

## Proporciones de daños mecánicos y su efecto en calidad poscosecha de aguacate ‘Hass’\*

## Proportions of mechanical damages and their effect on post-harvest quality of avocado ‘Hass’

Juan Antonio Herrera González<sup>1§</sup>, Eulalio Venegas González<sup>2</sup> y Lucas Madrigal Huendo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan. Avenida Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60150. Tel. 553 8718700, ext. 84202. (herrera.juanantonio@inifap.gob.mx; madrigal.lucas@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”. Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Colonia Viveros, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60170. (lalovenegas@prodigy.net.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: herrera.juanantonio@inifap.gob.mx.

### Resumen

El aguacate ‘Hass’ es muy susceptible a daños externos y mecánicos ocurridos en pre y poscosecha. El manejo de la cosecha y poscosecha puede reducir aún más la calidad si no es adecuado. El presente estudio tuvo como objetivo estimar daños mecánicos durante precosecha y cosecha, así como su efecto en poscosecha. Se evaluaron daños mecánicos en diferentes etapas de cosecha y empacadoras para estimar tamaños de muestra para la inspección y evaluación de los daños y su efecto sobre la calidad poscosecha de aguacate ‘Hass’ para exportación. Las acciones de la cuadrilla cosechadora, durante el proceso de cosecha, tienen efecto sobre las cortaduras (0.2-1.2%) y destupado (1-1.7%), así como el traslado del fruto dentro del huerto (cortaduras 1.2%; magulladuras 2.02%) y a la empacadora (magulladuras 4.57%). Algunos daños externos (viruela 30%, Trips 69% y clavo 11%) fueron constantes en ambas épocas de cosecha, mientras que otros se presentaron en porcentajes mayores en octubre (varicela, quemadura de sol y magulladuras) que en las cosechas de abril. Se cosechan calibres más grandes en cosechas de octubre (clase I 31%, extra 38% y súper 23.4%)

### Abstract

The avocado ‘Hass’ fruit is very susceptible to external and mechanical damages occurring in pre and post harvest. Harvesting and postharvest management can further reduce quality if it is not suitable. The present study aimed to estimate mechanical damages during pre-harvest and harvest, as well as its effect on postharvest. Mechanical damages were evaluated at different stages of harvesting and packing to estimate sample sizes suitable for inspection and evaluation of the aforementioned damages and their effect on post harvest quality of avocado ‘Hass’ for export. The harvester’s actions, during the harvesting process, have an effect on cuts (0.2-1.2%) and uneven (1-1.7%), as well as the transfer of the fruit inside the orchard (cuts 1.2%, bruises 2.02 %) and from this to the baler (bruises 4.57%). Some external damages (smallpox 30%, Trips 69% and clove 11%) remained constant at both harvest times, while others occurred in higher percentages in October (chickenpox, sunburn and bruising) than at the April harvests. Larger gauges are harvested in October (class I 31%, extra 38% and super 23.4%) than in April

\*Recibido: septiembre de 2017

Aceptado: diciembre de 2017

que en las de abril (clase i 23.4%, extra 32% y súper 26.6%). El tamaño de muestra máximo para la evaluación e inspección de la calidad fue de 374-382 frutos por lote cosechado.

**Palabras clave:** *Persea americana* Mill., cosecha, poscosecha.

## Introducción

El fruto de aguacate ‘Hass’ es muy susceptible a daños externos y mecánicos ocurridos en pre y postcosecha (Hodges y Toivonen, 2008), lo cual resulta en una reducción de las propiedades sensoriales, nutrimentales, constituyentes químicos, propiedades mecánicas y funcionales de los frutos (Aliasgarian *et al.*, 2015). Durante la precosecha, el aguacate Hass está expuesto a condiciones climáticas adversas que reducen la calidad del fruto en madurez de cosecha (Sharma *et al.*, 2014) y el comportamiento postcosecha, está directamente relacionado con la tolerancia a este estrés natural o inducido durante la precosecha (Mazhar *et al.*, 2011). Algunos daños externos de frutos frescos pueden minimizarse con el monitoreo y control de plagas y enfermedades en precosecha (Li y Thomas, 2014). En aguacate, los daños externos como: roña, trips, varicela, viruela, clavo y quemadura de sol son los daños externos más recurrentes.

El manejo durante la cosecha y postcosecha puede reducir aún más la calidad si no se tiene un adecuado manejo (Everett *et al.*, 2008). Los daños mecánicos pueden hacerse evidentes de manera instantánea y en algunos casos, tienen un periodo de incubación para hacerse visibles de 12 h (Opara y Pathare, 2014) y son el resultado de una excesiva fuerza durante la cosecha (Van-Linden *et al.*, 2008) ocasionando daños mecánicos, siendo los más comunes durante la cosecha y postcosecha los impactos y compresión (magulladuras), las fricciones (rozaduras) y las punciones (cortaduras) (Polat *et al.*, 2012), además la caída del pedúnculo (destupado) también ocurre junto con los daños mecánicos (Opara y Pathare, 2014). Los daños mecánicos aceleran el proceso de maduración, conducen a la senescencia, disminuyen días a madurez de consumo, aumentan la deshidratación del fruto y provocan la pudrición y pérdida del valor nutrimental (Berry *et al.*, 2017).

