



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

**CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO
PARA ESTUDIAR EN POSTCOSECHA, LA APLICACIÓN
DE ESFUERZOS DINÁMICOS EN DURAZNO**

MARÍA GUADALUPE VICTORIA ESCAMILLA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2012

La presente tesis titulada: “CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA ESTUDIAR EN POSTCOSECHA, LA APLICACIÓN DE ESFUERZOS DINÁMICOS EN DURAZNO”, realizada por la alumna: **MARÍA GUADALUPE VICTORIA ESCAMILLA** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. SERGIO HUMBERTO CHÁVEZ FRANCO

ASESOR


DR. CARLOS ALBERTO VILLASEÑOR PEREA

ASESOR


DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

ASESOR


DR. JUAN MANUEL GONZÁLEZ CAMACHO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2012

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico que me otorgó para realizar mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados por apoyarme en mi superación académica. Muy especialmente al departamento de Fruticultura.

Al Dr. Sergio H. Chávez Franco por su valiosa colaboración y dirección en el presente trabajo y sobre todo por su ayuda incondicional en todo momento.

A los doctores Juan Manuel González Camacho; Guillermo Calderón Zavala; Carlos A. Villaseñor Perea quienes formaron parte de mi comité particular, por sus valiosos consejos y sugerencias durante mi formación de maestría.

Al Dr. A. Enrique Becerril Román por su invaluable apoyo y amistad brindados durante mi estadía en el COLPOS.

A todas aquellas personas que involuntariamente no menciono, pero que contribuyeron de alguna manera a la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

A Dios por permitirme ser, estar y existir...

*A los dos maravillosos seres que me dieron
la vida y les debo todo cuanto soy, han sido
mi ejemplo a seguir y mi fortaleza en todo momento:
Sara Escamilla Martínez y Noé Victoria Martínez.*

*A mis hermanos Cata, Soco, Gaby, Noé, Rey,
Pépe, Rami y Ricky por ser mi apoyo constante
y por la confianza que en mí han depositado.*

A mis sobrinitos por ser la alegría de la familia.

*A mis amigos que son ángeles que aparecieron
en mi vida y me han acompañado en el transcurso
de caminar: Yessi, Mago, Mari, Nely, Nery, Emmi,
Nico, Jorge, Chio, Sra Bri, Lic Celia, Doña Mari...*

*Con cariño
Lupita V.E.*

INDICE

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	IV
CUADROS	VII
FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	1
SUMMARY	2
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES.....	3
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 GENERALIDADES DEL DURAZNO (<i>PRUNUS PERSICA</i>).....	3
1.3 IMPORTANCIA DE LOS DAÑOS MECÁNICOS	6
1.3.1 <i>Tipos de daños mecánicos.....</i>	<i>8</i>
1.3.2 <i>Daños por transporte.....</i>	<i>9</i>
1.4 TEORÍA DEL ESTUDIO FÍSICO-MECÁNICO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	10
1.5 LITERATURA CITADA	12
CAPÍTULO II. RESPALDO DE INFORMACIÓN MEDIANTE LA IMAGEN DEL SISTEMA Y GEOPOSICIONAMIENTO DE UNA RUTA CON GOOGLE EARTH Y UBICAR Y ESCANEAR TOPES EN EL TRAYECTO.....	15
2.1 RESUMEN	15
2.2 INTRODUCCIÓN	15
2.2.1 <i>Importancia del respaldo de información.....</i>	<i>15</i>
2.2.2 <i>Daños causados por topes.....</i>	<i>16</i>
2.3 OBJETIVOS.....	17
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.4.1 <i>Pasos a seguir para configurar y prevenir la pérdida de datos</i>	<i>17</i>
2.4.2 <i>Geoposicionamiento de una ruta con google earth y escaneo de topes.....</i>	<i>20</i>
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
2.5.1 <i>Imagen del Sistema.....</i>	<i>21</i>
2.5.2 <i>Geoposicionamiento de topes en el circuito del periférico de Texcoco.....</i>	<i>21</i>
2.6 CONCLUSIONES	29
2.7 RECOMENDACIONES	29

2.8 LITERATURA CITADA	30
CAPÍTULO III. DISEÑO, FABRICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO DE SIMULACIÓN DE ESFUERZOS DINÁMICOS EN DURAZNO (<i>PRUNUS PERSICA</i>).....	31
3.1 RESUMEN	31
3.2 INTRODUCCIÓN	31
3.3 OBJETIVOS	33
3.4 HIPÓTESIS	33
3.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.5.1 Localización del sitio de estudio.	33
3.5.2 Materiales	34
3.5.3 Tratamientos y variables evaluadas	34
3.5.4 Diseño experimental.....	35
3.5.5 Variables evaluadas	35
3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.6.1 Pérdida de peso	50
3.6.2 Tamaño.....	52
3.6.3 Sólidos Solubles Totales	53
3.6.4 Firmeza	54
3.6.5 Color	57
3.6.6 Respiración mediante flujo dinámico	67
3.7 CONCLUSIONES	73
3.8 LITERATURA CITADA	74

CUADROS

Cuadro 1.1. Principales estados productores de durazno en México en 2010, (SIAP, 2010).	6
Cuadro 2.1 Datos generales de la computadora	17
Cuadro 2.2 Descripción de las coordenadas finales de los 29 topes identificados.	25
Cuadro 3.1 Análisis de la respiración por medio de flujo dinámico en durazno.	69
Cuadro 3.2 Comparación de tasas de respiración de durazno por día.	71

FIGURAS

Figura 1. Descripción de las partes del fruto de durazno.....	4
Figura 2. Producción mundial de durazno en 2010, (FAO, 2010).....	4
Figura 3. Principales países importadores de durazno, (FAO, 2009)..	5
Figura 4. Principales países exportadores de durazno, (FAO, 2009).	5
Figura 5. Localización de topes en la ruta del periférico de Texcoco (Vista Satelital).....	22
Figura 6. Localización de la ruta del periférico de Texcoco (Vista Google Maps).....	23
Figura 7. Vista cercana de la precisión de Google Earth con respecto al GPS destacando los topes 9 y 10 con un indicador amarillo.	24
Figura 8. Diseño del escaneador tridimensional para perfiles	26
Figura 9. Descripción transversal del escaneador de topes fabricado.....	26
Figura 10. Escaneo de topes en el periférico de Texcoco	27
Figura 11. Perfil de los topes escaneados.....	28
Figura 12. Diseño de dos modelos de topes para simular en laboratorio.	28
Figura 13. Primer bosquejo del simulador de esfuerzos dinámicos	40
Figura 14. Dimensionamiento de los componentes del prototipo.....	41
Figura 15. Modificaciones al prototipo.....	41
Figura 16. Bosquejos a través del tiempo corrigiendo las limitantes detectadas	43
Figura 17. Diseño del modelo simulador de esfuerzos dinámicos para uso en laboratorio...	44
Figura 18. Imagen real del aparato simulador de esfuerzos dinámicos.	45
Figura 19. Durazno Paquimé: A) tratamiento testigo 0 kg, B) el simulador con 50 kg de peso aplicados a los frutos de durazno Paquimé, C) duraznos día 1, D) desjuge de frutos, E) duraznos día 2, F) desjuge día 2, G) duraznos día 3, H) aplastamiento polar del fruto y manchado por la malla, I) apariencia del fruto al final del tratamiento, J) descomposición de frutos al día 3, K) medición de firmeza final.	46
Figura 20. Durazno Paquimé, tratamiento 14 kg: A) acomodo de los frutos al inicio del tratamiento, B) aplicando carga, C) frutos al día 1, D) oscurecimiento interno del fruto, E) manchado alrededor del endocarpio, F) deformación del fruto y daños internos.....	47
Figura 21. Durazno Oro de Tlaxcala, tratamiento 100 kg: A) acomodo de los frutos al iniciar el tratamiento, B) carga aplicada sobre los frutos, C) frutos al día 1, D) frutos al día 2, E) frutos al día 3, F) se muestra el aplastamiento de la zona polar del durazno por la carga	

aplicada, G) manchado exterior del fruto por carga y desjague, H) manchado interno del fruto, I) oscurecimiento de la zona dañada por la carga.....	48
Figura 22. Durazno Oro de Tlaxcala, tratamiento 50 kg: A) iniciando tratamiento, B) con la carga aplicada, C) frutos día 1, D) frutos día 2, E) daños internos del fruto.	49
Figura 23. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de durazno de dos variedades en seis tratamientos a los tres días a temperatura ambiente.....	50
Figura 24. Pérdida de peso porcentual de frutos de durazno Paquimé y Oro en tres tratamientos de carga en el tiempo total de su tratamiento (se utilizaron valores promedio).	51
Figura 25. Pérdida de diámetro polar de frutos de durazno respecto a la carga aplicada (se usaron todos los valores).....	52
Figura 26. Comportamiento respuesta de sólidos solubles totales en durazno respecto a carga, en comparación a un día.....	53
Figura 27. Comportamiento de sólidos solubles en durazno durante los tratamientos a través del tiempo. Se utilizaron valores promedio para cada tratamiento.....	54
Figura 28. Pérdida de firmeza de durazno por día por efecto de la carga aplicada.	55
Figura 29. Firmeza promedio de durazno a través del tiempo.....	56
Figura 30. Sólido de color para explicar la posición 3D del color (L, a, b).....	57
Figura 31. Nube de dispersión de color de frutos de durazno vistos en 3D.....	59
Figura 32. Valores de color en 3D durazno Oro de Tlaxcala.	60
Figura 33. Valores de color en 3D durazno Paquimé	61
Figura 34. Promedios de color en 3D de durazno Oro	62
Figura 35. Promedios de color en 3D de durazno Paquimé	63
Figura 36. Promedios de color entre tratamientos vistos en 3D.	64
Figura 37. Box plot diferencias de índice de saturación entre variedades	65
Figura 38. Box plot diferencia de ángulo hue entre variedades	65
Figura 39. Box plot de índice de saturación diferencias entre tratamientos	66
Figura 40. Box plot de ángulo hue comparación entre tratamientos	66
Figura 41. Respiración dinámica de durazno	68

RESUMEN

Los frutos de durazno (*Prunus persica*) tienen corta vida de anaquel, su actividad metabólica se ve afectada por la presencia de daños mecánicos, este daño físico puede ser causado por impacto o vibraciones durante el transporte y en general el manejo después de cosechar las frutas, provocando en general pérdidas de hasta 40% en su mayoría. En este trabajo se diseñó, fabricó y evaluó un prototipo de simulación de esfuerzos dinámicos en durazno. Se evaluaron dos variedades de durazno (Paquimé y Oro de Tlaxcala), a diferentes grados de madurez y se aplicaron diferentes cargas (Paquimé testigo 0, 14 y 50 kg; Oro testigo 0, 50 y 100 kg). Se midió la pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, color y respiración por flujo dinámico. Se utilizaron con modelos de regresión no lineal para describir las variables respuesta de firmeza y sólidos solubles totales, en función de la carga. En color se encontraron diferencias significativas (Tukey, $\alpha=0.05$) entre tratamientos de diferentes variedades para el índice de saturación y ángulo hue. La respiración presentó disminución en sus tasas de crecimiento al paso del tiempo.

Palabras clave: *Prunus persica*, esfuerzos dinámicos, cargas, postcosecha, daño mecánico

SUMMARY

Peach fruits (*Prunus persica*) have short shelf life, their metabolic activity is affected by the presence of mechanical damage, this damage can be caused by physical impact or vibration during transportation and general management postharvest, causing losses of up to 40% in most fruits. In this research we design, built and evaluate a prototype simulator to apply dynamic loads on fruit peach. We evaluate two peach varieties (Paquimé and Tlaxcala Oro), at several degrees of maturity under four applied loads (Paquimé 0, 14 and 50 kg; Oro 0, 50 and 100 kg). We measure weight loss, firmness, total soluble solids, color and rate of respiration using continuous air flow method. Non-linear regression models were used to study the following parameters; firmness, total soluble solids and their behavior under those loads. Color showed significant differences (Tukey, $\alpha=0.05$) between varieties and between treatments of different varieties for the saturation index and hue angle. Respiration rate showed diminishing patterns during time.

Keywords: *Prunus persica*, dynamic stresses, loads, postharvest mechanical damage

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El durazno (*Prunus persica*), es originario de China donde se cultiva desde hace 3,000 años. Los duraznos fueron traídos probablemente a Persia a través de las rutas comerciales por las montañas, llegó a ser conocido como fruta pérsica, de ahí el nombre pérsica, esto llevo al error de que los melocotones eran originarios de Persia (Ogawa *et al.*, 1999). Durante la conquista, los españoles trajeron semillas de este frutal a México.

Juscafresa (1978), Tamaro (1979) y Vidal (1979) mencionan que el durazno es originario de China en donde se cultivó en épocas remotas; en China éste es venerado, se considera el árbol del bien y del mal; es muy cultivado pero sus frutos son de mala calidad.

Rodríguez y Pérez (1980) indican que el durazno fue introducido por los árabes, del Norte de África a España; de allí los españoles lo introdujeron a América. En México, en el siglo XV se extendió en los lugares más recónditos que presentaban posibilidad de adaptación; después de sucesivas generaciones, se origino una amplia gama de fenotipos que persisten hasta la actualidad.

1.2 GENERALIDADES DEL DURAZNO (*Prunus persica*)

De acuerdo con Rodríguez y Pérez (1980) y Demenech (1981), el durazno (*Prunus persica*) pertenece al Reino Vegetal, División Tracheophyta, Subdivisión Angiospermae, Clase Dicotiledoneae, Subclase Cloripetalas, Orden Rosales y Familia Rosaceae.

Su fruto es una drupa, fruto carnoso derivado de ovario súpero, unicarpelar, uniseminado, con el endocarpio óseo (llamado hueso o carozo), el mesocarpio carnoso y el epicarpio delgado.

La parte comestible es el mesocarpio y epicarpio de la drupa. Esta fruta, de piel aterciopelada, posee una carne amarilla o blanquecina, de sabor dulce que despiden un delicado aroma. En la Figura 1 se muestran las partes del fruto.

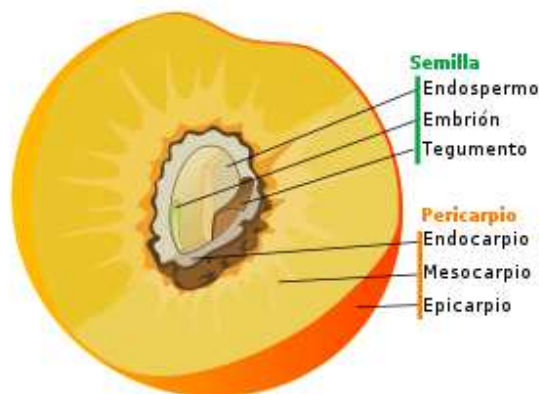


Figura 1. Descripción de las partes del fruto de durazno

La producción de durazno a nivel mundial en 2010 (FAO, 2012) indica que China es el principal productor con 10,718,048 toneladas, seguido por Italia, España y Estados Unidos, estos cuatro países aportan 76% de la producción mundial. México se encuentra en el lugar número 13 con una producción de 227,421 toneladas (Figura 2).

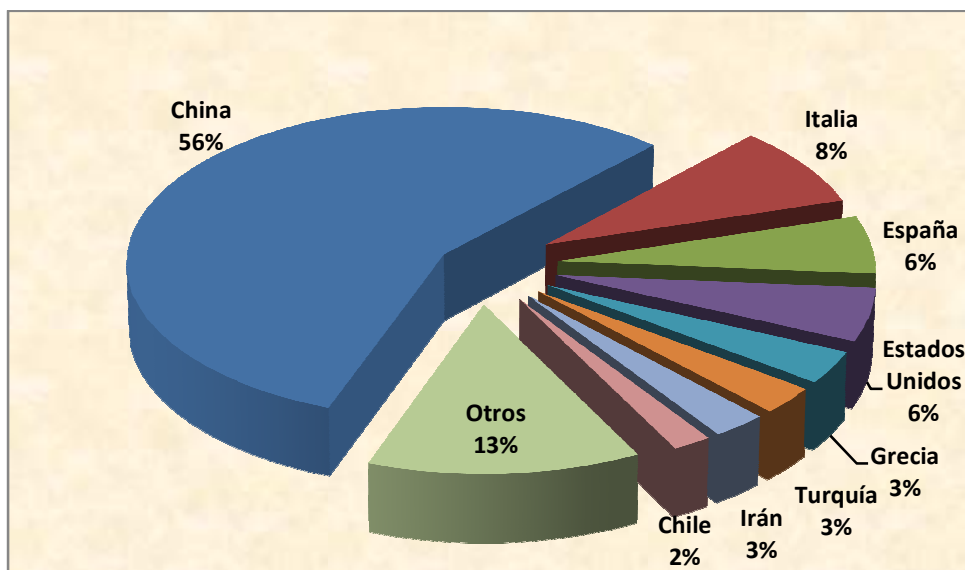


Figura 2. Producción mundial de durazno en 2010, (FAO, 2010).

La comercialización de durazno a nivel mundial tiende a la alza debido al incremento en la demanda de consumo de productos frescos. En las importaciones de durazno tenemos a Alemania como principal importador con un 21% seguido por Rusia y Francia (Figura 3).

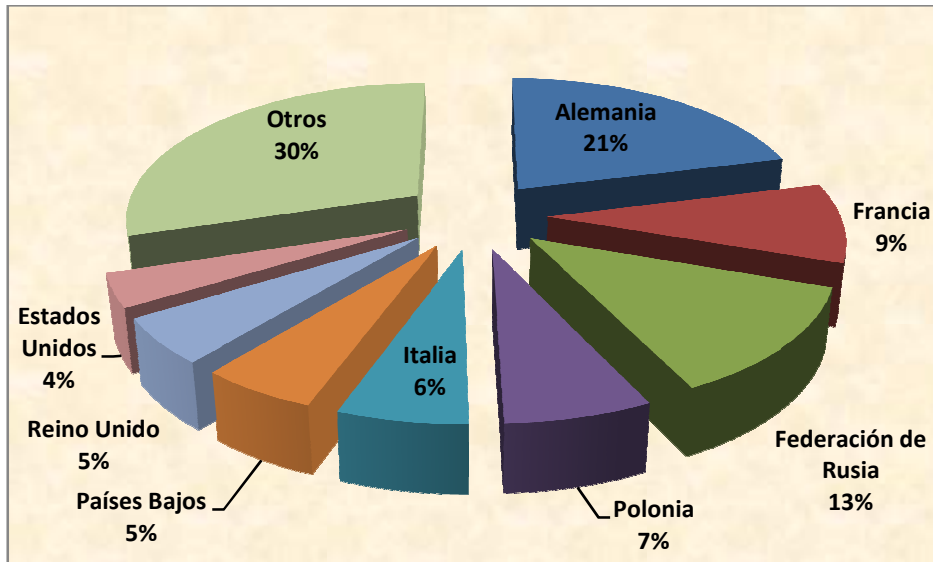


Figura 3. Principales países importadores de durazno, (FAO, 2009).

En cambio el mercado de las exportaciones es liderado por España, seguido por Italia y la Unión Europea aportando 67% de éstas (Figura 4).

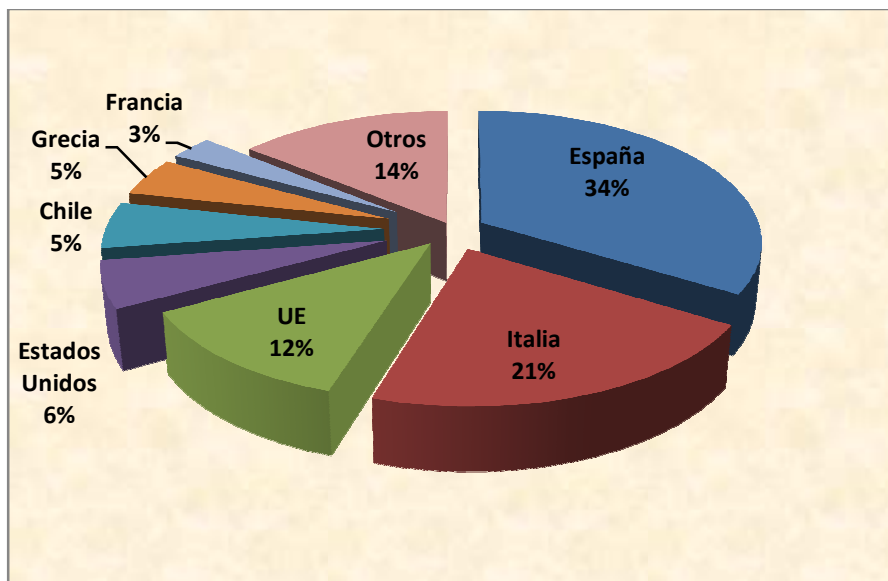


Figura 4. Principales países exportadores de durazno, (FAO, 2009).

El durazno es un frutal que tienen gran importancia en la economía del país, debido a la extensión cosechada y volumen de producción, es una fruta rica en carotenoides y antocianinas que se tienen propiedades antioxidantes que protegen contra varias patologías como inflamación, cáncer, arterioesclerosis y problemas circulatorios (Prior y Cao, 2000; Wargovich, 2000).

Cuadro 1.1 Principales estados productores de durazno en México en 2010, (SIAP, 2010).

Estado	Superficie Sembrada (Ha.)	Superficie Cosechada (Ha.)	Volumen Producción (Ton.)	Valor Producción (\$)	Rendimiento (Ton. / Ha.)	Precio Medio Rural (\$ / Ton.)
Zacatecas	16,804.31	15,737.31	51,747.86	367,512,324.94	3.288	7,101.98
Michoacán	5,987.35	5,345.85	35,313.55	200,124,773.14	6.606	5,667.08
Puebla	3,543.50	3,543.50	18,051.62	89,744,836.80	5.094	4,971.57
México	3,321.75	2,921.25	30,209.63	223,254,879	10.341	7,390.19
Chihuahua	2,249.50	2,054	21,337.40	93,525,000	10.388	4,383.15
Otros	12,814.45	12,046.50	70,761.57	554,534,042		
TOTAL	44,720.86	41,648.41	227,421.63	1,528,695,856	5.46	6,721.86

Zacatecas, Michoacán, Puebla, México y Chihuahua, continúan siendo los productores más importantes de durazno a nivel nacional como se observa en el Cuadro 1.1, los cuales en conjunto concentran 69% de la producción total. El precio medio rural promedio es de 6,721 pesos por tonelada de durazno y su rendimiento promedio por tonelada es de 5.5 ton/ha.

El consumo *per cápita* de durazno en México fue de 2.4 kg en 2006 y se pronostica en aumento para los subsecuentes años por la tendencia hacia el consumo de los productos en fresco.

1.3 IMPORTANCIA DE LOS DAÑOS MECÁNICOS

Las lesiones mecánicas en frutos, durante el manejo en la cosecha y postcosecha, son responsables de pérdidas significativas durante la distribución y comercialización. Ellas afectan directamente la apariencia externa, que es un

importante atributo de calidad en frutas, y es el principal factor de rechazo por el consumidor (Sánchez *et al.*, 2007).

Las propiedades biomecánicas de los productos frutícolas constituyen aspectos importantes para la calidad de las frutas. Las magulladuras son los daños mecánicos más comunes en los frutos durante el transporte en postcosecha y no solo afecta directamente a la calidad, si no que es un factor importante para el ataque y entrada de patógenos (Van Zeebroeck *et al.*, 2006). Este daño físico puede ser causado por impacto o vibraciones durante el transporte y en general el manejo después de su cosecha de las frutas, provocando año con año que se tengan pérdidas de hasta 40% en la mayoría de las frutas (Zhang, 2000) y de 5 a 25% en países desarrollados y de 20 a 50% en países en desarrollo, dependiendo de las instalaciones, cultivares y condiciones de manejo (Kader, 2002) como consecuencias se tienen pérdidas comerciales y monetarias, sobre todo que una fruta dañada no es preferente para los consumidores y en consecuencia para la calidad inaceptable.

