes y micronutrientes, siendo la fuente más rica en vitamina C y ácido fólico, en comparación con otras frutas (Olsson *et al.*, 2004), posee un alto contenido de agua, menor cantidad de carbohidratos de bajo peso molecular y una mayor relación glucosa/fructosa (Olsson *et al.*, 2004; Vinson *et al.*, 2008).

La fresa es de amplia adaptación; se cultiva en latitudes bajas de los trópicos y altas en los subtropicos (Hancock, 1999). El cultivo de fresa en México se basa en variedades extranjeras, provenientes de las Universidades de California y Florida, Estados Unidos de Norte América; lo que implica el incremento en los costos de producción y el decremento en la rentabilidad del cultivo y calidad de la planta (Barrera y Sánchez, 2003). La generación, adopción y posicionamiento de nuevas variedades creadas en México puede contrarrestar este problema y, eventualmente, disminuir la dependencia tecnológica que la industria fresera de México tiene ahora del extranjero. Así, este proceso de creación y adopción debe ser considerado como estratégico y llevarse a cabo de manera continua y sostenida. Recientemente se han liberado ‘CP-Zamorana’ y ‘CP-Jacona’ como dos nuevas variedades de fresa creadas por el Colegio de Postgraduados en México; la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación otorgó los correspondientes Títulos de Obtentor número 0500 y 0501, respectivamente (Diario Oficial, 2010). Una planta con calidad debe tener raíces abundantes, coronas múltiples, yemas diferenciadas y alto contenido de carbohidratos para establecerse rápidamente en el terreno de cultivo, y con ello obtenerse una producción precoz y de alto rendimiento (Stapleton *et al.*, 2001).

Los factores genéticos y ambientales influyen en el crecimiento de las plantas y en la productividad y calidad del fruto (Himelrick y Galletta, 1990). La disponibilidad del agua, las temperaturas nocturnas y diurnas, y la intensidad de la luz del día están relacionadas con el tamaño del fruto (Avigdori-Avidov, 1986). Los cultivares y especies de fresa están relacionadas con la temperatura y el fotoperiodo (Galletta y Bringhurst, 1990). Las altas temperaturas, en condiciones

de vivero, afectan la calidad de plantas hijas (Guttridge y Anderson, 1975), rendimiento y el tamaño del fruto (Chercuitte *et al.*, 1991; Lieten *et al.*, 1995).

La altitud afecta el tamaño de corona de las plantas y el número de coronas (Maroto *et al.*, 1997). El establecimiento de viveros de fresa en altas altitudes, puede provocar daños a las plantas por las bajas temperaturas, en contraste, en bajas altitudes las plantas llegan a presentar menor contenido de almidón, con un bajo rendimiento; por otro lado, se puede obtener mayor número de coronas en periodos más cortos, en comparación con las plantas producidas en elevaciones altas (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

Los azúcares solubles desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales; cuando sus órganos terminan su desarrollo, dichos azúcares se almacenan temporalmente como almidón en las raíces y coronas de la fresa, como resultado del acortamiento del fotoperiodo y la disminución de la temperatura ambiental (Guttridge y Anderson, 1975; Dinar y Stevens, 1981; Maas, 1986). El contenido de almidón es necesario para la propagación de la planta (Lieten *et al.*, 1995), el almacenamiento a largo plazo (Bringhurst *et al.*, 1960), el establecimiento de la plantación, la precocidad y el rendimiento de frutos (Schupp y Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

El número de horas en refrigeración, el contenido de sacarosa en la raíz y el rendimiento de frutos están relacionados con la producción y acumulación de almidón en las plantas; por ejemplo: Lieten (1997) obtuvo el mayor rendimiento de la planta cuando el contenido de sacarosa en la raíz fue superior a 100 mg.g^{-1} de materia seca (MS) y el almidón en la raíz osciló entre 21 y 33 mg.g^{-1} de MS. Por otro lado, Dradi *et al.* (1999) encontraron que en las plantas en vivero el contenido de almidón en la raíz y corona fue de 450 mg g^{-1} de peso fresco; sin embargo, el contenido de la sacarosa en la raíz y corona fue de 25 mg.g^{-1} de MS.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de propagación y calidad de las plantas de fresa en viveros de altitud de 2 228 m y 1700 m, comparando las variedades Mexicanas CP-Jacona y CP-Zamorana de reciente liberación con las variedades comerciales extranjeras Festival y Albion.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos viveros del estado de Michoacán: uno en Tanaquillo, municipio de Chilchota, situado a una altitud de 1 700 m, 19° 53' de Latitud Norte y 102° 13' de Longitud Oeste, con una precipitación anual de 728.9 mm y una temperatura media anual de 17.7 °C; el otro vivero se estableció en el municipio de Zirahuén situado a una altitud de 2 228 m, 19° 28' de Latitud Norte y 101° 45' de Longitud Oeste, con una precipitación anual de 1 160 mm y una temperatura media anual de 16.2 °C. Las variedades mexicanas de fresa utilizadas para este trabajo fueron CP-Jacona y CP-Zamorana, y las variedades extranjeras fueron Festival y Albion.

El 22 de febrero de 2009 se establecieron las plantas madre en el vivero de Tanaquillo y el 23 de marzo en el vivero de Zirahuén. Las plantas se establecieron en 'camas de siembra' de 20 x 1.6 m, colocando las plantas madre en una sola hilera, con una separación de 0.60 m entre ellas.

La unidad de muestreo consistió de ocho plantas madre y ocho plantas hijas, según correspondiera en la toma de datos según la variable evaluada; cada planta se consideró como una repetición. Los viveros fueron manejados de una manera tal que siempre estuvieron libres de malezas, plagas y enfermedades, y se equiparon con malla antigranizo para prevenir el daño de este meteorito en caso de ocurrencia. Ambos viveros contaron con un sistema de fertirrigación para asegurar la adecuada disponibilidad de agua y de nutrimentos durante todo el periodo de cultivo. Debido a la diferencia en la fecha de establecimiento de los viveros, la cosecha de las nuevas plantas se llevó a cabo el día 11 de agosto del 2009 en el vivero de Tanaquillo y en el vivero de Zirahuén el día 25 de agosto del mismo año, con lo cual se redujo la diferencia en días en el periodo de establecimiento a cosecha. Durante el proceso de recolección, a las plantas madre de cada variedad se les contabilizó el número de estolones, coronas y plantas hijas generadas. De las plantas hijas producidas, se escogieron al azar ocho plantas a las que se les cuantificó analíticamente el contenido de almidón (y se expresó en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de materia seca, (MS) por el método de 'Antrona' (McCready *et al.*, 1950); la absorbancia se determinó a 505 nm, en un espectrofotómetro ultravioleta digital (Marca Varían modelo SP8-ultravioleta). Asimismo, a las plantas hijas también se les midió el peso fresco y se determinó la materia seca de toda la planta (g), mediante secado en estufa a 72 °C por 72 horas (Marca Imperial, Modelo Lab-Line) y pesada en balanza electrónica digital (Marca Alsep, Modelo EY-200).

Previo al análisis estadístico, se realizó una transformación logarítmica (Bartlette, 1977) de los datos de las variables contenido de almidón en raíz y número de plantas hijas, debido que la función de distribución de los datos no presentó una distribución normal, a diferencia de las demás variables analizadas. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con el método de ‘t de Student’, para muestras independientes (Infante y Zárate, 1990), con un nivel de significancia de 5 %.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1. Número de coronas, estolones y plantas hijas

En el vivero de Zirahuén, la fresa de la variedad Festival presentó el mayor de número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) por planta madre, en comparación con las demás variedades (Cuadro 1). En el vivero de Tanaquillo se encontró una respuesta similar, es decir, ‘Festival’ fue superior a todas las demás variedades en cuanto a NE y NPH, pero no para NC, pues la prueba estadística no detectó diferencia significativa entre las variedades en este vivero ubicado a menor altitud (Cuadro 2). El contraste entre viveros fue evidente sólo para la variable NPH (Cuadros 1 y 2); es notable un mayor número de plantas hijas producidas por planta madre en el vivero de Tanaquillo que en el vivero localizado a mayor altitud en Zirahuén. Por otra parte, en Tanaquillo, ‘Albion’ presentó los menores valores medios de NE y NPH (Cuadro 2), lo cual ubica a las variedades mexicanas CP-Zamorana y CP-Jacona como mejores en comparación con ‘Albion’ pero con capacidad inferior que ‘Festival’ para producir estolones y plantas hijas en condiciones de baja altitud (Tanaquillo).

Cuadro 1. Número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) encontrados en plantas madre de cuatro variedades de fresa en el vivero de Zirahuén, Michoacán, México (2 228 m de altitud).

Variedad	NC [†]	NE	NPH
Festival	2.40 ± 0.24 a ^Z	8.2 ± 0.37 a	25.80 ± 1.85 a
Albion	1.40 ± 0.24 b	6.4 ± 0.51 b	13.00 ± 1.30 b
CP-Zamorana	1.20 ± 0.20 b	6.4 ± 0.51 b	13.60 ± 2.06 b
CP-Jacona	1.20 ± 0.20 b	4.4 ± 0.51 c	7.80 ± 0.97 c

^Z Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (T ‘Student’ muestras independientes $P \leq 0.05$).

[†] Todos los datos fueron obtenidos de conteos por planta madre y se expresan como media ± Desviación Estándar con n = 8.

Los resultados descritos y presentados en los cuadros anteriores se explican probablemente porque a mayor altitud la temperatura es menor y ésta afecta negativamente al crecimiento vegetativo de las plantas, lo cual se reflejó en menor número de estolones y plantas hijas como variables grandemente dependientes entre sí (Maroto *et al.* 1997, y López *et al.*, 1997). Por su parte, Cárdenas *et al.* (1992) indican que las variedades presentan distinta sensibilidad genética hacia los elementos ambientales, como fotoperiodo, temperatura e intensidad luminosa y ello puede explicar las fuertes diferencias que se detectaron entre variedades en las variables de multiplicación que se midieron.

Cuadro 2. Número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) encontrados en planta madre en variedades de fresa en el vivero de Tanaquillo, Michoacán, México (1 700 m de altitud).

Variedad	NC [†]	NE	NPH
Festival	1.80 ± 0.20 a ^z	12.0 ± 0.71 a	68.40 ± 1.81 a
Albion	2.40 ± 0.51 a	6.4 ± 0.51 c	31.40 ± 0.93 d
CP-Zamorana	1.40 ± 0.24 a	9.6 ± 0.40 b	43.80 ± 2.20 c
CP-Jacona	1.20 ± 0.20 a	9.2 ± 0.20 b	54.00 ± 3.05 b

^z Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (T ‘Student’ muestras independientes, $P \leq 0.05$).

[†] Todos los datos fueron obtenidos de conteos por planta madre y se expresan como media ± Desviación Estándar con n = 8.

2.3.2. Contenido de almidón

Las variedades CP-Jacona y Albion presentaron mayor contenido de almidón (213.3 y 180.0 mg g⁻¹ MS) (materia seca) en el vivero de Zirahuén, respecto de las variedades CP-Zamorana (131.2) y Festival (101.2 mg g⁻¹ MS) (Cuadro 3 y Figura 1). Cárdenas *et al.* (1992) Indican que existe un antagonismo entre el contenido de almidón en la planta con la formación de número de coronas (NC), número de estolones (NE) y número de plantas hijas (NPH), lo cual se confirma con la información presentada en los Cuadros 1 y 3 en cuanto a menor NE y NPH en correlación negativa con mayores contenidos de almidón.

En el vivero de Tanaquillo, con un valor de 86.78 mg g⁻¹ MS, ‘Festival’ presentó significativamente mayor contenido de almidón en la raíz en comparación con los niveles de contenidos de 32.3, 22.5 y 41.8 mg.g⁻¹ MS de ‘Albion’, ‘CP-Zamorana’ y ‘CP-Jacona’, respectivamente, sin diferencias significativas entre estas últimas (Cuadro 4). Dado que la tendencia de acumulación de almidón de los cultivares se asocia con el tiempo necesario para romper el letargo (Risser,1979; Okasha y Ragab; 1993), la mayor acumulación de almidón podría

estar relacionada con el grado de precocidad de las variedades. Por ello, los niveles óptimos del contenido de almidón en plantas de vivero, para la producción de fruto después de la plantación, se deben determinar para cada variedad.

Con excepción de ‘CP-Zamorana’ multiplicada en Tanaquillo, el contenido de almidón en raíz de las plantas hijas de todas las variedades estudiadas en los dos viveros evaluados fue mayor que los niveles reportados por Lieten (1997) (entre 21 y 33 mg.g⁻¹ de MS) que le permitieron alto rendimiento de fruto.

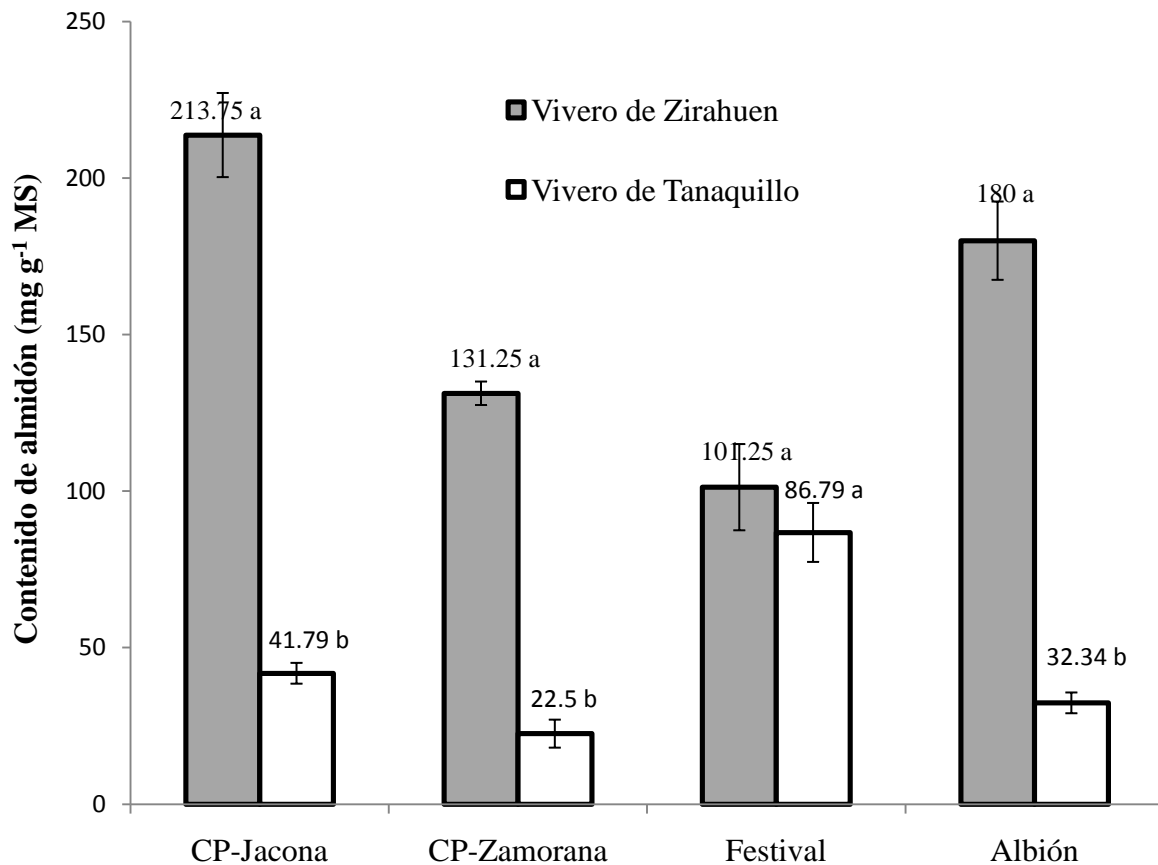


Figura 1. Contenido de almidón de cuatro variedades, dos mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y dos extranjeras (Festival y Albion), en dos viveros localizados a diferente altitud en el estado de Michoacán. Zirahuén, 2 228 m y Tanaquillo, 1 700 m. Las líneas verticales en la parte superior de las barras representan la desviación del error experimental.

La comparación de la acumulación de almidón en las plantas hijas de diferentes variedades, y de la misma variedad en las dos localidades de ubicación de los viveros para multiplicación se muestra en la Figura 1. Se aprecia que todas las variedades presentaron mayor contenido de almidón en el vivero de Zirahuén debido seguramente que se encuentra a mayor altitud, lo que resulta en condiciones de temperatura menor que probablemente inducen a que las plantas hijas detengan o disminuyan su crecimiento con mayor anticipación y almacenen más carbohidratos de reserva, en este caso el almidón como lo mencionan Guttridge y Anderson (1975); Dinar y Stevens (1981) y Maas (1986).