En México se producen 1.64 millones de toneladas de aguacate, tan solo en Michoacán se producen 1.2 millones de t, de las cuales se exporta de 45-50% a Estados Unidos de América y Canadá (SIAP, 2015). Por lo que cosechar y movilizar este volumen de fruta, provoca que los daños mecánicos sean un

(class i 23.4%, extra 32% and super 26.6%). The maximum sample size for evaluation and quality inspection was 374-382 fruits per harvested lot.

**Keywords:** *Persea americana* Mill., harvest, postharvest.

## Introduction

The avocado ‘Hass’ fruit is very susceptible to external and mechanical damages occurring in pre and post harvest (Hodges and Toivonen, 2008), which results in a reduction of the sensorial, nutritional, chemical constituents, mechanical and functional properties of the fruits (Aliasgarian *et al.*, 2015). During pre-harvest, Hass avocado is exposed to adverse climatic conditions that reduce fruit quality at harvest maturity (Sharma *et al.*, 2014) and post-harvest behavior, is directly related to the tolerance to this natural or induced stress during preharvest (Mazhar *et al.*, 2011). Some external damages of fresh fruits can be minimized by monitoring and control of pests and diseases in pre-harvest (Li and Thomas, 2014). In avocado, external damages such as scab, thrips, chickenpox, pox, nail and sunburn are the most recurrent external damages.

Management during harvesting and postharvest can further reduce quality without proper management (Everett *et al.*, 2008). Mechanical damage can be instantaneous and in some cases has an incubation period to become visible for 12 h (Opara and Pathare, 2014) and are the result of excessive force during harvest (Van-Linden *et al.*, 2008), causing mechanical damage, with impacts and compression (bruises), frictions (punctures) and punctures (Polat *et al.*, 2012) being the most common during harvesting and post-harvesting. Unattended) also occurs along with mechanical damage (Opara and Pathare, 2014). These mechanical damages accelerate the maturation process, lead to senescence, decrease the days to maturity of consumption, increase dehydration of the fruit and cause decay in the pulp and loss of nutritional value (Berry *et al.*, 2017).

In Mexico, 1.64 million tons of avocado are produced, only 1.2 million tons are produced in Michoacan, of which 45-50% is exported to the United States of America and Canada (SIAP, 2015). As we harvest and mobilize this volume of fruit, it causes mechanical damage to be a recurring problem.

problema recurrente. En cada lote cosechado, que llega a la empacadora exportadora, se debe evaluar la calidad (daños externos y mecánicos), la madurez (porcentaje de materia seca en la pulpa) y el calibre del fruto. Por lo cual se realiza un muestreo establecido en la NMX-FF-016-SCFI-2006 (Secretaría de Economía, 2006) y establece un tamaño de muestra de 0.3% de cada lote. Un lote está compuesto de 300-500 cajas de acarreo, con 28-30 kg de fruto cada una, alrededor de 100 frutos por caja, de 30 mil a 50 mil frutos por lote.

Por lo que una muestra del lote estará compuesta de 90-150 frutos, que en muchos de los casos no es representativa. En el muestreo, uno de los mayores problemas es que el material no es homogéneo ni la muestra es representativa, ya que no se sigue un procedimiento estadístico para completar el tamaño de muestra requerido (Lim *et al.*, 2015). Por lo que, la elección de un tamaño de muestra adecuado es uno de los aspectos más importantes al evaluar la calidad del fruto, ya que se disminuye la probabilidad de error en el muestreo (Montgomery, 2004) y tendrá validez y mayor fiabilidad, debido a que la muestra representa a la población objetivo y sus resultados son extrapolables a la misma (Seoane *et al.*, 2007a). En el muestreo de las características de calidad en aguacate, un tamaño de muestra adecuado permitirá recolectar, organizar, resumir y analizar datos que ayudarán a tomar decisiones razonables y operativas para el manejo del frutos en la línea de empaclado y en la calidad (Seoane *et al.*, 2007b).

La información sobre daños externos o estrés biótico o abiótico (Hodges y Toivonen, 2008) durante la precosecha y su efecto en la calidad al momento de la cosecha y en madurez de consumo es escasa, además no se cuenta con tamaños de muestras adecuado para cada parámetro evaluado en la NMX-FF-016-SCFI-2006 (Secretaría de Economía, 2006) y para cada época de cosecha. La presente investigación tuvo como objetivo: 1) estimar daños mecánicos durante la cosecha y traslado a la empacadora; 2) evaluar daños externos y mecánicos de frutos que arriban a la empacadora en dos épocas diferentes de cosecha; y 3) estimar tamaños de muestras adecuados para la evaluación e inspección de daños externos y mecánicos en empacadoras de aguacate para exportación.

## Materiales y métodos

### Estudio 1. Daños mecánicos en aguacate durante la cosecha y transporte a la empacadora

In each batch harvested, which arrives at the exporter, the quality (external and mechanical damages), maturity (percentage of dry matter in the pulp) and the caliber of the fruit must be evaluated. Therefore a sampling established in the NMX-FF-016-SCFI-2006 (Secretaria de Economia, 2006) and establishes a sample size of 0.3% of each lot. A lot is composed of 300-500 cartons, with 28-30 kg of fruit each, about 100 fruits per carton, 30 thousand to 50 thousand fruits per lot.