Entre las propiedades biomecánicas están el peso y el tiempo pueden soportar las frutas antes de llegar a su límite de elasticidad, de deformación plástica, o de resistencia al corte en diferentes estados de madurez, así como el grado de deformación cuando el fruto cae de diferentes alturas y sobre diversos tipos de superficies, todo ello con la finalidad de conocer la resistencia del fruto al daño mecánico y de esta manera mejorar su manejo en postcosecha (Chávez *et al.*, 2000).

Investigaciones recientes han mostrado que las vibraciones durante el transporte de productos frescos tienen efectos importantes sobre la vida postcosecha de los frutos, la aceptabilidad por los consumidores, y la disminución de los daños mecánicos en duraznos (Jarimopas *et al.*, 2005), manzanas (Van Zeebroeck *et al.*, 2006), y peras (Berardinelli *et al.*, 2005).

Los esfuerzos para reducir los daños mecánicos requieren de conocer la susceptibilidad del producto y el tiempo en el cual realmente suceda el impacto. Sin

embargo, su detección es complicada por la falta de evidencias visibles al incurrir el daño físico (Peleg, 1974).

La calidad de los frutos en cualquier punto de la producción o sistema postcosecha está en función del tiempo. Un daño mecánico latente, que ocurre en una etapa de postcosecha, no es visible de manera inmediata; pero se manifiesta más tarde y provoca la disminución de la calidad del producto (Villaseñor, 2004).

La resistencia o comportamiento mecánico de los frutos a los daños mecánicos está definido básicamente por las siguientes características: físico-morfológicas, como volumen, forma y composición externa (exocarpio) e interna (mesocarpio, endocarpio y embrión) de los frutos, debido a que éstos componentes actúan de diferentes formas ante las mismas condiciones (Khan y Vincent, 1991); bioquímico-fisiológicos, como el grado de madurez que tiene estrecha relación con diversos cambios hormonales y enzimáticos que propician el ablandamiento del fruto (Pantástico, 1984).

1.3.1 Tipos de daños mecánicos

De acuerdo al tipo de interacción con su entorno, los daños mecánicos que puede sufrir un producto agrícola se clasifican de tres formas: por fricción, por impacto o por compresión. La fricción resulta del movimiento del producto contra objetos adyacentes, dando lugar a una abrasión superficial. El impacto se refiere al choque entre frutos o contra las paredes o piso del contenedor del producto, sobre todo cuando no hay restricción de movimiento vertical. La compresión se presenta debido a la presión que ejercen frutos u objetos en capas superiores, principalmente cuando el producto se transporta a granel (Fabela *et al.*, 2002).

A medida que los frutos sufren daños ocurre un aumento en la liberación de CO₂, pues las células próximas al punto dañado respiraran más intensamente y con ese aumento en la tasa respiratoria existe un incremento en la liberación de etileno

acelerando el proceso de maduración y senescencia que disminuye la calidad y vida útil del fruto (Durigan *et al.*, 2007a). Estudios previos muestran que los daños por compresión en frutos son responsables de aumentos en la actividad respiratoria de melón (Villaseñor *et al.*, 2006), calabacita (Durigan *et al.*, 2007 a), sandía (Durigan *et al.*, 2007 b), limas ácidas 'Tahiti' (Durigan *et al.*, 2005), guayabas Pedro Alto y Paluma (Mattiuz *et al.*, 2001). Khan y Vicent (1993) y Knee (2002) sugieren que la prevención de la magullación, requiere ingeniería antes que investigación biológica. El conocimiento generado a partir de parámetros de ingeniería podría ser útil para decidir en qué posición morfológica se pueden colocar las frutas y hortalizas en los diversos empaques y contenedores con la finalidad de minimizar los daños mecánicos.

1.3.2 Daños por transporte

La mayoría de los productos agrícolas se transportan en vehículos que transitan por carretera y se ha establecido de manera concluyente que este transporte es una fuente potencial de daño a los mismos, cuya severidad depende de la intensidad y duración de la vibración y otras cargas combinadas que se producen durante el transporte (Fabela *et al.*, 2002). Las frutas generalmente son transportadas en algún contenedor y las fuerzas estáticas y dinámicas que actúan sobre la fruta pueden causar daño si exceden un valor dado. La fuerza estática puede ser calculada a partir del peso de la columna de fruta que está siendo transportada, mientras que la carga dinámica es una consecuencia de la vibración causada por el transporte (Alcántara, 2009).

El peligro de daños por impacto está presente dentro de los medios de transporte, donde frenados repentinos convierten el contenido del embalaje en proyectiles que se golpean entre sí o con las paredes del mismo; provocando de esta manera el daño del producto. La severidad del daño en el fruto se relaciona primordialmente con la altura de caída, velocidad, número de impactos, tipo y tamaño de la superficie

de impacto y a las propiedades físicas del fruto, relacionadas o no con su estado de madurez (Altisen, 1991).

La compresión provoca magulladuras o fracturas; pero se manifiesta principalmente durante y después del empaque como resultado del forzamiento excesivo del producto dentro de pequeños contenedores (Ryall y Lipton, 1979). El magullamiento ocasiona daños al tejido o pulpa de la fruta; además influye en el color, sabor y textura de la misma lo que no implica la rotura de la piel (Villaseñor, 2004).

Estos tipos de daños pueden generarse durante la transportación del producto por carretera, ya sea de forma individual o combinada. En la generación del daño, tiene influencia el tipo de empaque, el tipo de vehículo, las acciones de conducción y el estado superficial de la carretera, que son la fuente de la vibración que sufre el producto (Fabela *et al.*, 2002).

La severidad del daño depende de la distancia de la caída del fruto, la fuerza de impacto, número de impactos, el tipo de impacto superficial y el tamaño y madurez del fruto (Lin y Brusewitz, 1994; Berardinelli *et al.*, 2005).

1.4 TEORÍA DEL ESTUDIO FÍSICO-MECÁNICO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

La reología es una ciencia relativamente nueva que trata principalmente sobre la determinación de las propiedades físico-mecánicas en los productos agrícolas. Con la ayuda de la reología se puede determinar la susceptibilidad a los daños de dichos productos. Nace la necesidad por conocer su resistencia a los daños mecánicos y conservar su calidad. Los estados característicos de los materiales que influyen en las propiedades mecánicas aparecen como variables, las más importantes son: el contenido de humedad y temperatura; tipo de producto, la etapa de madurez, entre otros, las cuales se han presentado sólo para algunos materiales y así para un número relativamente grande de materiales, sus datos todavía no están disponibles (Villaseñor, 2004).

La viscoelasticidad es el comportamiento que presentan los materiales biológicos, con relación al esfuerzo-deformación en dependencia del tiempo (Mohsenin, 1986). El comportamiento viscoelástico de los materiales no solo depende del esfuerzo y deformación, también del tiempo. Las evidencias experimentales señalan que los productos agrícolas son materiales viscoelásticos y pueden estudiarse basándose en modelos viscoelásticos lineales (aquellos en los cuales la relación entre el esfuerzo y la deformación es solamente función del tiempo); estos modelos interpretan el comportamiento reológico de dichos productos.

1.5 LITERATURA CITADA

- Alcántara G.M.L. 2009.** Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. Tesis Doctorado conjunto de las Universidades Politécnica de Valencia (España) y de Guanajuato (México). Valencia, España.
- Altisent M.R. 1991.** Damage mechanisms in the handling of fruits. *Agricultural Physics and Engineering*. J Matthews. Ed. CAB International. Wallingford, RU 235-257 pp.
- Berardinelli A., Donati V., Giunchi A., Guarnieri A., Ragni L., 2005.** Damage to pears caused by simulated transport. *J. Food Eng.* 66: 219–226.
- Chávez F.S.H., Vázquez G.E. y Saucedo V. C. 2000.** Propiedades biomecánicas de frutos de zarzamora, *Agrociencia*, 34: 129-135.
- Demenech J.M.T. 1981.** Atlas de botánica. 25ª edición. Ediciones Jover. Barcelona, España.
- Durigan B. M. F.; H. Mattiuz e F. Durigan. 2005.** Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida ‘tahiti’ armazenada sob condição ambiente”, *Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal*, 27: 369-372.
- Durigan B. M. F. e H. Mattiuz. 2007a.** Efeito de injúrias mecânicas na qualidade de abobrinhas armazenadas em condição ambiente”, *Horticultura Brasileira*, 25: 291-295.
- Durigan B. M. F. e H. Mattiuz. 2007b.** Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de melancias armazenadas em condição ambiente”, *Horticultura Brasileira*, 25: 296-300.
- Fabela G.M.J., Hernández J.J.R., Vázquez V.D., Lozano G.A. 2002.** Vibración durante el transporte y su efecto en percederos. Enfoque introductorio. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación técnica No. 188. Sanfandila, Querétaro, México.
- Jarimopas B., Singh, S.P., Saengnil, W., 2005.** Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit. *Packag. Technol. Sci.* 18: 179–188.

- Juscafresa B.1978.** Árboles frutales, Cultivo y Explotación Comercial. 7ª.ed.Edit. ADEOS.Barcelona España. 381 p.
- Kader A. A. 2002.** Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. USA. 525 p.
- Khan A. A. and FV Vincent.1991.** Bruising and Splitting of apple fruit under uni-axial compression and the role of skin in preventing damage. J.Text.Stud. 22:251-263.
- KhanA. A. and F.V. Vincent. 1993.** Compressive stiffness and fracture properties of apple and potato parenchyma. Journal Texture Studies, 24: 423-435.
- Knee M. 2002.** Fruit quality and its biological basis, pp 164-175, Sheffield Academic Press U.S.A-Canada.
- Lin X., and Brusewitz G.H.1994.** Peach bruise thresholds using the instrumented sphere. Applied Engineering in Agriculture. 10, 509-513.
- Ogawa J.M.,Zehr E.I., George W.B., Ritchie F.D.,Kiyoto U. y Uyemoto J.K. 1999.** Plagas y enfermedades de los frutales de hueso. La Sociedad Americana de Fitopatología. 105 p.
- Mattiuz B. H. and F. Durigan. 2001.** Effect of mechanical injuries on firmness and color of 'Paluma' and 'Pedro Alto' guavas. Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal, 23: 277-281.
- Mohsenin N.N. 1986.** Physical Properties of plant and animal materials. Structure, physical characteristics and mechanical properties. 2a Edition. Gordon and Breach, Science Publishers Inc. New York, USA.
- Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. 2012.** FAOSTATEstadísticas. Dirección electrónica:<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>
Fecha de consulta: Febrero 2012.
- Pantástico E.B. 1984.** Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas. Ed. Continental S.A. México. 663 p.
- Peleg M.1974.** Determination of fresh papaya texture by penetration test. Journal of Food Science 39:156-159.

- Prior R. L. and Cao G. 2000.** Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: Diet and health implications. HortScience 35:588-592.
- Rodríguez Ch. J., y Pérez G.G. 1980.** Delegación Regional de Fruticultura ZonaCentro. CONAFRUT. SARH.
- Ryall A.L. y Lipton W.J. 1979.** Handling. Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. 2a edition. AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut, USA. 366-377 pp.
- Sánchez J.; F. Durigan and M. Dos Santos. 2007.** Use of scanning electronic microscopy as tool of the tissue structure evaluation of 'quintal' avocado tissue structure after mechanical injuries. Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal, 29: 057-060.
- Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta (SIACON). 2010.** Durazno. Página de internet: <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura>
Fecha de consulta: Febrero 2012.
- Tamaro D. 1979.** Fruticultura. 4a edición. Ed. Gustavo Gill. Barcelona, España. 939p.
- Van Zeebroeck M., Tijskens E., Dintwa E., Kafashan J., Loodts J., De Baerdemaeker J. and Ramon, H. 2006.** The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact during transport and handling: Model building and validation of DEM to predict bruise damage of apples, Postharvest Biology and Technology 41: 85–91pp
- Vidal J. 1979.** Fruticultura moderna. 1a. ed. Edit. Buenos Aires. Albatros. 309 p.
- Villaseñor P.C.A. 2004.** Análisis físico-mecánico de frutos de melón (*Cucumis melo L.*) bajo compresión axial e impacto. Tesis Doctorado. Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Villaseñor P. C. A.; S.H. Chávez y C. Saucedo. 2006.** Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de melón (*Cucumis melo L.*) bajo compresión axial", Revista Fitotecnia Mexicana, 29(2):157-162.
- Wargovich M.J. 2000.** Anticancer properties of fruits and vegetables. HortScience35:573-575.

CAPÍTULO II. RESPALDO DE INFORMACIÓN MEDIANTE LA IMAGEN DEL SISTEMA Y GEOPOSICIONAMIENTO DE UNA RUTA CON GOOGLE EARTH Y UBICAR Y ESCANEAR TOPES EN EL TRAYECTO.

2.1 RESUMEN

El respaldo de información o *backup* es la principal tarea en el mantenimiento de un equipo computacional ya que garantiza el rescate del equipo dañado, ya sea por fallas del sistema operativo o por ataque de algún virus. En el presente capítulo se abordó la forma de guardar la imagen del sistema así como a partir de éste recuperar el sistema operativo dañado. También se ubicó y creó un geoposicionamiento de la ruta del periférico de Texcoco, indicando con ayuda de un GPS y programas de geoposicionamiento de topes y su ubicación. Posteriormente se diseñó un escaneador tridimensional de perfiles capaz de reproducir el perfil del tope escaneado.

2.2 INTRODUCCIÓN

No hay en el mundo una computadora que esté protegida de tal manera que no tenga la posibilidad de perder sus datos. Es una posibilidad diaria que ocurra un desastre en nuestros equipos, también ocurre con frecuencia la pérdida de archivos aislados y no hay mejor información recuperada que la no perdida (Daniel, 2011). Por lo cual se debe buscar la manera de proteger nuestra información creando un respaldo que almacene la información deseada así como la configuración de la computadora.

2.2.1 Importancia del respaldo de información

En la actualidad el uso de información digital es trascendente, la importancia de respaldarla radica en que los dispositivos de almacenamiento pueden fallar, por lo cual es necesario contar con una copia de seguridad de la información importante.

El problema más significativo en el manejo de información digital lo constituye su respaldo. A pesar de todos los avances de los sistemas operativos que en alguna

medida impiden que se pierda información al producirse una falla del software, los problemas de pérdidas de la integridad de la información continúan siendo frecuentes (Cosoi,2003).

Siempre donde hay una computadora con información sensible hay factores de riesgo para la pérdida de datos y es necesario generar el respaldo de estos en forma adecuada y ordenada. Esta pérdida puede ser en forma involuntaria, accidental o por factores externos (Daniel, 2011).

Las copias de seguridad o *backups* son archivos que se originan en un proceso que se utiliza para guardar la información o parte de la información, de la que dispone en la computadora en un lugar y medio distinto al del que esta almacenada en ese momento, como por ejemplo DVD, discos virtuales (proporcionados por Internet) o simplemente en otro disco duro, para posteriormente poder recuperar o restaurar los datos o la información en el equipo original en caso que se requiriese por perdidas de la información.

2.2.2 Daños causados por topes

Los topes son muy comunes en las carreteras mexicanas y pueden generar un gran impacto en el transporte las frutas, causan pérdidas con el deterioro de productos por daños mecánicos. Debido a que no existe una normatividad que indique el tamaño de los topes en carretera y la distancia entre ellos tenemos gran variabilidad en tamaños desde pequeños hasta enormes y anchos, esto produce que en transporte de perecederos se produzcan daños por impacto.

En México, solamente la quinta parte de los productos agrícolas movilizados se mueven a través del ferrocarril, mientras que el resto utiliza el transporte carretero. Los productos de mayor valor agregado, como frutas y hortalizas, se movilizan por este último medio (Beilock *et al.*, 1995).

2.3 OBJETIVOS

- Crear una imagen del sistema para recuperar el sistema operativo de la computadora cuando comience a fallar ya sea por una falla del sistema operativo *Windows*, daño por virus, u otros.
- Diseñar, construir y evaluar un escaneador tridimensional para topes.
- Validar y calibrar el instrumental (Cronómetro, GPS, Acelerómetro, Google Earth) para identificar y geoposicionar los topes en la ruta del periférico de Texcoco.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Pasos a seguir para configurar y prevenir la pérdida de datos

Se realizó un respaldo del equipo con el fin de asegurar los datos obtenidos y prevenir bloqueos del sistema operativo *Windows* por incompatibilidad con algún programa. En el Cuadro 2.1 se muestran las características del equipo utilizado.

Cuadro 2.1 Datos generales de la computadora:

Marca:	Benq
Modelo:	Joybook Lite U101C
Nombre de usuario:	LuPiTa
Nombre del equipo:	Benq-PC
Grupo de trabajo:	CIBERK-F
Id. del producto:	00428-OEM-8992662-0015
Unidad C:	160 GB
Sistema Operativo:	Windows 7
Procesador:	Intel® Atom™ CPU N270 @1.6GHz
Memoria Instalada (RAM):	1.00 GB
Tipo de sistema:	Sistema operativo de 32 bits
Pen and Touch:	No pen or touch input is available for this display

a) Creación de la imagen del sistema

Primero en el menú de inicio ingresar a panel de control, enseguida elegir sistema de seguridad, entrar en copia de seguridad y restauración, posteriormente seleccionar crear una imagen del sistema y por último seleccionar el dispositivo donde desea almacenarse (Disco duro externo).

La ubicación final fue un disco duro externo llamado MiGu3! donde se creó una carpeta llamada WindowsImageBackup\benq_PC(01) con un tamaño de 19.6 GB.

b) Formatear y particionar el disco duro

Ingresar a panel de control, después sistemas de seguridad, entrar a herramientas administrativas, enseguida ingresar a administración de equipos y seleccionar administración de discos, dar clic derecho en el área disponible del disco que se desea particionar, elegir la opción de reducir volumen. Enseguida aparece un recuadro donde se analiza el espacio del disco y luego por defecto aparece la cantidad de espacio que se desea reducir en el tercer recuadro. Se da clic en reducir.

Tamaño total 152 617 MB

Espacio disponible 10 504 MB

Tamaño que desea reducir 10 504 MB (propuesta automáticamente)

Tamaño total después de la reducción 142 113 MB

Por lo tanto lo máximo que permite particionar son 15 o 16 GB que es relativamente poco espacio, debido a que algún archivo está disperso en la memoria y no permite hacer una partición mayor, es por ello que no se realizó la partición.

c) Crear disco de recuperación

Entrar a panel de control, sistema de seguridad, copia de seguridad y restauración, recuperar la configuración del sistema o el equipo, recuperación, métodos avanzados, usar una imagen del sistema creada previamente para recuperar el equipo.

d) Recuperación total del sistema a partir del material respaldado en DVD anteriormente

Tanto la creación como la recuperación motivada por una o varias de las siguientes posibles causas:

- Errores de Windows que va perdiendo funcionalidad.
- El sistema operativo cada vez más lento.
- El sistema se congela con mayor frecuencia.
- Los programas presentan algunas fallas.
- Los antivirus no pueden contra algunos virus.
- Entrada de virus vía navegación internet, mensajeros, correos electrónicos en forma disfrazada. Ejemplo: archivo que aparenta ser imagen, video, documento, etcétera, pero como Windows por default oculta la extensión, no es posible ver que se trata de un ejecutable (.exe) lo que da una pista de que podría ser un archivo nocivo.

Para comenzar la restauración (Restore your computer from a system image backup) ingresar a panel de control, enseguida elegir sistema y seguridad, posteriormente se verán los elementos del sistema y seguridad, entrar copias de seguridad y restauración, ingresar en recuperar la configuración del sistema o del equipo, dar clic en métodos avanzados de recuperación, elegir usar una imagen del sistema creada previamente para recuperar el equipo, aparece la siguiente pregunta: ¿Hacer una copia de seguridad?, dar clic en omitir.

Reiniciar (reiniciar y entrar en opciones de recuperación del sistema), elegir el idioma español y dar clic en siguiente. Se muestra en la pantalla la opción de volver a crear una imagen del equipo, dar clic en cancelar.

Seleccionar una imagen del sistema y dar clic en siguiente, elegir opciones avanzadas, enseguida ingresar en buscar una imagen del sistema en la red y con esto se inicia el proceso de conexión a red (previamente se interconectan las

computadoras mediante un cable o red LAN que es una conexión directa sin hub o cable con conexión cruzada), pregunta ¿Está seguro de que desea conectarse a la red? Dar clic en sí y se abre una ventana donde indica que debe especificarse la ubicación de la imagen del sistema, escribir la dirección exacta del archivo compartido por ejemplo \\User4-PC\Temporal4 (solo cuando el respaldo está en otra PC en red). Datos del usuario, contraseña (usuario: User4, contraseña: XXXX), seleccionarlo y dar clic en siguiente. Seleccionar fecha del respaldo 07/06/2010 19:29:28 y clic en siguiente, elegir opciones de restauración adicionales y aparece desactivada la opción de formatear y escoger opciones avanzadas, activar las dos opciones que son reiniciar... y comprobar... dar clic en aceptar y uno más en siguiente. El equipo se restaurará a partir de la imagen, dar clic en finalizar y parece una advertencia de que todo va ser reemplazado por la imagen, dar clic en si.

Por último y después de ser reemplazado por la imagen del sistema se debe reiniciar el equipo, elegir reiniciar ahora.

- e) Instalación de programas a usar
 - a. Google Earth
 - b. Hobo Software (*Data Logger*)
 - c. Street Atlas 2009 (GPS)
 - d. Sigma Plot

2.4.2 Geoposicionamiento de una ruta con google earth y escaneo de topes

Se utilizaron 2 GPS, uno de la marca Earth DeLorme GPS LT40 y el otro Magellan Triton 300, cronómetro de reloj Casio Data Bank, acelerómetro Hobo Pendant G Logger (UA-004-64), un vehículo, computadora portátil marca Benq con Sistema Operativo *Windows 7*.

Primeramente se evaluó el funcionamiento de los aparatos, seguido por un recorrido de prueba en vehículo al periférico de Texcoco con los aparatos sincronizados a

detalle y colocados en puntos estratégicos para su toma de datos. Se recomienda hacer el recorrido a una velocidad constante del vehículo de 10 km/h, y es de vital importancia que antes y después de pasar el tope se mantenga la velocidad lo más homogénea posible.

Al analizar los resultados del recorrido y observar la variabilidad de las respuestas, se procedió a tomar precauciones y corregir las fallas para el siguiente recorrido.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Imagen del Sistema

Se guardó la imagen del sistema de la computadora utilizada y se rescató el equipo de dos pérdidas de información, una debido a fallos en Windows y otra debido a un virus que impedía el acceso a la carpeta de c:\ y por consiguiente no permitía trabajar ni guardar información.

Al seguir todos los pasos de restauración del sistema, se recuperó el equipo tal cual fue guardado en un inicio en la imagen del sistema.

2.5.2 Geoposicionamiento de topes en el circuito del periférico de Texcoco.

La georeferenciación según Montenegro (2011) es el proceso por el cual, a partir de los datos de un modelo o imagen disponibles con anterioridad, se lleva a cabo un proceso que asigna esos datos a una nueva imagen que carece de ellos. Se ubicó con precisión el trayecto recorrido así como la identificación de los topes que se encuentran en el periférico de Texcoco auxiliado con los medios informáticos disponibles que brindan imágenes satelitales. Por medio de las coordenadas geográficas obtenidas con el GPS se geoposicionó la ruta tanto en imágenes vía satélite (Google Earth) como en mapa (Google maps).