En la Figura 1 es evidente que las variedades CP-Jacona, CP-Zamorana y Albion almacenaron significativamente menor cantidad de almidón en el vivero de menor altitud (mayor temperatura) (Tanaquillo) debido probablemente a la mayor producción de plantas hijas y estolones (Cuadro 2) en comparación con su multiplicación en Zirahuén, en el que el número de plantas hijas fue menor por planta madre (Cuadro 1). Tales efectos de la altitud del vivero han sido documentados en algunos reportes bibliográficos (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

El contenido de almidón en raíz no es sólo importante en la capacidad de propagación de la planta (Lieten *et al.*, 1995) y en el almacenamiento y sobrevivencia a largo plazo (Bringhurst *et al.*, 1960) sino también en el rápido y exitoso establecimiento para mayor precocidad y producción de frutos (Schupp y Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

A diferencia de las demás variedades, es claro que la acumulación de almidón en plantas de ‘Festival’ fue similar en plantas producidas en los dos viveros (Figura 1), lo cual indica que este cultivar parece tener una menor sensibilidad a las disímiles condiciones ambientales dadas por las dos diferentes altitudes de estudio, lo cual es una característica de respuesta que depende del genotipo (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

2.3.3. Peso fresco y peso seco

El peso fresco de planta hija en ‘CP-Jacona’ producida en Zirahuén es significativamente menor que en ‘Albion’, variedad que tuvo el peso fresco mayor, pero no hubo diferencias significativas en peso seco de la misma, tal vez debido al elevado contenido de almidón que presentó ‘CP-

Jacona' (Cuadro 3), a su vez explicado posiblemente por la baja producción de estolones y plantas hijas por planta madre encontrados (Cuadro 1).

Cuadro 3. Contenido de almidón, peso fresco y peso seco de plantas hijas en variedades mexicanas y extranjeras de fresa en el vivero de Zirahuén, Michoacán (2 228 m de altitud).

Variedad	Almidón† (mg g ⁻¹ MS)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Festival	101.25 ± 13.78 b ^Z	20.97 ± 2.41 ab	5.49 ± 0.51 a
Albion	180.00 ± 12.51 a	23.51 ± 2.58 a	5.98 ± 0.48 a
CP-Zamorana	131.25 ± 3.25 b	16.64 ± 2.09 ab	4.74 ± 0.56 a
CP-Jacona	213.32 ± 3.75 a	16.04 ± 1.67 b	5.28 ± 0.46 a

^Z Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (T 'Student' muestras independientes, $P \leq 0.05$).

† Datos expresados en mg.g⁻¹ de materia seca. Media ± Desviación Estándar; n = 8).

En el vivero de Tanaquillo, ubicado a menor altitud, la variedad CP-Jacona resultó con plantas hijas de menor peso fresco y seco, significativamente menores que todos los demás cultivares (Cuadro 4), lo cual guarda relación negativa con la capacidad de producción de plantas hijas de la planta madre que las produjo pues en Tanaquillo, 'CP-Jacona' tuvo un elevado número de plantas hijas producidas (54 plantas), significativamente superior a 'CP-Zamorana' (43.8 plantas) y 'Albion' (31.4 plantas hijas por planta madre) (Cuadro 2).

En Tanaquillo, a pesar de venir de plantas madre con alta producción de plantas hijas (68.3 plantas) por planta madre (Cuadro 2), las plantas hijas de la variedad Festival tuvieron la mayor acumulación de almidón en raíz, significativamente superior al resto de los genotipos, y aun así, el peso fresco y seco de la sus plantas hijas fue de los más altos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de almidón, peso fresco y peso seco de plantas hijas en variedades mexicanas y extranjeras de fresa en el vivero de Tanaquillo, Michoacán. (1,700 m de altitud).

Variedad	Almidón† (mg g ⁻¹ MS)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Festival	86.78 ± 9.42 a ^Z	14.23 ± 2.15 a	3.33 ± 0.53 a
Albion	32.34 ± 3.95 b	14.49 ± 1.80 a	3.62 ± 0.51 a
CP-Zamorana	22.50 ± 3.47 b	11.52 ± 1.89 a	2.95 ± 0.39 a
CP-Jacona	41.78 ± 9.09 b	6.01 ± 0.79 b	1.62 ± 0.17 b

^Z Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (T- 'Student' muestras independientes, $P \leq 0.05$).

† Datos expresados en mg.g-1 de materia seca. Media ± Desviación Estándar; n = 8).

Al observar los pesos fresco y seco de las plantas hijas de las plantas hijas producidas en Zirahuén (Cuadro 3) y Tanaquillo (Cuadro 4), es muy notable que las plantas de todas las variedades producidas en el primer vivero (de mayor altitud) fueron de mayor peso; es más notable la diferencia en la variable de peso seco, lo cual debe ser debido al elevado contenido de almidón también encontrado en Zirahuén pero a costa de una menor producción de plantas hijas, como ya se presentó y discutió anteriormente (Cuadros 1 y 2).

Las diferencias marcadas encontradas entre variedades corroboran lo indicado por Durner *et al.* (1984), quienes mencionan que las variedades de fresa presentan diferente sensibilidad a los factores ambientales en su respuesta en crecimiento vegetativo, producción de estolones y en su posterior fructificación.

2.4. CONCLUSIONES

La variedad comercial Festival, generada en Florida, presentó mayor capacidad de producción de estolones y plantas hijas que las variedades mexicanas ‘CP-Zamorana’ y ‘CP-Jacona’ pero estas superan al cultivar californiano ‘Albion’ en la producción de planta en vivero de baja altitud aunque el menor peso seco de planta hija lo tiene ‘CP-Jacona’.

En el vivero de mayor altitud, Zirahuén, la variedad Jacona se mostró con baja capacidad de producción de estolones y plantas hijas pero éstas tuvieron el mayor contenido de almidón y el peso seco final de planta hija fue igual al de las variedades norteamericanas.

Hay una correlación directa negativa entre producción de plantas hijas y la acumulación de almidón en raíz, lo cual es más notable en el vivero ubicado a menor altitud en el que la producción de plantas hijas es mayor pero con menor contenido de este compuesto de reserva en raíz.

En el vivero de menor altitud, las variedades Festival y CP-Jacona presentaron mayor número de plantas hijas por planta madre pero el contenido de almidón fue mayor en la variedad Festival.

En el vivero de Zirahuén, la acumulación de almidón en plantas hijas de fresa fue mayor en contraste con el plantas del vivero de menor altitud (Tanaquillo).

Hay una sensibilidad de respuesta notablemente diferente entre variedades a las condiciones diversas de altitud en las que se cultivan viveros para su multiplicación.

2.5. LITERATURA CITADA

- Anderson, H. M.; Guttridge, C. G. 1975. Survival and vigour of cold stored strawberry runner plants after different lifting dates, storage temperatures and pre-storage treatments. *Scientia Horticulturae*. 27:48–57.
- Avigdori-Avidov, H. 1986. Strawberry. In: Monselise, S.P. (*ed.*). *Fruit Set and Development*. CRC Press. Boca Raton, Florida. Pp: 419-448.
- Barrera, C. G.; Sánchez, B. C. 2003. Caracterización de la Cadena Agroalimentaria/Agroindustrial Nacional, identificación de sus demandas tecnológicas: Fresa. Morelia, Michoacán. México. 79 p.
- Bartlette, M. S. 1977. The effect of non-normality on the t-distribution. *Proc. Cambridge Philos.*
- Bringhurst, R. S.; Voth, V.; Hook, V. D. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Proceeding American Society for Horticultural Science*. 75: 373-381.
- Cárdenas, N. R.; Manzo, G. A.; Muratalla, A. L. 1992. Propagación de siete cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en el valenciano, Ixtlán de los Hervores, Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 78:110-113.
- Chercuitte. L.; Sullivan, J. A.; Desjardins, Y. D.; Bedard, R. 1991. Yield potential and vegetative growth of summer-planted strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116:930-936.
- Diario Oficial. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de variedades vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección.
- Dinar, M.; Stevens, M. A. 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106: 415-418.

- Dradi, R.; Faedi, W.; Casadei, R. 1999. Influenza dell'epoca di stirpazione dal vivaio sulle riserve glucidiche di pianta di fragola. *Frutticoltura*. 6, 59-61.
- Durner, E. F.; Barden, J. A.; Himelrick, D. G.; Poling, E. B. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, June-bearing and ever-bearing strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 109:396-400.
- Galletta, G. J.; Bringham, R. S. 1990. Strawberry management. *In*: Galletta, G. J. and D. G. Himelrick (eds). *Small Fruit Crop Management*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ, USA. Pp: 83-156.
- Guttridge, C. G.; Anderson, H. M. 1975. The relationship between plant size and fruitfulness in strawberry in Scotland. *Hort. Res.* 13:125-135.
- Infante, G.S. y Zarate de Lara, G. P. 1990. *Métodos Estadísticos*. Trillas. México, D.F. 643 p.
- Hancock, J. F. 1999. *Strawberries*. CAB International Publishing. New York, NY, USA. 237 p.
- Himelrick, D. G.; Galletta, G. J. 1990. Factors that influence small fruit production. *In*: Galletta, G. J and Himelrick, D. G. (eds.), *Small Fruit Crop Management*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. Pp: 14-2.
- Kay, C. D.; Holub, B. J. 2002. The effect of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption on postprandial serum antioxidant status in human subjects. *British Journal of Nutrition*. 88: 389-397.
- Lieten, F. 1997. Relations of digging date, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plants. *Acta Horticulturae*. 439: 623-626.
- Lieten, F.; Kinet, J. M.; Bernier, G. 1995. Effect of pro-longed cold storage on the production capacity of strawberry plants. *Scientia Horticulturae*. 60: 213-219.
- López, G. S., Maroto, J. V.; San Bautista, A.; Pascual, B.; Alargada, J. 1997. Performance of the waiting-bed strawberry plant system compared to the traditional planting systems in Valencia, Spain. *Acta Horticulturae*. 15:461-465.

- Maas J L 1986. Photoperiod and temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. *Adv. Strawberry Production*. 5:22-24.
- Maroto, J. V., López-Galarza, S. A.; San Bautista, Pascual, B. 1997. Cold stored and fresh multicrown strawberry plants for autumn-winter production in eastern Spain. *Acta Horticulturae*. 439:545-548.
- McCready, R. M., Guggolz, J.; Silveira, V.; Owens H. S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables, Application to peas. *Anal Chemical*. 22:1156-1158.
- Olsson, M. E.; Ekvall, J.; Gustavsson, K. E.; Nilsson, J.; Pillai, D.; Sjöholm, I.; Stvensson, U.; Akesson, B.; Nyman, M. G. L. 2004. Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch): effects of cultivar, ripening, and storage. *Journal of Agricultural and Food*. 52:2490-2498.
- Okasha, Kh. A.; Ragab, M. I. 1993. Cold stored effects on performance and yield of strawberry plants. *Acta Horticulturae*. 348-277.
- Risser, G. 1979. Le cycle physiologique annuel du fraisier. *P.H.M. Horticulture Reserch*. 96:37-40.
- Schupp, J.; Hennion, B. 1997. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Horticulturae*. 439:617-621.
- Stapleton, S. C.; Chandler, C. K.; Legard, D. E.; Price, J. E.; Sumler, J. C. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *Horticultural Technology*. 11:61-65.
- Vinson, J. A.; Bose, P.; Proch, J. H.; Kharrat, Al.; Samman, N. . 2008. Cranberries and cranberry products: Powerful *in vitro*, *ex vivo*, and *in vivo* sources of antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(14): 584-589.

CAPÍTULO III. PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE EXPORTACIÓN DE LAS VARIETADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA

RESUMEN

El cultivo de la fresa tiene importancia económico-social en México, la mayoría de los cultivares producidos anualmente se importan por la falta de variedades. El propósito de esta investigación fue de evaluar la productividad y calidad de fruto para exportación de dos variedades mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y con dos variedades extranjeras (Festival y Albion), cultivadas en la región del valle de Zamora-Jacona, Michoacán, México. El experimento se estableció en el mes de agosto del 2008 y se condujo durante el ciclo 2008-2009, con una densidad de 80,000 plantas ha⁻¹. El cultivo fue manejado en un sistema de macrotunel y acolchado. Se evaluó la productividad mensual y total de cada una de las variedades, así como el porcentaje de frutos con calidad de: exportación, chica, deforme y enferma. 'CP-Jacona' presentó mayor producción en comparación con las demás variedades. De mayor a menor, el rendimiento acumulado se encontró 'CP-Jacona' con 131.667, 'CP-Zamorana' y 'Festival' con 106.3444 y 107.245 t.ha⁻¹, respectivamente, y Albion con 90.828 t.ha⁻¹. Todas las variedades presentaron una máxima producción en febrero. El mayor porcentaje de frutos para exportación de las variedades se concentran en los meses de enero a febrero, después decrecen, excepto en el mes de abril para las variedades mexicanas. El aumento de la producción de frutos chicos y deformes, es inverso a la producción de frutos con calidad de exportación. No se encontraron frutos enfermos que afecte significativamente el ciclo de producción. Las variedades mexicanas son una alternativa para la exportación de frutos, por los rendimientos y calidad de frutos obtenidos.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa* Duch., productividad, variedades, calidad de exportación.

ABSTRACT

The strawberry growing has economic and social importance in México, most imported cultivars produced annually by the lack varieties. The purpose of this study was to evaluate the productivity and quality of fruit for export of two Mexican varieties (CP-Jacona and CP-Zamorana) and two foreign varieties (Festival and Albion), grown in the valley Jacona-Zamora, Michoacán, México. The experiment was established in August 2008 and was conducted during 2008-2009, with a density of 80,000 plants ha⁻¹. The crop was managed in system of macrotunnel and cushioning. Was evaluated monthly and total productivity of each of the varieties and the percentage of fruits with quality of: export, small, deformed and diseased. The variety 'CP-Jacona' was the best compared with the others varieties. From highest to lowest accumulative yield was found in 'CP-Jacona', 'CP-Zamorana' and 'Festival' with 131.667, 106.3444 and 107.245 t.ha⁻¹, respectively, and 'Albion' with 90.828 t.ha⁻¹. For all varieties are full production in February. The highest percentages of fruit varieties for export are concentrated in the months of January to February, then decrease, except in the month of April to Mexican varieties. The increase production in small fruit and deformed, is reverser to produce export quality fruit. Diseased fruits weren't significantly affecting the production cycle. Mexican varieties are an alternative to the export of fruits, by the yields and quality of fruits obtained.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch., productivity, varieties, export quality.

3.1. INTRODUCCIÓN

Las fresas son híbridos octaploides (*Fragaria x ananassa Duch.*), producto de la cruce de *F. virginiana L.* y *F. Chiloensis Duch.* (Bringhurst, *et al.*, 1960). Actualmente se tienen variedades o híbridos que presentan un rango de adaptabilidad amplio que pueden ser cultivadas en climas tropicales y subtropicales (Aspuria *et al.*, 1996; Larson y Shaw, 2000).

El objetivo de que se persigue con los cultivos, es obtener el máximo rendimiento y la más alta calidad. Por otro lado, el rendimiento de los cultivos es eficaz para evaluar los beneficios económicos de los sistemas de producción (Yuan, *et al.*, 2003). Las tecnologías de producción tienen un impacto directo en el rendimiento medio por hectárea, en el costo medio de producción por tonelada y la calidad del producto, tanto en presentación como en inocuidad (USDA, 2006).

El rendimiento de la fresa, como cualquier otro cultivo, es el resultado acumulativo de varios componentes de rendimiento que influyen directa o indirectamente (Shokaeva, 2007). Cuando las variedades se cultivan como plantas individuales, en particular, los componentes de rendimiento son el número de coronas por planta, número de inflorescencias, número de flores por inflorescencia y peso del fruto (Shokaeva, 2008). El rendimiento generalmente está correlacionado con el número de inflorescencias por planta, mientras que el peso medio del fruto y el número de flores influye en el rendimiento de inflorescencias (Baumann *et al.*, 1993; Shokaeva, 2005 b). El número de inflorescencias por planta, en principio, es incompatible con el tamaño grande del fruto comerciable, especialmente cuando las plantas presentan una sola corona (Baumann *et al.*, 1993). Verhul *et al.* (2006) mencionan que el número de inflorescencias por planta es influenciado principalmente por la edad de la planta y la duración del día corto, mientras que la inducción de la floración es determinada principalmente por el fotoperiodo y la temperatura. El número de inflorescencias puede aumentar indirectamente si la respuesta dominante de la nutrición es aumentar el número de coronas y, con ello, el número de inflorescencia (Abbott *et al.*, 1970; Breen y Martin, 1981). Por otro lado, el número de coronas no contribuye en el rendimiento de forma directa; sin embargo, es el índice clave para el desarrollo de la planta y en consecuencia para el rendimiento (Shokaeva, 2005 b). El comportamiento de las plantas en diferentes condiciones, las temperaturas desfavorables, así como las heladas tardías de primavera, influyen sobre el rendimiento acumulado en el desbalance

entre los componentes de rendimiento (Baumann *et al.*, 1993). Himelrick y Galletta, (1990) indican que los factores genéticos y ambientales influyen en el crecimiento de las plantas y en la productividad y calidad del fruto. La época de plantación de la fresa juega un papel importante en la obtención de rendimiento (Anna *et al.*, 2008); sin embargo, pueden ser plantados en diferentes épocas del año, dependiendo de la variedad, ubicación y el clima (Galletta y Bringhurst, 1990; Sharma y Sharma, 2004).