So a sample of the lot will be composed of 90-150 fruits, which in many cases is not representative. In the sampling, one of the major problems is that the material is not homogeneous nor the sample is representative, since a statistical procedure to complete the required sample size is not followed (Lim *et al.*, 2015). Therefore, choosing a suitable sample size is one of the most important aspects when evaluating fruit quality, since the probability of error in sampling is reduced (Montgomery, 2004) and will have validity and reliability, due to which the sample represents the target population and its results are extrapolated to it (Seoane *et al.*, 2007a). In the sampling of avocado quality characteristics, an adequate sample size will allow to collect, organize, summarize and analyze data that will help to make reasonable and operative decisions for fruit handling in the packaging line and quality (Seoane *et al.*, 2007b).

The information on external damages or biotic or abiotic stress (Hodges and Toivonen, 2008) during pre-harvest and its effect on quality at the time of harvest and at maturity of consumption is scarce, and adequate sample sizes are not available for each parameter evaluated in the NMX-FF-016-SCFI-2006 (Secretaria de Economia, 2006) and for each harvesting season. The present investigation had as objective: 1) to estimate mechanical damages during the harvest and transfer to the packing house; 2) to evaluate external and mechanical damages of fruits that arrive to the packer in two different times of harvest; and 3) estimating sample sizes suitable for the evaluation and inspection of external and mechanical damages in avocado packers for export.

## Materials and methods

### Study 1. Mechanical damage in avocados during harvesting and transport to the baler

Se cuantificaron los daños mecánicos en aguacate desde la cosecha hasta el pre-empacado en una empacadora para exportación, en Uruapan, Michoacán. El estudio se realizó del 01 al 18 de octubre de 2013. Se evaluaron siete cuadrillas cortadoras de fruto certificadas para exportación (Tingambato, Leones, Sal 3, Volcán, La 18, Sal 1 y Valle), en siete huertos con registro de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) de los municipios de Tacámbaro, Uruapan, Tancítaro, Ziracuaretiro y Peribán, en el estado de Michoacán.

El proceso de cosecha, recolección y transporte a la empacada se dividió en 5 etapas (Cuadro 1). Las cuadrillas iniciaron la cosecha a las 8:00 am. Cada cuadrilla estuvo compuesta de 11 personas, de las cuales se seleccionaron tres cortadores al azar. La jornada de trabajo duró entre 5- 6 h, y se realizaron evaluaciones 1, 3 y 5 h después del inicio del corte de fruto. La evaluación comenzó en cada hora evaluada, con la medición de los frutos en la etapa 1 (Cuadro 1), la caja de acarreo donde fueron colocados los frutos (etapa 2) fue marcada para darle seguimiento en las etapas posteriores (etapa 3 a 5).

The mechanical damages in avocado were quantified from the harvest to the pre-packing in an export packing machine, in Uruapan, Michoacán. The study was carried out from October 1 to 18, 2013. Seven fruit cutters certified for export (Tingambato, Leones, Sal 3, Volcan, La 18, Sal 1 and Valle) were evaluated in seven orchards with registry of the Ministry of Agriculture, Livestock, Fisheries and Food (SAGARPA, for its acronym in Spanish) of the municipalities of Tacambaro, Uruapan, Tancitaro, Ziracuaretiro and Periban, in the state of Michoacan.

The process of harvest, collection and transport to the packaged was divided into 5 stages (Table 1). The crews started harvesting at about 8:00 am. Each group consisted of 11 people, of whom three random cutters were selected. The workday lasted between 5-6 h, for which evaluations 1, 3 and 5 h were performed after the beginning of the fruit cut. The assessment began at each hour evaluated with the measurement of the fruits in stage 1 (Table 1), the carton where the fruits were placed (stage 2) was marked to follow up in the later stages (stage 3 to 5).

**Cuadro 1. Descripción de las etapas de cosecha, recolección y transporte desde la huerta hasta la empacadora de aguacate para exportación.**

**Table 1. Description of the stages of harvesting, harvesting and transport from the orchard to the avocado packing plant for export.**

| Número | Etapas                               | Descripción  |
|--------|--------------------------------------|--|
| 1      | Bolsa de cosecha                     | Frutos cosechados con tijera o gancho y colocados en la bolsa recolectora del cosechador.  |
| 2      | Vaciado de frutos a caja de plástico | Frutos que estaban en la bolsa recolectora y fueron vaciados en cajas de plástico para su posterior recolección y traslado.  |
| 3      | Cargado del remolque del tractor     | Colocación de las cajas con frutos recién cosechados en el remolque jalado por el tractor.   |
| 4      | Del remolque al camión               | Traslado en remolque de frutos en cajas de plástico desde su lugar de cosecha hasta el camión de traslado a la empacadora, además incluye el acomodo de las cajas dentro del camión. |
| 5      | Huerto-empacadora-descargue de fruto | Traslado de fruto del huerto a la empacadora y su descargue en el área de acopio.  |

La evaluación consistió en contabilizar el total de frutos de la caja y los frutos con daños mecánicos. Para evitar la contaminación del fruto (contacto con el suelo), la evaluación se realizó sobre una lona de 2 m<sup>2</sup>. Cada daño mecánico encontrado en los frutos fue marcado con un círculo y el número de la etapa, para evitar duplicar el conteo de los daños. Los daños mecánicos evaluados fueron: 1) desgarradura. Daños mecánicos en el área del pedúnculo o en cualquier parte