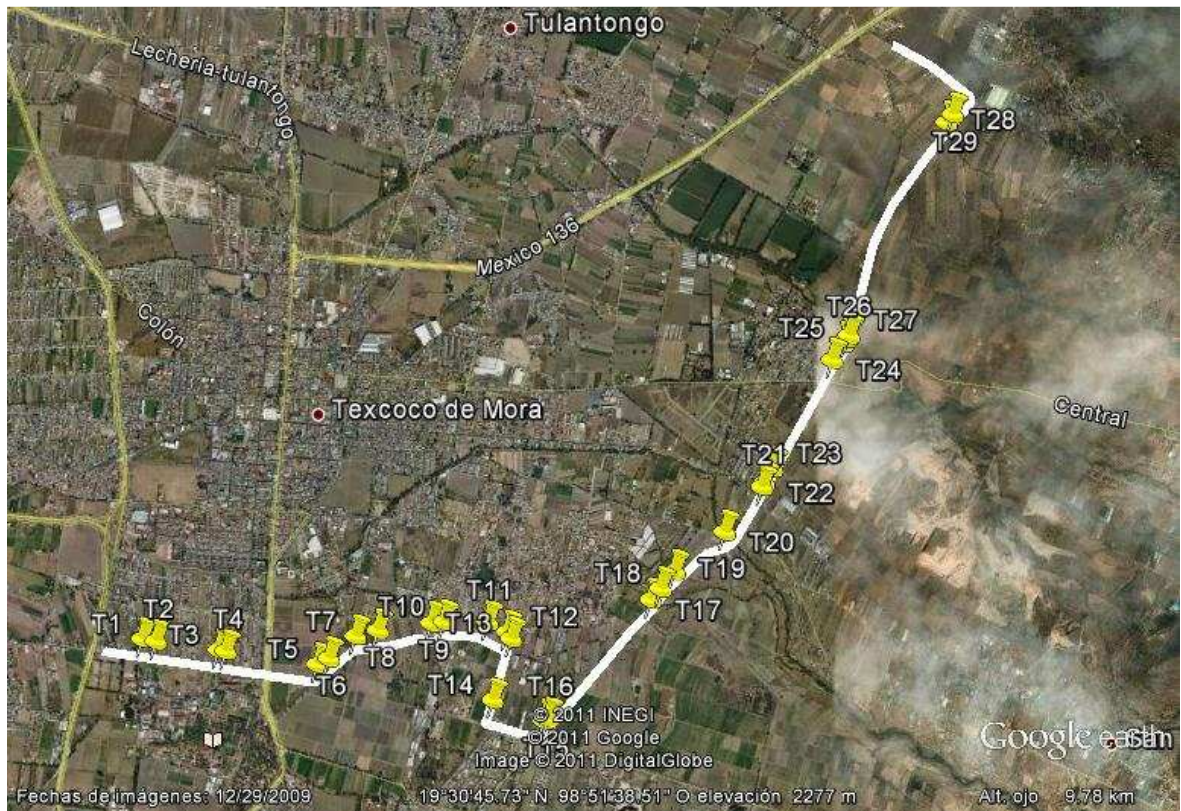


Figura 5. Localización de topes en la ruta del periférico de Texcoco (Vista Satelital)

En la Figura 5 se observa la ruta obtenida con el GPS del periférico de Texcoco, geoposicionada con las imágenes de Google Earth e indicando la posición con el señalador amarillo de los 29 topes identificados partiendo de la carretera de Boyeros con dirección a Calpulalpan.

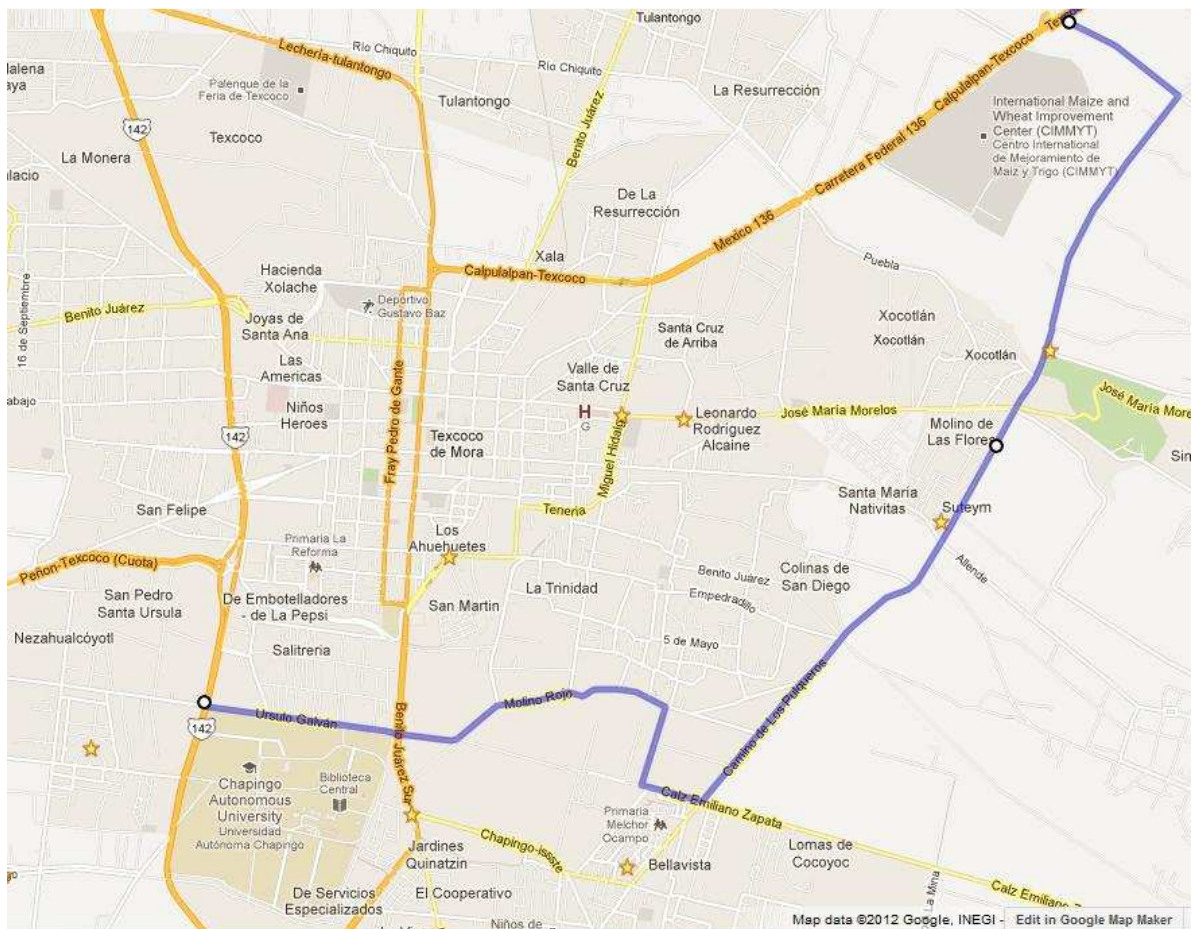


Figura 6. Localización en azul de la ruta del periférico de Texcoco (Vista Google Maps)

Se realizaron dos recorridos al periférico con 2 GPS distintos para un mejor geoposicionamiento de acuerdo a ambos, posteriormente se subieron los datos a Google Earth para ubicarlos en el plano espacial y verificar la exactitud de las coordenadas de los topes de acuerdo a las imágenes. La ruta mostrada con una línea azul en la Figura 6 indica la ruta ubicada en el mapa para mejorar la apreciación y referenciación.

La distancia total del recorrido Boyeros-Calpulalpan de 10.64 km en un tiempo de 27 min según el Street Atlas, y según Google Earth son 11 km.



Figura 7. Vista cercana de la precisión de Google Earth con respecto al GPS destacando los topes 9 y 10 con un indicador amarillo.

Se aprecia la similitud o exactitud de las coordenadas con respecto a la imagen brindada por Google Earth (ver Figura 7), aunque el error del GPS militar es de unas cuantas pulgadas, el de los GPS comerciales aunque supuestamente tienen hasta 2m de variación se comprobó que el error es de +/-5 a +/-10m en la precisión de las coordenadas.

Con los topes identificados totalmente, se obtuvieron las coordenadas geográficas de su ubicación las cuales se muestran en el Cuadro 2.2. Enumerados en base al trayecto, partiendo de la carretera de Boyeros con dirección a Calpulalpan.

Cuadro 2.2 Descripción de las coordenadas finales de los 29 topes identificados.

Topo	Latitud	Longitud
1	19°29'46.79	98°53'34.79
2	19°29'46.32	98°53'31.27
3	19°29'44.21	98°53'15.27
4	19°29'43.93	98°53'13.46
5	19°29'40.79	98°52'50.14
6	19°29'42.24	98°52'47.25
7	19°29'47.54	98°52'40.46
8	19°29'48.95	98°52'34.78
9	19°29'50.77	98°52'21.14
10	19°29'51.09	98°52'17.95
11	19°29'51.05	98°52'6.82
12	19°29'48.73	98°52'1.81
13	19°29'47.21	98°52'0.89
14	19°29'32.56	98°52'5.52
15	19°29'27.71	98°51'52.61
16	19°29'28.23	98°51'51.55
17	19°29'56.60	98°51'25.61
18	19°29'59.28	98°51'23.16
19	19°30'3.39	98°51'19.63
20	19°30'12.69	98°51'6.99
21	19°30'23.35	98°50'57.59
22	19°30'24.35	98°50'57.03
23	19°30'27.70	98°50'54.96
24	19°30'53.53	98°50'39.84
25	19°30'57.42	98°50'37.01
26	19°30'58.54	98°50'36.14
27	19°30'59.33	98°50'35.57
28	19°31'50.05	98°50'10.80
29	19°31'51.96	98°50'9.19

Después de identificar los 29 topes del periférico de Texcoco y pretendiendo simular los topes de esta ruta en laboratorio se diseñó un escaneador de perfil.

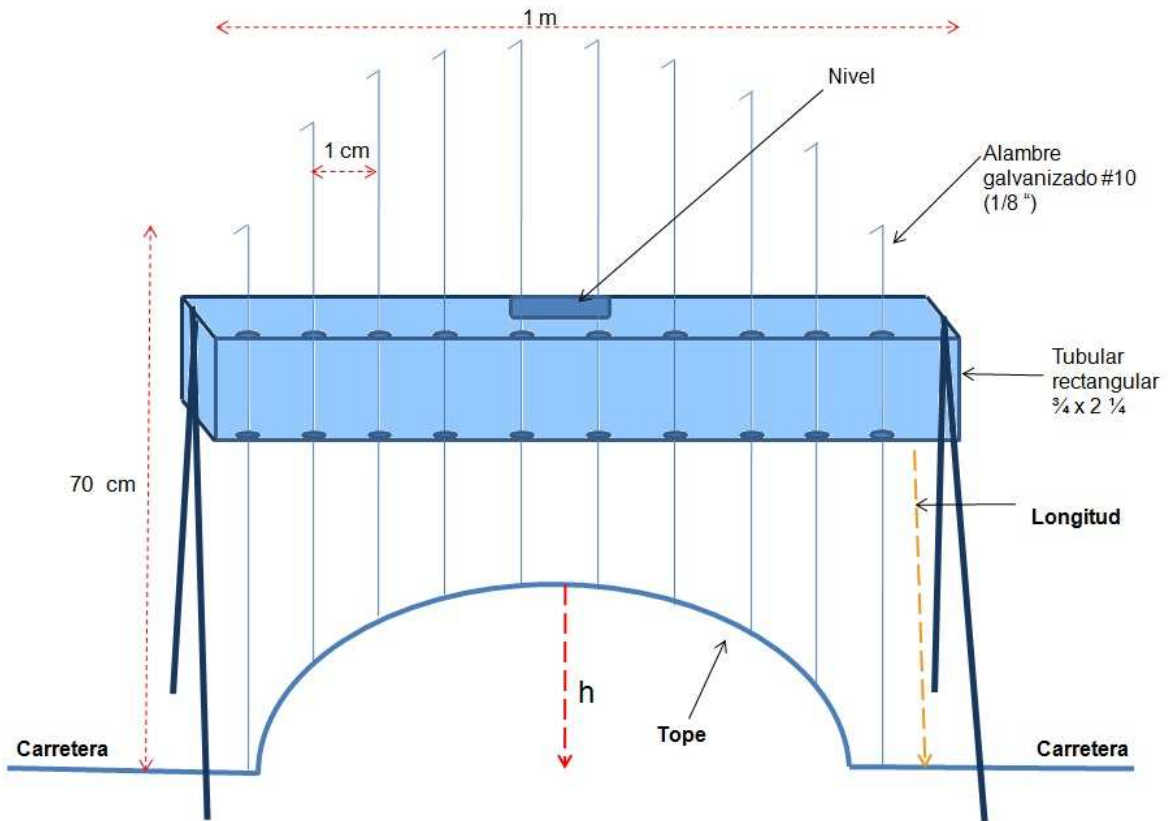


Figura 8. Diseño del escaneador tridimensional para perfiles

El bosquejo del diseño se muestra en la Figura 8, posteriormente se fabricó y utilizó en topes al azar del periférico de Texcoco donde se escanearon detenidamente.



Figura 9. Descripción transversal del escaneador de topes fabricado

Ya fabricado se observa en la Figura 9, donde las 99 varillas que caen en forma vertical al tope serán sujetadas por imanes para obtener el perfil mediante la medición de las varillas que se encuentran separadas por un centímetro de distancia entre ellas, el acomodo de éstas tomará la forma del tope ubicado en la parte inferior. Ya fabricado el escaneador de topes se evaluó su funcionalidad y se tomaron algunos perfiles de topes para validar su uso.



Figura10. Escaneo de topes en el periférico de Texcoco

Primero se coloca el escaneador en sentido perpendicular al tope, se sujetan las patas con las mariposas para evitar que se muevan, se coloca el nivel sobre la barra tubular para nivelar el escaneador, posteriormente se procede al acomodo de varillas en la parte superior con la palma de la mano para obtener el perfil del tope (como se observa en la Figura 10), una vez acomodadas y sujetadas por el imán, se acuesta el escaneador en una superficie plana teniendo cuidado para evitar el movimiento de varillas. Se procede a tomar la medición de las 99 varillas con una cinta métrica ya sea de la base a la barra tubular, o de ésta hacia arriba para poder replicar el perfil del tope.

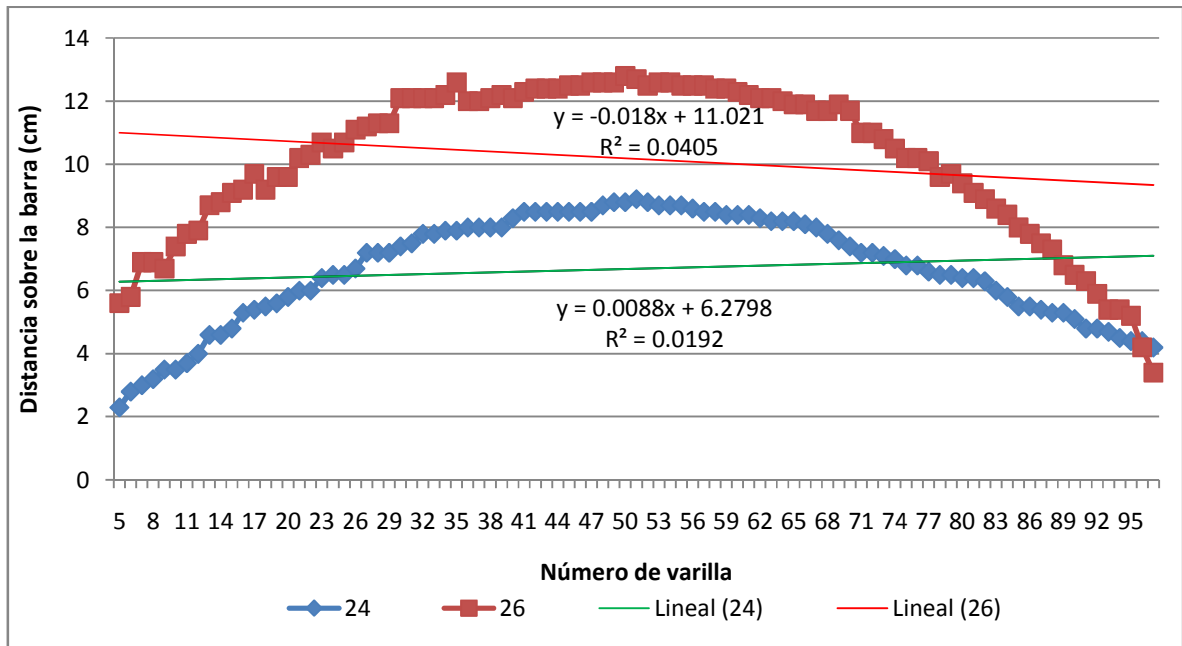


Figura 11. Perfil de los toques escaneados

Al graficar los valores obtenidos del escaneo podemos observar claramente en la Figura 11 el perfil de los toques, la serie azul corresponde al topo número 24 escaneado, la serie roja al topo 26.

Enseguida se realizaron algunos bosquejos de toques para fabricar en laboratorio y simular el efecto de los toques en el transporte de frutos.

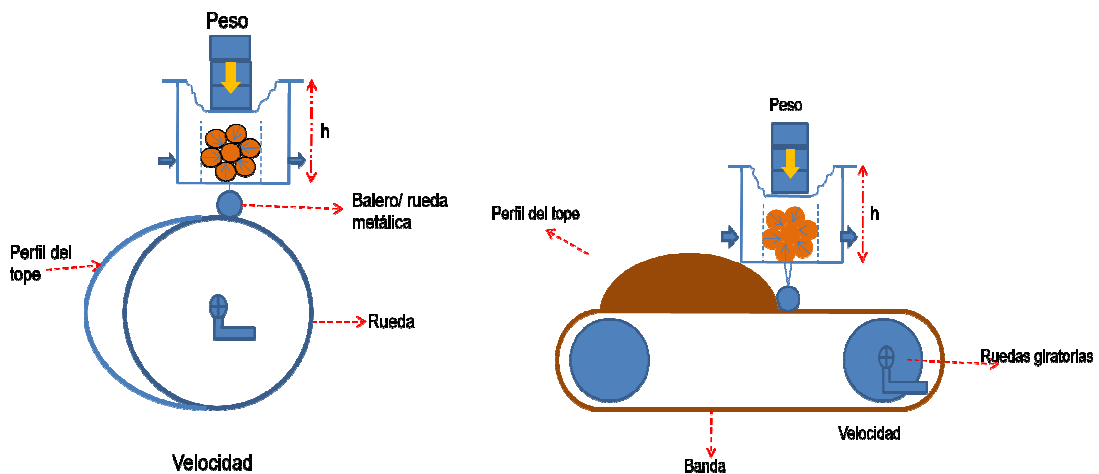


Figura 12. Diseño de dos modelos de toques para simular en laboratorio.

De esta forma con los diseños de topes se procedió a evaluarlos para determinar la factibilidad de su uso en laboratorio con todos los implementos y equipo adaptados para tener control de las mediciones a realizar en la evaluación de esfuerzos dinámicos en frutos.

2.6 CONCLUSIONES

- La imagen del sistema o *backup* se guardó exitosamente y se rescató la computadora en dos ocasiones, una por falla de Windows y otra por ataque de virus.
- Se construyó un escaneador tridimensional para topes, y se evaluó, dando una buena fidelidad del tope escaneado, sin embargo se detectaron algunos detalles a mejorarse para futuras investigaciones.
- Se validó y calibró el equipo necesario, se geoposicionaron y ubicaron los 29 topes del circuito del periférico de Texcoco.

2.7 RECOMENDACIONES

Mejoras para el escaneador de topes

- a) Asegurar el paralelismo de las varillas en la mayor extensión posible (podría ser con una tirita de lámina perforada al tamaño del grosor de la varilla).
- b) Marcar todo el largo de la varilla (en cm) para facilitar la lectura de datos.
- c) Marcar el número de varilla y pintar la varilla central (#50).
- d) Dibujar cuadrícula rugosa en las caras de las patas para ayudar a la sujeción.
- e) Colocar un nivel fijo sobre la barra.
- f) Unir de alguna forma ya sea con cinta adhesiva o algún pegamento la fila de imanes que sujetan a las varillas.

2.8 LITERATURA CITADA

- Beilock, R.; Dunn, J.; Prentice, B.; Clemmons, R. 1995.** Transportation- Related Problems and Opportunities for U.S./Mexican Produce Trade. Procc. of International Conference: Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruit and Vegetables. Guanajuato, México. p. 638.
- Cosio P.E. 2003.** Respaldos de información. Revista Chilena de Pediatría 74 (5); 524-525 pp.
- Daniel A.O. 2011.** Backup y recuperación de desastres. Librería y editorial Alsina. Buenos Aires. 66 p.
- Google Earth (Version 5.1.3535.3218). 2009.** Software © Google 2012. US Department of State Geographer.
- Montenegro P.C. 2011.** Algoritmos genéticos para la georeferenciación de imágenes con identificación automática de puntos de control terrestres. Máster en investigación en informática. Universidad Complutense de Madrid. 46 p.

CAPÍTULO III. DISEÑO, FABRICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO DE SIMULACIÓN DE ESFUERZOS DINÁMICOS EN DURAZNO (*Prunus persica*)

3.1 RESUMEN

Los frutos de durazno (*Prunus persica*) tienen corta vida de anaquel, su actividad metabólica se ve afectada por la presencia de daños mecánicos, este daño físico puede ser causado por impacto o vibraciones durante el transporte y en general por el manejo después de cosechar las frutas, provocando pérdidas de hasta 40% en su mayoría. En este trabajo se diseñó, fabricó y evaluó un prototipo de simulación de esfuerzos dinámicos en durazno dos variedades de durazno (Paquimé y Oro de Tlaxcala), a diferentes grados de madurez y se aplicaron diferentes cargas (Paquimé testigo 0, 14, y 50 kg; Oro testigo 0, 50 y 100 kg). Se midió la pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, color y respiración por flujo dinámico. Explicando con modelos de regresión no lineal los parámetros de firmeza y sólidos solubles totales, su comportamiento en función de la carga. En color se encontraron diferencias significativas (Tukey, $\alpha=0.05$) entre variedades y entre tratamientos de diferentes variedades para el índice de saturación y ángulo hue. La respiración presentó disminución en sus tasas de crecimiento en función del tiempo.

3.2 INTRODUCCIÓN

Los esfuerzos dinámicos han sido poco evaluados en frutos, debido a la falta de equipo para la medición de éstos en los productos agrícolas. Se han hecho estudios de esfuerzos estáticos con ayuda del Instron (Villaseñor, 2004), sin embargo no son suficientes ya que éste aparato detiene la aplicación de fuerza al llegar al punto de fractura del fruto. Las fuerzas de gravedad aumentan cuando los frutos son transportados por carretera, debido a diversos factores como: topes, baches, vibradores, curvas pronunciadas, pendientes, etcétera. Los cuales producen daños mecánicos en los frutos y se afecta considerablemente el fruto por efecto de la carga adicional extraordinaria generada por fuerzas gravitacionales durante su transporte.

El durazno es un fruto climatérico, continúa su proceso de maduración aún después de su cosecha. Este tipo de frutos dependen de muchos factores para determinar su manera de maduración viéndose afectado por la presencia de daños mecánicos, los cuales afectan su apariencia y aceleran su descomposición. Es altamente perecedero y se desea que en su transporte sufra el menor daño posible y de este modo no afecte su metabolismo normal.