Durante la obtención de cultivares y líneas, casi siempre se producen rendimientos bajos. Sin embargo, algunas variedades suelen producir rendimientos intermedios en un determinado lugar (Shokaeva, 2005 b). Esto significa que en cierta condición ambiental favorable, una variedad puede producir mayor rendimiento a diferencia de aquellas en las que se genera, que probablemente no es adecuado para ella (Yuan, *et al.*, 2003). Shokaeva, (2008) indica que un genotipo con rendimiento comercial bajo, no tiene ningún valor para su cultivo comercial.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad y calidad de fruto de exportación de dos variedades mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y compararlas con las variedades extranjeras Festival y Albion, cultivadas en la región del valle de Zamora-Jacona, Michoacán.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas se establecieron en una parcela demostrativa y de validación, dentro de un predio en Tamandaro, del municipio de Jacona, Michoacán, en el mes de agosto del 2008. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, considerando cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron las variedades: CP-Jacona y CP-Zamorana como variedades mexicanas nuevas y las variedades extranjeras comerciales Festival y Albion. El tamaño de la unidad experimental fue de 1.525 m² con una densidad de población de 80,000 plantas por hectárea.

El cultivo fue manejado con un sistema de alta tecnología con riego por goteo con fertirrigación, acolchado con plástico bicolor (blanco externo y negro interno) y macro túnel plástico blanco lechoso calibre 600 que permite un 25% de sombra). Las plantas del experimento tuvieron el

manejo agronómico semejante al de las plantaciones comerciales establecidas en la zona de estudio. .

Las plantas de fresa establecidas, fueron obtenidas a partir de un vivero local en el área de Tangancicuaro, Michoacán, establecido en forma convencional en febrero de 2008 y luego cosechado en agosto para su inmediato trasplante. Las características de vigor y sanidad de las plantas usadas fueron en apariencia similares al momento de su establecimiento en campo.

Las evaluaciones de producción se realizaron durante noviembre y diciembre de 2008, y enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2009, que incluye el periodo de apertura de la ventana de exportación a Estados Unidos de América, principalmente (usualmente de noviembre a febrero) hasta el final de la producción en el mes de mayo. Los frutos fueron cosechados con una frecuencia de 3 días, y en cada corte se cuantificó el número de frutos con calidad de exportación, el número de frutos chicos, el número de frutos deformes y el número de frutos enfermos, así como el total de frutos por parcela experimental útil (16 plantas). Los frutos fueron pesados y con esta información se estimó el rendimiento acumulado mensual y el acumulado total durante el periodo de producción (noviembre del 2008 a mayo del 2009).

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico mediante análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para determinar la significancia de las diferencias entre cultivares, utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute Inc. 2000).

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1. Rendimiento mensual de frutos

La variedad CP-Jacona obtuvo el mayor rendimiento mensual durante el ciclo de producción 2008-2009, respecto de las variedades extranjeras y de la variedad CP-Zamorana. Por otro lado, 'CP-Zamorana' y 'Festival' presentaron rendimientos mensuales competitivos durante los meses de cosecha, por el contrario, 'Albion' únicamente alcanzó mayor rendimiento al inicio y final del ciclo de producción (Cuadro 1). Shokaeva, (2005 b) menciona que algunas variedades suelen

producir rendimientos intermedios en un lugar determinado en condiciones ambientales favorables para la planta, lo que se traduce a un mayor rendimiento (Yuan, *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Rendimiento promedio total mensual estimado en las variedades mexicanas y extranjeras comerciales durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.

Variedad	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Rendimiento (kg.ha ⁻¹)							
CP-Jacona	4305 b ^z	10164 a	18687 a	36659 a	22975 a	25025 a	13852 a
CP-Zamorana	4049 b	8994 ab	14023 b	28262 b	18221 ab	20582 ab	12213 a
Festival	3524 b	8369 b	20459 a	36123 a	14738 bc	18279 b	5754 b
Albion	5723 a	6146 c	5918 c	33516 ab	10992 c	16943 b	11590 a

^z Medias con la misma letra en una misma columna son similares estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La mayor producción de las variedades de fresa se concentra en el mes de febrero (Figura 1) que coincide con una reducción de la ventana de exportación y, por ende, un menor precio por Kilogramo de fruto, esto se explica por el inicio de la producción en Baja California que coincide para este mes (Sánchez, 2008).

Al inicio del ciclo de producción, las variedades presentan rendimientos bajos (Figura 1) Durante el primer mes de producción ‘Albion’ es significativamente superior a las demás variedades, pero su rendimiento se mantiene casi constante durante diciembre y enero, por lo que las demás variedades la superaron significativamente en esos dos meses. Para el mes de enero, ‘Festival’ y ‘CP-Jacona’ son significativamente superiores a ‘CP-Zamorana’ y ‘Albion’. En Febrero se alcanzó la máxima producción en todas las variedades, siendo los cultivares Jacona y Festival significativamente mejores que ‘CP-Zamorana’ pero estadísticamente iguales que ‘Albion’, no obstante que aumento su producción mensual en más de seis veces respecto del mes de enero. La fruta producida hasta el mes de febrero es destinada a la exportación y se obtienen mayores precios, lo cual da una ventaja competitiva a las variedades que concentren su mayor producción

en el periodo de noviembre a febrero. Todas las variedades evaluadas mostraron ser productivas en los primeros meses pero el estancamiento de ‘Albion’ en su producción mensual de noviembre a enero la hace la variedad menos competitiva en este periodo de exportación. Posteriormente en el mes de marzo el rendimiento de las variedades disminuye, coincidiendo con el periodo en el que la fruta es destinada principalmente a procesamiento y al mercado nacional, alcanzando precios bajos. El aumento en la producción durante los primeros meses (hasta febrero) debe ser consecuencia de una abundante diferenciación de yemas florales por efecto de los días cortos que antecedieron ese periodo desde la plantación; al respecto se indica que las plantas de día corto, como las variedades estudiadas, presentan la iniciación de las yemas florales en condiciones de día corto, o cuando las temperaturas son menos de 15 °C y con un fotoperiodo de 8 a 12 h (Hancock, 1999). Una reducción en el número de inflorescencias y de flores por inflorescencia, debido a una falta de diferenciación de yemas florales, reduce el potencial de rendimiento, toda vez que son componentes relevantes de esta productividad en fresa (Shokaeva, 2007).

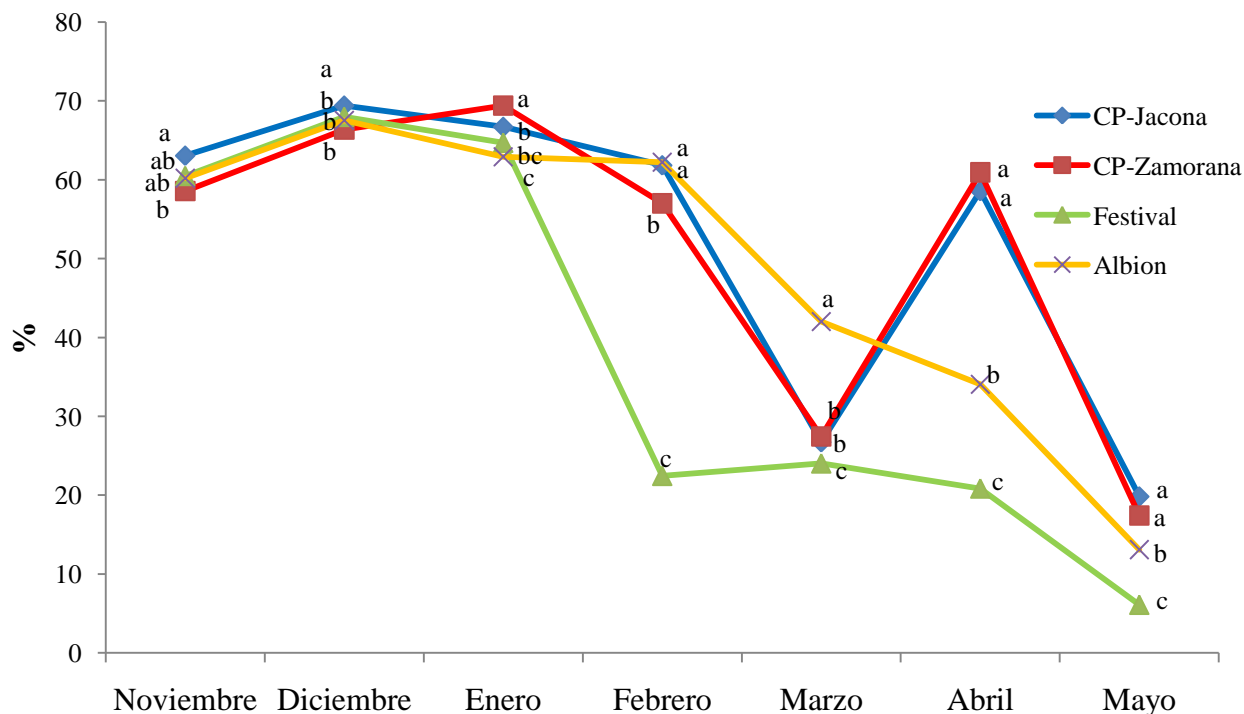


Figura 1. Comportamiento promedio mensual de rendimiento estimado de variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México. Los promedios con la misma letra indican no diferencia estadística significativa con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La reducción paulatina en el rendimiento mensual de fruto, posterior a febrero, puede ser reflejo del aumento normal cíclico en el fotoperiodo y en la temperatura después del solsticio de invierno en el mes de diciembre, que resultan en menor número de yemas florales formadas. No obstante, esa disminución en el rendimiento mensual de fruto también puede deberse al efecto de mayores temperaturas a partir de febrero (más aun en condiciones de cultivo bajo macrotúnel) que pueden ocasionar la disminución del tamaño de fruto pues durante el desarrollo reproductivo, las plantas son sensibles a las altas temperaturas (McKeey y Richards, 1998). Está reportado que temperaturas por encima de 30 °C, reducen el tamaño de la fruta (Wang y Camp, 2000), peso fruto y el crecimiento de la planta (Hellman y Travis, 1988). Himelrick y Galletta, (1990) encontraron que el número de achenios por fruto fue menor a temperaturas nocturnas y diurnas de 32/27 °C a diferencia de 24/19 °C y 20/15 °C, respectivamente. Posiblemente por todo lo anterior, en el presente estudio, partir de marzo se observó un aumento notable en el porcentaje de frutos pequeños y frutos deformes que se discutirá más adelante (Cuadros 3 y 4).

3.3.2. Rendimiento acumulado

La variedad mexicana CP-Jacona presentó significativamente el mayor rendimiento acumulado (131.667 t.ha⁻¹) durante el ciclo de producción 2008-2009; seguido por Festival' (107.245 t.ha⁻¹) y 'CP-Zamorana' (106.344 t.ha⁻¹) y todas ellas superiores significativamente a 'Albion' con 90,828 t.ha⁻¹ (Figura 2). 'CP-Jacona' produjo un diferencial de producción respectivo de éstas de 18.55, 19.23 y 31.02 % más que 'CP-Zamorana', 'Festival' y 'Albion', respectivamente. Baumann *et al*, (1993) indican que el comportamiento de las plantas en diferentes condiciones de temperaturas favorables, entre otros, influyen sobre el rendimiento acumulado por el desbalance entre los componentes de rendimiento.

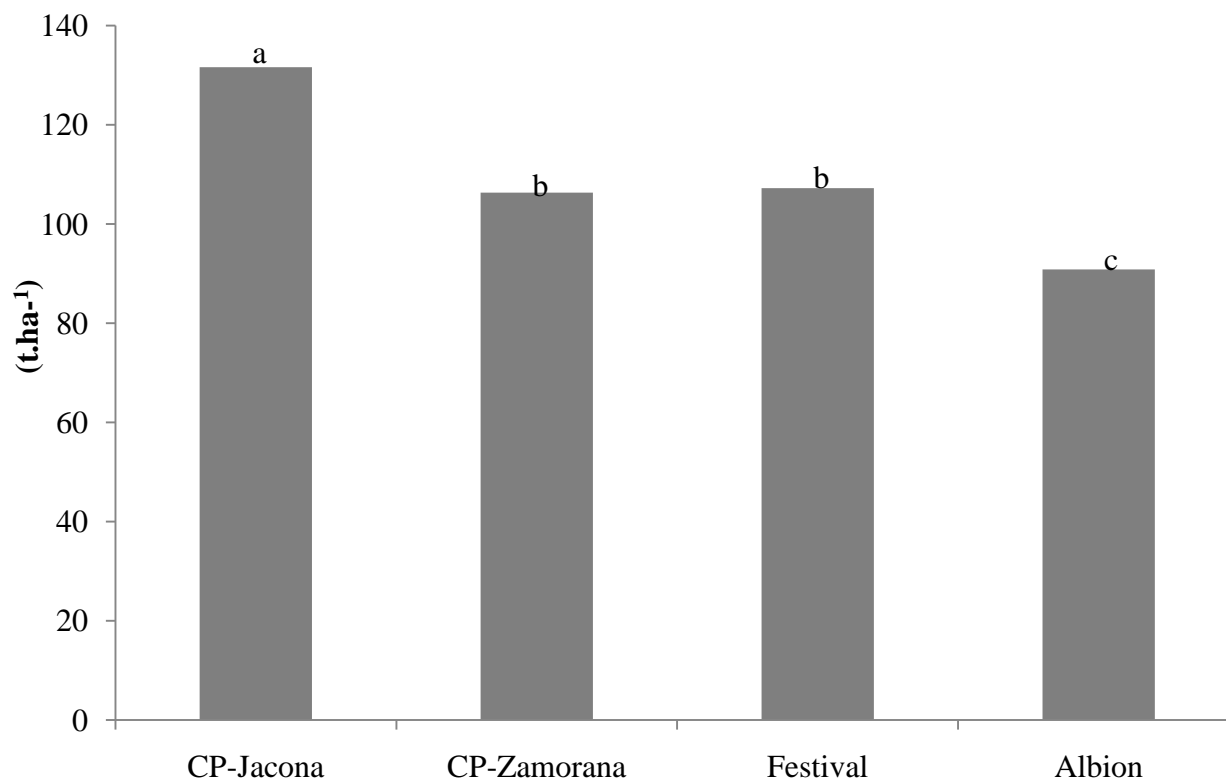


Figura 2: Producción acumulada promedio estimada durante el ciclo de producción 2008-2009, de las variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México. Los promedios con la misma letra indican no diferencia estadística significativa con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Los rendimientos estimados obtenidos durante el periodo de producción de siete meses son considerados como muy altos en relación al rendimiento medio nacional de apenas cercano a las 30 toneladas por hectárea (Sánchez, 2008). Los elevados rendimientos estimados en este estudio se lograron por que el cultivo fue llevado mediante un proceso considerado como de alta tecnología que incluyó desinfección del suelo, fertigación con riego por goteo, acolchado plástico y cultivo bajo cubierta de macrotunel plástico, entre otros. Además, las estimaciones del rendimiento fueron considerando una densidad de plantación alta de 80 mil plantas por hectárea, lo cual es notablemente más alto que lo usado en Florida, E.U.A, donde se usan densidades de 39,520 a 54,340 plantas ha⁻¹, mientras que en California, las densidades más comunes alcanzan las 57,000 plantas ha⁻¹ (Ledgard *et al.*, 2003). Todo ello permitió la expresión al máximo del

potencial productivo de los diferentes genotipos. Sobresale el buen desempeño de las variedades mexicanas en comparación con las variedades comerciales extranjeras.

3.3.3. Porcentaje de frutos con calidad de exportación

En el periodo de noviembre 2008 a Mayo del 2009, la variedad mexicana CP-Jacona presentó mayor porcentaje de frutos con calidad de exportación, mientras que 'CP-Zamorana' y 'Albion' obtuvieron frutos con calidad de exportación aceptables durante el ciclo de producción agrícola, sin superar a 'CP-Jacona' (Cuadro 2). 'Festival' presentó porcentajes de frutos con calidad de exportación aceptables de más de 60 % durante los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, pero posteriormente la producción de frutos con calidad de exportación disminuyó en esta variedad en comparación con las demás variedades, especialmente en los dos últimos meses (Cuadro 2).

Cuadro 2: Porcentaje de frutos promedio mensual con calidad para exportación en las variedades mexicanas y extranjeras comerciales, durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.