The evaluation consisted of counting the total fruits of the box and the fruits with mechanical damages. To avoid contamination of the fruit (contact with the soil), the evaluation was carried out on a tarpaulin of 2 m<sup>2</sup>. Each mechanical damage found in the fruits was marked with a circle and the number of the stage, to avoid double the count of damages. The mechanical damages evaluated were: 1) tearing. Mechanical damage in the area of the peduncle

del fruto, ocasionado por la tijera, el gancho de cosecha o por cajas de plástico quebradas. Herida no profunda que provoca ruptura de la epidermis; 2) cortadura. Daño mecánico en cualquier parte del fruto ocasionado por gancho de cosecha o por cajas de plástico quebradas, caracterizadas por ser heridas profundas con una longitud mayor a 1 cm; 3) magulladura. Lesión causada al golpear o comprimir una parte del fruto sin producir ruptura de la epidermis (piel) dando una coloración oscura y alargada; y 4) destupado. Caída del pedúnculo provocada por el cosechador o la recolección. Además de los daños mecánicos también se registró el número total de cajas cosechadas en el día, número de cajas en cada hora cosechada y el número de frutos en cada caja evaluada.

### **Estudio 2. Evaluación de daños externos y mecánicos en dos épocas de cosecha**

En una empacadora de aguacate para exportación, en Uruapan, Michoacán, se realizó muestreo en lotes de frutos que arribaron a la empacadora en dos épocas de cosecha. El primer muestreo se realizó en octubre 2015, en frutos con una madurez de cosecha promedio de 24- 26% de materia seca (MS) en la pulpa, en 11 lotes, procedentes de 11 huertos diferentes. El segundo muestreo se realizó en abril 2016, en frutos con una madurez de cosecha promedio de 32-34% MS en la pulpa, en 11 lotes procedentes de 11 huertos. Se utilizó el muestreo aleatorio simple, se tomaron de cada lote 200 frutos.

En cada fruto se evaluó la presencia o ausencia de daños externos (roña, trips, varicela, viruela, clavo y quemadura de sol) y mecánicos (magulladuras, rozaduras, cortaduras y caída del pedúnculo), además se pesaron para determinar el calibre y se evaluó el grado de madurez con una escala subjetiva de 5 categorías (1= verde bosque; 2= fruto virando a negro, 25%; 3= fruto virando a negro, 50%; 4= fruto virado a negro, 75%; y 5= fruto 100% negro) (Herrera *et al.*, 2017). Los datos fueron expresados en porcentaje de frutos con daños externos o mecánicos, por calibre y grado de madurez.

### **Estudio 3. Cálculo de los tamaños de muestra para estimar los daños externos y mecánicos de fruto de 'Hass'**

Con los datos del muestreo de estudio 2, se estimó la proporción (p) de frutos con cada daño (externo o mecánico), al dividir el número de frutos dañados entre el tamaño de muestra usado (n= 200). Con los valores de p se calculó la proporción (q) de fruto sin daño, en cada época de estudio (q= 1-p). El tamaño de muestra se calculó con la expresión  $n = [(Z\alpha/2)^2 pq]/\beta^2$ , donde  $Z\alpha/2$  es el valor crítico de la distribución

or any part of the fruit, caused by the scissors, the harvest hook or broken plastic boxes. Not deep wound that causes rupture of the epidermis; 2) cutting. Mechanical damage in any part of the fruit caused by harvesting hook or broken plastic boxes, characterized by being deep wounds with a length greater than 1 cm; 3) bruising. Injury caused by striking or compressing a part of the fruit without causing rupture of the epidermis (skin) giving a dark and elongated coloration; and 4) unattended. Fall of the peduncle caused by the harvester or the harvest. In addition to the mechanical damages, the total number of boxes harvested in the day, number of boxes in each hour harvested, as well as the number of fruits in each box evaluated were also registered.

### **Study 2. Evaluation of external and mechanical damages in two harvest periods**

In an avocado packer for export, in Uruapan, Michoacán, sampling was carried out on lots of fruits that arrived at the packing house at two different harvest times. The first sampling was carried out in October 2015, in fruits with an average harvest maturity of 24-26% dry matter (MS) in the pulp, in 11 plots from 11 orchards in different locations. The second sampling was performed in April 2016, in fruits with an average harvest maturity of 32-34% MS in the pulp, in 11 lots from 11 orchards. Simple random sampling was used, 200 fruits were taken from each batch.

The presence or absence of external damages (scab, thrips, chicken pox, nail and sunburn) and mechanical damages (bruises, scrapes, cuts and peduncle fall) were evaluated in each fruit. evaluated the degree of maturity with a subjective scale of 5 categories (1= forest green, 2= fruit turning black, 25%, 3= fruit turning black, 50%, 4= fruit turned black, 75%, and 5= 100% black fruit) (Herrera *et al.*, 2017). The data were expressed as percentage of fruits with external or mechanical damages, by caliber and degree of maturity.