El tejido dañado se oscurece rápidamente. En el caso de que participen enzimas se tiene un oscurecimiento enzimático, el cual aparece cuando el tejido dañado está en contacto con el aire, lo que ocurre similarmente en el oscurecimiento de manzanas, peras, duraznos, cerezas y fresas. Otro aspecto importante del daño es que en los tejidos dañados la respiración se hace más intensa, hay un mayor consumo de oxígeno (Giörgy, 1986), y durante la respiración, los azúcares y otros productos de almacenamiento de las frutas se consumen y contribuyen a la pérdida del valor alimenticio y de las reservas, consecuentemente la calidad sensorial se ve afectada (Crisosto *et al.*, 1993).

Conceptos como firmeza de frutas (Mohsenin, 1970; Fekete, 1994; y Watada, 1995), resistencia del fruto a daños mecánicos postcosecha, la sensibilidad de frutos a diferentes niveles de carga y comportamiento de la respiración al paso del tiempo (dinámica), son importantes a considerar en el transporte y manejo postcosecha de durazno.

Para poder evaluar el efecto del transporte sobre los productos agrícolas, se puede realizar mediante una simulación del transporte o en pruebas reales en los vehículos de transporte comercial durante su transportación. El mejor método indudablemente es el del transporte en condiciones reales; sin embargo, es difícil controlar las variables bajo estas condiciones por la cantidad de equipo que se requiere para hacer los estudios. Con base en ello y a la escasa información de esfuerzos dinámicos estudiados en frutos postcosecha el presente trabajo se realizó en laboratorio.

3.3 OBJETIVOS

- Diseñar, construir y evaluar un simulador de esfuerzos dinámicos.
- Determinar el comportamiento fisiológico de frutos de durazno bajo compresión.
- Evaluar el grado de reacción fisiológica provocado por la acción de la carga aplicada.
- Determinar el grado de correlación que existe entre las variables fisiológicas y mecánicas.
- Identificar la carga máxima que pueden soportar los frutos sin sufrir daño severo.
- Evaluar el comportamiento respiratorio de los frutos de durazno sometidos a compresión mediante el método de flujo continuo.
- Determinar el comportamiento fisiológico de frutos de durazno sometidos a daño por impacto, evaluando dos variedades de durazno, cada variedad a diferente grado de madurez.

3.4 HIPÓTESIS

Los frutos de durazno con menor grado de madurez sometidos a esfuerzos dinámicos, pueden soportar mayor carga antes de que reflejen cambios notables con respecto a los de mayor grado de madurez.

Los frutos de durazno reaccionan fisiológicamente en función de la magnitud de la fuerza aplicada, produciendo mayor cantidad de CO₂, provocando mayor sensibilidad a la pérdida de peso y un deterioro importante en la calidad.

3.5 MATERIALES Y MÉTODOS

3.5.1 Localización del sitio de estudio.

El experimento se realizó en el laboratorio de Fisiología Postcosecha (coordenadas geográficas del laboratorio: latitud 19°27'45.56" N , longitud 98°54'14.45" O y altitud 2245 msnm) del Colegio de Postgraduados, ubicado en el km 36.5 de la carretera

Texcoco-México, Montecillo, Estado de México. Coordenadas geográficas de la entrada del Colegio de Postgraduados: latitud 19°28 'N y longitud 98°53'44" O.

3.5.2 Materiales

Los equipos y accesorios utilizados para instalar el equipo creado fueron: compresor de aire, frascos de plástico, mangueras látex y polietileno, tablero mezclador de gases con flujo y presión constante, medidores de CO₂, *data logger*, tanque de nitrógeno.

Los frutos de duraznos utilizados fueron de la variedad Paquimé (hueso despegado) y Oro de Tlaxcala (hueso pegado). Los primeros fueron adquiridos en la central de abastos de Ecatepec en estado maduro, los segundos adquiridos en el mercado de Texcoco en estado de madurez fisiológica, posteriormente llevados al laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados, seleccionados de acuerdo a tamaño, uniformidad de madurez, sanidad y libres de daños. Fueron almacenados en un refrigerador a 9°C.

3.5.3 Tratamientos y variables evaluadas

Se utilizaron dos variedades de durazno, y dos tratamientos para cada variedad y un testigo. Para los frutos Paquimé se utilizó un testigo con 9 frutos, un tratamiento aplicando 50 kg de carga a 9 frutos y otro de 14 kg a 10 frutos, los duraznos fueron acomodados en una sola capa dentro de la maya receptora donde fueron sometidos a diferentes cargas. El número de frutos por tratamiento dependerá de sus dimensiones físicas, es decir, con frutos pequeños se necesitaron mas frutos para cubrir la capa inferior dentro de la malla receptora. En el caso de los frutos Oro de Tlaxcala se utilizó un testigo con 9 frutos, un tratamiento de 100 kg a 8 frutos y uno más de 50 kg a 8 frutos.

Las variables respuesta evaluadas fueron: peso de los frutos (g), color (L,a,b), firmeza (N), sólidos solubles totales (°Brix), respiración ($\text{mLCO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). La evaluación de días para cada tratamiento varía de acuerdo a las condiciones del fruto, los testigos que permanecieron durante los dos tratamientos de aplicación de carga para cada variedad de durazno.

3.5.4 Diseño experimental

Los datos de pérdida de peso fueron graficados porcentualmente al tercer día de aplicación de cada uno de los 6 tratamientos. En el caso de los datos de diámetro polar, sólidos solubles totales y firmeza se graficaron todos los puntos y se utilizó un modelo de regresión no lineal para demostrar su comportamiento.

La diferencia en color entre los parámetros ángulo hue e índice de saturación se evaluó mediante un análisis de varianza y una prueba de Tukey $\alpha=0.05$ a los 6 tratamientos utilizando el programa de análisis estadístico SAS versión 9.3 (SAS, 2000). La respiración se evaluó comparando sus tasas de respiración durante tres días.

3.5.5 Variables evaluadas

Peso. Evaluado con una balanza digital ALSEP modelo EY-2200 donde se pesaron los frutos individualmente antes y después del tratamiento para determinar su porcentaje de pérdida de peso de la siguiente manera:

$$\% \text{ Perdida de Peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Tamaño. Medido con un vernier, tomando lecturas del diámetro polar de los frutos de durazno iniciales y finales.

Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) fue determinado de acuerdo a la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 2000) con un refractómetro digital ATAGO Palette PR-32.

Se realizó a 9 frutos del mismo grado de madurez a los que se encerraron en el contenedor debido a que es una prueba destructiva.

Prueba de firmeza. Determinada por penetrometría utilizando un Texturómetro Universal WAGNER Force Five Modelo FDV-30 se utilizó un puntal cónico de 7mm de diámetro, los datos se reportaron en Newtons (N). Realizada a 9 frutos del mismo grado de madurez que los frutos del tratamiento.

Medidor de color. Se realizó con un colorímetro Hunter Lab D25-PC2, Donde L (0=negro y 100=blanco), a (con valores a+ y a-, va de rojo a verde), b (con valores b+ y b-, va de amarillo a azul) y con ellos calcular el ángulo de matiz expresado en grados de la siguiente manera:

$$\text{Ángulo Hue} = \text{Arco Tangente} \left(\frac{b}{a} \right)$$

El cual va de 0 a 90 positivo o negativo dependiendo de los valores a y b. Y el Índice de saturación que va de 0=opaco a 60=vivo, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Saturación} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Realizada a los duraznos seleccionados para cada tratamiento, tomando 2 lecturas por fruto, una a cada cara. Únicamente al inicio de tratamiento.

La velocidad de respiración (CO₂) se cuantificó mediante un sistema dinámico de flujo continuo, utilizando un medidor de CO₂ TELAIRE conectado al HOBO *data logger* (mide temperatura, humedad relativa, intensidad luminosa, y calcula punto de rocío), un tablero de flujo continuo el cual controlaba la cantidad de aire que ingresaba al contenedor cerrado que contenía un cierto número de duraznos de peso

conocido. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador para hacer un barrido de gases y comenzar la lectura de CO₂ desde cero.

Para la aplicación del flujo continuo según Gutiérrez (2007): se procede a revisar el equipo y comprobar que las llaves de paso permitieran el ingreso de la cantidad de gas necesario, los pasos para poner en marcha el equipo son los siguientes: conectar el enchufe del compresor de aire al contacto de corriente eléctrica. Se abre la llave de paso del compresor, de esta manera se da paso al aire hacia el tablero mezclador de gases. Aquí se regula el aire que se requiere con las válvulas generales de control de ingreso para cada gas que se utilice. Se debe asegurar un burbujeo constante, el cual debe ser suave y continuo en sus dos columnas, para evitar la producción de burbujas grandes que causen turbulencia y/o modifiquen la altura de la columna de agua.

Una vez terminado este paso se procede a abrir las válvulas de apertura colocando en posición horizontal la palanca de la válvula de paso (para evitar que la válvula cambie de posición se coloca un pequeño tubo de cobre que fije la posición deseada de la válvula), ubicada en las llaves de ingreso de gases que están sobre cada cámara mezcladora, en cuyo interior, los gases se mezclan para crear una atmósfera controlada si se desea. Todo esto lo encontramos en el tablero mezclador de gases, en éste se logra una presión constante de la mezcla del aire, la cual se envía al tablero de presión y flujo constante. Cuando se ha iniciado el burbujeo en las columnas del tablero de flujo a presión constante, significa que el equipo, en ese momento esté en su funcionamiento normal recomendado.

El tiempo de medición de la velocidad de respiración de los frutos fue variable, debido a las condiciones de deterioro del fruto por el tratamiento. Se realizó un destape total diario del contenedor con el peso para verificar las condiciones del equipo de medición y descargar los datos medidos.

Para determinar el flujo:

$$\text{Flujo} \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{\text{Respiración} \left(\frac{mLCO_2}{kg h} \right) \times \text{Peso} (kg)}{\% (CO_2 \text{ límite}) \times 10 \left(\text{Conversión} \frac{mL}{L} \right)}$$

Para calcular la respiración por el método de flujo continuo:

$$\frac{mL(\text{Gas})}{kg h} = \frac{(\% \text{Gas medido})}{100} \times \frac{\text{Flujo} \left(\frac{mL}{h} \right)}{\text{Peso} (kg)}$$

Nota: El %Gas medido, es el detectado por el medidor Telaire 7000.

Compresor de aire

Tiene indicaciones de las presiones y unidades a las cuales se debe manejar. Las presiones que se manejan son las siguientes: de 0 a 160 lib/pulg² y de 0 a 11kg/cm². La primera está señalada con una banda negra y la segunda con una banda azul ambas en forma de cronómetro en el manómetro. La presión utilizada es la de la banda negra, y además el compresor tiene presiones definidas para su encendido y apagado automático, siempre que se encuentre conectado el enchufe al contacto de corriente eléctrica. Cuando el compresor esta vacío, la situación anterior queda anulada, debido a que debe mantenerse un mínimo de presión de aire para que funcione en automático. Cuando el usuario inicia el manejo del equipo y el compresor de aire tiene 0 lib/pulg² al momento de conectarse, automáticamente se llena hasta 105 lib/pulg², en ese momento se apaga automáticamente, posteriormente con todas las partes del sistema funcionando el contenido de aire y presión van disminuyendo, al llegar a 55 lib/pulg², el compresor se enciende automáticamente siempre y cuando se encuentre conectado a la toma de corriente.

El compresor tiene dos pequeñas maderitas colocadas estratégicamente para tensar la banda, debe verificarse que estén correctamente acomodadas. Nota: debe checarsse regularmente el nivel de aceite del compresor, aflojando el tornillo donde se indica el aceite e insertando un alambre ligeramente curvado para que entre con facilidad en el orificio y muestre la cantidad de aceite que contiene el compresor.

Calibración de capilares

Estabilizando el sistema (burbujeo suave y constante en el baróstato, en el tablero de flujo a presión constante, como indicador de funcionamiento normal) se procede a calibrar los capilares que dan paso al flujo de aire, O₂, N₂, CO₂ y C₂H₂, en los cuales una vez conocido el flujo que pasa por ellos a presión, se determina el flujo de cualquiera de los elementos anteriores. Se conecta una manguera de flujo en la parte superior del tablero de flujo a presión constante (dependiendo del sistema que se va utilizar) e inmediatamente se conecta al rotámetro, son las pequeñas columnas con bandas numéricas que contiene una esfera de acero y una de vidrio que se mueven en sentido vertical e indican el flujo que dejan pasar los capilares. Además contienen columnas de valores de 0 a 150 para las tres columnas, señaladas con el número 600, 602 y 603 respectivamente.

El valor indicado en la columna vertical del rotámetro es el flujo a presión que pasa por los capilares, dependiendo que esfera (vidrio, acero) se mueva, será como se utilice la tabla de calibración y sus unidades (con valores de los flujos de gases). La calibración de capilares se realiza con el flujo de aire y dependiendo del tipo de capilar será la presión y la interpretación que se haga. Por ejemplo, con la esfera de vidrio el rotámetro 600 deja pasar un flujo a baja presión (0.0035 hasta 0.0569 L/min de aire). El rotámetro 602 deja pasar un flujo a presión media (0.00992 hasta 0.3859 L/min de aire), y el rotámetro 603 indica un flujo de presión alta (0.044 hasta 2.41 L/min de aire).

Acondicionamiento de contenedores

El volumen de los frascos de plástico fue de 3.5 L en promedio, se les adaptó manguera de látex y plástica en la tapa para generar la entrada y salida de gases. La manguera de entrada de gas debe quedar hasta la base del frasco de forma ideal.

Para el simulador de esfuerzos dinámicos en la parte inferior que es el recipiente contenedor se fabricó una especie de capucha plástica que permitiera libremente el

deslizamiento del embolo que generó la presión así como hacer un hermetismo alrededor del recipiente y generar una atmósfera modificada al principio y posteriormente al aplicarle un flujo constante obtendremos una atmósfera controlada, donde se monitoreo la respiración de los frutos. En la parte inferior del recipiente (a 10 cm de la base) se conectó una mangueras de plástico una para la entrada del flujo de aire y una más un tanto más arriba en el contenedor para generar la salida del gas.

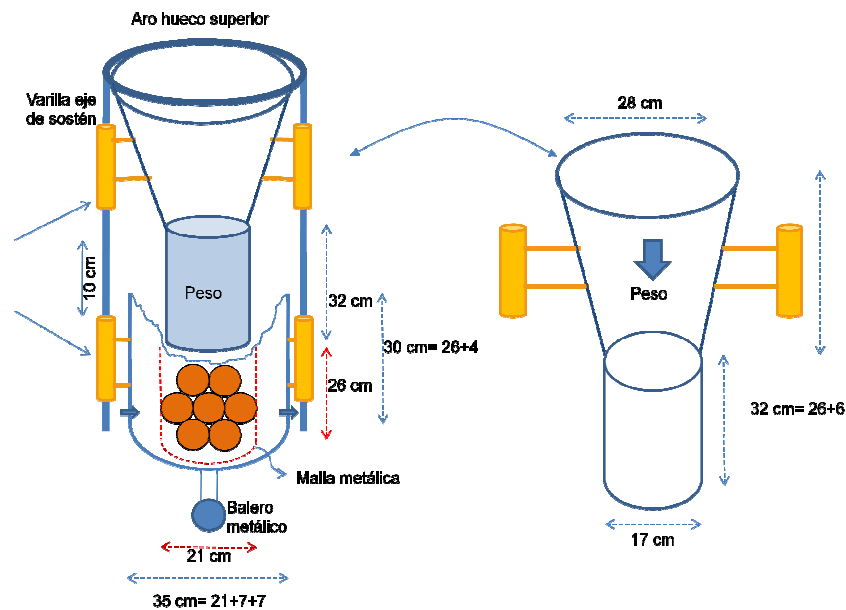


Figura 13. Primer bosquejo del simulador de esfuerzos dinámicos

Buscando las características ideales de los componentes del prototipo, se llega al primer bosquejo como se muestra la Figura 13, donde se calculan las dimensiones aproximadas del equipo para soportar una carga de aproximadamente 100 kg y ejercer presión sobre los frutos sin quitar la carga aún cuando el fruto evaluado se haya fracturado.

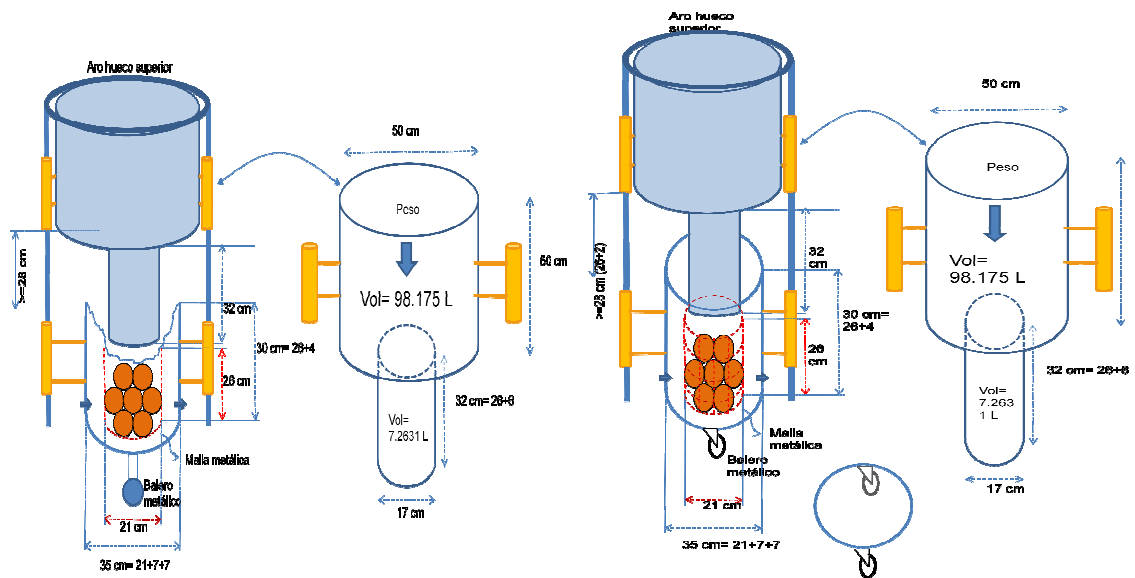


Figura14. Dimensionamiento de los componentes del prototipo.

Para un mayor aprovechamiento de espacios para el contenedor que soportara la carga, se declina el uso del contenedor cónico y se adapta uno cilíndrico. Y el diseño de ruedas para movimiento se acomoda como lo muestra la Figura 14, donde se acomodan dos pequeñas llantas a 180° en la parte inferior del prototipo, con ello se deslizará sin problema.

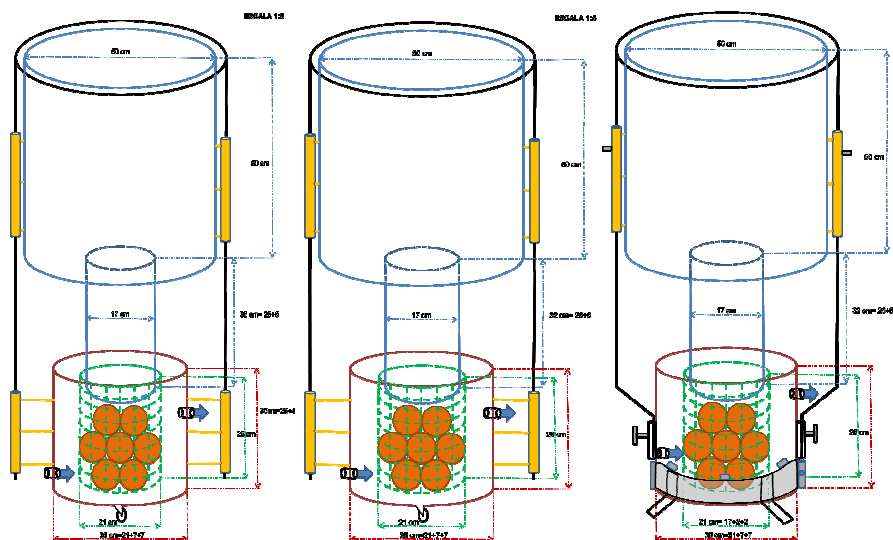


Figura15. Modificaciones al prototipo.

Mejorando los puntos débiles del anterior, se obtiene un diseño más sólido del prototipo. Con una entrada de aire en la parte inferior, y una salida de gases en la

parte superior, las varillas laterales fijas a un aro superior se cambian por otras que tienen una inclinación cerca del contenedor inferior para su sujeción, éstas encajan en unos pequeños tubos sujetador por tornillos para dar practicidad al desmonte del equipo en caso de ser necesario. Las ruedas son descartadas y se elige un diseño estable para laboratorio en cual tiene una cinta metálica en forma de abrazadera con ángulos soldados que da estabilidad y equilibrio al aparato en el piso.

El contenedor inferior envuelto por la abrazadera y quien sujetará las varillas exteriores, tiene una dimensión de 26 cm. En la parte interna del contenedor, una malla que contendrá los frutos con una dimensión aproximada de 21 cm, ésta puede ser ajustable dependiendo del tamaño de los frutos, pero su diámetro mínimo depende del embolo que aplicará la carga sobre el fruto. Para que la malla quede situada en el centro del contenedor se diseña un cinturón abierto de 21 cm de diámetro que se ajusta en la parte superior de la malla que contendrá pequeños dobleces que le darán sujeción a las paredes del contenedor tanto en la parte superior como en la inferior.

El contenedor inferior estará cubierto por una capucha plástica para crear una atmósfera modificada y de este modo medir el comportamiento fisiológico de los frutos.

El contenedor superior con diámetro de 50 cm y altura de 50 cm tendrá la capacidad para contener aproximadamente 100 litros o 100 kg, la carga varía de acuerdo al tratamiento evaluado. Dicho contenedor es sujetado por las varillas laterales soldadas a un aro metálico en la parte superior de diámetro poco mayor al contenedor, esto con el fin de dar estabilidad al contenedor de carga al momento de bajarlo o subirlo, a sus laterales cuenta con unas pequeños trozos de tubo que se deslizan en la varilla y van unidas al contenedor dando estabilidad y dirección al deslizarlo. En la parte inferior se acopla un pequeño cilindro de 17 cm de diámetro por 32 cm de largo que estará tapado por la parte inferior, pues es el embolo que aplicará la carga sobre el fruto como lo muestra la Figura 16.