Variedad	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
CP-Jacona	63.1 a ^z	69.4 a	66.7 b	61.8 a	26.7 b	58.6 a	17.8 a
CP-Zamorana	58.6 b	66.4 b	69.4 a	57.0 b	27.5 b	60.9 a	17.4 a
Festival	60.5 ab	68.0 b	64.7 bc	22.4 c	24.0 c	20.8 c	7.1 c
Albion	60.2 ab	67.5 b	62.9 c	62.2 a	42.0 a	34.1 b	14.1 b

^z Promedios con la misma letra dentro de las columnas son similares estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Durante el periodo de noviembre 2008 a febrero 2009, tanto las variedades mexicanas como las extranjeras presentaron mayor porcentaje de frutos con calidad de exportación; posterior al mes de febrero disminuye gradualmente (Figura 2).

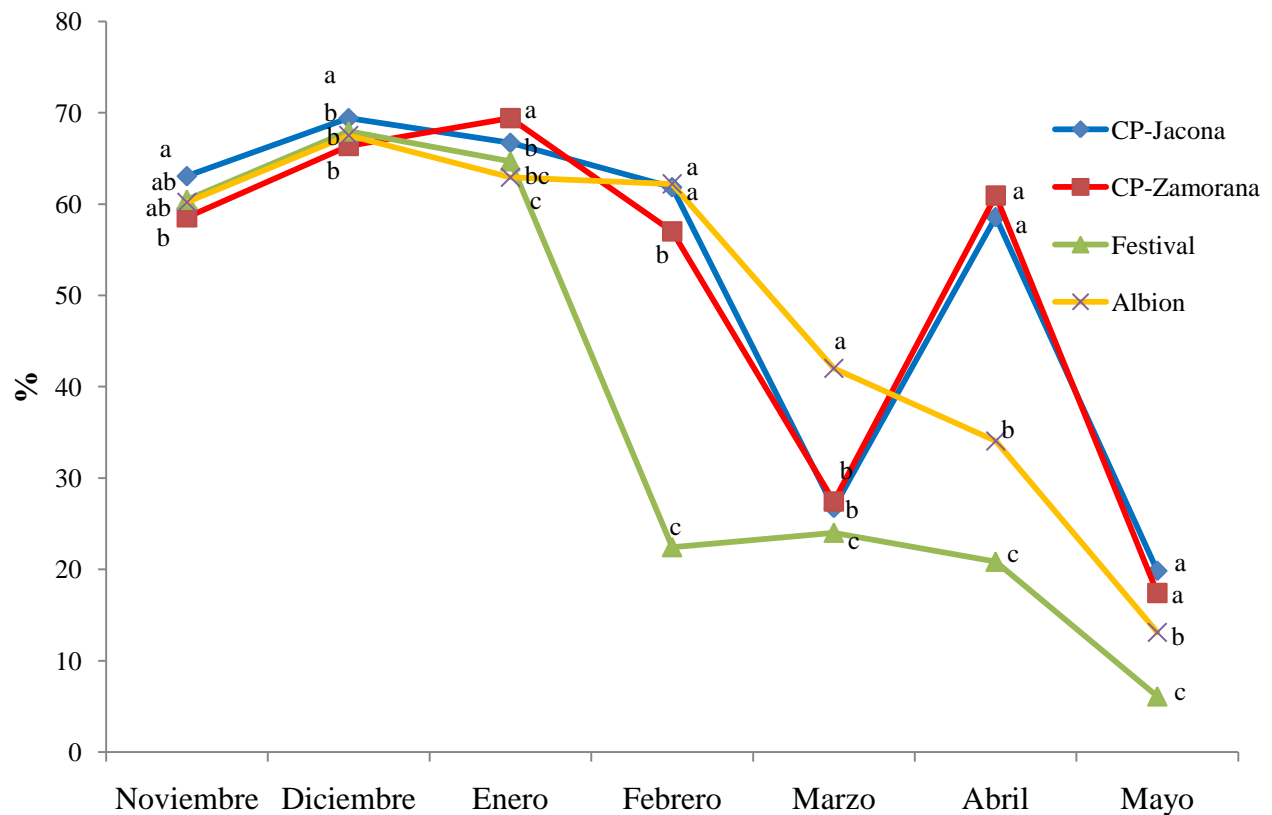


Figura 3: Comportamiento del porcentaje promedio mensual de frutos con calidad de exportación en variedades mexicanas y extranjeras durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México. Los porcentajes promedios con la misma letra en cada mes indican no diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Las variedades mexicanas presentan una recuperación altamente significativa en la producción de frutos con calidad de exportación en el mes de abril, y posteriormente disminuye nuevamente pero aun en mayo son significativamente mejores que las variedades comerciales extranjeras. Esto puede deberse a la capacidad diferencial de las variedades para recuperarse y a su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales prevalecientes. La disminución de la producción de frutos con calidad de exportación después del mes de Febrero puede ser debido al aumento gradual de la temperatura; se ha reportado que por encima de 30 °C se reduce el tamaño de fruto (Wang y Camp, 2000), peso de fruto (Kumakura y Shishido, 1994) y crecimiento de la planta (Hellman y Travis, 1988).

3.3.4. Porcentaje de frutos chicos.

‘CP-Zamorana’ presentó mayor porcentaje promedio de frutos chicos durante los meses de noviembre y diciembre; para los meses de enero a mayo y comparando con las demás variedades el porcentaje de frutos que obtuvo ‘CP-Zamorana’ fue menor (Cuadro 3). En ‘Festival’ se obtuvo mayor porcentaje de frutos chicos que ‘CP-Jacona’ que presentó menor porcentaje durante el ciclo de producción (Cuadro 3). ‘Albion’ se mantuvo muy similar a ‘Festival’ en la producción de fruto pequeño hasta el mes de enero, pero posteriormente superó de manera significativa a la variedad de Florida (Festival) al producir porcentajes de fruto chico significativamente menores durante febrero, marzo y abril, y similar en mayo (entre 63 y 67%) pero significativamente diferente a ambas variedades mexicanas que tuvieron menor cantidad de frutos pequeños (alrededor de 55%)

Cuadro 3. Promedio mensual de porcentaje de frutos chicos en variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa, durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.

Variedad	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
CP-Jacona	24.8 b ^z	16.3 c	18.2 b	25.7 c	59.7 ab	26.5 c	55.4 b
CP-Zamorana	30.5 a	20.4 a	18.6 b	30.3 b	58.5 b	24.8 c	54.9 b
Festival	24.7 b	18.8 b	19.4 ab	68.2 a	62.0 a	60.9 a	66.9 a
Albion	23.6 b	17.9 b	20.6 a	26.3 c	43.7 c	49.5 b	63.1 a

^z Promedios con la misma letra dentro de las columnas son similares estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con una diferencia mínima significativa para la comparación.

Al final del ciclo de producción, todas las variedades presentan un aumento de porcentaje de frutos chicos (Cuadro 3) inversamente con el porcentaje de frutos con calidad de exportación (Cuadro 2). Esto coincide con lo indicado por Kumakura y Shishido (1994), quienes mencionan que el tamaño de la fruta disminuye al final de la producción y crecimiento de la planta (Hellman y Travis, 1988).

3.3.5. Porcentaje de frutos deformes

No se presentó una tendencia clara entre las variedades a producir frutos deformes durante el ciclo de producción 2008-2009. Las variedades extranjeras de fresa (Festival y Albion) presentaron mayor porcentaje de frutos deformes (de entre 10 y 20%) en comparación con las variedades mexicanas CP-Zamorana y CP-Jacona con 11 a 15 % de frutos deformes en el periodo de noviembre a abril,. En el mes de mayo ‘Festival’ presentó el mayor número de frutos deformes en comparación con todos las demás cultivares (Cuadro 4). ‘CP-Zamorana’ generalmente presentó durante los meses de producción menor porcentaje de frutos deformes pero casi en todos los meses fue similar a ‘CP-Jacona’; al final del ciclo de producción todas las variedades incrementaron el porcentaje de frutos deformes, probablemente debido a lo que Himelrick y Galletta, (1990) mencionan en relación a que el número de aqenios por fruto es menor cuando las temperaturas nocturnas y diurnas aumentan a niveles cercanos o mayores a 30 °C, lo cual posiblemente afecta la polinización, lo cual reduce el número de aqenios con el resultado de producción de frutos deformes por esa razón. Coincidentemente, Singh *et al*, (2007) indican que la incidencia de los desórdenes fisiológicos, como albinismo y deformación de frutos, es causado por las altas temperaturas y por deficiencia de nutrientes como el calcio y boro.

Cuadro 4. Promedio mensual de porcentaje de frutos deformes de las variedades mexicanas y extranjeras comerciales de fresa, durante el ciclo de producción 2008-2009 en Tamándaro, Jacona, Michoacán, México.

Variedad	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
CP-Jacona	12.5 bc ^z	14.1 a	15.2 a	12.2 a	13.6 b	12.0 b	24.7 bc
CP-Zamorana	11.1 c	13.8 b	12.2 b	11.6 a	14.1 ab	12.9 b	25.8 b
Festival	14.9 ab	14.3 a	15.9 a	10.3 b	13.9 ab	20.3 a	31.9 a
Albion	16.2 a	14.5 a	16.4 a	11.4 ab	14.3 a	18.3 a	20.9 c

^z Promedios con la misma letra dentro de las columnas son similares estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.3.6. Porcentaje de frutos enfermos

Sólo se presentaron frutos enfermos en la variedad CP-Jacona con apenas un 0.18 % de frutos enfermos durante el mes de diciembre; sin embargo, no presentó ninguna diferencia significativa con las demás variedades. En ninguna otra variedad y mes de muestreo se observaron frutos enfermos por Botritis o Cenicilla. Bulger *et al*, (1997) mencionan que la infección de las enfermedades en las plantas de fresa depende de la disponibilidad de la humedad y de la temperatura. Xiao *et al*, (2001) mostraron que los túneles de polietileno presentan un control efectivo de *Botrytis spp* en el fruto; tal vez por ello, y debido a un buen manejo fitosanitario del cultivo no se presentaron frutos enfermos en este estudio.

3.4. CONCLUSIONES

La variedad CP-Jacona sobresalió en la productividad en comparación con las variedades Festival, Albion y CP-Zamorana; de mayor a menor jerarquía por rendimiento total acumulado se encontró: 'CP-Jacona' (131.6 t.ha^{-1}), 'Festival' (107.2 t.ha^{-1}), CP-Zamorana' (106.3 t.ha^{-1}) y Albion con 90.8 t.ha^{-1} .

Todas las variedades de fresa evaluadas tuvieron su máxima producción de frutos en el mes de febrero.

Los mayores porcentajes de fruta con calidad de exportación (entre 60 y 70%) en todas las variedades se concentran en los primeros meses de producción (noviembre a enero), después disminuye paulatinamente pero las variedades mexicanas sobresalen de manera significativa en los dos últimos meses de producción (abril y mayo).

El aumento de la producción de frutos chicos y deformes, es inverso a la producción de frutos con calidad de exportación.

No existen evidencias estadísticas que demuestren que de noviembre a mayo hay presencia de frutos de nula calidad por enfermedades.

Las variedades mexicanas CP-Jacona y CP-Zamorana son una alternativa de cultivo recomendable para la región productora del Valle de Jacona-Zamora toda vez que son altamente competitivas en rendimiento y producción de fruto de alta calidad y en altos porcentajes

3.5. LITERATURA CITADA

- Abbott, A. J., G. R. Best., and R. A. Webb. 1970. The relation of achene number to berry weight in strawberry fruit. *Journal of Horticulture Science*. 45:215-222.
- Anna, J., Keutegen., and E. Pawelzik. 2008. Contribution of amino acid to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators, under NaCl. *Food Chemistry*. 111:642-647.
- Aspuria, J. R., Y. Fujime, and N. Okuda. 1996. Strawberry and other small fruits for the highlands of the Philippines. *Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ.* 48:1-6.
- Avigdori-Avidov, H. 1986. Strawberry. In: Monselise, S.P. (*ed.*). *Fruit Set and Development*. CRC Press. Boca Raton, Florida. Pp. 419-448.
- Baumann, T. E., G. W. Eaton, and D. Spaner. 1993. Yield components of day-neutral and short-day strawberry varieties on raised beds in British Columbia. *Horticulturae Science* 28:891-894.
- Breen, P. J., and L. W. Martin. 1981. Vegetative and reproductive growth responses of three strawberry cultivars to nitrogen. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106:266-272.
- Bringhurst, R. S., V. Voth, and V. D. Hook. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Proceeding American Society for Horticultural Science*. 75:373-381.
- Bulger, M. A., M. A. Ellis., and L. V. Madden. 1997. Influence of temperature and wetness duration on infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* and disease incidence on fruit originating from infected flowers. *Phytopathology*. 77:1225-1230.

- Galletta, G. J. and R. S. Bringhurst. 1990. Strawberry management. *In*: Galletta, G. J. and D. G. Himelrick (eds). Small Fruit Crop Management. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ, USA. Pp: 83-156.
- Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CAB International Publishing. New York, NY, USA. 237 p.
- Hellman, E. W., and J. D. Travis. 1988. Growth inhibition of strawberry at high temperatures. *Adv. Strawberry Prod.* 7:36-38.
- Himelrick, D. G., and G. J. Galletta. 1990. Factors that influence small fruit production. *In*: Galletta, G. J., and Himelrick, D. G. (eds.), Small Fruit Crop Management. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N J, USA. Pp: 14 -82.
- Kumakura, H., and Shishido, 1994. The effect of daytime, nighttime, and mean diurnal temperatures on the growth of Morioka-16 strawberry fruit and plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 62:827–832.
- Lacey, C. N. D. 1973. Phenotypic correlations between vegetative characters and yield components in strawberry. *Euphytica.* 22:546-566.
- Larson K. D., and D. V. Shaw. 2000. Soil fumigation and runner plant production: A synthesis of four years of strawberry nursery field trials. *Horticulturae Science.* 35:642-646.
- Legard, D. E., Hochmuth, G.J., Stall, W.M., Duval, J.R., Price, J.F., Taylor, T.G., and S.A. Smith. 2003. Strawberry production in Florida. *In*: Olson, S.M., Maynard, D.N. (Eds.), Vegetable Production Guide for Florida. Univ. FL-IFAS Coop. Ext. Serv., Gainesville, FL, USA, Pp: 239-244.
- McKee, J., and A. J. Richards. 1998. The effect of temperature on reproduction in five *Primula* species. *Ann. Bot.* 82:359-374.
- Sánchez R. G. 2008. La red de valor fresa: Sistema de inteligencia de mercados. Fundación Produce Michoacán. 145 p.

- Sharma, V. P., and R. R. Sharma. 2004. *The Strawberry*. ICAR, New Delhi, India.
- Singh, R., Sharma, R. R., Goyal, R. K., 2007. Interactive effect of planting time and mulching on 'Chandler' strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Horticulturae Science*. 111:344-351.
- Shokaeva, D. B. 2005 b. About interdependency of the main productivity components in different strawberry cultivars. *Selskokhozyaistvennaya Biologiya*. 5:43-51.
- Shokaeva, D. B. 2007. Important features of strawberry genotypes and peculiarities of inheritance. *Sodininkyste' ir darz'ininkyste*. 26:102114.
- Shokaeva, D. B. 2008. Relationships between yield components in first cropping year and average yield of short-day strawberries over two main seasons. *Scientia Horticulturae*. 118:14-19.
- USDA, 2006. *United States Standards for Grades of Strawberries*.
- Verhuel, M. J., A. Sonsteby., and S. O. Grimstad. 2006. Influences of day and night temperatures on flowering of *Fragaria x ananassa* Duch., cvs. Korona and Elsanta, at different photoperiods. *Scientia Horticulturae*. 112:200-206.
- Wang, S., and M. J. Camp. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*. 85:183-199.
- Webb, R. A., J. V. Pourves., B. A. White., and R. Ellis. 1974. A critical path analysis of fruit production in strawberry. *Scientia Horticulturae*. 2:175-184.
- Xio, C. L., C. K. Chander., J. F. Price., J. R. Duval, J. C. Mertely., D. E. Legard. 2001. Comparison of epidemics of *Botrytis* fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. *Plant Disease*. 85:901-909.
- Yuan, J. P., E. Sadilova., and F. Chen. 2003. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. *Food Research International*. 42: 1023-1033.