### **Study 3. Calculation of the sample sizes to estimate the external and mechanical damages of fruit of 'Hass'**

With the data obtained in study sample 2, the proportion (p) of fruits with each damage (external or mechanical) was estimated by dividing the number of damaged fruits between the sample size used (n= 200). With the values of p, the proportion (q) of fruit without damage was calculated in each study period (q= 1-p). The sample size was calculated with the expression  $n = [(Z\alpha/2)^2 pq]/\beta^2$ , where  $Z\alpha/2$  is

normal estándar con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y tiene un valor de 1.96 y  $\beta$  es el error máximo admisible en términos de proporción (Montgomery, 2004). Con los datos anteriores se calculó el tamaño de muestra de cada daño mecánico o externo.

#### **Estudio 4. Efecto de los daños mecánicos en poscosecha**

Para evaluar el efecto de los daños mecánicos, se muestrearon frutos de aguacate ‘Hass’ con 24-26% de materia seca en la pulpa, libres de daños físicos, con calidad suprema (Secretaría de Economía, 2006), entre 210-250 g. Se hicieron cuatro grupos de frutos, a los cuales se les indujeron daños mecánicos: grupo 1. Magulladuras (compresión); grupo 2. Fricciones (rozaduras); grupo 3. Punciones (cortaduras) y grupo 4. Sin de pedúnculo (destupado). Como testigo se incluyó un grupo de frutos sin daños mecánicos. Después de la inducción, los frutos fueron almacenados a temperatura ambiente ( $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $85 \pm 10\%$  humedad relativa) hasta madurez de consumo. Durante el almacenamiento y en madurez de consumo se midió: pérdida de peso (%), días a madurez de consumo, calidad externa, deshidratación, oscurecimiento vascular, pudrición basal escalas propuestas por (White *et al.*, 2005) y día de desprendimiento de pedúnculo.

#### **Análisis estadístico**

En los estudios 1 y 4 se utilizó un diseño completamente al azar, época de cosecha (estudio 1) y daños mecánicos inducidos (estudio 4) como factor de variación, respectivamente. Se realizó el análisis de varianza para cada variable medida. La comparación de medias de roña, trips, varicela, viruela, clavo, quemadura de sol, magulladuras, rozaduras, cortaduras, caída del pedúnculo, calibres y grado de madurez en el estudio 1 y estudio 4, pérdida de masa, días a madurez de consumo, calidad externa, deshidratación, oscurecimiento vascular y pudrición basal se realizaron con la prueba de Tukey,  $p = 0.05$ .

## **Resultados y discusión**

### **Estudio 1. Daños mecánicos en aguacate durante la cosecha y transporte a la empacadora**

#### **Cuadrillas cosechadoras**

La velocidad de corte fue diferente entre las cuadrillas cosechadoras ( $p < 0.05$ ), siendo la cuadrilla Sal 3 y Volcán las que más cajas por hora cosecharon, las cuadrillas

the critical value of the standard normal distribution with a significance level  $\alpha = 0.05$  and has a value of 1.96 and  $\beta$  is the maximum permissible error in terms of proportion (Montgomery, 2004). With the above data the sample size of each mechanical or external damage was calculated.

#### **Study 4. Effect of mechanical damage on postharvest**

In order to evaluate the effect of the mechanical damages, avocado ‘Hass’ fruits with 24-26% of dry matter in the pulp were sampled, free of physical damages, with supreme quality (Secretaria de Economia, 2006), between 210-250 g. Four groups of fruits were made, to which mechanical damages were induced: group 1. Bruising (compression); group 2. Friction (friction); group 3. Punctures (cuts) and group 4. Without stalk (unclogged). As a control, a group of fruits without mechanical damage was included. After induction, the fruits were stored at room temperature ( $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $85 \pm 10\%$  relative humidity) until consumption maturity. During storage and consumption maturity, weight loss (%), days at maturity of consumption, external quality, dehydration, vascular obscuration, basal decay scales proposed by (White *et al.*, 2005) and day of detachment of peduncle.

#### **Statistic analysis**

In studies 1 and 4 a completely random design, harvest time (study 1) and induced mechanical damage (study 4) were used as a variation factor, respectively. The analysis of variance was performed for each of the measured variables. The comparison of the means of scab, thrips, varicella, smallpox, nail, sunburn, bruises, scabs, cuts, peduncle fall, gauges and degree of maturity in study 1 and study 4, days to maturity of consumption, external quality, dehydration, vascular obscuration and basal rot were performed with the Tukey test,  $p = 0.05$ .

## **Results and discussion**

### **Study 1. Mechanical damage in avocados during harvesting and transport to the baler**

#### **Combine harvesters**

The cutting speed was different between the combine harvesters ( $p < 0.05$ ), with the group Sal 3 and Volcan being the ones with the most boxes per hour harvested, the Tingambato

Tingambato y Valle son las que menos cajas cosecharon (Cuadro 2). El resto de las cuadrillas cosecharon a un ritmo promedio de 100 cajas por hora. La cuadrilla Leones fue la que más frutos colocó en las cajas de plástico con 143 frutos, con 100 frutos por caja, la cuadrilla Valle fue la que colocó menos. El resto colocó entre 115 y 120 frutos por caja, aunque esta variable depende en gran medida del calibre que se esté cosechando (Secretaría de Economía, 2006). El porcentaje de desgarradura, cortadura y destupado fue diferente entre las cuadrillas cosechadoras; pero, en ninguna cuadrilla se reportaron magulladuras (Cuadro 2).

and Valle crews were the ones with the fewest harvests (Table 2). The rest of the crews harvested at an average rate of 100 boxes per hour. The Lions group was the one that more fruits placed in the plastic boxes with 143 fruits, with 100 fruits per box, the Valle group was the one that placed less. The rest placed between 115 and 120 fruits per box, although this variable depends to a large extent on the caliber being harvested (Secretaria de Economia, 2006). The percentage of tearing, cutting and unclogging was different among combine harvesters; but no bruises were reported in any group (Table 2).