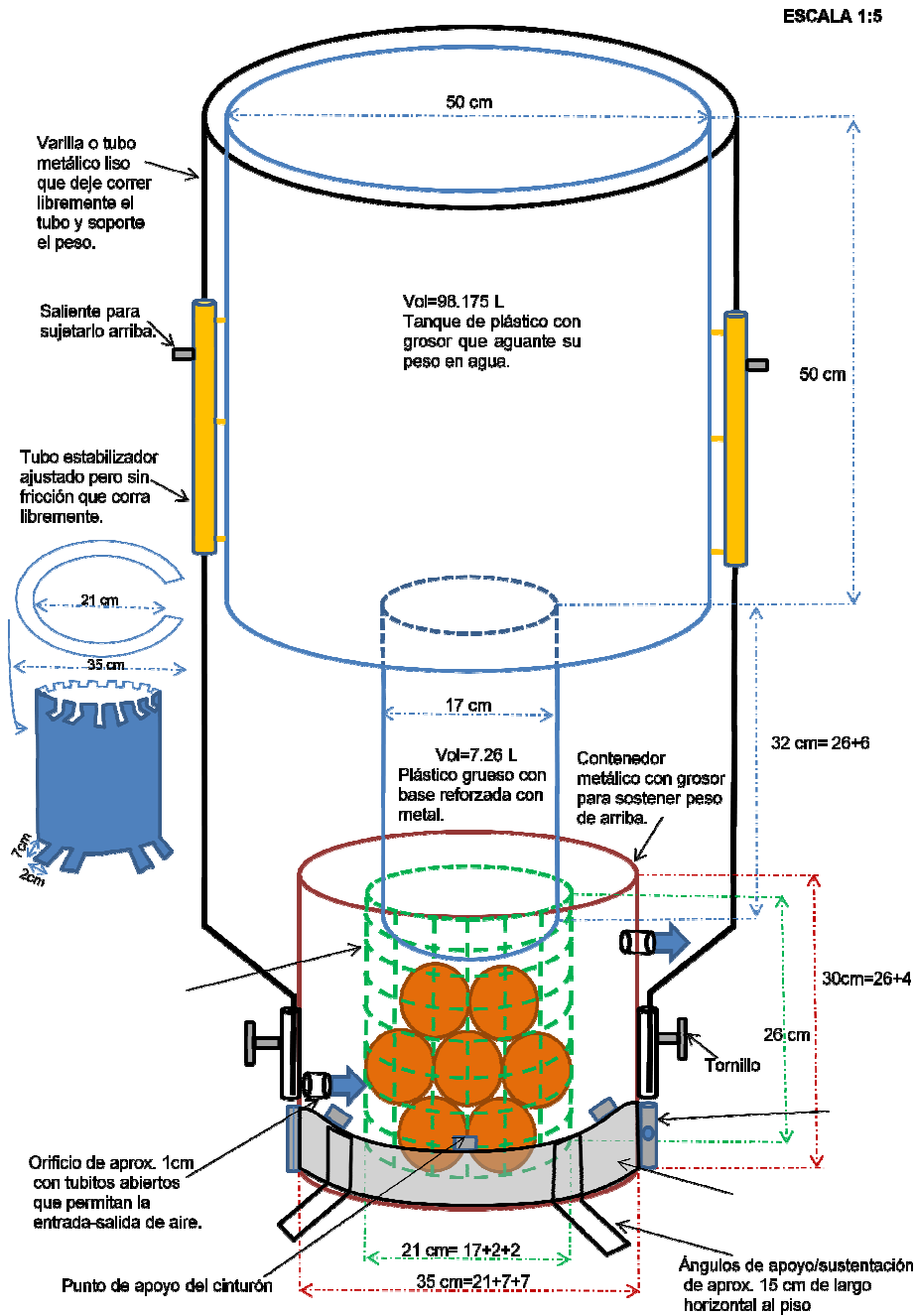


Figura 16. Bosquejos a través del tiempo corrigiendo las limitantes detectadas.

En la Figura 16 se observan las mejoras realizadas al prototipo, sin embargo se siguen detectando fallas como los las varillas laterales en la parte inferior donde se hace el dobléz para ajustarlo a las dimensiones de la cubeta, da debilidad al sistema.

3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño final del aparato creado para simular los esfuerzos dinámicos en laboratorio a escala aproximada 1:5.

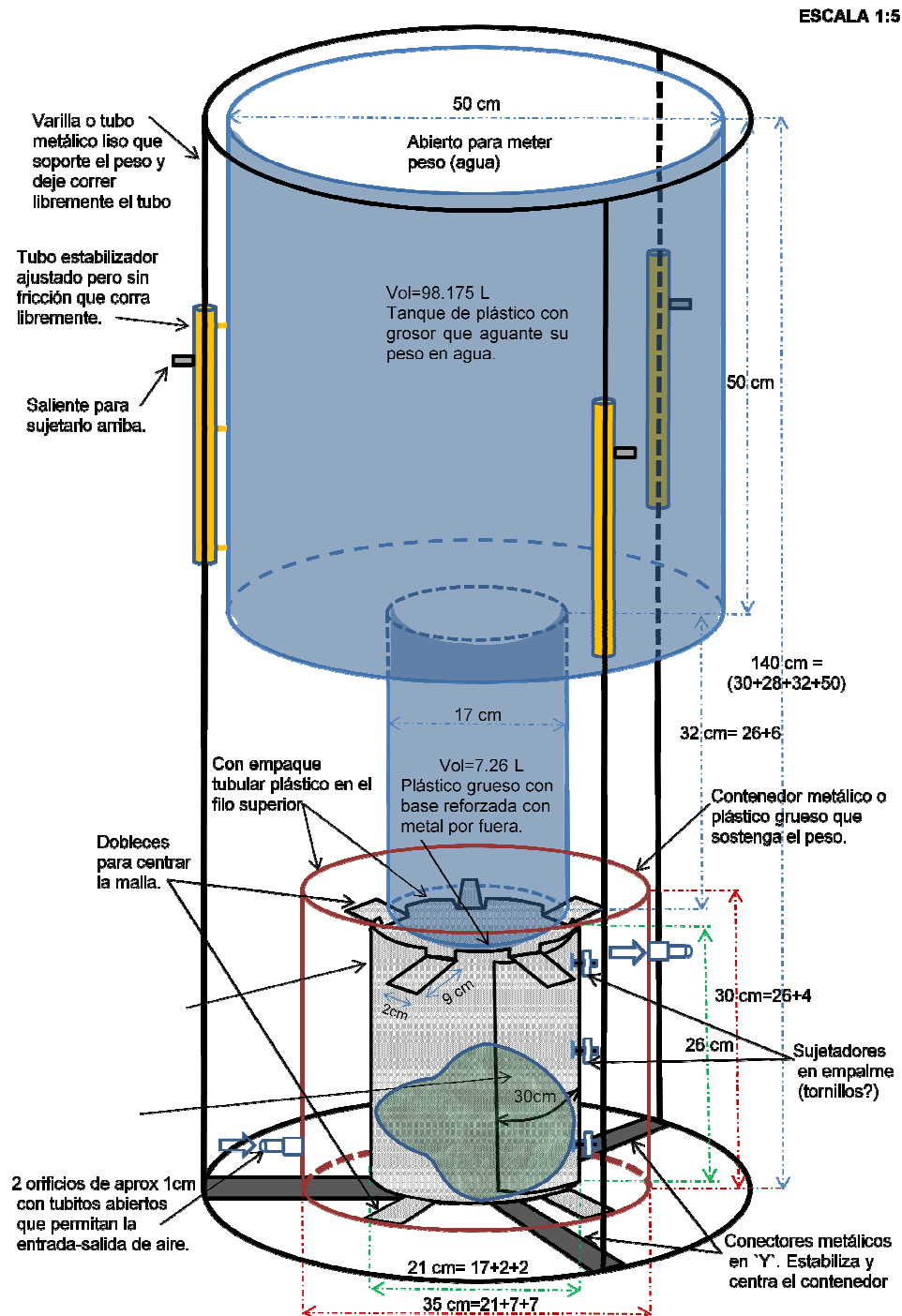


Figura 17. Diseño del modelo simulador de esfuerzos dinámicos para uso en laboratorio.

Armado completamente con el material seleccionado y adaptado se logró obtener el siguiente aparato:



Figura18. Imagen real del aparato simulador de esfuerzos dinámicos.

Donde el bote azul contendrá la carga que se adicionó para las pruebas, el embolo blanco aplicará carga a la capa de fruta colocada en la parte inferior del contenedor y la malla. El contenedor inferior (anaranjado) junto con la capa plástica crea la atmósfera modificada donde se evaluó la respiración del fruto, temperatura, humedad relativa, intensidad luminosa y punto de rocío.

Una vez instalado el equipo en el laboratorio con los aditamentos necesarios se realizaron pruebas preliminares para evaluar que el prototipo diseñado fuera funcional, analizar que no existieran fugas de gases en el sistema, revisar que los instrumentos de medición funcionaran correctamente, se procedió a evaluar los tratamientos indicados con los siguientes resultados.

Para la variedad Paquimé en los tratamientos testigo y 50 kg se muestran las imágenes iniciales y finales del tratamiento donde se observa el estado de la fruta y su respuesta a los tratamientos como se muestra en la Figura 19.

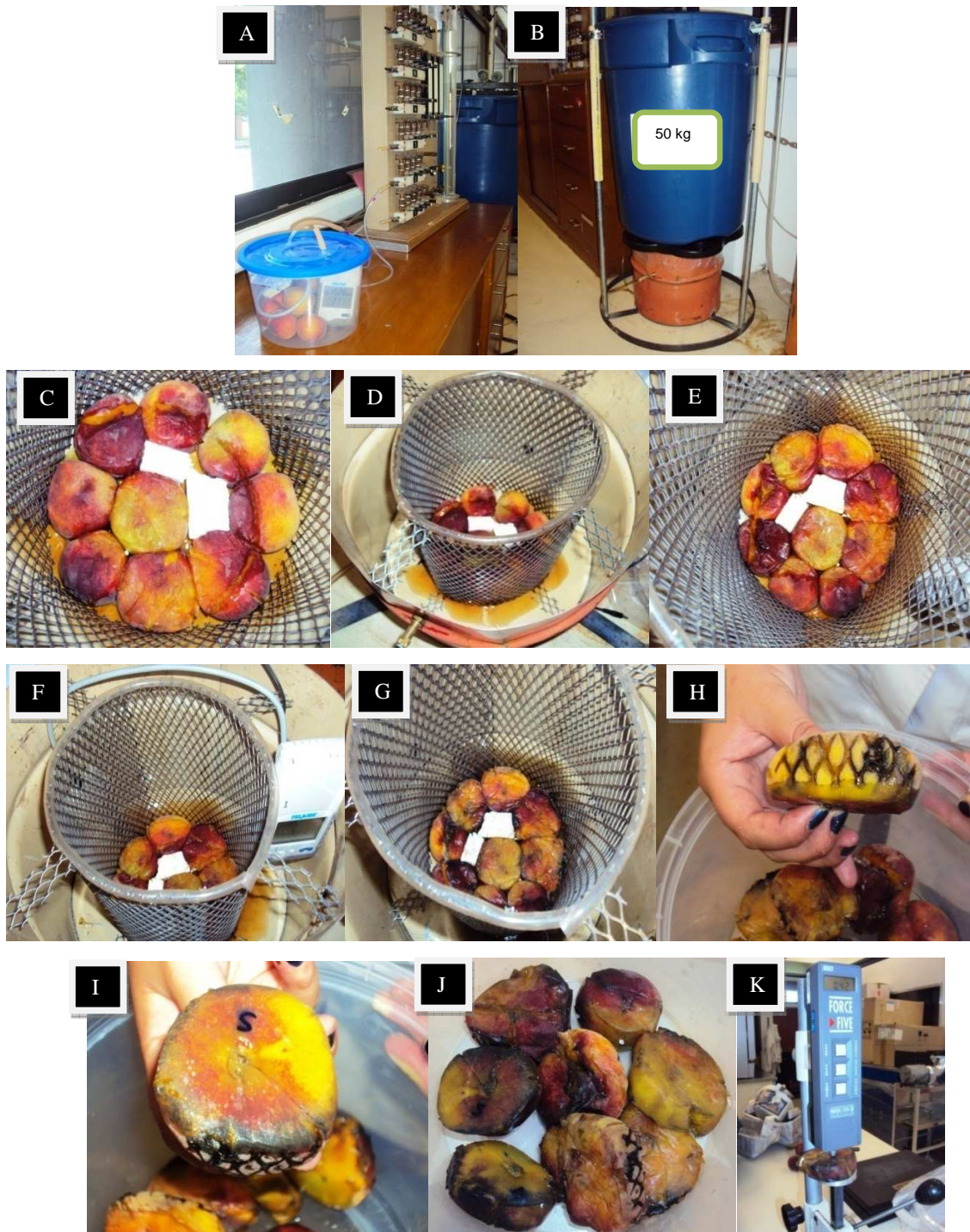


Figura 19. Durazno Paquimé: A) tratamiento testigo 0 kg, B) el simulador con 50 kg de peso aplicados a los frutos de durazno Paquimé, C) duraznos día 1, D) desjuge de frutos, E) duraznos día 2, F) desjuge día 2, G) duraznos día 3, H) aplastamiento polar del fruto y manchado por la malla, I) apariencia del fruto al final del tratamiento, J) descomposición de frutos al día 3, K) medición de firmeza final.

Paquimé Testigo se muestra en la Figura 19A se evaluó a la par de Paquimé 50 kg (Figura 19B), éste ultimo al primer día de destape o rompimiento de atmosfera mostró daños severos en el fruto (Figura 19C), desjuge en gran cantidad (Figura 19D) el cual se extrajo. Al segundo día continuó el desjuge y los frutos se observaron con mayor daño respecto al día anterior (Figuras 19E y 19F), al tercer día se detecta olor a putrefacción, el fruto severamente dañado (Figura 19G), descomposición total, compresión hasta llegar al nivel de endocarpio (Figuras 19H y 19I), desjuge considerable que produjo la putrefacción en poco tiempo de los frutos (Figura 19J). Con lo cual su firmeza disminuyó considerablemente (Figura 19K)

Paquimé testigo al final del tratamiento (6 días) mostró presencia de hongos.

Paquimé 14kg acomodo de los frutos se observa en la Figura 20A, aplicando carga a los frutos en la Figura 20B, al destape al primer día ya presentaron ligeros daños (Figura 20C), después de 3 días presentó un aplastamiento ligero, poco desjuge y oxidación en el área cercana al endocarpio y en la zona de presión (Figuras 20D, 20E y 20F).

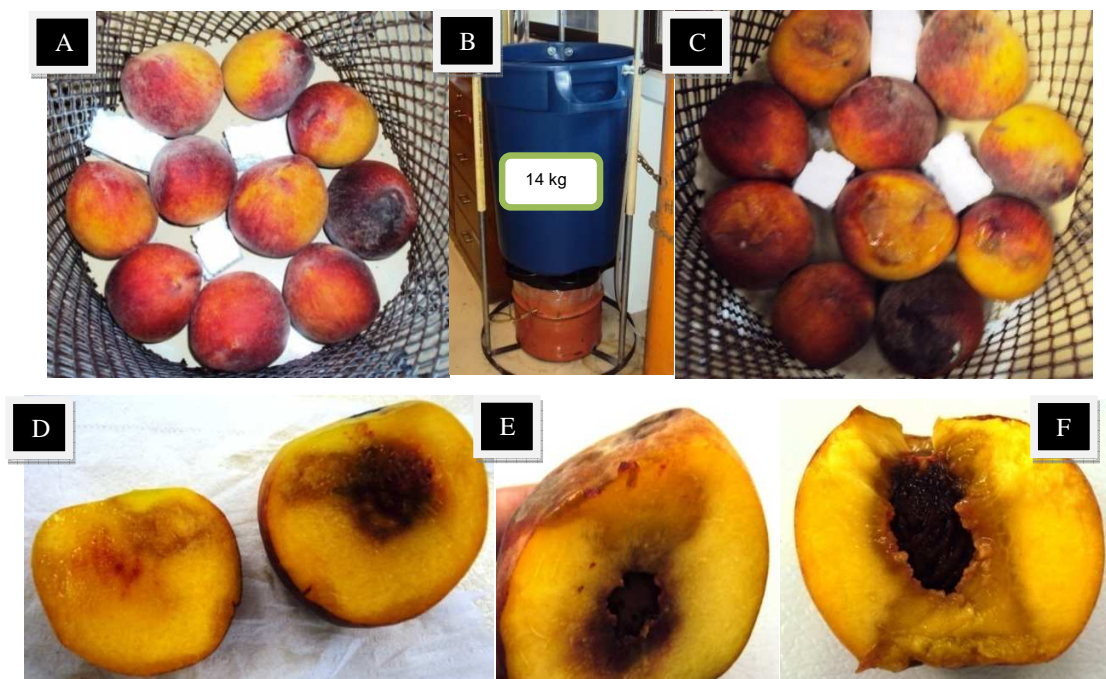


Figura 20. Durazno Paquimé, tratamiento 14 kg: A) acomodo de los frutos al inicio del tratamiento, B) aplicando carga, C) frutos al día 1, D) oscurecimiento interno del fruto, E) manchado alrededor del endocarpio, F) deformación del fruto y daños internos.

En la variedad Oro de Tlaxcala se evaluaron frutos de menor grado de madurez, variedad de hueso pegado. El acomodo de los frutos se observa en la Figura 21A, en la Figura 21B aplicando la carga de 100kg a los frutos, al primer día se observan unos daños leves (Figura 21C), para los días 2 y 3 el daño se agudizó un poco (Figura 21D y 21E). Al final del tratamiento de 100 kg observó un aplastamiento del fruto en la zona de presión (Figura 21F), oscurecimiento en algunas zonas del epicarpio (Figura 21H) con una oxidación interna marcada (Figuras 21G y 21I) y leve desjugue s nivel de gota.



Figura 21. Durazno Oro de Tlaxcala, tratamiento 100 kg: A) acomodo de los frutos al iniciar el tratamiento, B) carga aplicada sobre los frutos, C) frutos al día 1, D) frutos al día 2, E) frutos al día 3, F) se muestra el aplastamiento de la zona polar del durazno por la carga aplicada, G) manchado exterior del fruto por carga y desjugue, H) manchado interno del fruto, I) oscurecimiento de la zona dañada por la carga.

Oro de Tlaxcala tratamiento de 50 kg acomodo inicial de los frutos (Figura 22A), aplicación de carga (Figura 22B), destape al primer día presento ligero daño (Figura 22C), al segundo día se observó un mayor daño (Figura 22D), achatamiento de polos, desjague a nivel de gotas, manchado interno en la zona de presión y alrededor del hueso (Figura 22E).



Figura 22. Durazno Oro de Tlaxcala, tratamiento 50 kg: A) iniciando tratamiento, B) con la carga aplicada, C) frutos día 1, D) frutos día 2, E) daños internos del fruto.

3.6.1 Pérdida de peso

El peso de los frutos varía de acuerdo a la variedad, mientras Paquimé tiene peso promedio por fruto de 89.23 g al inicio de los tratamientos, Oro de Tlaxcala muestra un peso de 116.5 g por fruto. Las pérdidas de peso de los frutos de durazno de acuerdo a los tratamientos evaluados son:

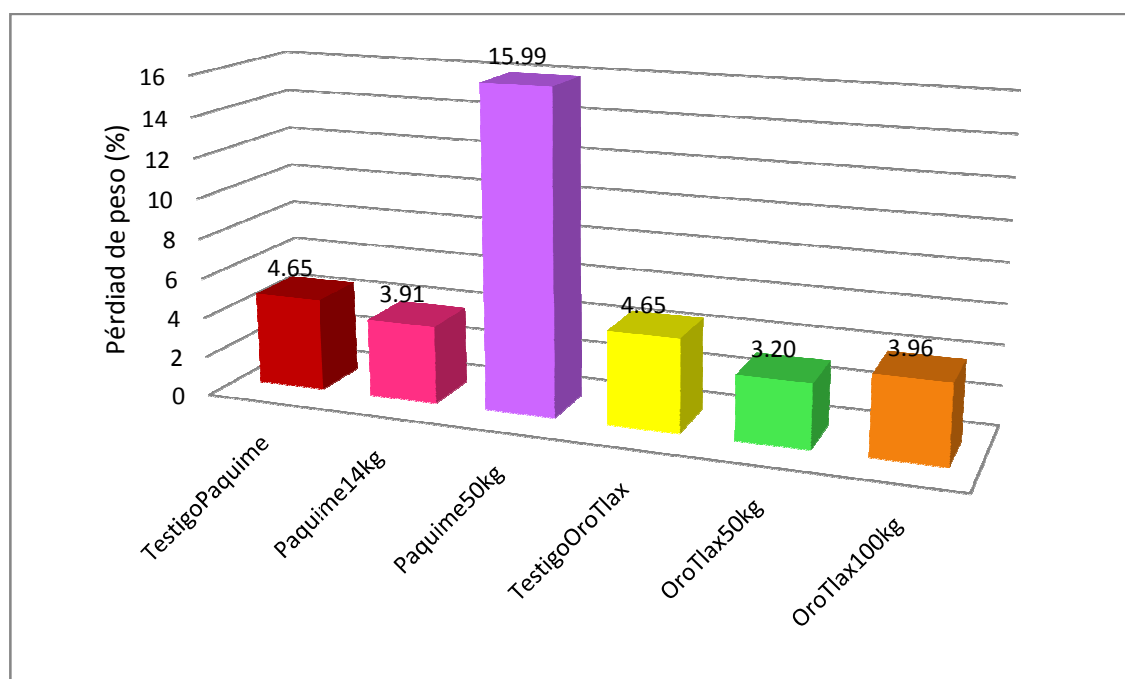


Figura 23. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de durazno de dos variedades en seis tratamientos a los tres días a temperatura ambiente.

Como podemos observar en la Figura 23 los tratamientos sin carga no muestran diferencias, sin embargo destaca la pérdida de peso tan elevada del tratamiento Paquimé 50 kg que en el 3 días disminuyó 16% de su peso debido al desjuge por la condición de su madurez avanzada y por efecto de la carga. Mientras que los tratamientos restantes no superan una pérdida mayor a 4%.

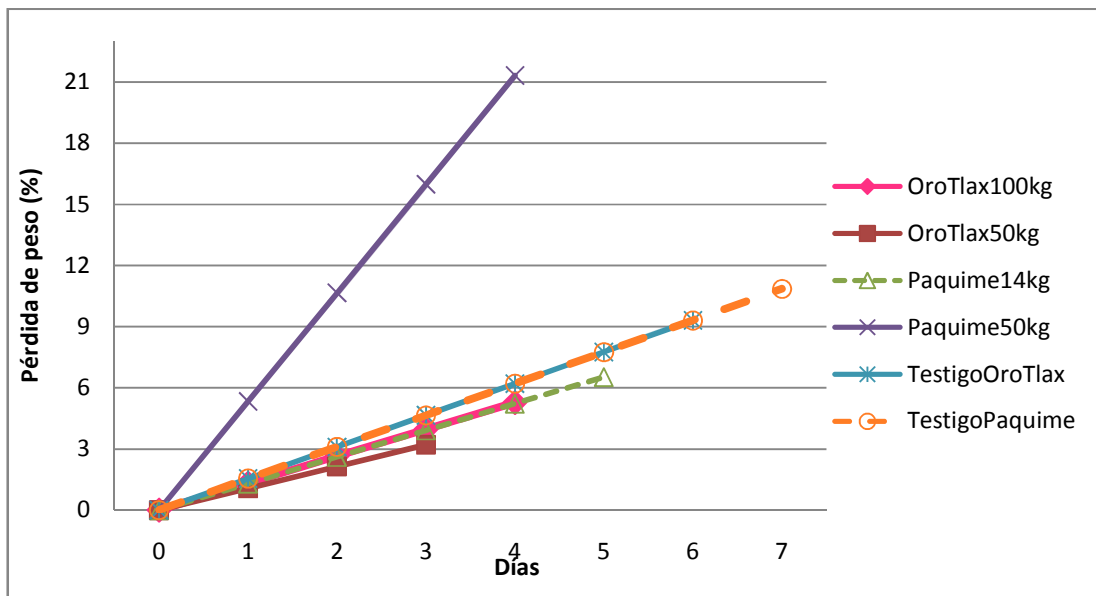


Figura 24. Pérdida de peso porcentual de frutos de durazno Paquimé y Oro en tres tratamientos de carga en el tiempo total de su tratamiento (se utilizaron valores promedio).

La pérdida de peso obtenida en Paquimé 50 kg es considerable debido a que el grado de madures del fruto permitió ruptura del epicarpio y derramamiento de jugo del fruto. Mientras que los testigos de ambas variedades presentaron el mismo comportamiento, los tratamientos Paquimé 14 kg y Oro 100 kg mostraron un patrón de respuesta similar en pérdida de peso y el tratamiento Oro 50kg perdió menos peso que todos los anteriores.