CAPITULO IV. INDICADORES DE CALIDAD DE CONSUMO DE VARIEDADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de comparar características cualitativas de fresa de las variedades mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y las variedades extranjeras (Festival y Albion), cultivadas en el valle de Zamora-Jacona, Michoacán. El experimento se llevó a cabo del mes de diciembre 2009 al mes de abril del 2010, con un diseño experimental completamente al azar. Se evaluaron indicadores de calidad : pérdida de peso, contenido de sólidos solubles, porcentaje de acidez, contenido de ácido ascórbico, esfuerzo de compresión, módulo de Young, carga de compresión y deformación. Los resultados indicaron que las mayores pérdidas de peso (hasta 34 %) en condiciones de temperatura ambiente, en contraste, con frutos refrigerados se encontraron pérdidas máximas de 20 %. El contenido de sólidos solubles y el porcentaje de acidez fueron mayores al inicio de la producción y disminuye conforme avanza el periodo. El ácido ascórbico presenta valores máximos en Diciembre y Abril, y el mínimo en febrero, en ambas variedades. 'CP-Zamorana' soportó mayor carga de compresión y estadísticamente no existe diferencia entre la posición del fruto que soporte mayor carga de compresión y por ende que disminuyan los daños mecánicos, sin embargo, la posición horizontal reporta valores mayores con respecto a la posición vertical sin llegar a la ruptura, siendo este acomodo el ideal para transportar la fresa. La posición del fruto presentó una relación inversa con respecto a la rigidez del fruto, siendo 'CP-Zamorana' de mayor rigidez en horizontal y 'Albion' con menor, y viceversa en la posición vertical.

Palabras clave: Variedades de fresa, calidad de fruto, poscosecha, daños mecánicos

ABSTRACT

This research was conducted to compare the quality characteristics of strawberry of the Mexican varieties (CP-Jacona and CP-Zamorana) and foreign varieties (Festival and Albion), grown in the valley Jacona-Zamora, Michoacán. The experiment was conducted from December 2009 to April 2010, with a completely randomized design. Measured quality indicators: weight loss, soluble solids content, percentage of acidity, ascorbic acid content, compression forces, Young's modulus, compression load and deformation. The results indicated that the greatest weight loss (up to 34 %) were obtained in ambient conditions, in contrast with chilled fruit reported maximum loss of 20 %. The content of soluble solids and acidity percentage are higher at the start of production and decreased with increasing period. Ascorbic acid presents maximum values in December and April and lowest in the month of February, in both varieties. 'CP-Jacona' showed fruits export with characteristics suitable for fresh consumption as higher acidity, total soluble solids and ascorbic content. 'CP-Zamorana' supports greater compression load and statically there isn't difference between the position of the fruit to withstand greater compression load and thus to decrease the mechanical damage, however, the horizontal position reports higher values with respect to the vertical position without reaching the break and this accommodation ideal for transporting the strawberry. The position of the fruits showed an inverse relationship to the rigidity of the fruit, being 'CP-Zamorana' the best stiffer horizontally and 'Albion' with less, and inverse the vertical position.

Key words: Strawberry varieties, fruit quality, postharvest, mechanical damage.

4.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de los productores es producir una fruta de aspecto atractivo en tamaño, color y forma (Azodanlou *et al.*, 2003), mientras que los consumidores de la fresa son atraídos por el color rojo brillante y aroma típico de una fruta fresca (Scalzso *et al.*, 2005a). Caposcasa *et al.* (2008) mencionan que las investigaciones se han centrado en la seguridad alimentaria y calidad nutricional de la fruta. La fresa por su atractivo visual y sabor, son muy deseables aunque son muy perecederos, siendo susceptibles a daños mecánicos, pérdida de agua, decadencia y deterioro fisiológico. Para el mercado, la calidad del fruto se centra en las cualidades físicas, tamaño, color, firmeza, acidez, dulzura y aroma (Anzodanluo *et al.*, 2003 y Mitcham, 2004). La fruta de calidad se destinan directamente a la comercialización como fruta fresca, mientras que las fresas de segunda calidad son sometidas a un tratamiento de industrialización; por lo tanto, las empresas de transformación dependen a menudo de las variedades, que son principalmente para el consumo en fresco ((Wesche-Ebeling y Montgomery, 1990).

La fresa es una de las frutas que contienen mayor cantidad de actividad antioxidante total (de 2 a 11 veces) en comparación con las manzanas, melocotones, peras, uvas, tomates, naranjas y kiwis (Scalzso *et al.*, 2005 a); es una fuente de ácido ascórbico (AA), antocianinas y flavonoides, siendo una de las fuentes más ricas en contenido de vitamina C y ácido fólico (Guo *et al.*, 2003; Olsson *et al.*, 2004); posee mayor contenido de agua, menor contenido de carbohidratos de bajo peso molecular y mayor relación glucosa/fructosa (Olsson *et al.*, 2004; Vinson *et al.*, 2008).

El cultivo, la variedad, la fertilización, la región y las condiciones meteorológicas en la producción, así como del tiempo de muestreo y el grado de madurez, afectan considerablemente el valor nutritivo del fruto de la fresa (Kays, 1991 y Haffner *et al.*, 1998). El desarrollo de la planta y calidad del fruto varía con la variedad o genotipo usado (Kamperidou y Vasilakakis, 2005). Además de la variedad, otro de los factores que influyen sobre la calidad de la fresa es la época de recolección (Gady *et al.*, 2006). Sturm *et al.* (2003) mencionan que el momento de cosecha (en términos de madurez del fruto) es esencial para una calidad óptima y, a menudo para el mantenimiento de la calidad en postcosecha.

Las propiedades bioquímicas de los productos hortofrutícolas constituyen aspectos importantes de calidad, especialmente en frutillas tan delicadas y de corta vida de anaquel (Chávez-Franco *et al.*, 1999). Es importante estudiar las propiedades mecánicas de los frutos, esto es el comportamiento de los frutos cuando se aplican fuerzas características de esfuerzo de deformación bajo cargas estáticas y dinámicas (Villaseñor *et al.*, 2004); con la finalidad de conocer las aplicaciones prácticas como la caracterización del material, la determinación del tiempo óptimo de cosecha, el mejor método de separación del árbol o planta, la eliminación de productos con calidad indeseable, y la disminución del daño mecánico durante su cosecha y poscosecha (Mohsenin 1970:Chávez-Franco *et al.*,1999).

Recientemente se han liberado ‘CP Zamorana’ y ‘CP Jacona’ como dos nuevas variedades de fresa creadas por el Colegio de Postgraduados en México; la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación otorgó los correspondientes Títulos de Obtentor número 0500 y 0501, respectivamente (Diario Oficial, 2010); como nuevas variedades, es necesario caracterizar y determinar su potencial de calidad de fruto por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características indicadoras de calidad de los frutos de las variedades mexicanas y compararlas con dos variedades extranjeras de fresa en cuanto al contenido de ácido ascórbico, sólidos solubles, porcentaje de acidez, pérdida de peso y daños mecánicos.

4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1. Origen del material de estudio

Se muestrearon frutos de fresa en estado de madurez comercial (3/4 del total de la superficie del fruto con coloración roja) en una parcela demostrativa con dos variedades mexicanas y dos extranjeras comerciales, en una huerta en producción en Tamandaro, municipio de Jacona, Michoacán. Las evaluaciones se realizaron mensualmente a partir del mes de diciembre del 2009 al mes de abril del 2010. El muestreo y colecta de los frutos se hizo considerando frutos de primera calidad.

Las variedades mexicanas de fresas evaluadas fueron 'CP-Jacona' y 'CP-Zamorana' generadas por el Colegio de Postgraduados, y las variedades estadounidenses fueron 'Festival' y 'Albion' creadas por la Universidad de Florida y California, respectivamente.

4.2.2. Variables de calidad evaluadas

Los principales indicadores de calidad evaluados en los frutos fueron: acidez titulable, concentración de sólidos solubles totales (SST), contenido de ácido ascórbico, pérdida de peso en refrigeración y a temperatura ambiente, y daños mecánicos.

Todas las determinaciones de los indicadores de calidad se hicieron lo antes posible después de la colecta de frutos de la parcela experimental. Las frutas fueron manejadas en charolas y transportadas en empaque térmico de unicel (hielera) al laboratorio para que en condiciones ambientales se llevaran a cabo los análisis y determinaciones en el Laboratorio de Fisiología Postcosecha en Montecillo, Edo. de México.

4.2.2.1. Sólidos Solubles Totales

En la medición de la concentración de sólidos solubles totales (SST), se utilizó un refractómetro digital Atago-Pelette PR-101 (0-32 %), de acuerdo a la metodología de AOAC (1990), a partir del extracto del jugo de una porción homogeneizada de la infrutescencia. Los resultados se expresaron en grados Brix.

4.2.2.2. Pérdida de peso

La variable pérdida de peso fresco del fruto se determinó mediante el uso de una balanza digital; realizando registros de peso diario de 10 frutos, cada fruto se consideró como repetición por cada variedad durante un periodo de observación de cinco días. Los frutos se mantuvieron en condiciones de medio ambiente (24 °C ± 8 °C) y también en condiciones de refrigeración a una temperatura de 5° C. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso acumulado en forma diaria; para el calculo se utilizó la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso}[\%] = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

4.2.2.3. Acidez titulable

La variable acidez titulable se determinó con base en el método volumétrico de la AOAC (1990). Se pesaron 20 g de muestra por cultivar; se adicionaron 100 ml de agua destilada y se licuó; se tomó una alícuota de 5 ml de la solución y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, utilizando como indicador 2 gotas de fenolftaleína en solución alcohólica al 1%. El porcentaje de acidez se calculó mediante la ecuación (A):

$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{a * b * c * V}{P * A} * 100 \quad [\%]$$

Donde:

a= Mililitros de NaOH gastados

b= Normalidad de NaOH empleado = 0.01

c= Mili equivalente de ácido cítrico =0.07

V=Volumen total (ml de agua + g de pulpa)

P= Peso de la muestra =20 g

A= Alícuota = 5 ml

4.2.2.4. Contenido de ácido ascórbico.

Para el contenido de ácido ascórbico por cultivar y repetición se pesó una muestra de 3 g y se adicionaron 30 ml de ácido oxálico y se licuó; se tomó una alícuota de 5 ml de la solución y se tituló con solución Tillman (DFI-2,6 diclorofenol indofenol). Posteriormente se calculó el contenido de ácido ascórbico para cada muestra de acuerdo con la ecuación de la curva: $X = Y - 0.315/0.0573$

4.2.2.5. Daños mecánicos.

La prueba de daños mecánicos se realizó en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Autónoma Chapingo con un equipo Instron Universal Testing modelo 3382 y

software Bluehill, utilizando dos platos paralelos de 15 cm de diámetro, con una capacidad de 100 kN y una velocidad de cruceta de 20 mm/min. Durante la compresión se registró una curva fuerza-deformación por cada fruto evaluado. En cada nivel de compresión se evaluaron las posiciones sobre los frutos de manera horizontal y vertical como se muestra en la figura 1:

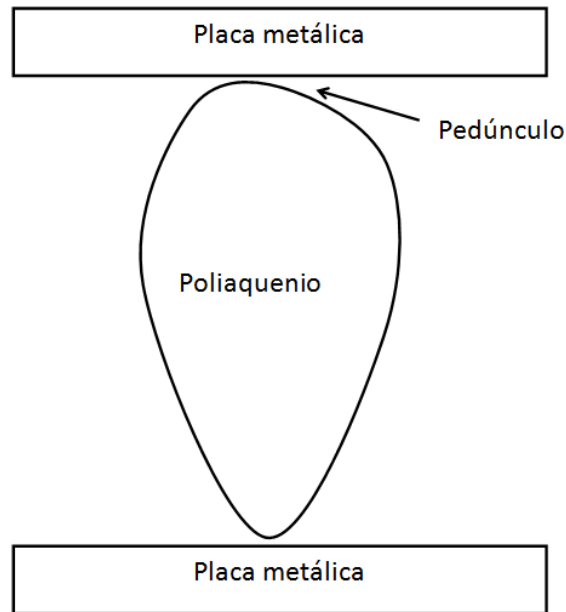


Figura 1. Esquema de la posición del fruto de fresa sometido a compresión vertical. Las placas metálicas corresponden a las placa de la maquina universal de ensayos mecánicos.

La distancia de desplazamiento de la cruceta fue hasta el punto de ruptura de los frutos. El diseño experimental para esta variable fue un arreglo de 4x2, el primer factor con cuatro variedades (Albion, Festival, CP-Jacona y CP-Zamorana) el segundo factor corresponde a la posición del fruto (vertical y horizontal), con cuatro repeticiones por cultivar.

Se obtuvieron los siguientes tratamientos

1. T1v: Variedad Festival posición Vertical
2. T1h: Variedad Festival posición Horizontal
3. T2v: Variedad CP-Jacona posición Vertical
4. T2h: Variedad CP-Jacona posición Horizontal
5. T3v: Variedad Albion posición Vertical

6. T3h: Variedad Albion posición Horizontal
7. T4v: Variedad CP-Zamorana posición Vertical
8. T4h: Variedad CP-Zamorana posición Horizontal

Las variables mecánicas a evaluar fueron: carga de compresión (N), deformación (mm/mm), esfuerzo máximo (Pa) y Modulo de Young (Pa). La determinación de las propiedades de compresión requiere de la obtención de la curva esfuerzo-deformación, a partir de ahí, las variables mecánicas pueden ser escogidas (Asae Estándar, 2005).

4.2.3. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables sólidos solubles totales, pérdida de peso y daños mecánicos se sometieron a un análisis estadístico por medio de pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$) para determinar la significancia de las diferencias entre cultivares, utilizando el paquete estadístico estadístico Statistical Analysis System del SAS Institute Inc. 2000.

Las variables porcentaje de acidez titulable y contenido de ácido ascórbico se analizaron por medio del procedimiento del Modelo Linear General (GLM), con un modelo de regresión múltiple para las variables independientes de acuerdo al número de mes en que fue evaluado, las variables con su término cuadrático y con cuatro variables “dummi” para representar a las variedades utilizando el paquete estadístico SAS del SAS Institute Inc. 2000.

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Pérdida de peso

4.3.1.1. Almacenamiento en condiciones ambientales

Las tasas promedio del porcentaje de pérdida diaria de peso de los frutos de cada uno de las variedades fueron significativamente diferentes durante el periodo de observación de cada día y mes de muestreo en el almacenamiento en condiciones ambientales (Cuadro 1 y 2). En condiciones ambientales, la variedad CP-Zamorana presentó mayor porcentaje promedio de

pérdida de peso durante los meses de diciembre y enero; ‘Festival’ muestra una pérdida de peso similar a Zamorana en el mes de enero. La variedad Albion perdió menor porcentaje de peso en los meses de enero y febrero comparativamente con los otros tres cultivares (Cuadros 1 y 2). ‘CP-Jacona’ por su parte mostró de las menores pérdidas de peso después de 5 días de lamacenamiento a temperatura ambiente en los meses de febrero a abril en comparación con las otras tres variedades (Cuadro 2).

Cuadro 1. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán evaluados en condiciones ambientales en los meses de diciembre de 2009 y enero de 2010.

Variedad	Diciembre				Enero			
	1 ^y	2	3	4	1	2	3	4
CP-Jacona	7.2 b ^Z	12.8 b	18.6 bc	25.9 b	7.9 b	12.9 b	16.5 b	19.8 a
CP-Zamorana	9.4 a	17.3 a	24.2 a	32.0 a	8.9 a	14.1 a	18.0 a	20.2 a
Festival	7.5 a	12.4 b	19.6 b	22.4 b	8.2 ab	13.5 ab	18.4 a	19.6 a
Albion	7.1 b	12.4 b	17.7 c	22.6 b	8.5 ab	13.0 b	16.4 b	17.8 b

^Z Valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^y Número de días observados.

Diario Oficial. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de variedades vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección.

En los meses de febrero, marzo y abril el porcentaje de pérdida de peso varió entre variedades y meses de muestreo (Cuadro 2). La mayor pérdida de peso acumulada a los cinco días de almacenamiento se presentó en frutos de ‘Festival’ en el mes de abril con un 34.5% y le sigue ‘Albion’ con 32.7% pero significativamente menor; ambas variedades extranjeras perdieron más peso que las variedades mexicanas en ese mes en el que ambas disminuyeron su peso en un 31% (cuadro 8). Ayala-Zavala *et al*, (2004) mencionan que la temperatura puede influir

significativamente en la firmeza de las frutas y aumenta la pérdida de peso de acuerdo con el tiempo de almacenamiento.

Cuadro 2. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán evaluados en condiciones ambientales en los meses de febrero, marzo y abril de 2010.

Variedad	Febrero				Marzo				Abril			
	1 ^y	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CP-Jacona	4.8 a ^z	10.4 a	16.7 a	19.8 c	8.8 a	20.0 c	23.6 b	26.9 c	6.6 c	17.5 c	23.5 c	30.9 c
CP-Zamorana	4.9 a	10.6 a	15.8 b	21.7 a	8.9 a	22.8 b	24.6 b	30.0 a	7.3 b	19.0 b	30.8 a	31.0 c
Festival	4.8 a	10.3 a	15.7 b	20.6 b	7.8 b	20.4 c	20.3 c	27.3 b	9.1 a	20.6 a	27.0 b	34.5 a
Albion	4.4 b	8.5 b	13.6 c	17.3 d	9.4 a	24.8 a	28.4 a	30.5 a	9.4 a	21.5 a	26.5 b	32.7 b

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^y Número de días observados.

Abril fue el mes con temperaturas más altas durante el periodo de estudio, y los frutos estuvieron almacenados a temperatura ambiente. Se observa pues un posible mecanismo de tolerancia de las variedades Jacona y Zamorana a las temperaturas altas que le permite perder menos agua que las variedades extranjeras.