**Cuadro 2. Cajas, frutos y daños mecánicos por cuadrilla y hora de cosecha de aguacate ‘Hass’.**  
**Table 2. Boxes, fruits and mechanical damage per crew and time of harvest of avocado ‘Hass’.**

|                                   | Cajas/hora | Frutos/caja | Desgarraduras (%) | Cortadura (%) | Destupado (%) |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------------|---------------|---------------|
| Cuadrilla                         |            |             |                   |               |               |
| Tingambato                        | 57.9 c     | 120.4 b     | 0.4 a             | 0.45 b        | 0 b           |
| Leones                            | 97.5 b     | 143.1 a     | 0 b               | 0.25 b        | 1.38 ab       |
| Sal 3                             | 150 a      | 103.5 c     | 0 b               | 1.12 a        | 1.01 ab       |
| Volcán                            | 150.5 a    | 119.3 b     | 0 b               | 1.05 a        | 2.33 ab       |
| La 18                             | 100 b      | 115.7 b     | 0 b               | 0.19 b        | 2.69 a        |
| Sal 1                             | 100 b      | 120.4 b     | 0 b               | 0.51 b        | 1.89 ab       |
| Valle                             | 56.6 c     | 100 c       | 0 b               | 0.26 b        | 1.01 ab       |
| Hora después de inicio de cosecha |            |             |                   |               |               |
| 1                                 | 108.5 a    | 116.4 a     | 0 b               | 0.4 a         | 1.3 a         |
| 3                                 | 100.8 b    | 120.8 a     | 0.1 a             | 0.6 a         | 1.7 a         |
| 5                                 | 73 c       | 106.7 b     | 0.07 ab           | 0.3 a         | 1.6 a         |

Medias con la misma letra en las columnas no son significativamente diferentes. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

### Hora de cosecha

El número de cajas y frutos por hora evaluada fue diferente ( $p < 0.05$ ). Siendo la hora 1 y 3 donde se cosechan más cajas y donde se colocan más fruto por caja. Las cortaduras y destupado no presentaron diferencias significativas entre las horas evaluadas ( $p > 0.05$ ), esto indica que los cosechadores ocasionan este daño mecánico a cualquier hora y al mismo ritmo (Cuadro 2); sin embargo, las desgarraduras si presentaron diferencias ( $p < 0.05$ ), siendo a las tres horas donde se ocasionan los mayores porcentajes (Cuadro 3).

### Etapa de cosecha

La ocurrencia de daños mecánicos fue diferente en las etapas evaluadas ( $p < 0.05$ ). Las cortaduras ocurrieron con mayor frecuencia en las etapas 1 y 4. La etapa 4 fue la de mayor porcentaje de desgarradura, seguido por la etapa 1.

### Harvest time

The number of boxes and the number of fruits per hour evaluated was different ( $p < 0.05$ ). Being hour 1 and 3 where more boxes are harvested and where more fruit is placed per box. No significant differences were observed in the cut-offs ( $p > 0.05$ ) between the evaluated hours ( $p > 0.05$ ); this indicates that harvesters cause this mechanical damage at any time and at the same rate (Table 2); ( $p > 0.05$ ), with the highest percentages occurring at three hours (Table 3).

### Harvest stage

The occurrence of mechanical damages was different in the stages evaluated ( $p < 0.05$ ). The cuts occurred more frequently in stages 1 and 4. Stage 4 was the highest tear percentage, followed by stage 1. The bruises were

Las magulladuras se iniciaron en la etapa 4 y se agudizaron en la etapa 5, donde se realiza el acomodo y traslado de las cajas con fruto. La caída del pedúnculo (destupado) ocurrió en la etapa 1 y fue ocasionada directamente por el cosechador. También ocurrió en otras etapas, pero en porcentajes muy bajos (Cuadro 4).

initiated in step 4 and were sharpened in step 5, where the accommodation and transfer of boxes with fruit. The fall of the peduncle (unoccupied) occurred in stage 1 and was caused directly by the harvester. It also occurred in other stages, but in very low percentages (Table 4).