Tal como lo indica Crisosto (2002) cuando se producen magulladuras en durazno que reducen su calidad, se acelera su actividad fisiológica, se facilitan las podredumbres por patógenos y se incrementan las pérdidas de agua.

Pérdidas del 5-8% del contenido en agua de los frutos pueden ocasionar arrugamientos apreciables a simple vista (Crisosto, 2002), tal pérdida ocurrió en la mayoría de los tratamientos, en algunos más pronto que otros.

3.6.2 Tamaño

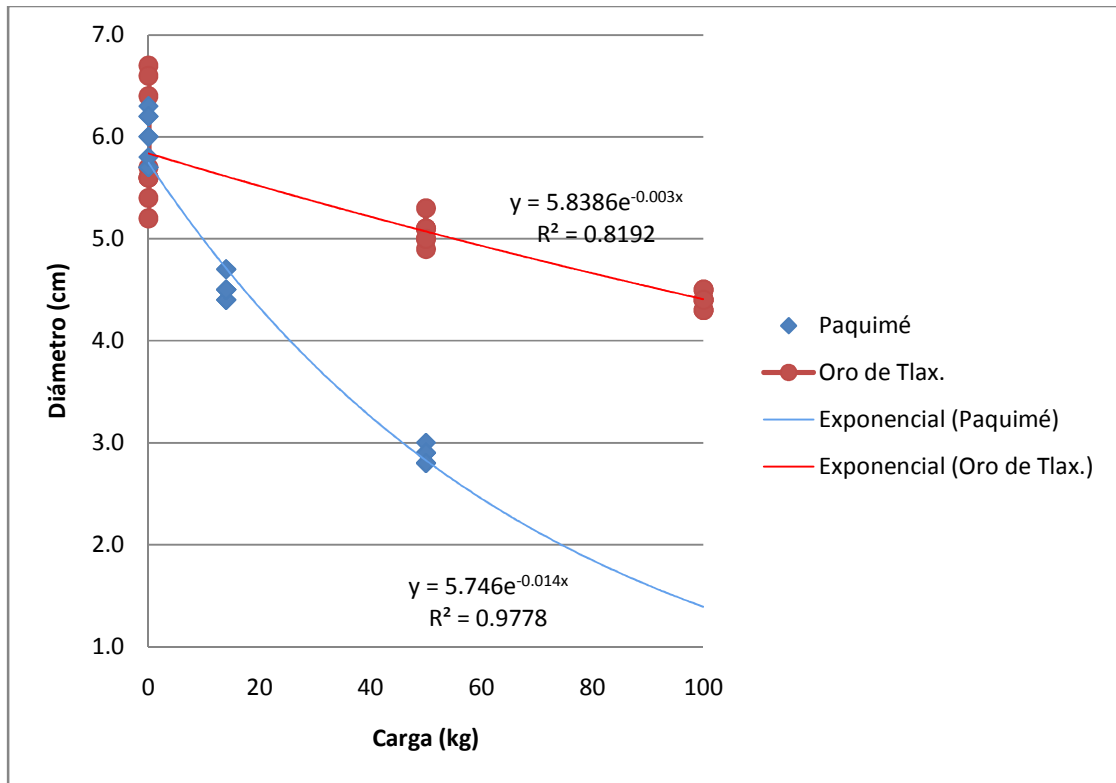


Figura 25. Pérdida de diámetro polar de frutos de durazno respecto a la carga aplicada (se usaron todos los valores)

La Figura 25 muestra la respuesta a la pérdida de tamaño del fruto (achatamiento de los polos) en respuesta a la carga aplicada sobre ellos, dando como resultado un menor diámetro del fruto a mayor carga aplicada. El grado de madurez de los frutos Paquimé más avanzado permite una mayor disminución de diámetro polar en comparación a la variedad Oro de Tlaxcala los cuales presentaban menor grado de madurez. Mientras que los Paquimé de aproximadamente 6 cm de diámetro polar se redujeron a escasos 2.8 cm, los Oro al doble de carga y con un diámetro polar inicial semejante a la Paquimé, se redujeron a 4.5 cm.

3.6.3 Sólidos Solubles Totales

Utilizando los valores promedio de sólidos solubles totales por tratamiento por día y analizándolos con un modelo de regresión no lineal se ajustan los resultados de la siguiente manera:

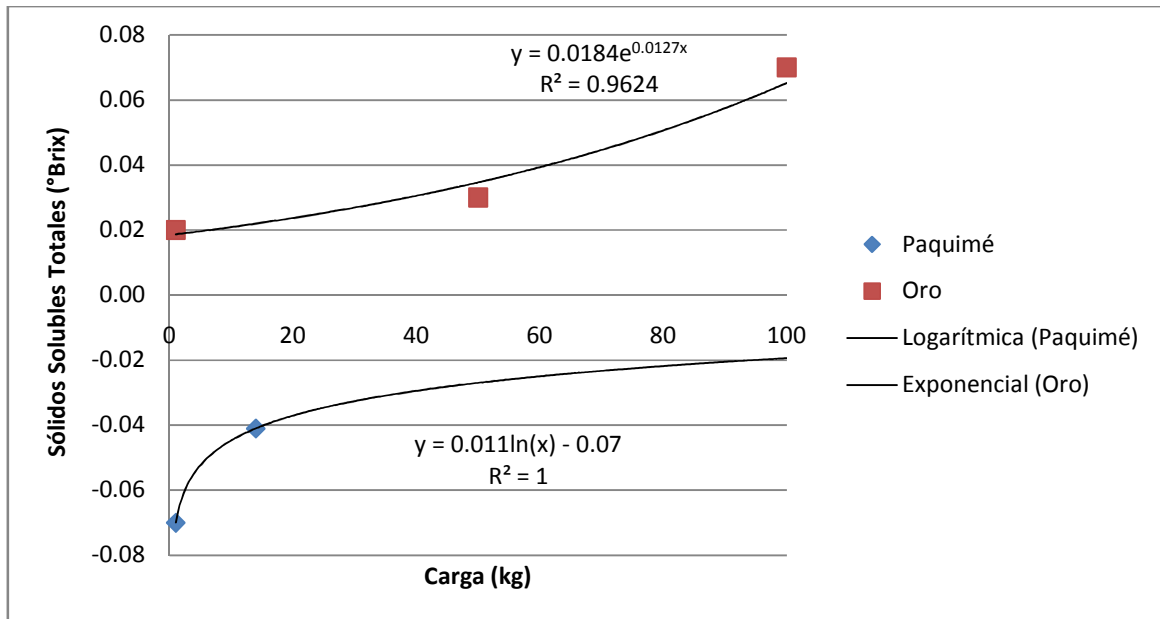


Figura 26. Comportamiento respuesta de sólidos solubles totales en durazno respecto a carga, en comparación a un día.

La Figura 26 muestra la respuesta de los frutos a la aplicación de carga, muestra que en el caso de mayor carga, hay un aumento de pérdida de grados Brix.

Para la variedad Paquimé con una tendencia logarítmica el testigo pierde 0.07°Brix y el tratamiento de 14kg pierde menor cantidad, 0.04°Brix.

La variedad Oro de Tlaxcala con una tendencia exponencial muestra que a mayor carga hay una mayor concentración de grados Brix respecto a un testigo sin carga. Mientras que con el tratamiento testigo aumenta 0.02 °Brix por día, con el de carga 50kg aumenta 0.03°Brix y para una carga de 100kg incrementa 0.07°Brix.

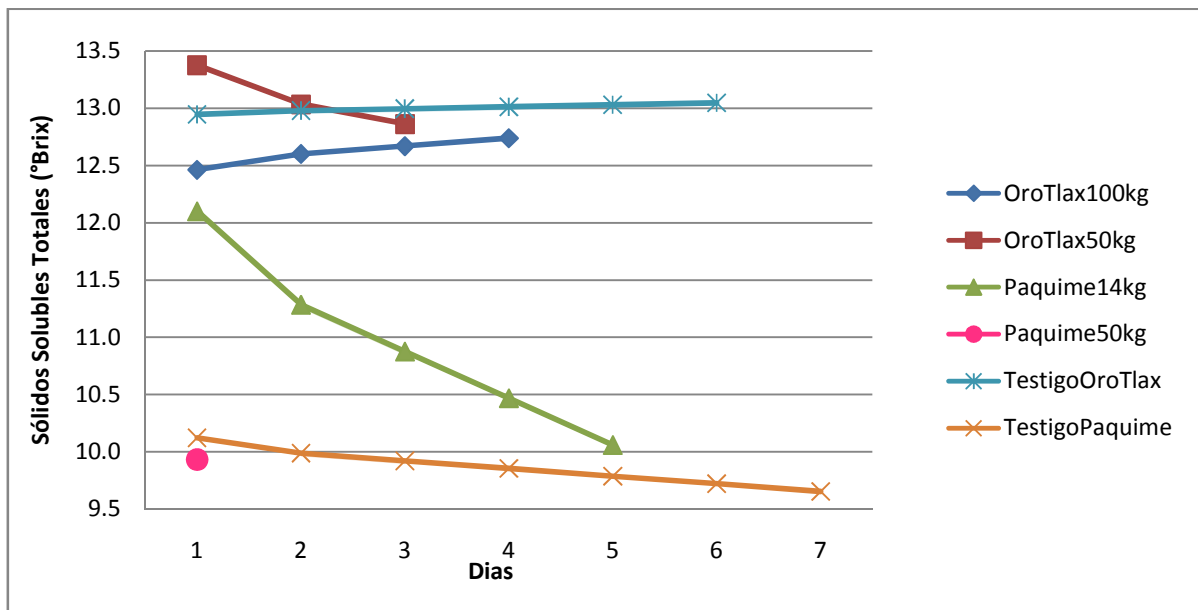


Figura 27. Comportamiento de sólidos solubles en durazno durante los tratamientos a través del tiempo. Se utilizaron valores promedio para cada tratamiento.

En la Figura 27 se muestra el comportamiento de los valores promedio por tratamiento durante el tiempo que duró su respectivo tratamiento. Existe un comportamiento decreciente en la cantidad de sólidos solubles totales al paso del tiempo, no así para el caso de Oro Tlaxcala 100 kg quien muestra un incremento y esto se explica que al ser una prueba destructiva los frutos del mismo tratamiento pueden no ser específicamente del mismo grado de madurez, por ello el incremento. Paquimé 14 kg muestra un decrecimiento considerable de 2°Brix en 5 días, no así para los otros tratamientos.

3.6.4 Firmeza

Por medio de un modelo estadístico de regresión no lineal se explica el comportamiento de la pérdida de firmeza respecto a la carga aplicada.

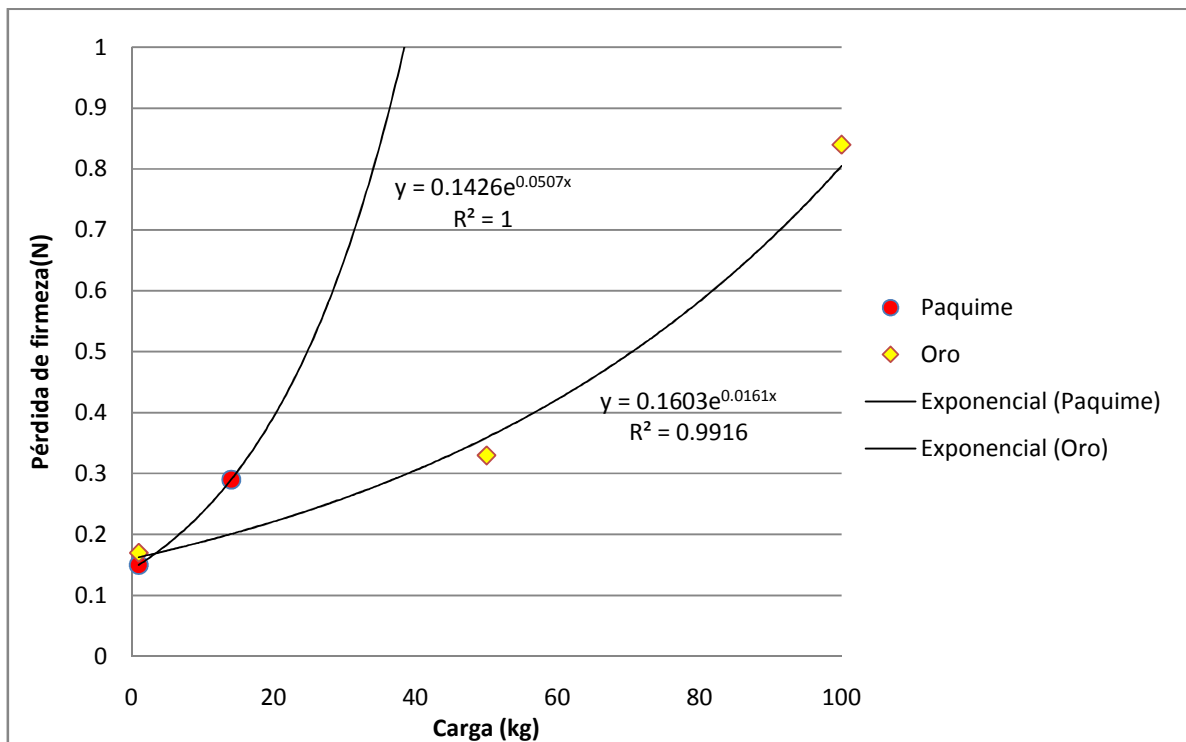


Figura 28. Pérdida de firmeza de durazno por día por efecto de la carga aplicada.

Donde se observa en la Figura 28 un claro efecto de tendencia afectado por la carga donde a mayor peso existe una mayor pérdida de firmeza, y que es mayor esta pérdida cuando los frutos se encuentran en madurez de consumo como el caso de Paquimé, y un tanto menor cuando la madurez es fisiológica. Tal es el caso en el tratamiento Oro 50 kg existe un pérdida de 0.358 N y para la carga de 100 kg la pérdida de firmeza equivale a 0.8 N. En el caso de Paquimé a una carga de 14 kg la firmeza disminuye 0.29 N.

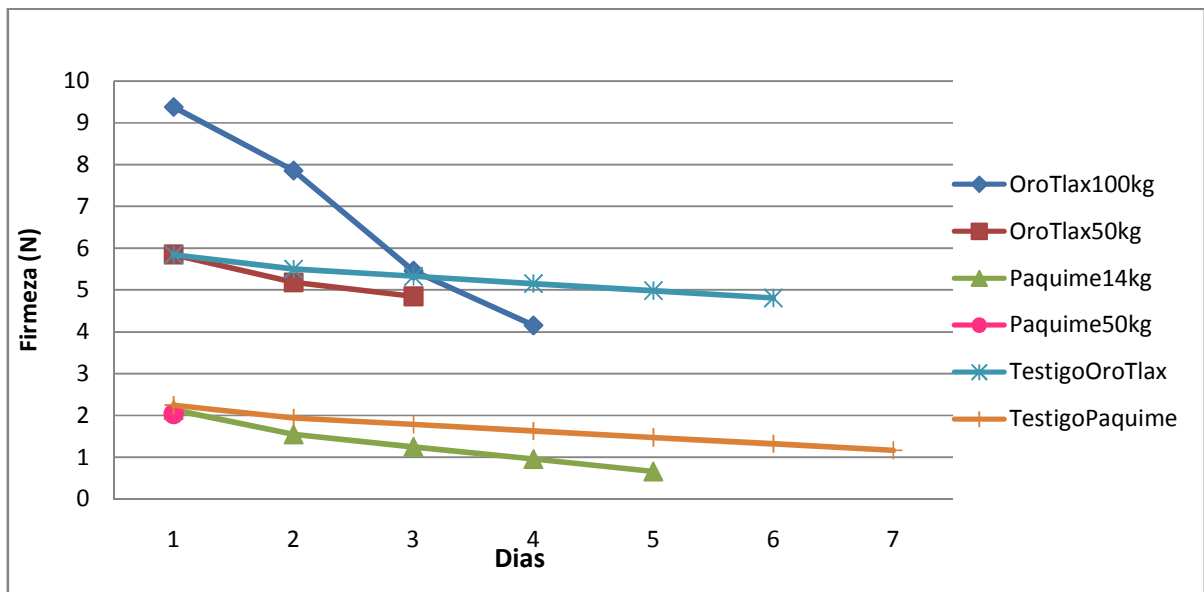


Figura 29. Firmeza promedio de durazno a través del tiempo.

La firmeza disminuye a través del tiempo y es más notorio en las cargas mayores, donde es drástica la pérdida de firmeza, como se observa en la Figura 29. También afecta considerablemente el estado de madurez del fruto.

3.6.5 Color

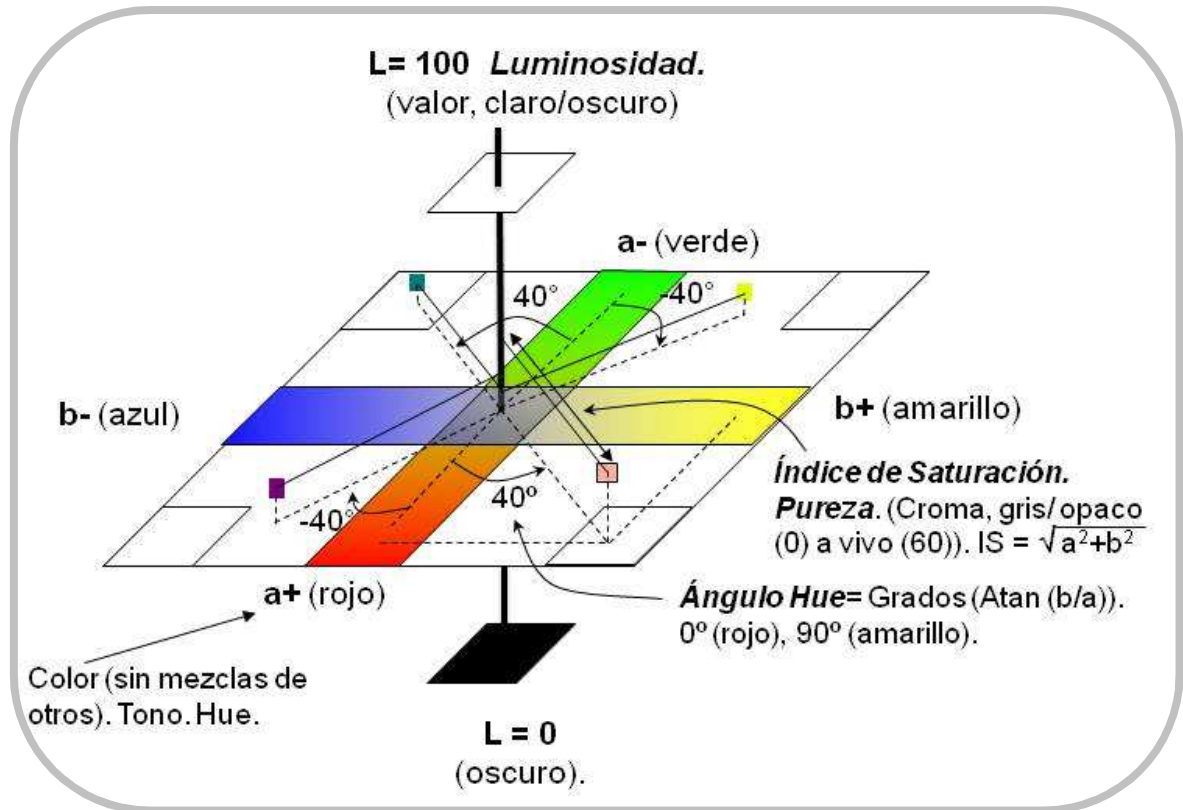


Figura30. Sólido de color para explicar la posición 3D del color (L, a, b)
Elaborado por: María Guadalupe Victoria Escamilla y Dr. Sergio H. Chávez Franco

El colorímetro de refractancia Hunter Lab modelo D25 permite identificar coordenadas L a b de cada color en el espacio tridimensional y dependiendo de su valor se pueden comparar entre ellos objetivamente.

L=luminosidad nos indica que tal claro u obscuro es el objeto, la ausencia o presencia d luz, va de 0 (oscuro) a 100 (claro).y que se define como la proporción de luz transmitida por el objeto (Hutchings, 1999).

El valor de “a” en el espacio tridimensional va de rojo (a+) hasta verde (a-). Cuando los valores de “a” son positivos, el color tiende a rojo y mientras mayor se éste será un color rojo puro. En cambio cuando el valor de “a” es negativo el color tiende a verde.

El valor de “b” en el espacio tridimensional cambia de un color amarillo a un azul. Cuando el valor de “b” es positivo el color es amarillo o cercano a éste. Si es negativo el color tiende a tornarse azul.

La longitud de la línea perpendicular que va desde el eje L hacia el punto de coordenadas (a,b) es lo que se denomina índice de saturación, pureza o croma que es un atributo de la sensación visual y se define como la proporción de contenido cromático en la percepción total o el grado de diferencia del gris para el mismo valor de luminosidad (Hutchings, 1999), y por lo general va de 0 (opaco) a 60 (vivo), por lo tanto cuando los valores son cercanos a 0 los colores son más opacos o grises y son cercanos a L, y si se alejan son colores claros o vivos (menos grises), éste valor se calcula con la siguiente fórmula

$$IS = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ángulo Hue es el ángulo que forma el color en el espacio tridimensional con respecto al eje “a” tanto positivo como negativo. Los valores del ángulo van de 0° (rojo) a 90° (amarillo) para el primer cuadrante(a+, b+), en el segundo (a-, b+) va de verde a amarillo, en el tercero (a-, b-) de verde a azul y por último en el cuarto (a+, b-) va de rojo a azul. Se determina de la siguiente manera y se expresa en grados.

$$\text{Ángulo Hue} = \text{Arco Tangente} \left(\frac{b}{a} \right)$$

Con los datos de color de los duraznos analizados se obtiene la siguiente nube de dispersión de color para identificar su posición en un plano tridimensional y conocer el rango en el que trabajamos.