4.3.1.2. Almacenamiento en condiciones de refrigeración

En condiciones de refrigeración a 5°C, 'CP-Jacona' presentó mayor porcentaje de pérdida de peso durante el mes de diciembre; en enero las variedades mexicanas tuvieron una pérdida de peso (de 6.8%) significativamente menor que la variedad Festival (9.2%). En el Cuadro 4 es perfectamente claro que 'Albion' presentó una menor pérdida de peso durante los meses de febrero a abril: en contraste, 'Festival' presentó la mayor pérdida de peso. Con excepción de los meses de diciembre y febrero, los frutos de 'CP-Zamorana' y 'CP-Jacona' tuvieron valores de pérdida de peso iguales entre si

Cuadro 3. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán y evaluados en condiciones de refrigeración en los meses de diciembre de 2009 y enero de 2010.

Variedad	Diciembre				Enero			
	1 ^y	2	3	4	1	2	3	4
CP-Jacona	5.2 a ^z	8.2 a	11.3 a	14.2 a	2.2 c	3.5 c	5.6 c	6.8 b
CP-Zamorana	4.0 b	6.6 b	9.2 b	11.5 b	1.9 c	3.5 c	5.0 c	6.8 b
Festival	2.5 c	5.0 c	7.6 c	10.6 b	3.0 a	5.7 a	8.1 a	9.2 a
Albion	3.7 b	6.5 b	8.8 b	11.4 b	2.6 b	4.7 b	6.6 b	7.5 b

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^y Número de días observados.

Nunes *et al.* (2006) indican que los frutos almacenados a baja temperatura, 6 horas después de la cosecha, muestran cambios no deseados en color, textura y una reducción de peso, con una pérdida de alrededor del 50 % de contenido de agua en comparación con los que se enfrían inmediatamente después de la cosecha .

Cuadro 4. Porcentaje promedio de pérdida de peso por día de los frutos de las variedades mexicanas y extranjeras de fresa cultivadas en Jacona, Michoacán y evaluados en condiciones de refrigeración en los meses de febrero, marzo y abril de 2010.

Variedad	Febrero				Marzo				Abril			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CP-Jacona	4.8 a ^z	10.2 b	14.9 b	18.2 b	3.5 b	5.4 b	8.2 b	10.5 b	3.5 a	7.6 b	10.6 a	11.5 b
CP-Zamorana	4.9 a	10.6 a	15.8 a	20.7 a	4.8 a	5.9 b	8.8 b	10.1 b	3.0 b	6.2 c	8.9 b	11.6 b
Festival	4.8 a	10.5 a	15.7 a	20.6 a	4.8 a	7.7 a	11.8 a	13.1 a	2.9b	8.6 a	10.8 a	13.3 a
Albion	4.4 b	8.5 c	13.8 c	16.4 c	2.2 c	5.4 b	6.7 c	9.3 c	2.5 c	5.9 c	8.7 b	10.6 c

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^y Número de días observados

Al observar la pérdida de peso acumulada en el periodo de 5 días de cada mes en cada variedad, se aprecia claramente en la gráfica de la Figura 2 que la pérdida de peso en los frutos conservados a temperatura ambiente sigue la tendencia de la temperatura de los meses. Es claro que la pérdida de agua disminuye de diciembre a enero y luego empieza a aumentar conforme pasan los meses de febrero en adelante.

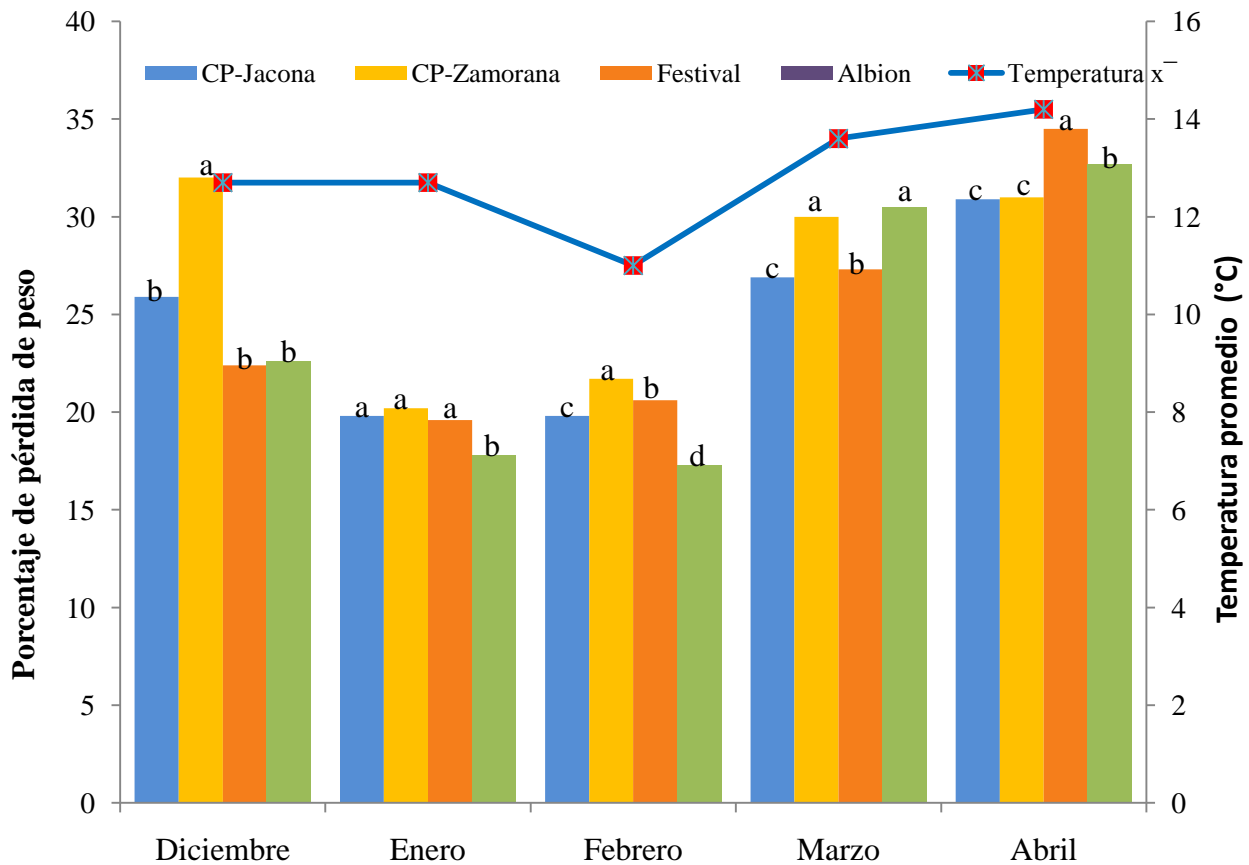


Figura 2: Porcentaje de pérdida de peso de frutos de cuatro variedades de fresa durante 5 días de almacenamiento en condiciones ambientales, en diferentes meses de cosecha en el ciclo de cultivo 2009-2010 en Jacona, Michoacán. Promedios con la misma letra en cada mes indica no diferencia estadística con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Mitchell *et al.* (1964) mencionan que después de ocho días de almacenamiento a 5 °C, las fresas alcanzan un 33.7 % de pérdida de peso. Similares pérdidas de peso se observaron en variedades mexicanas y extranjeras pero cuando fueron almacenadas a temperatura ambiente y a

sólo 5 días después de cosecha (Figura 2). Sin embargo, cuando los frutos se almacenan a temperaturas de refrigeración, las pérdidas de peso son mucho menores (Figura 3). Al comparar las pérdidas de peso de frutos en refrigeración con la pérdida de peso en frutos a temperatura ambiente, se aprecia (Cuadros del 1 al 4) que los porcentajes de pérdida de peso fueron del doble (en diciembre y enero) o hasta más del triple (en marzo y abril) cuando no se usa refrigeración. Es de llamar la atención que en el mes de febrero, en los frutos sin refrigeración las pérdidas de peso estuvieron entre 17 y 22% pero cuando los frutos se conservaron los 5 días a 5°C, las pérdidas de peso fueron sorprendentemente similares, entre 16 y 21% (Cuadros 2 y 4).

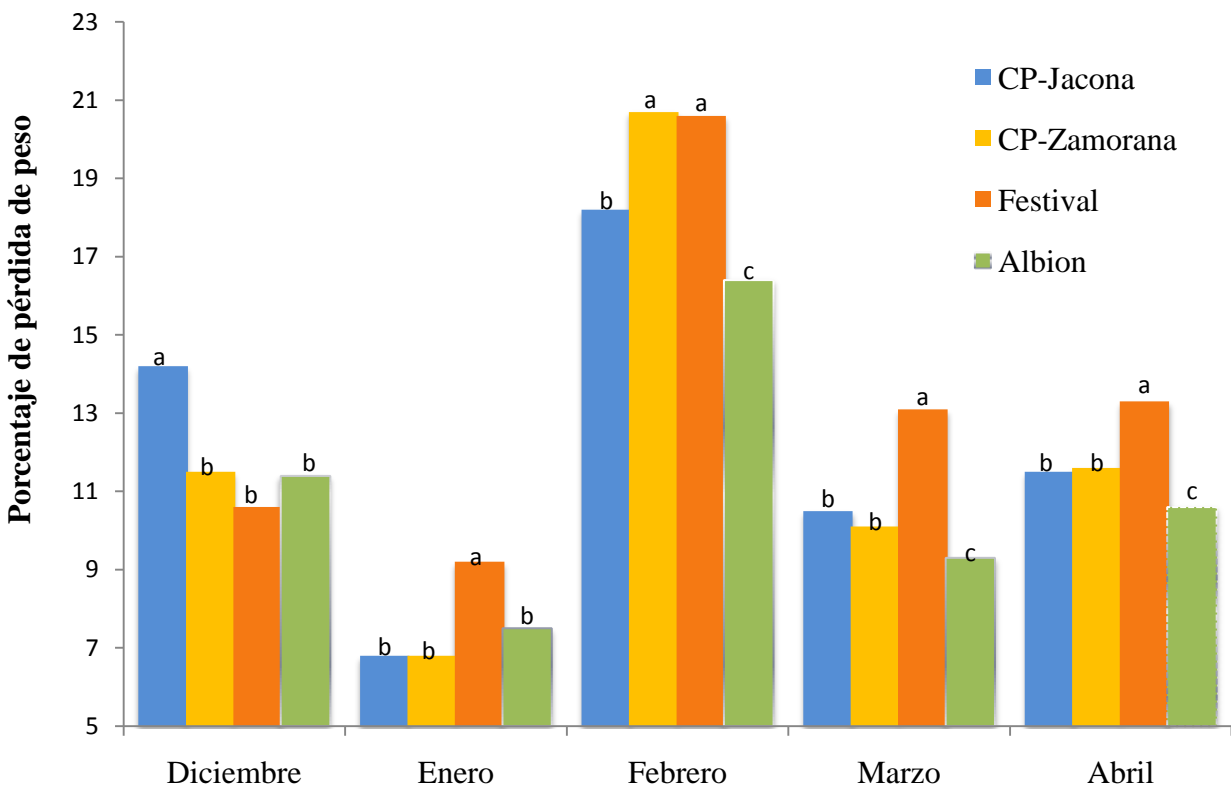


Figura 3: Porcentaje de pérdida de peso de frutos de cuatro variedades de fresa durante 5 días de almacenamiento en condiciones de refrigeración a 5°C, en diferentes meses de cosecha durante el ciclo de cultivo 2009-2010 en Jacona, Michoacán. Promedios con la misma letra en cada mes indica no diferencia estadística con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Las pérdidas de peso en los frutos de las variedades de fresa, se puede atribuir al estado de madurez en el momento de la cosecha (Montero *et al.*, 1996); a mayor grado de madurez en los frutos de fresa, mayor es la reducción de la concentración de pectinas (Krivorot y Dris, 2002).

4.3.2. Sólidos solubles totales (SST)

Existió diferencia significativa en la concentración de SST, entre los frutos de las variedades durante el periodo de evaluación. En el mes de diciembre 'CP-Jacona' y 'Albion' presentaron mayor contenido de SST en comparación con 'Festival' y 'CP-Zamorana'. Sin embargo, 'Festival' presentó significativamente mayor contenido de SST durante los meses de enero y febrero; en el mes de febrero, las variedades mexicanas se mostraron significativamente con menor contenido de SST. Se observa la tendencia de CP-Zamorana a presentar los menores contenidos de SST en comparación con las demás variedades durante todo el periodo de producción evaluado (Figura 4).

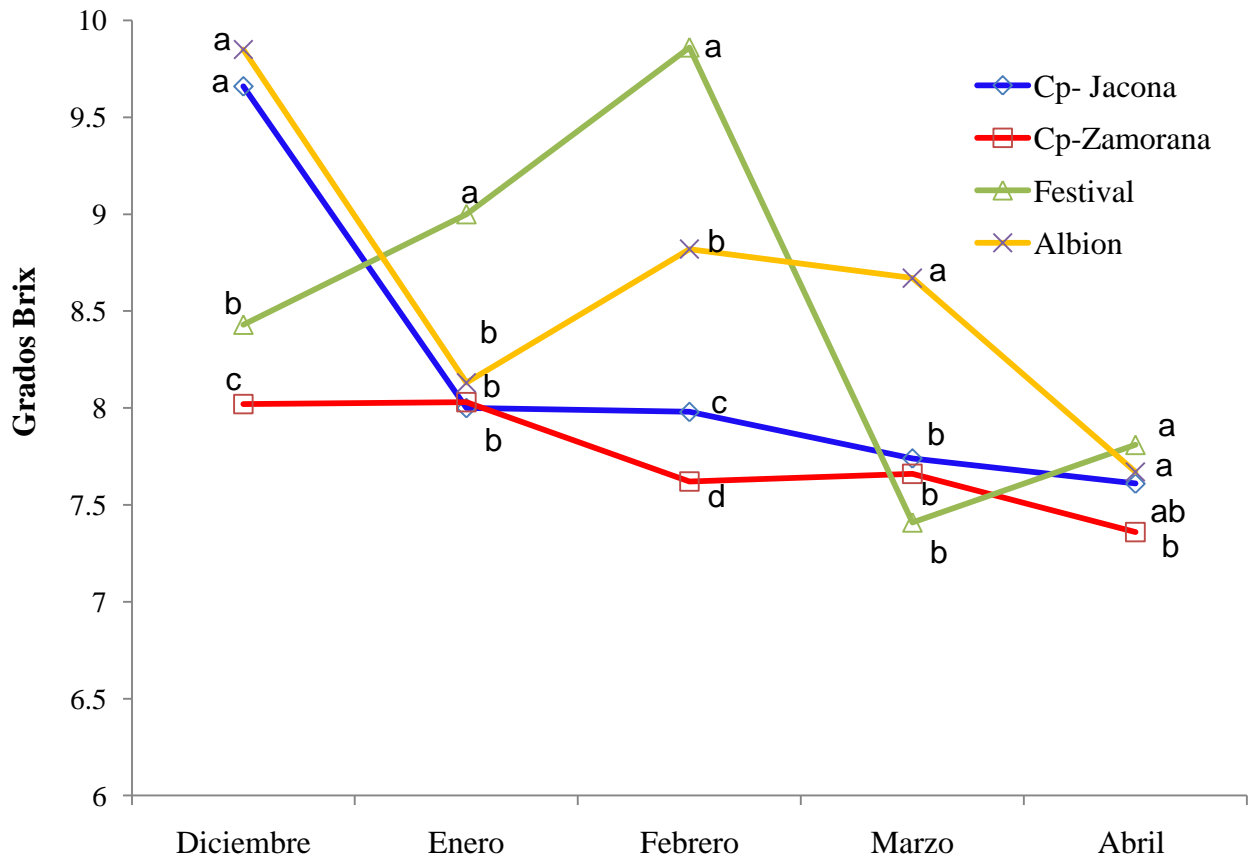


Figura 4: Contenido mensual promedio de sólidos solubles totales en variedades mexicanas y estadounidenses de fresa durante el ciclo 2009-2010 en Jacona, Michoacán. Promedios con la misma letra en cada mes indica no diferencia estadística con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Hancock (1999) y Hamano *et al.* (2002) indican que la variación de contenido de SST en los frutos de los diferentes variedades durante los meses de muestreo, pudieran ser influenciados por el propio cultivar y el manejo agronómico.

Es también apreciable en la Figura 4 que en general se tuvo mayor contenido de SST promedio mensual al inicio de la producción y gradualmente la tendencia es a disminuir conforme el ciclo de producción llega a su fin; esto es especialmente cierto en las variedades mexicanas CP-Jacona y CP-Zamorana (Figura 5). Los frutos de ‘Festival’, por el contrario, mostraron un aumento en el contenido de SST de Diciembre a Febrero, con una disminución en Marzo y un pequeño repunte en abril pero sin diferencia significativa entre estos dos meses (Figuras 4 y 5). En general, el contenido de SST en todas las variedades, nacionales y extranjeras, fue consistentemente menor en los meses de Marzo y Abril.