**Cuadro 3. Daños mecánicos en cada etapa de cosecha de aguacate ‘Hass’.**

**Table 3. Mechanical damage at each harvest stage of avocado ‘Hass’.**

| No. etapa | Cortaduras (%) | Desgarraduras (%) | Magulladuras (%) | Caída de pedúnculo (%) |
|-----------|----------------|-------------------|------------------|------------------------|
| 1         | 1.2 a          | 0.11 ab           | 0.02 c           | 8.6 a                  |
| 2         | 0.03 b         | 0.03 b            | 0 c              | 0.66 b                 |
| 3         | 0 b            | 0.03 b            | 0 c              | 0 b                    |
| 4         | 1.2 a          | 0.24 a            | 2.02 b           | 0.06 b                 |
| 5         | 0.5 ab         | 0 b               | 4.57 a           | 0 b                    |

Medias con la misma letra en las columnas no son significativamente diferentes; Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 4. Daños externos y mecánicos asociados a pre y cosecha de aguacate ‘Hass’ para exportación en dos épocas de cosecha.**

**Table 4. External and mechanical damages associated with pre and harvest of avocado ‘Hass’ for export in two harvest seasons.**

| Daños externos   | Daño (%) |        | Daños               | Daño (%) |        |
|------------------|----------|--------|---------------------|----------|--------|
|                  | Octubre  | Abril  |                     | Octubre  | Abril  |
| Roña             | 41.1 b   | 57.8 a | Rozaduras           | 15.8 b   | 66.1 a |
| Viruela          | 30.9 a   | 30.9 a | Cortaduras          | 7.5 b    | 16.5 a |
| Trips            | 67.2 a   | 72.7 a | Magulladuras        | 59 a     | 26.1 b |
| Varicela         | 60 a     | 26.6 b | Caída del pedúnculo | 23.9 a   | 29.2 a |
| Clavo            | 13.8 a   | 8.2 a  |                     |          |        |
| Quemadura de sol | 26.4 a   | 8.1 b  |                     |          |        |

Medias con letras iguales dentro de filas no son estadísticamente diferentes; Tukey ( $p < 0.05$ ).

Los resultados coinciden con los valores reportados en otros cultivos como mango (Mazhar *et al.*, 2011), fresa (Aliasgarian *et al.*, 2015), naranja (Miranda *et al.*, 2015) y toronja (Pérez *et al.*, 2002), donde los daños mecánicos son considerados como un tipo de estrés, como consecuencia de una inapropiada cosecha, manipulación y técnicas de transporte del fruto durante la cosecha y postcosecha. Estos autores señalan: los daños más comunes son las cortaduras, desgarraduras y magulladuras ocasionadas por impactos, compresiones y vibraciones.

The results agree with those reported in other crops such as mango (Mazhar *et al.*, 2011), strawberry (Aliasgarian *et al.*, 2015), orange (Miranda *et al.*, 2015) and grapefruit (Pérez *et al.*, 2002), where mechanical damages are considered as a type of stress, as a consequence of an inappropriate harvest, handling and techniques of transportation of the fruit during the harvest and postharvest. In addition, these authors point out that the most common mechanical damages are cuts, tearing and bruising caused by impacts, compressions and vibrations.



## Estudio 2. Evaluación de daños externos y mecánicos en dos épocas de cosecha

### Daños externos y mecánicos

El efecto de los daños externos y mecánicos sobre la calidad se muestran en el Cuadro 4, en cual se puede observar que los porcentajes de daños por viruela, trips, clavo y caída de pedúnculo fueron iguales estadísticamente en las dos épocas de cosecha ( $p > 0.05$ ). Los daños externos como roña, varicela, quemadura de sol, rozaduras, cortaduras y magulladuras en el fruto fueron diferentes en las dos épocas de muestreo ( $p > 0.05$ ). Los daños por roña, rozaduras, cortaduras, presentaron mayor frecuencia en cosechas de abril que en las de octubre. Mientras que, daños por varicela, quemaduras de sol y magulladuras fueron mayores en octubre que en abril (Cuadro 4). Aunque los resultados muestran que gran parte de los frutos presentan al menos un tipo de daño externo o mecánico, la NMX-FF-016-SCFI-2006 (Secretaría de Economía, 2006) establece criterio de calidad, se acepta hasta 2 cm<sup>2</sup> de daños por roña, trips y rozaduras, pero no se permiten daños por varicela, viruela, clavo, quemadura de sol y daños mecánicos.

### Calibre de frutos y estados de madurez

Los resultados de los calibres y estado de madurez del fruto cosechado se muestran en el Cuadro 5, el cual muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los calibres cosechados, estado de madurez del fruto y entre época de cosecha ( $p < 0.05$ ). En octubre, los calibres clase I, extra y súper extra representaron 92% de los frutos cosechados, mientras que en abril los mismos calibres disminuyeron a 82%. Frutos con calibre canica y comercial presentaron mayor frecuencia en cosechas de abril, mientras que aquellos con calibre clase I muestran mayores porcentajes en cosechas de octubre. Cosechas de abril mostraron mayor porcentaje (24%) de frutos más negros (frutos virados a negro 50%, frutos virados a negro 75% y frutos totalmente negros), mientras que frutos con las mismas características, cosechados en octubre, presentaron porcentajes cercanos a 3% (Cuadro 6). Osuna *et al.* (2010) reportaron que el oscurecimiento de la piel no afecta la calidad y la vida poscosecha del aguacate 'Hass' en Michoacán; no obstante, se considera que el grado de color de la piel es una medida de madurez.