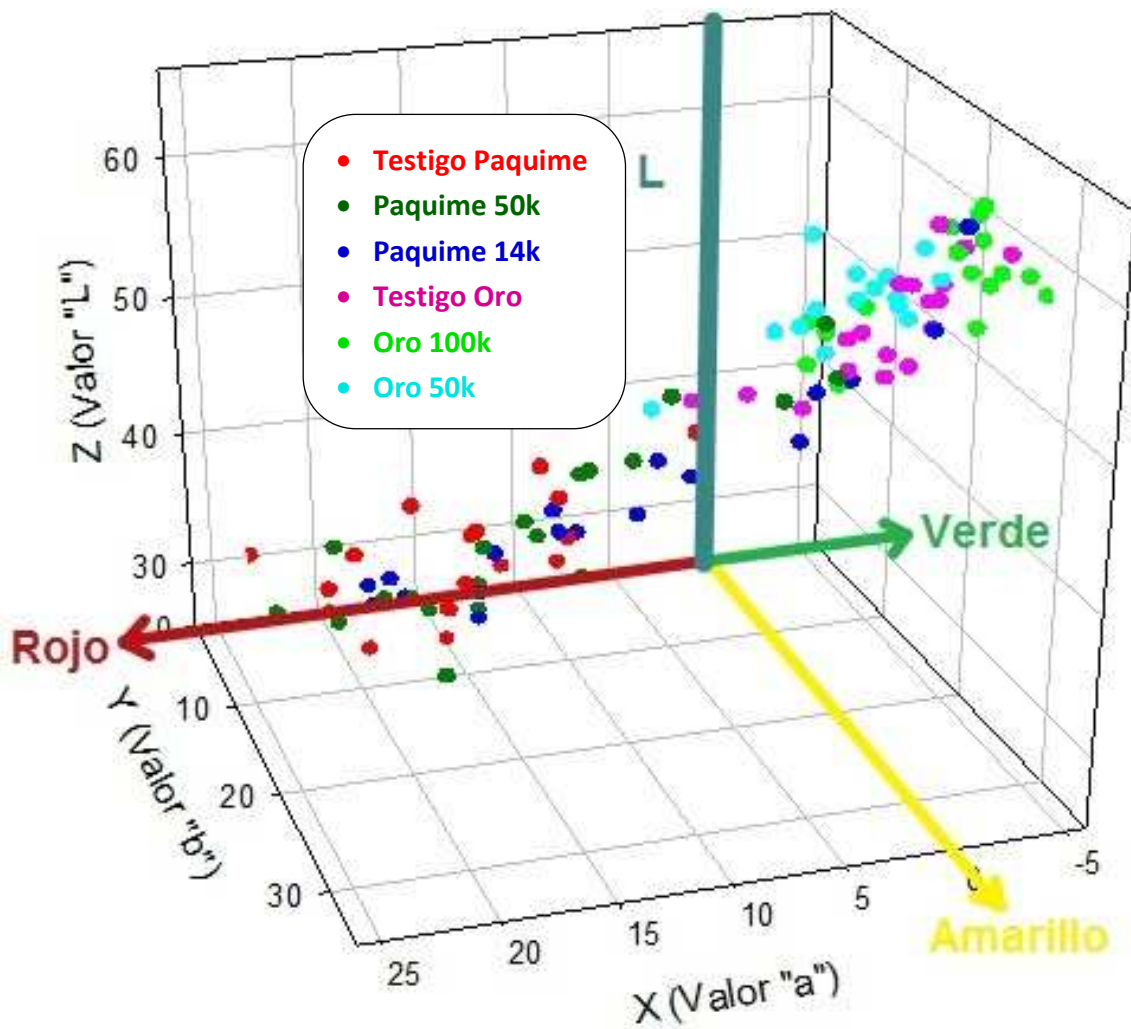


Figura 31. Nube de dispersión de color de frutos de durazno vistos en 3D.

Se observa en la Figura 31 que la variedad Paquimé tiende hacia el color rojo con menor luminosidad respecto a Oro de Tlaxcala que se encuentra entre verde y amarillo con mayor luminosidad.

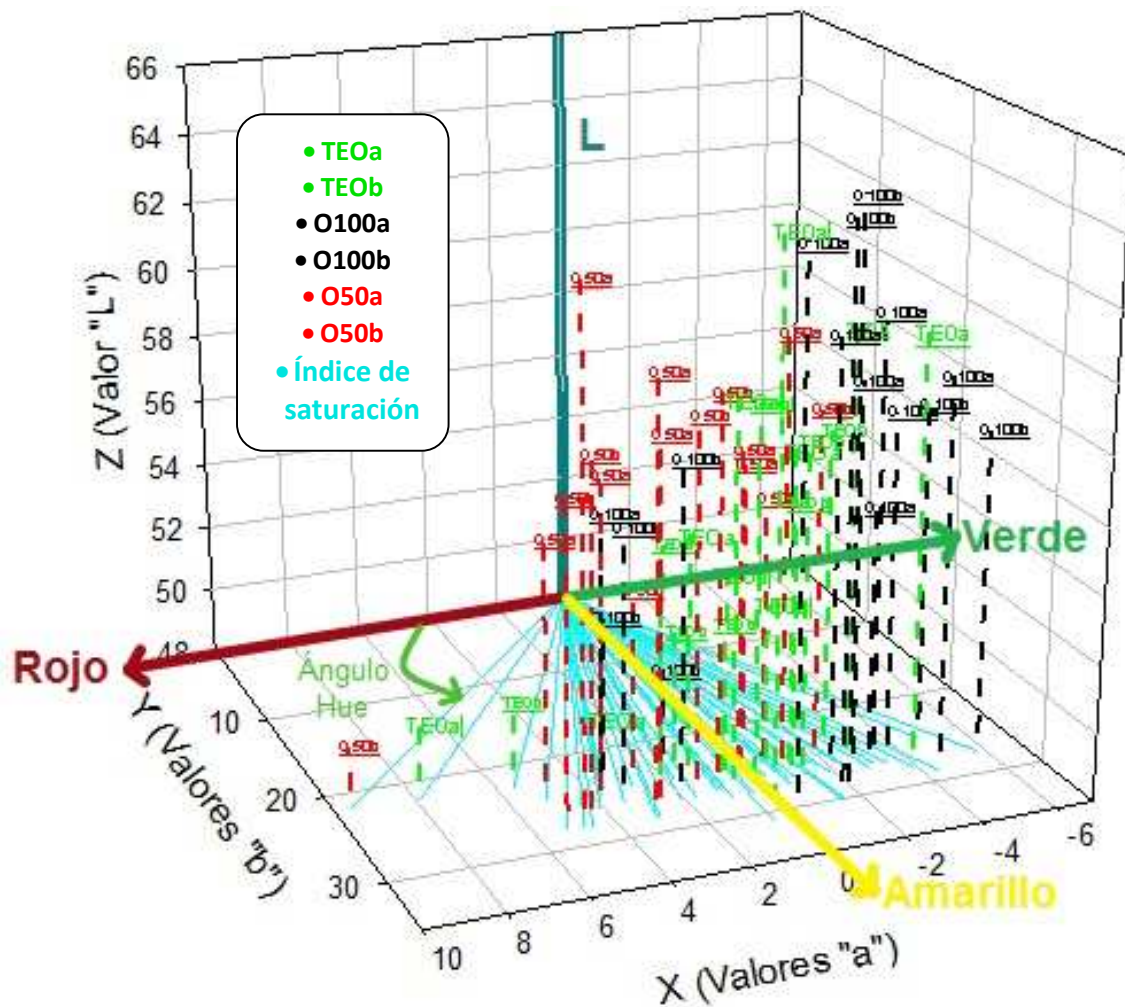


Figura 32. Valores de color en 3D durazno Oro de Tlaxcala.

De acuerdo con la Figura 32 los frutos testigos presentaban un color de amarillo a verde predominando los verdes, los frutos utilizados en el tratamiento de 100 kg ligeramente más verdes y los sometidos a 50 kg de presión un tanto amarillos (madurez más avanzada en esta variedad).

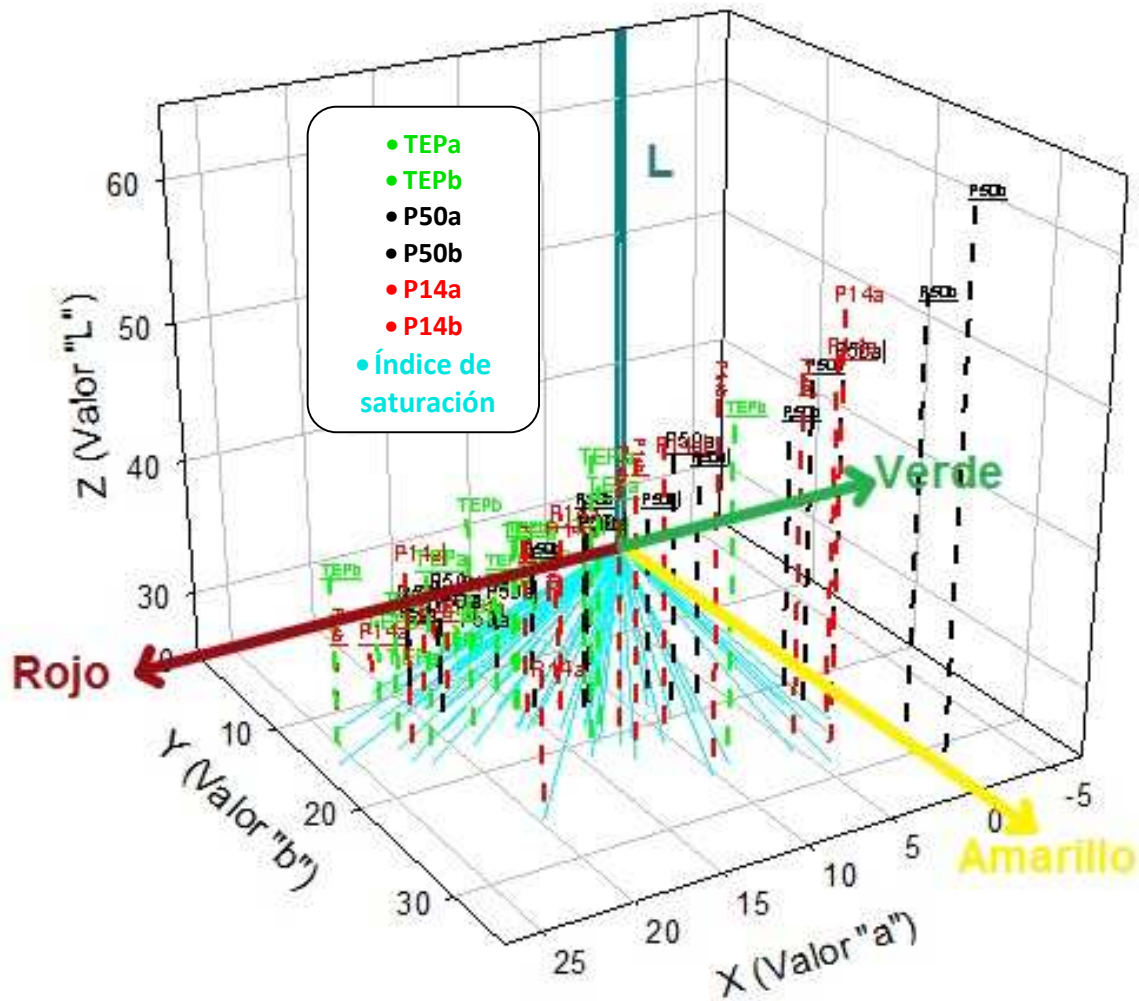


Figura 33. Valores de color en 3D durazno Paquimé

De acuerdo con la Figura 33 los testigos de Paquimé presentaban un color rojo intenso (mayor grado de madurez), el tratamiento de Paquimé 50 kg va de amarillo a rojo lo que indica un menor grado de madurez con respecto a los otros tratamientos y por último el tratamiento Paquimé 14 kg va de amarillo a rojo presentando una madurez similar a los testigos.

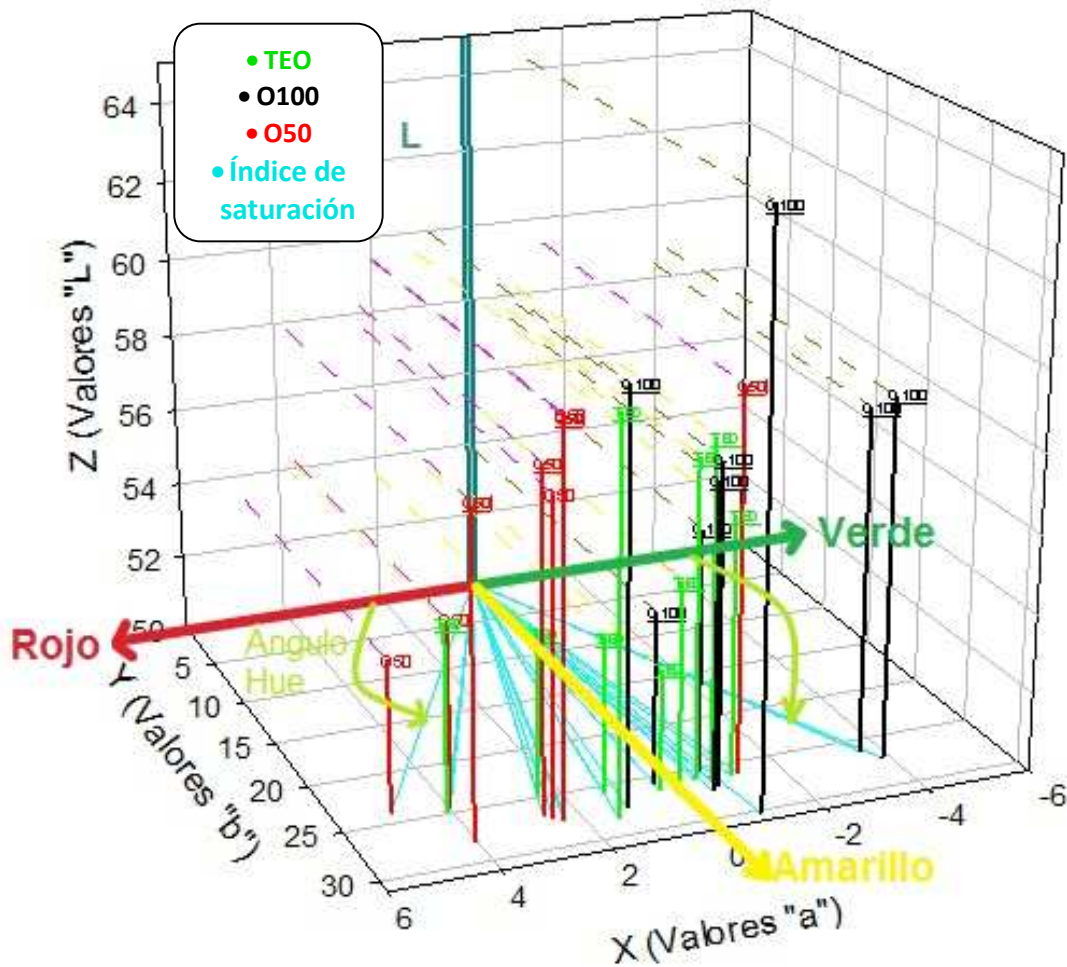


Figura 34. Promedios de color en 3D de durazno Oro

Obteniendo los promedios de color de los duraznos Oro de Tlaxcala se aprecia en la Figura 34, que al ser una variedad amarilla de hueso pegado los frutos utilizados en el tratamiento de 50 kg muestran un grado avanzado de madurez respecto al testigo y al tratamiento de 100 kg debido al tiempo de espera en refrigeración (3 días más que los otros tratamientos) en lo que se efectuaban las mediciones de los mencionados tratamientos por falta de equipo para efectuarlos simultáneamente. Los frutos verdes o menos maduros fueron los del tratamiento de 100 kg y los de madurez intermedia los testigos.

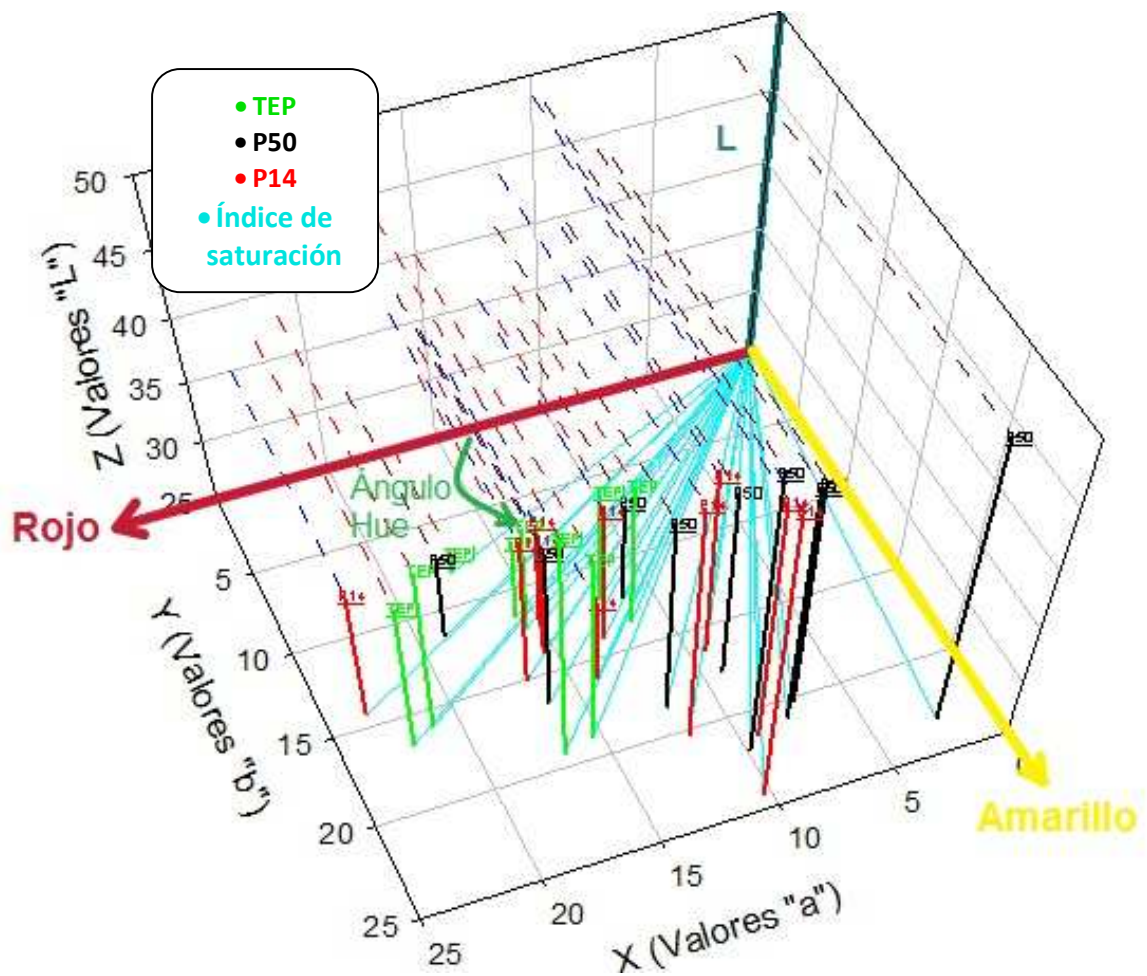


Figura 35. Promedios de color en 3D de durazno Paquimé

Los promedios de color de los duraznos Paquimé (ver Figura 35) de variedad rojiza y de hueso despegado. Los frutos del tratamiento de 50 kg tienden a un color amarillento indicando que son menos maduros que los testigos y los del tratamiento de 14 kg. Los testigos presentan un color rojo más intenso a excepción de un fruto del tratamiento de 14 kg. En general se muestra un grado de madurez similar entre los tratamientos por el grado de color rojo que presentan.

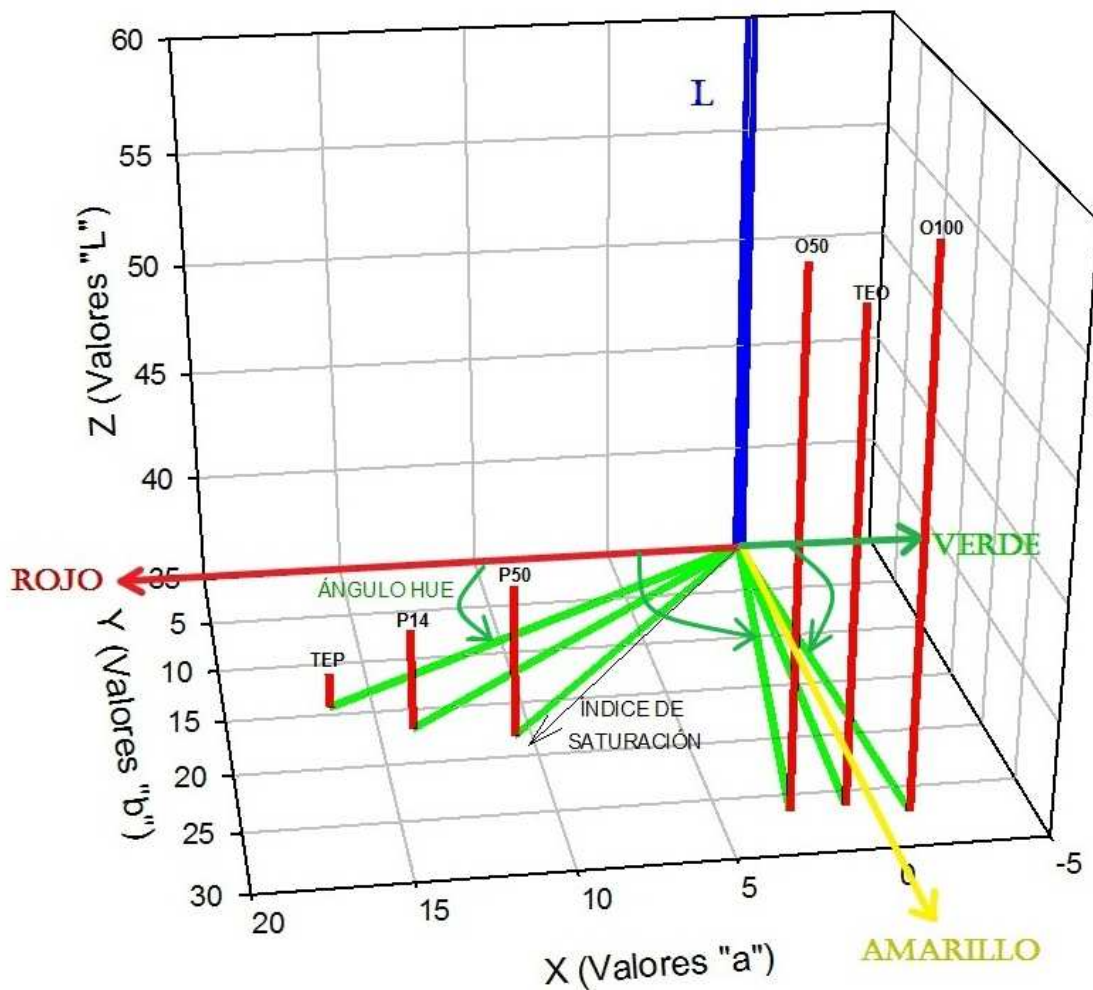


Figura 36. Promedios de color entre tratamientos vistos en 3D.

Los promedios de color comparando ambas variedades Oro de Tlaxcala y Paquimé muestran la clara diferencia entre variedades (ver Figura 36), puesto que una tiende al rojo (Paquimé) y la otra al amarillo (Oro de Tlaxcala), con una mayor luminosidad o claridad la variedad Oro de Tlaxcala y ángulos hue mayores para la misma.

Analizando el color por variedad tenemos en los frutos Paquimé un rojo más intenso, ángulo hue y luminosidad menores en los testigos, seguidos por el tratamiento de 14 kg y posteriormente el de 50 kg muestra un grado menor de madurez, mayor ángulo hue y luminosidad.

En la variedad Oro de Tlaxcala tenemos un color ligeramente verde para el tratamiento de 100 kg quien tiene la mayor luminosidad, el testigo con un color muy cercano al amarillo y tiene el mayor ángulo hue y la menor luminosidad y por último el tratamiento de 50 kg que tiene el menor ángulo hue.

Los datos analizados en SAS nos arrojan las siguientes box plot:

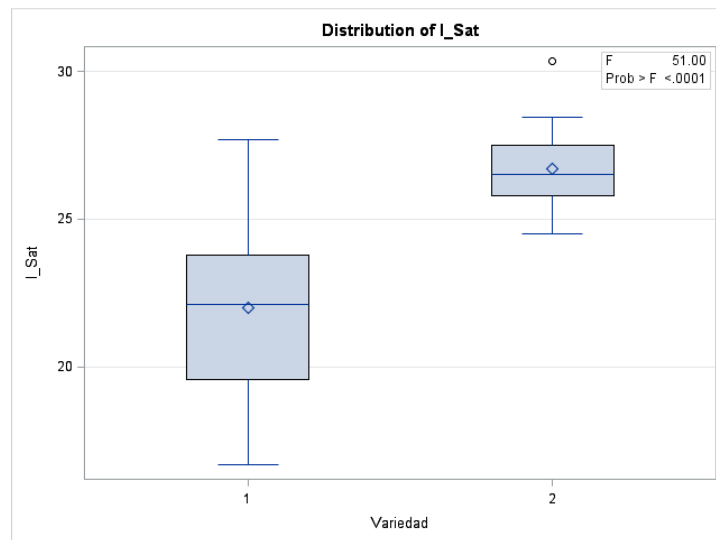


Figura 37. Box plot diferencias de índice de saturación entre variedades

Muestra que existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades Paquimé y Oro de Tlaxcala para el índice de saturación (ver Figura 37).