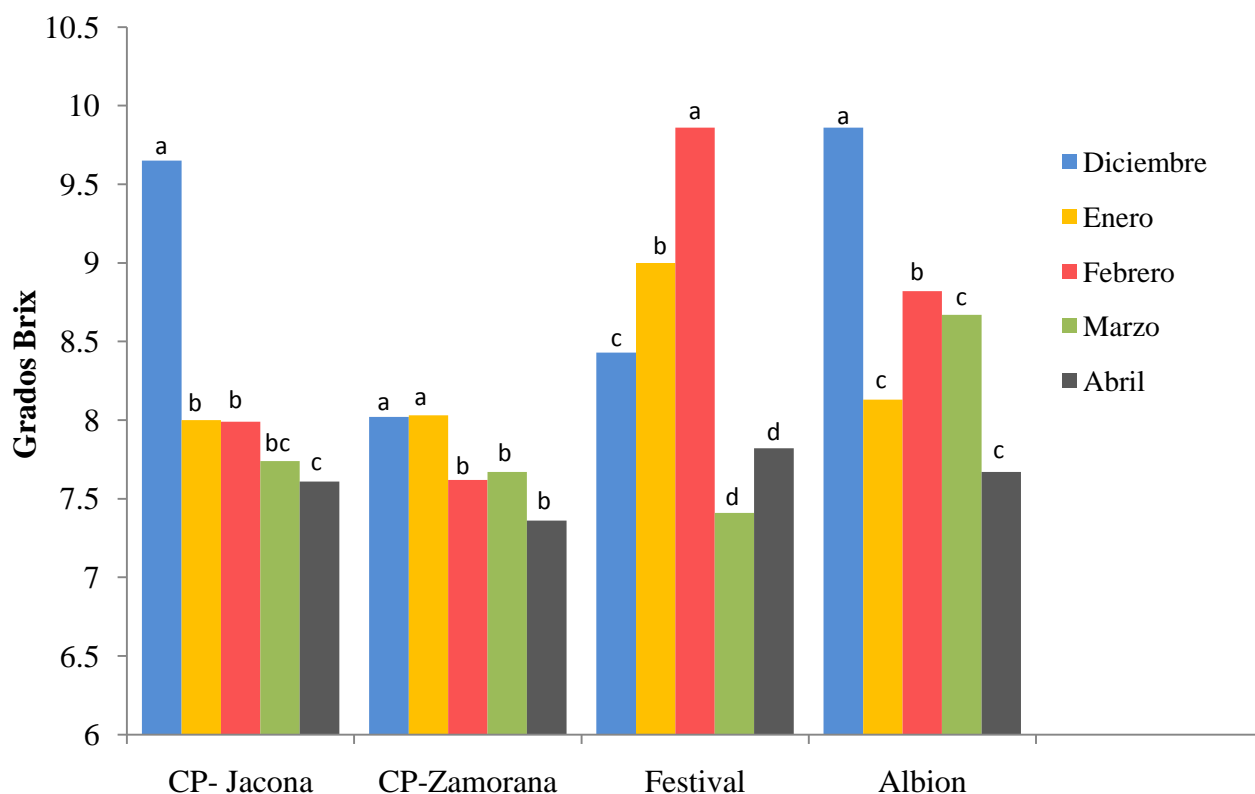


Figura 5: Comparación de la variación mensual del contenido de sólidos solubles totales en cuatro variedades de fresa durante el periodo de producción del ciclo 2009-2010 en Jacona, Michoacán. Promedios con la misma letra en cada mes indica no diferencia estadística con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Frutos de 'CP-Jacona', y 'Albion' significativamente presentaron un mayor contenido de SST durante el mes de diciembre en comparación con otros meses de producción. Por el contrario, 'Festival' presentó mayor contenido de SST en el mes de febrero. Hubbar *et al.* (1991) y Pérez *et al.* (1997) indican que la cantidad de glucosa, fructosa y sacarosa varía con el grado de madurez del fruto. Por su parte, Hulme (1970) señala que el contenido de los carbohidratos solubles depende del genotipo y de las condiciones climáticas durante el desarrollo y maduración del fruto (Hulme, 1970).

4.3.3. Acidez titulable (AT)

De la Figura 10 se desprende que los frutos de fresa de las variedades evaluadas tienen un comportamiento diferente en cuanto a la determinación promedio por mes del porcentaje de AT durante el periodo de evaluación, manteniéndose los mínimos decrementos entre variedades que hacen que las curvas de contenido de AT a través de los meses se muestre paralelo entre ellas (Figura 10) y claramente en disminución conforme transcurrieron los meses de cosecha. Las variedades mexicanas CP-Jacona y CP-Zamorana tuvieron niveles de acidez intermedios desde el principio, por debajo de 'Albion' y mayores que 'Festival'.

El porcentaje de AT disminuye con el tiempo y sobre esto, Hakala *et al.* (2002) mencionan que los resultados pueden ser influenciados por la fecha de su cosecha y las características de la variedad. Mientras que Kays, (1991) y Haffner *et al.*, (1998) mencionan que el cultivo, la variedad, la fertilización, la región, las condiciones meteorológicas, el tiempo de muestreo y el grado de madurez, afectan considerablemente el valor nutritivo y cualidades organolépticas (como la acidez) del fruto de la fresa.

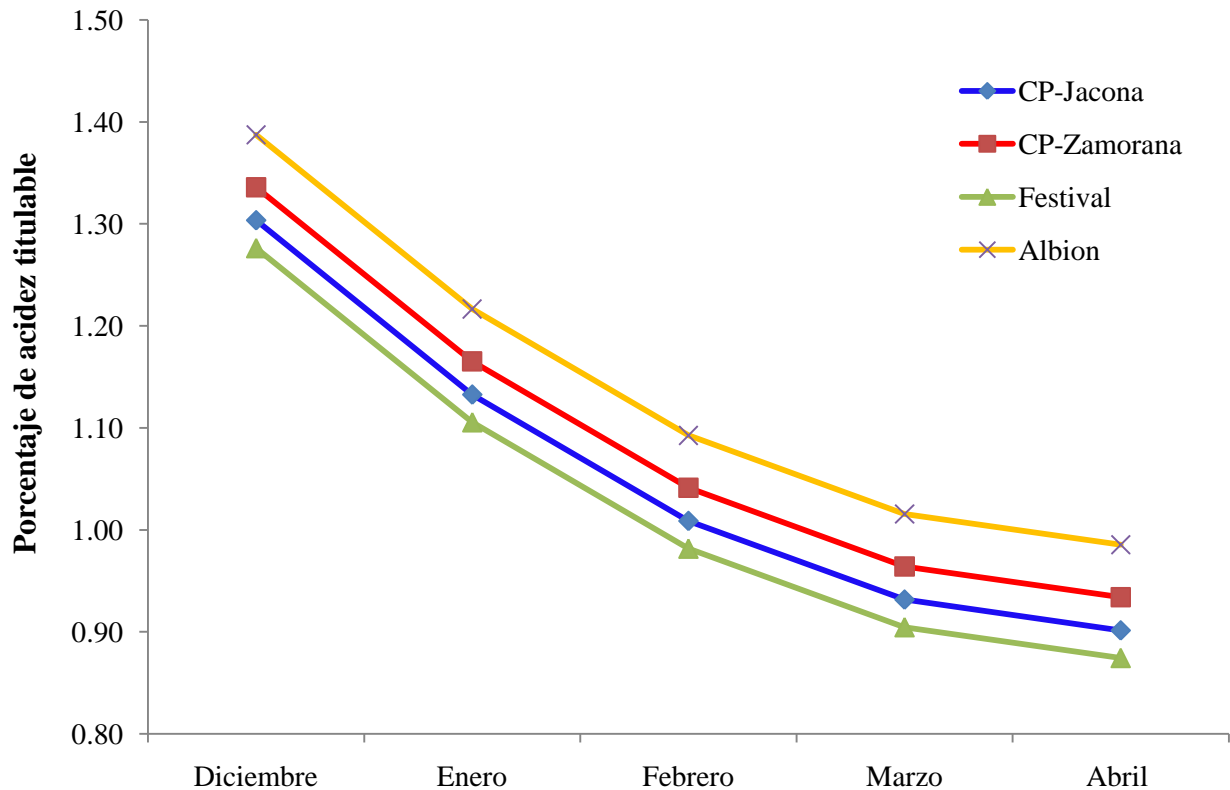


Figura 6: Variación mensual del contenido promedio de acidez titulable de cuatro variedades de fresa en el periodo de producción 2009-2010 en Jacona, Michoacán.

La disminución paulatina del contenido de sólidos solubles totales mostrada en las Figuras 4 y 5, la misma tendencia en acidez a través del tiempo en CP-Jacona y CP-Zamorana, pero en menor proporción respecto de la primera (SST), permiten inferir que la relación SST/AT se aumenta mes con mes durante el periodo de cosecha. Por otro lado, el aumento significativo del contenido de SST en la variedad Festival en de diciembre a febrero con un pico máximo en este mes, indican que la relación SST/AT es notablemente mayor en el mes de febrero, lo cual podría conferirle mejor balance y probablemente mejor sabor.

4.3.4. Contenido de ácido ascórbico

Con base en los datos determinados del contenido del ácido ascórbico en frutos en los diferentes meses del periodo de cosecha, se aprecia que es menor en la variedad CP-Jacona durante el mes de diciembre; sin embargo, a partir del mes de febrero 'CP-Zamorana' fue la variedad que presentó menor contenido de esta vitamina. Ojeda *et al.*, (2008) mencionan que el ácido ascórbico es una g-lactona que puede ser sintetizado a partir de glucosa y galactosa, por lo que su contenido está en función de la concentración de estos azúcares en el fruto. Montero *et al.* (1996) y Olsson *et al.* (2004) indican que hay mayor concentración de ácido ascórbico en frutos maduros que en no maduros.

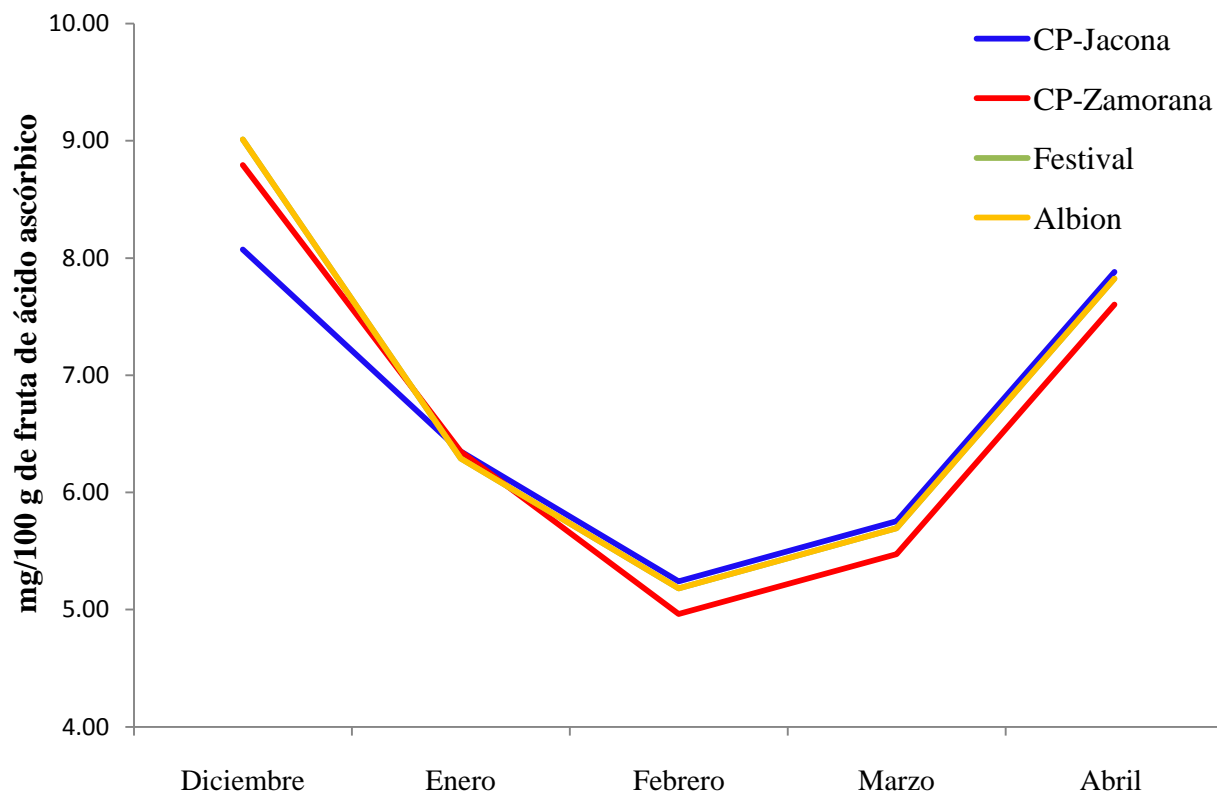


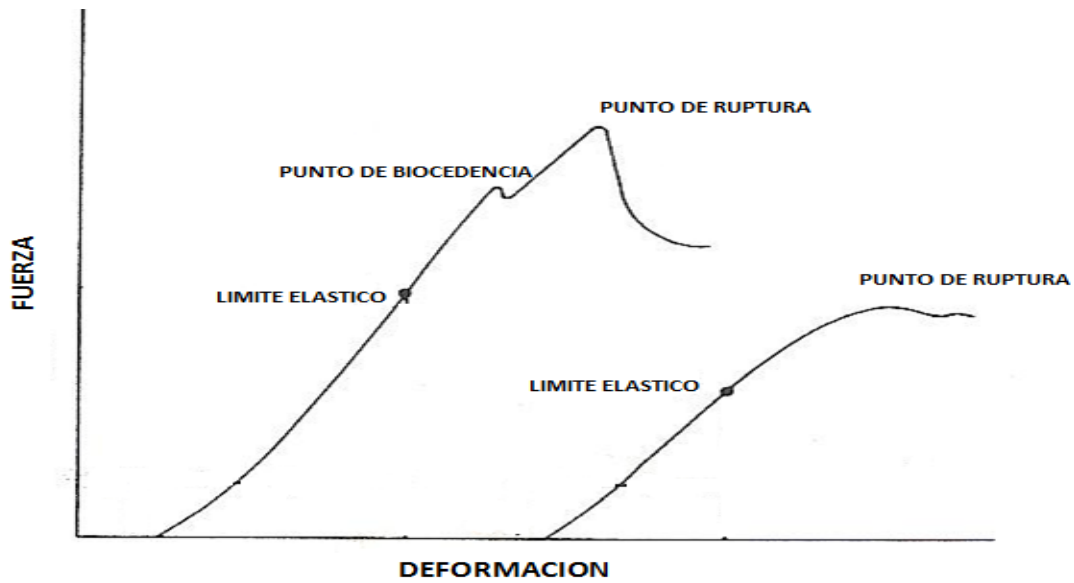
Figura 7: Contenido de ácido de ascórbico en frutos de fresa de las variedades mexicanas y extranjeras durante cinco meses de producción, en el valle de Zamora-Jacona, Michoacán durante el ciclo 2009-2010.

El contenido de ácido ascórbico es mayor al inicio de la producción y tiende a disminuir durante el mes de enero, siendo en febrero donde se encontró menor concentración; después de éste, nuevamente aumenta (Figura 7), teniendo un comportamiento polinomial de cuarto grado. Esto coincide con los resultados obtenidos por Atkinson *et al.* (2006) que indican que existe una relación inversa entre la producción de fruto (cuyo máximo de producción es en el mes de febrero) y el contenido de ácido ascórbico (que fue menor en febrero, Figura 7): es decir, cuando la producción de fruto aumenta, el contenido de ácido ascórbico disminuye y viceversa. Lee y Kader, (2000) y Cordenunsi *et al.* (2004) explican que el contenido de ácido ascórbico es modificado por varios factores como el estado de madurez, la variedad, riego y fertilización. Se ha indicado (Ferreyra *et al.*, 2007) que la intensidad de luz aumenta la producción de azúcar y, en consecuencia, aumenta la síntesis de ácido ascórbico. Por el contrario, las temperaturas más altas en el día y la noche pueden provocar una disminución en la síntesis de azúcar y ácido ascórbico (Ferreyra *et al.*, 2007; Wang y Camp 2000), aunque en este caso no coincide con lo encontrado en este estudio, pues la concentración de ácido ascórbico claramente disminuyó hacia enero y febrero, presentando los menores valores en estos meses con temperaturas más frías. Por estos efectos de luz y temperatura es que se considera a la época de recolección como otro de los factores que influye sobre la calidad de la fresa (Gady *et al.*, 2006).

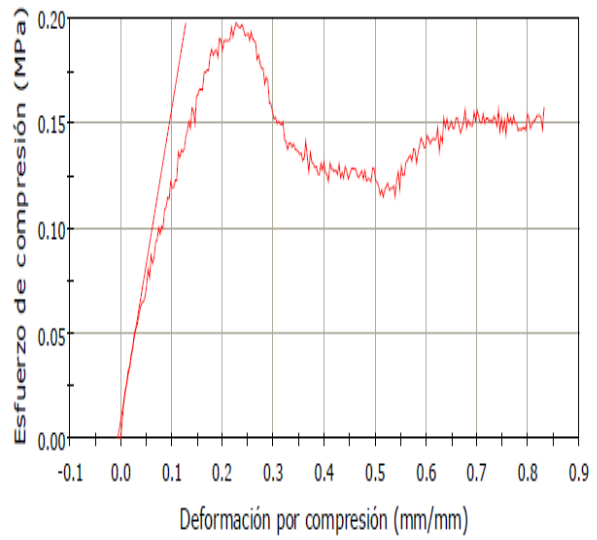
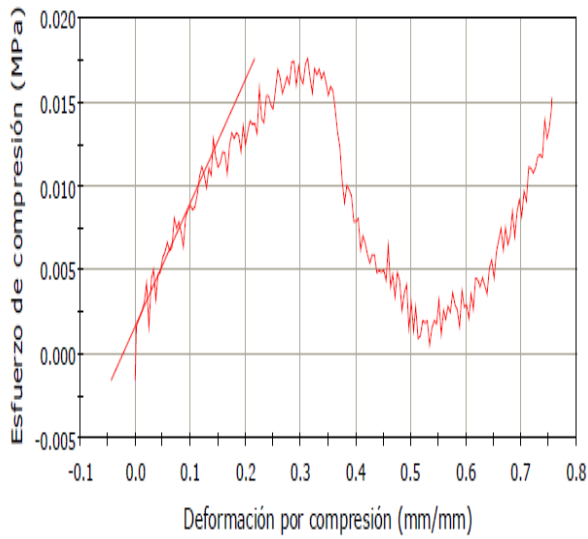
4.3.5. Daños mecánicos

Para el caso de un material biológico, según Mohsenin (1970) el punto de límite elástico es hasta donde la deformación es proporcional al esfuerzo. El punto de biocedencia, en el cual ocurre un incremento en la deformación con un decrecimiento o ningún cambio en el esfuerzo, indica que hay una ruptura celular en la estructura interna del material. El término biocedencia indica la falla de algún elemento estructural del material en ensayo. El punto de biocedencia corresponde a fallas en la microestructura, mientras que el punto de ruptura, corresponde a fallas en la macroestructura de la muestra (magulladuras, cortes, agrietamientos, fracturas, etc.) (Germán, 2004).

En la Figura 8 se muestran curvas esfuerzo de deformación ideal de un material biológico y para dos especímenes de fresa comprimidos hasta la ruptura de cualquier variedad.



a)



b)

Figura 8. Curvas de esfuerzo-deformación a) para materiales biológicos con y sin punto de biocedencia y b) para dos especímenes de fresa evaluados.

4.3.5.1 Máxima carga de compresión y esfuerzo máximo de compresión

Los datos que se obtuvieron en las pruebas de compresión, corresponden a las cuatro variedades de frutos de fresa que se emplearon en dos posiciones del fruto.

En la carga de compresión existe diferencia estadística significativa de la variedad CP-Zamorana con respecto de las demás variedades para las dos posiciones del fruto; asimismo, en lo que respecta al esfuerzo de compresión (Pa), los frutos de la variedad CP-Zamorana estadística y significativamente presentaron mayor capacidad de resistencia a la compresión, dada por un mayor esfuerzo con respecto a las demás variedades cuando las mediciones se hicieron en el plano vertical (Cuadro 5). El esfuerzo de compresión fue similar entre las variedades mexicanas y Festival pero se mostro significativamente menor en ‘Albion’ (Cuadro 5). Los resultados indicados muestran a CP-Zamorana como una variedad de frutos de gran firmeza que toleran mas la deformación por efecto de cargas y esfuerzos, lo cual la hace más tolerante a daños mecánicos durante su manejo postcosecha.

Cuadro 5. Medias de los efectos de los factores variedades y posiciones de cruceta sobre la carga y esfuerzo de compresión en frutos de cuatro variedades de fresas cultivadas y colectadas en Jacona, Michoacán, durante el ciclo 2009-2010.

Variedad	Carga (N)		Esfuerzo (Pa) [†]	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Festival	18.501 b ^z	17.239 b	154.19 b	222.27 a
Albion	18.621 b	16.021 b	36.08 c	53.96 b
CP-Jacona	13.363 b	17.021 b	31.45 c	207.72 a
CP-Zamorana	26.001 a	37.261 a	206.06 a	266.27 a

^z Promedios con la misma letra dentro de las columnas son similares estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

[†] Unidad de medida en Pascal

4.3.5.2 Deformación por compresión y módulo de Young

Los frutos de las variedades Festival y Albion muestran la tendencia a presentar los mayores valores de deformación (pero sin diferencia entre ellas) en comparación con las variedades mexicanas que en general tuvieron los menores valores de deformación, especialmente en el plano vertical (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de los efectos de los factores variedades y posiciones de cruceta sobre la deformación y el modulo de Young en frutos de cuatro variedades de fresa cultivadas y colectadas en Jacona, Michoacán, durante el ciclo 2009-2010.

Variedad	Deformación (mm/mm)		Modulo de Young (Pa) [†]	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Festival	0.618 a	0.691 a	350.78 b	463.51 b
Albion	0.599 a	0.600 ab	187.51 c	978.85 a
CP-Jacona	0.374 b	0.516 b	316.75 bc	564.33 b
CP-Zamorana	0.459 ab	0.558 b	1040.12 a	123.93 c

^z Promedios con la misma letra dentro de las columnas son similares estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con una diferencia mínima significativa para la comparación.

[†] Unidad de medida en pascal

El modulo de Young se relaciona directamente con la rigidez del tejido del fruto; López (2009) reporta valores de 210-270 Pa para frutos de chicozapote, Yam *et al*, (2009) encontraron valores de 220 a 330 Pa para frutos de guayaba en posición horizontal, y se indican valores en frutos de *Prunus pérsica cv. 'Late Alberta'* 190 a 210 Pa (Finney *et al.*, 1967). En este sentido, los valores aquí encontrados para las variedades de fresa (Cuadro 6) son notablemente superiores, especialmente en el plano horizontal, excepto en 'CP-Zamorana' que mostró el menor valor en este plano pero el mayor en el plano vertical, significativamente superior a las demás variedades.

Las cuatro variedades tuvieron valores de Módulo de Young estadísticamente diferentes en cada posición y entre variedades. Para el acomodo vertical 'CP-Zamorana' fue superior a las demás variedades, siendo la variedad Albion con menor rigidez y viceversa en la posición horizontal (Cuadro 14). Esta variación es debe ser debida a la forma irregular y al comportamiento de los materiales biológicos como entes vivos y cuyas células son sensibles a influencias como la humedad, temperatura, consumo de oxígeno y energía durante su desarrollo y almacenaje. Por consiguiente sus propiedades mecánicas cambian de acuerdo al tiempo y condiciones de cosecha, tiempo de almacenaje y condiciones de manejo (López *et al.*, 2009)

4.4. CONCLUSIONES

El porcentaje de pérdida de peso de los frutos de fresa se comportó en dependencia de las temperaturas de almacenamiento y del estado de madurez, las mayores mermas se obtuvieron en condiciones de temperatura ambiente de hasta 34% en contraste con frutos refrigerados a 5 °C en el que tuvieron mermas máximas de 20%.

Las variedades mexicanas CP-Zamorana y CP-Jacona mostraron menores pérdidas peso postcosecha que 'Festival' en frutos cosechados en los meses de mayor temperatura.

Los sólidos solubles en los frutos tienen mayor concentración al inicio del ciclo de producción y disminuyen conforme avanza el periodo. 'CP-Jacona' y 'Albion' tuvieron mayores valores al inicio de la cosecha pero 'Festival' alcanzó el máximo en el pico de producción de fruto, cuando las demás variedades mostraban la tendencia clara a disminuir. 'CP-Zamorana' tuvo valores bajos durante todo el periodo de producción con promedio de alrededor de 7.7°Bx.

El porcentaje de acidez titulable disminuye conforme el ciclo de producción avanza, la variedad Albion mostró valores máximos en contraste con Festival que presentó valores mínimos; las variedades mexicanas tuvieron acidez intermedia entre los dos cultivares comerciales extranjeros.

El comportamiento polinomio de cuarto grado del ácido ascórbico indica que los valores máximos se dan al inicio (Diciembre) y final del ciclo de producción (Abril) y el mínimo en el mes de febrero, tanto para las variedades mexicanas como extranjeras.

Los frutos de 'CP-Jacona' presentaron características cualitativas de exportación adecuadas para su consumo en fresco dadas por la relación de contenido de sólidos solubles totales y contenido de acidez, alto contenido de ácido ascórbico, durante el periodo de evaluación.

La variedad CP-Zamorana soporta una mayor carga de compresión, es decir, durante el transporte y almacenamiento se pueden poner mayor número de capas de frutos.

Estadísticamente no existe diferencia entre la posición del fruto que soporte mayor carga de compresión y, por ende, que disminuyan los daños mecánicos; sin embargo, la posición horizontal reporta valores mayores con respecto a la posición vertical sin llegar a la ruptura, siendo este acomodo el ideal para transportar fresa.

La posición del fruto presentó una relación inversa con respecto a la rigidez del fruto, siendo 'CP-Zamorana' de mayor rigidez en la posición horizontal y 'Albion' con menor, y viceversa en la posición vertical.

Las variedades mexicanas CP-Jacona y CP-Zamorana son dos nuevas variedades altamente competitivas frente a las variedades comerciales más cultivadas en la principal área productora de fresa en otoño-invierno en México.

4.5. LITERATURA CITADA

- Atkinson, J. C., P. A. A. Dodds., Y. Y. Ford., J. L. Miere., J. M. Taylor, P. S. Blanke., and N. Paul. 2006. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x anannassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. *Annals of Botany*. 97:429-441.
- Ayala-Zavala, J. F., S. Y. Wang, C. Y. Wang, and G. A. González-Aguilar. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT-Food Science and Technology*. 37:687–695.
- Azodanlou, R., C., J. L. Darbellay, J. C. Luisier, and R. Villettaz. 2003. Quality assessment of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:715–721.
- Capocasa, F., J. Scalzo, B. Mezzetti, and M. Battino. 2008. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. *Food Chemistry* 111:872-878.
- Chávez-Franco H.S., E. Vásquez-García, y C. Saucedo-Veloz. 1999. Propiedades biomecánicas de frutos. *Agrociencia* 34:329-335.
- Cordenunsi, B. R., M. I. Genovese, J. R. O. Nascimento, N. M. A. Hassimotto, R. J., F. Santos, and M. Lajolo. 2004. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant capacity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91:113-121.
- Diario Oficial. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de variedades vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección.
- Ferreira, R. M., S. Z. Viana, A. Mudridge, and A. R. Chavez. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Sci. Hort.* 112: 27-32.
- Finney, E. E. 1967. Dynamic elastic properties of some fruits during growth and development. *Journal Agricultural Engineering* 12:249.
- Gady, A. L., J. A. Tudela, M. L. Gil, J. J. Medina, C. Soria, and F. A. Tomás-Berberán. 2006. Efecto del cultivo hidropónico y convencional en la calidad de cinco variedades de fresa en tres épocas de recolección. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. CEBAS-CSIC. 101-104.

- Germán, V., 2004 Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia, Colombia.
- Guo, C., Yang, J., J. Wie, Y. Li, J. Xu, and Y. Jiang, 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719–1726.
- Hancock, J. F. 1999. *Strawberries*. CAB International Publishing. New York, NY, USA. 237 p.
- Hamano, M. Y., Yamazaki., and H. Miura. 2002. Change in sugar contents and composition of strawberry fruit during harvest periods. *Acta Horticulture*. 567: 369-372.
- Hakala, M. R., T. R. Huopalaht., and A. Lapvetelainen. 2002. Quality factors of finish strawberries. *Acta Horticulturae* 567:727-729.
- Haffner, K., and S. Vestrheim. 1998. Fruit quality of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*. 439 (I): 325-332.
- Holcroft, D. M., and A. A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biological Technology*. 17 (1):19-32.
- Hulme, A. C. 1970. Constituents of fruits. In: Hulme AC (ed) *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Academic Press, London and New York.
- Kays, S. J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: AVI.
- Kamperiduo, I., and M. Vasilakakis. 2005. Effect of propagation material on some quality attributes of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, var. Selva). *Scientia Horticulturae*. 107:137-142.
- Krivorot, A. M., and R. Dris. 2002. Shelf life changes of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*. 567:755-758.
- Lee, S. K., and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biological Technology*. 20:207-220.
- López B. V., P. C. Villaseñor, L.A. Pérez, y M. P. S. J. Cruz-Reyes. 2009. Propiedades mecánicas y respuesta fisiológica de frutos de chicozapote bajo compresión axial, Tesis de Maestría en Ingeniería.

- Mitcham, E. J. 2004. Strawberry. In: K. C. Gross, C. Y Wang, M. E. Saltveit. (Eds.). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist and Nursery Crops. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville Area, Agriculture Handbook 66 on the Website of the USDA.
- Miltchell, F. G., E. C. Axie, and A. S. Greathe. 1964. Handling strawberries for fresh market. Davis: University of California. 16p.
- Mohsenin, N. N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science. 742p.
- Nunez, V., C. Gómez-Cordoves, B. Bartolome, Y. J. Hong, and A. E. Mitchell. 2006. Nongalloylated and galloylated proanthocyanidin oligomers in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv. graciano, tempranillo and cabernet sauvignon. Journal Science Food Agricultural. 86:915-921.
- Montero, T. M., E. M. Mollá, R. M.cEsteban, and F. J. L. Andreu. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening . Scientia Horticulturae. 65: 239-250.
- Pérez A. G., R. Olías, J. Espada, J. M. Olías, and C. Sanz, 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45:3545-3549.
- Ojeda-Real L. A., R. Cardenas-Navarro, P. Lobit, O. Grageda-Cabrera, E. Valencia-Cantero, y L. Macías-Rodríguez. 2008. Efecto de la nutrición nítrica y sistemas de riego en el sabor de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Vol. XIV (1): 61-70.
- Olsson, M. E., J. Ekvall, K. E. Gustavsson, J. Nilsson, D. Pillai, I. Sjöholm, U. Svensson, B. Akesson., and M. G. L. Nyman. 2004. Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch): effects of cultivar, ripening, and storage. Journal of Agricultural and Food. 52: 2490-2498.
- Sturm, K., D. Koron, F. Stampar. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. Food Chemistry 83:417-422.
- Scalzo, J., A. Politi, N. Pellegrini, B. Mezzetti, and M. Battino. 2005 a. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. Nutrition, 21:207-213.

- Villaseñor, P. C. 2004. Análisis físico-Mecánico de frutos de Melón (*Cucumis melo L.*) Bajo compresión axial e impacto. Tesis de Maestría Colegio de Posgraduados Montecillo, Texcoco, México. 100p.
- Vinson, J. A., P. Bose, J. Proch, H. Al Kharrat, and N. Samman. 2008. Cranberries and cranberry products: Powerful in vitro, ex vivo and in vivo sources of antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(14):584-589.
- Wang, S., and M. J. Camp. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*. 85:183-199.
- Wesche-Ebeling, P., and M. W. Montgomery. 1990. Strawberry polyphenoloxidase: It is role in anthocyanin degradation. *Journal of Food Science*. 55:731-734.
- Yam T. A., P. C. Villaseñor, K. E. Romanchik, E. M. Soto, y P. M. Peña 2009. Análisis de frutos de guayaba (*Psidium guajava L.*) bajo compresión y su relación con los procesos fisiológicos, *Revista ingeniería agrícola y Biosistemas*. Pp 63-70.

5. APENDICE



Figura 1: Capacidad de propagación de plantas madre de las variedades de fresa: a) y b) Estolones con plantas hijas, c) y d) planta madres con plantas hijas.



a)

b)

Figura 2: Diferencias de calidad de planta de dos viveros. a) Plantas de fresa obtenidas en el vivero Tanaquillo y b) plantas de fresa obtenidas en el vivero de Zirahuén, Michoacán.



c)

d)

Figura 3: a) Establecimiento del experimento, b) arreglo del experimento para la evaluación de la productividad y calidad de fruto.



a)



b)



c)



d)

Figura 4: a) Fruto con calidad de exportación de la fresa, b) Nivel de productividad de la variedad CP-Jacona, c) Fruto con deformación y d) fruto chico.



a)

b)



c)

d)

Figura 5: Variedades de fresa a) Variedad Festival, b) variedad Albion, c) Variedad CP-Jacona y d) Variedad CP-Zamorana.