Ángulo hue

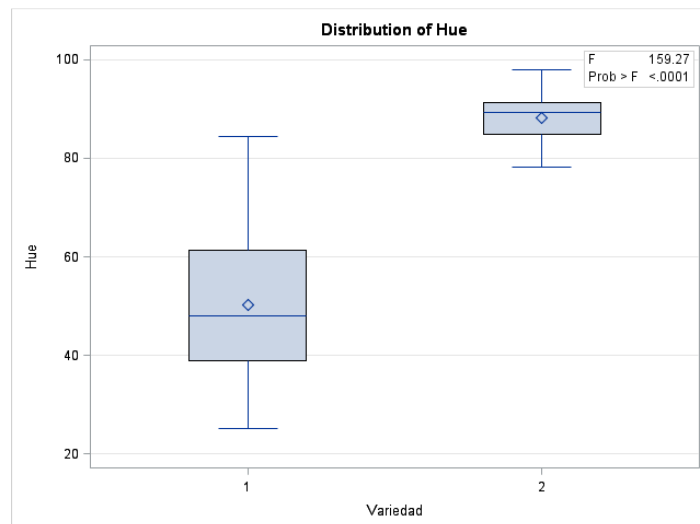


Figura 38. Box plot diferencia de ángulo hue entre variedades

Muestra que existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre variedades Paquimé y Oro de Tlaxcala para ángulo hue (ver Figura 38).

Diferencias entre tratamientos índice de saturación

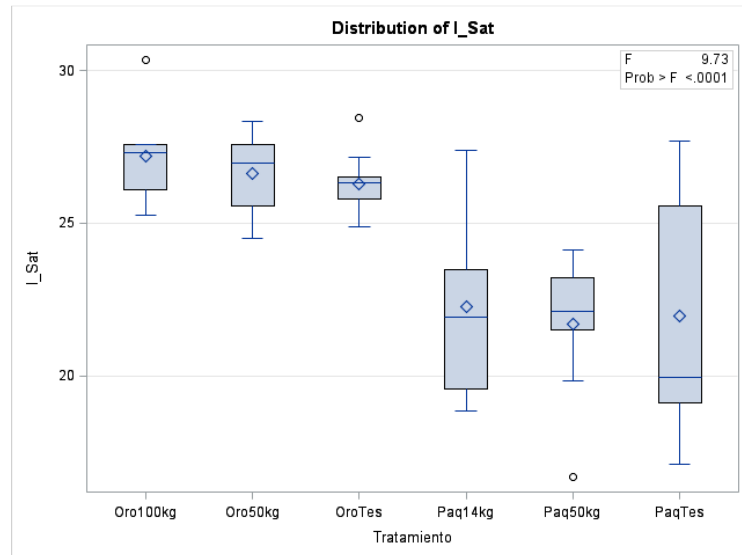


Figura 39. Box plot de índice de saturación diferencias entre tratamientos

Existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamientos de distintas variedades, más no dentro de la misma variedad. Los duraznos de la variedad Paquimé presentan mayor variación en sus datos que la variedad Oro en valores de índice de saturación (ver Figura 39)

Distribución del ángulo hue

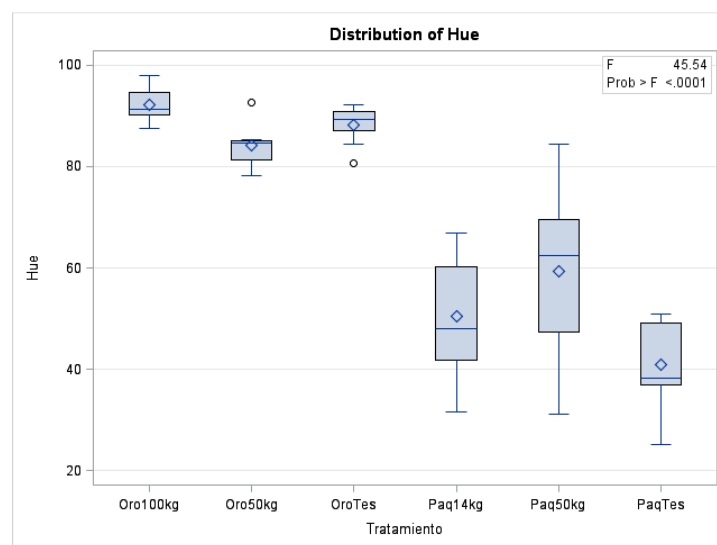


Figura 40. Box plot de ángulo hue comparación entre tratamientos

Existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de valores de ángulo hue entre tratamientos de distinta variedad, más no entre tratamientos de la misma variedad (ver Figura 40).

3.6.6 Respiración mediante flujo dinámico

La medición de la respiración por medio de flujo dinámico muestra el comportamiento a través del día de su respiración, se observa en la Figura 41. Los testigos muestran una variación de máximo a mínimo de $10 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para ambas variedades por efecto día-noche. Los valores máximos de respiración se detectan entre las 17:00 y 18:00 horas y lo menores alrededor de las 7:00 horas. Una explicación a detalle del comportamiento respiratorio de durazno se muestra en el Cuadro 3.1, donde se analizan todos los tratamientos en relación a temperatura, humedad relativa, intensidad luminosa, CO_2 , punto de rocío y respiración.

Aunado al factor temperatura se encuentra relación al comportamiento oscilante de la respiración, solo que el efecto tarda en afectar la respiración hora después. Puesto que el *data logger* detecta la temperatura mínima a las 7:00 horas y el valor mínimo de respiración es detectado a las 8:00 horas. Detectado en los frutos testigos.

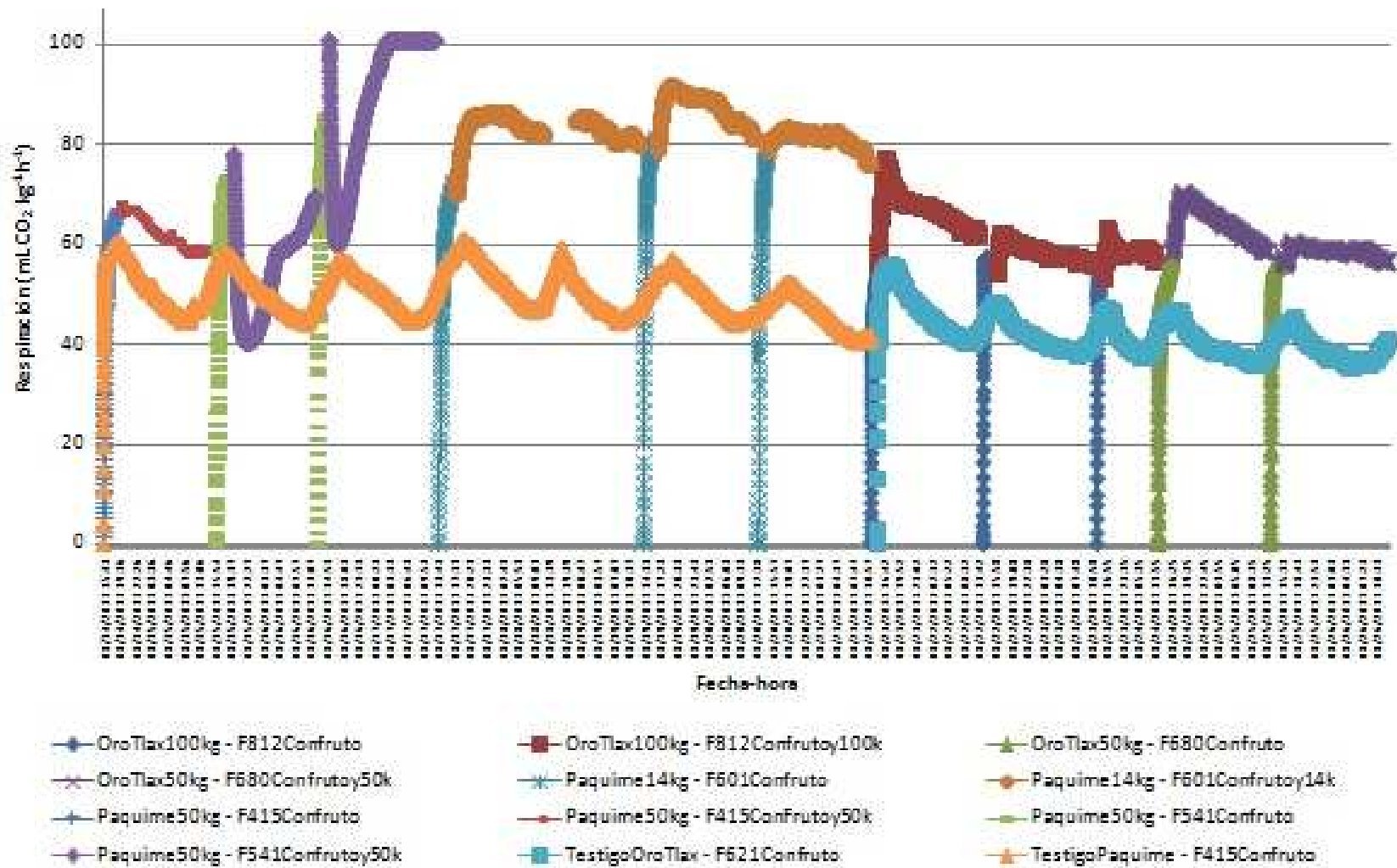


Figura 41 Respiración dinámica de durazno

Cuadro 3.1 Análisis de la respiración por medio de flujo dinámico en durazno.

TRATAMIENTO	VARIABLE	TEMPERATURA (Descripción)	HUMEDAD RELATIVA (Descripción)	INTENSIDAD LUMINOSA (Descripción)	CO ₂ (Descripción)	PUNTO DE ROCIO (Descripción)	RESPIRACIÓN (Descripción)
TESTIGO PAQUIME (6 días)	OSCILACIÓN	21 a 25 °C	91 a 98 %	27 a 350 Lux	1300 a 2000 ppm	20 a 25°C	44 a 60 mLCO ₂ /kg h
	NIVEL MÍNIMO	De las 6:00 a las 8:00 horas del día	De las 13:00 a las 15:00 horas del día	De las 19:00 a las 7:00 horas del día	De las 5:00 a las 9:00 horas del día	De las 4:00 a las 8:00 horas del día	De las 7:00 a las 8:00 horas del día
	NIVEL MÁXIMO	De las 15:00 a las 16:00 horas del día	De las 22:00 a las 6:00 horas del día	A las 12:00 horas del día	De las 16:00 a las 18:00 horas del día	De las 15:00 a las 18:00 horas del día	De las 15:00 a las 18:00 horas del día
	OBSERVACIÓN	Comportamiento normal para todos los días.	Normal dependiendo la hora del día	Día2 máximo de 256, posibles días nublados. Comportamiento normal.	Descendiendo al paso de los días. Y de acuerdo a la hora.		Día 3 mayor respiración (60) y posterior fue descendiendo al paso de los días.
PAQUIME 50kg (3 días)	OSCILACIÓN	21 a 23.5 °C	42 a 90 %	19.6 a 51 Lux	1590 a 2499 ppm	9 a 21 °C	
	NIVEL MÍNIMO	De las 7:00 a las 9:00 horas del día	Día0(42), Día1(68) y Día2(73)	Día1(de las 3:00 a las 11:00 horas),Día2(de las 23:00 a las 10:00 horas)	Día0(1890), día1(990) y día2(1500)	Al encerrar	Después de 1 hora de aplicar carga
	NIVEL MÁXIMO	A las 19:00 horas del día	90%	Antes de aplicar carga (3 horas de estabilidad)	Día0(2200), día1(1856) y día2(2499)	Al aplicar carga	Al aplicar carga
	OBSERVACIÓN	El mayor es al aplicar el carga.	Al aplicar el carga se eleva. Normal. Alta por el desjugue.	Anormal día0 ya que aumenta al aplicar carga hasta 1141 lux, contrario a los días posteriores.	Al aplicar carga se eleva, y baja después de 1 hora hasta equilibrio. D0anormal, no responde a la carga	Comportamiento normal	Aumenta día con día. Anormal día0 no muestra pico al aplicar carga.
PAQUIME 14kg (4 días)	OSCILACIÓN	21 a 23.5 °C	62 a 83%	19.7 a 90 Lux	1700 a 2200 ppm	14 a 21°C	72 a 91 mLCO ₂ /kg h
	NIVEL MÍNIMO	De las 7:00 a las 9:00 horas del día	Estabilidad antes del destape	De las 17:00 a las 19:00 horas del día	Al estabilizarse	De las 6:00 a las 7:00 horas del día	Inicio al aplicar carga día0 y al final del día3
	NIVEL MÁXIMO	Al aplicar carga	Al aplicar carga	Antes de aplicar carga	Aproximadamente 2 horas después de aplicar carga	Al aplicar carga	Día2 (1.5horas después de aplicar carga)
	OBSERVACIÓN	Media hora después del encierro baja temperatura y aumenta, máxima al aplicar carga.	Tendencia a disminuir al paso de los días, normal.	Comportamiento normal	Comportamiento normal día2 máxima concentración de 2	Comportamiento normal, descende al paso de los días	Comportamiento normal, máximo 2 horas después de aplicar carga y después se estabiliza.
TESTIGO ORO TLAXCALA (5 días)	OSCILACIÓN	21 a 25 °C	85 a 92 %	27.6 a 1170 Lux	882 a 1400 ppm	17 a 22 °C	36 a 56 mLCO ₂ / kg h
	NIVEL MÍNIMO	De las 6:00 a las 7:00 horas del día	De las 11:00 a las 15:00 horas del día	De las 19:00 a las 7:00 horas del día	Alrededor de las 7:00 horas del día	De las 6:00 a las 8:00 horas del día	De las 5:00 a las 7:00 horas del día
	NIVEL MÁXIMO	De las 15:00 a las 16:00 horas del día	De las 19:00 a las 20:00 horas del día	Alrededor de medio día	De las 15 a las 16:00 horas del día	De las 16:00 a las 18:00 horas	De las 15:00 a las 16:00 horas del día
	OBSERVACIÓN	Comportamiento normal para todos los días	El día4 es un tanto menor con respecto a los anteriores. Normal	Día4 máxima y día3 mínima, comportamiento normal	Comportamiento normal, descende al paso de los días.	Comportamiento normal.	Desciende muy ligeramente al paso de los días
ORO TLAXCALA 100kg (3 días)	OSCILACIÓN	23.2 a 21.5 °C	59 a 80%	19.7 a 67 Lux	1100 a 1500 ppm	13 a 19 °C	56 a 76 mLCO ₂ / kg h
	NIVEL MÍNIMO	De las 7:00 a las 9:00 horas del día	Día 2	Al aplicar carga	Día0(1248), día1(1126) y día2(1157)	Antes del destape	Antes del destape cada día
	NIVEL MÁXIMO	Al aplicar carga, duración aproximada de 2 horas.	Al aplicar carga	Sin carga	Día0(1482), día1(1210), día2(1232) al aplicar carga 1 hora	Al aplicar carga	1 hora después de aplicar carga
	OBSERVACIÓN	Comportamiento normal, descende al paso de los días.	Normal con tendencia a disminuir al paso de los días.	Normal con tendencia a disminuir con el paso de los días.	Elevado el día0, posterior descienden pero constantes los días siguientes.	Normal, disminuye y día1 y día2 parecidos en la mínima, no en la máxima	Normal, mayor el día0. Día1 y día2 relativamente iguales.
ORO TLAXCALA 50kg (2 días)	OSCILACIÓN	21.3 a 23.5 °C	68 a 70%	27.6 a 51.2 Lux	1700 a 1392 ppm	15.5 a 17.3 °C	56 a 76 mLCO ₂ / kg h
	NIVEL MÍNIMO	De las 8:00 a las 10:00 horas del día	Media hora después de aplicar carga	Al aplicar carga	Día1 antes del destape	Antes del destape	Antes del destape
	NIVEL MÁXIMO	Después de aplicar carga	Al estar estable	Día0 antes de aplicar carga	1 hora después de aplicar carga	Al aplicar carga	1 hora después de aplicar carga
	OBSERVACIÓN	Normal	Normal	Normal día0 y descende al día1(es más estable)	Normal, mayor día0 y descende el día1	Normal	Normal, día0 mayor respiración, día1 pico pequeño al aplicar carga, más constante.

La comparación de tratamientos testigos Paquimé y Oro con el contenedor sin fruto arrojó los siguientes resultados:

Temperatura; los testigos comportamiento similar, ascienden de 23 a poco más de 24°C, el contenedor vacío muestra un descenso, y se debe a que la hora de evaluación comenzó a las 9 am y los testigos por la tarde, por lo tanto eso explica sus diferencias. Sin embargo en la parte final la temperatura es muy similar en las 3 muestras.

Humedad Relativa: mayor en la presencia de frutos, alrededor de 90% mientras que vacío se mantiene en 50%

Intensidad Luminosa: mayor en el bote vacío (800 lux), menor en la presencia de frutos y se debe a la posición del *data logger* en el bote.

Concentración de CO₂ (ppm): los primeros 1.5 min tienen un comportamiento similar, sin embargo en el minuto 2 los testigos se disparan enormemente. Hasta los 8 min los testigos tienen el mismo aumento, mientras que el bote vacío permanece en 280ppm. Posteriormente se eleva el testigo de Paquimé, enseguida el de Oro de Tlaxcala y el bote vacío permanece constante alrededor de los 400 ppm.

Punto de Rocío: parten alrededor de 15°C y el bote vacío desciende, posteriormente se equilibra en 14°C y 22°C para los testigos. Los valores de temperatura y punto de rocío para los testigos son muy similares, ya que depende en gran medida de la humedad relativa del ambiente. En cambio en el bote sin fruto existe una diferencia de 10°C entre el punto de rocío y la temperatura debido a su baja humedad relativa por la ausencia de frutos.

Respiración: mayor en Paquimé y comportamiento oscilatorio similar en el transcurso del día, variando de acuerdo a la hora.

La respiración dinámica de los frutos de durazno fue analizada con modelos de regresión lineal para estimar la tasa de crecimiento o decrecimiento para cada día de los tratamientos, se analizan únicamente para la fase estable. Los valores se muestran a continuación en el Cuadro 3.2 donde se comparan los valores promedios de los tratamientos.

Cuadro3.2 Comparación de tasas de respiración de durazno por día.

Tratamiento	Día 0		Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Pendiente	R ²	Pendiente	R ²	Pendiente	R ²	Pendiente	R ²	Pendiente	R ²	Pendiente	R ²
Paquimé Testigo	-1.504	0.89	-1.192	0.90	-1.053	0.89	-1.215	0.85	-1.278	0.90	-1.114	0.89
Paquimé 50kg	-0.969	0.94	3.503	0.95	3.256	0.77						
Paquimé 14kg	-0.540	0.81	-0.670	0.85	-0.933	0.95	-0.312	0.76				
Oro Testigo	-1.084	0.94	-1.009	0.91	-0.888	0.90	-0.901	0.87	-0.828	0.85		
Oro 50kg	-1.108	1.00	-0.238	0.81								
Oro 100kg	-0.911	0.95	-0.383	0.92	-0.190	0.44						

La mayoría de las tasas muestran un decrecimiento en la respiración en un promedio a los tres días del cada tratamiento, excepto por el tratamiento de Paquimé 50kg que muestra un incremento promedio de 1.93 mL CO₂kg⁻¹h⁻¹ por día. Cuando la tendencia indica que al paso del tiempo la respiración disminuye. En el caso del testigo Paquimé muestra un descenso en la respiración de 1.25 mL CO₂kg⁻¹h⁻¹ por día el tratamiento Paquimé 14 kg una disminución en la respiración de 0.714 mL CO₂kg⁻¹h⁻¹ por día. Para los tratamientos de la variedad Oro de Tlaxcala la disminución fue: testigo 0.994 mL CO₂kg⁻¹h⁻¹ por día, tratamiento de 50kg 0.6734 mL CO₂kg⁻¹h⁻¹ por día y el tratamiento de 100 kg 0.494 mL CO₂kg⁻¹h⁻¹ por día.

Los frutos de durazno con menor grado de madurez presentaron daños menos drásticos en comparación a los de madurez más avanzada, soportan mayor carga sin presentar daños considerables, Crisosto et al. (2001) y Metheney et al. (2002) mencionan que el incremento de daños en durazno está relacionado con los niveles de impacto. En niveles de impacto intermedios o bajos que son los más comunes, las

propiedades del fruto juegan un papel muy importante, pero a niveles de alto impacto el efecto de las propiedades de la fruta no son suficientes para evitar el daño y se deteriora la calidad del fruto.

3.7 CONCLUSIONES

- El equipo creado para evaluar esfuerzos dinámicos en frutos en laboratorio demostró ser funcional para la simulación y medición de parámetros de calidad de durazno.
- Los frutos de Durazno mostraron sensibilidad fisiológica a la aplicación de cargas externas, presentando daños mecánicos, la severidad depende el grado de madura del fruto y de la carga aplicada. La velocidad de respiración se incrementa al aplicar carga, posteriormente disminuye y por último se estabiliza, al paso del tiempo disminuye la tasa respiratoria.
- La aplicación de carga en los frutos de durazno se tradujo en deformación del fruto, oscurecimiento interno en la parte donde se aplica la carga y alrededor del endocarpio, pérdida de peso y firmeza.
- La respiración dinámica presentó comportamiento oscilatorio en el transcurso del día, variando de acuerdo a la hora, ya que la temperatura afecta la velocidad de respiración.

3.8 LITERATURA CITADA

- A.O.A.C 2000.** Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Ed. Washington. 268 p.
- Crisosto C.H., Slaughter D., Garner D., Boyd J. 2001.** Stone fruit critical bruising thresholds. Journal of American Pomological Society. 54:76-81.
- Crisosto C.H. 2002.** Postharvest handling of peaches in California. Pomology Department of. University de Davis California.
- Crisosto C.H.; Garner D.; Doyle, J; Day, K. 1993.** Relationship between fruit respiration, bruising susceptibility and temperature in sweet cherries. HortScience 28(2):132-135.
- Fekete A.1994.** Elasticity characteristics of fruits. Acta Horticulturae. 386:199-205.
- Giörgy S. 1986.** Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier Science Publisher. Amsterdam, The Netherlands and Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary. 260-283.
- Gutierrez Z.A. 2007.** Fisiología postcosecha de frutos de Rambután (*Nephelium lappaceum* L) en atmósfera controlada. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 84p.
- Hutchings J.B., 1999.** Food Color and Appearance. Segunda edición. Ed. Aspen. USA. 610 p.
- Metheney P.D., Crisosto C.H., Garner D. 2002.** Developing canning peach critical bruising thresholds. Journal of the American Pomological Society. 56:75-78.
- Mohsenin N.N. 1970.** Applications of engineering techniques to evaluation of texture of solid food materials. Journal of Texture Studies.1(2):133.134.
- SAS Institute (Versión 9.3). 2000.** The SAS system for Windows. Release 9.3. SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Villaseñor P.C. A. 2004.** Análisis físico-mecánico de frutos de melón (*Cucumis melo* L.) bajo compresión axial e impacto. Tesis Doctorado. Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Watada A.E. 1995.** Methods for determining quality of fruits and vegetables. Acta Horticulturae. 379: 559-567.