## Study 2. Evaluation of external and mechanical damages in two harvest periods.

### External and mechanical damages

The effect of external and mechanical damages on quality is shown in Table 4, where it can be seen that the percentages of damage caused by smallpox, thrips, clove and peduncle fall were statistically the same at both harvesting times ( $p > 0.05$ ). External damages such as scab, chickenpox, sunburn, chafing, cutting and bruising on the fruit were different in the two sampling periods ( $p > 0.05$ ). The damages caused by scab, scratches, cuts, were more frequent in April crops than in October. While, chickenpox, sunburn and bruising were higher in October than in April (Table 4). Although the results show that most of the fruits present at least one type of external or mechanical damage, NMX-FF-016-SCFI-2006 establishes quality criteria, up to 2 cm<sup>2</sup> of scab damages, thrips and chafing are accepted, but chickenpox, smallpox, nail, sunburn and mechanical damage are not allowed.

### Caliber of fruits and states of maturity

The results of the calibers and state of maturity of the harvested fruit are shown in Table 5, which shows that there are significant statistical differences between the calibers harvested, fruit maturity and between harvest season ( $p < 0.05$ ). In October, class I, extra and super extra calibers accounted for 92% of the fruits harvested, while in April the same calibers decreased to 82%. Fruits with marble and commercial caliber showed higher frequency in April crops, while those with class I caliber show higher percentages in October crops. April crops showed a higher percentage (24%) of more black fruits (fruits turned to black 50%, fruits turned to black 75% and totally black fruits), while fruits with the same characteristics, harvested in October, presented percentages close to 3% (Table 6). Osuna *et al.* (2010) reported that darkening of the skin does not affect the quality and post-harvest life of avocado 'Hass' in Michoacán; however, it is considered that the degree of color of the skin is a measure of maturity.

## Study 3. Estimation of sample sizes of external and mechanical damages of 'Hass'

The sample sizes calculated with the proportions of external and mechanical damages obtained in study 2, for each of the damages are shown in Table 7. The largest sample sizes,

**Cuadro 5. Promedio de calibres de fruto evaluados en dos épocas de cosecha de aguacate 'Hass' en Michoacán.**

**Table 5. Average fruit sizes evaluated at two harvest times of avocado 'Hass' in Michoacán.**

| Calibre              | Evaluación (%)                  |           |
|----------------------|---------------------------------|-----------|
|                      | Octubre                         | Abril     |
| Canica (<85 g)       | C <sup>x</sup> 0 a <sup>y</sup> | C 0.6 b   |
| Comercial (85-135 g) | C 0.6 a                         | C 4.3 b   |
| Mediano (136-170 g)  | C 7.1 a                         | BC 13.1 a |
| Clase I (171-210 g)  | AB 31 a                         | AB 23.4 b |
| Extra (211-265 g)    | A 38.1 a                        | A 32 a    |
| Súper (>265 g)       | B 23.4 a                        | AB 26.6 a |

<sup>x</sup>= medias con letras mayúsculas iguales entre columnas no son estadísticamente diferentes, Tukey ( $p < 0.05$ ); <sup>y</sup>= medias con letras minúsculas iguales dentro de filas no son estadísticamente diferentes, Tukey ( $p < 0.05$ ).

**Estudio 3. Estimación de los tamaños de muestra de los daños externos y mecánicos de frutos de 'Hass'**

Los tamaños de muestra calculados con las proporciones de daños externos y mecánicos obtenidas en el estudio 2, para cada uno de los daños se muestran en el Cuadro 7. Los mayores tamaños de muestra, estimados para las cosechas de octubre, correspondieron para los daños por roña, magulladuras y varicela con 374, 372 y 369 frutos por lote cosechado, mientras que, para cosechas de abril, los mayores tamaños de muestra fueron para roña, caída de pedúnculo y magulladuras con 382, 340 y 329 frutos por lote cosechado.

Por lo que el procedimiento de muestreo sugerido para la inspección y evaluación de daños externos y mecánicos en la empacadora de aguacate para exportación sería de la siguiente manera: 1. Colectar el número máximo de frutos que se indica en el Cuadro 7; 2. Los frutos deberán ser colectados con un muestreo aleatorio simple, utilizando el método doble ciego, evitando tener contacto visual con los frutos; 3. Inspeccionar cada fruto hasta llegar al número de frutos requerido para cada daño externo y mecánico. Por ejemplo, en muestreos para cosechas de octubre, al llegar a la extracción del fruto 100 se deja de evaluar cortaduras y continuar con los daños restantes, al extraer el fruto 185 evaluado, se dejará de evaluar clavo y continuar con el resto de los daños hasta llegar a la variable roña con el máximo número de frutos; y 4. Capturar los datos y estimar los porcentajes de frutos con daños mecánicos y externos

estimated for October crops, corresponded to damages by rubella, bruises and chicken pox with 374, 372 and 369 fruits per harvested batch, whereas, for April crops, the largest sample sizes were for rust, peduncle fall and bruises with 382, 340 and 329 fruits per harvested batch.

**Cuadro 6. Oscurecimiento de la piel de frutos evaluados en dos épocas de cosecha de aguacate 'Hass' en Michoacán.**

**Table 6. Darkening of the skin of evaluated fruits in two seasons of avocado 'Hass' harvest in Michoacán.**

| Grado de oscurecimiento        | Evaluación (%)                     |           |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------|
|                                | Octubre                            | Abril     |
| 1) Verde (0% negro)            | A <sup>x</sup> 82.5 a <sup>y</sup> | A 44.5 b  |
| 2) Fruto virando a negro (25%) | B 14.4 b                           | AB 31.3 a |
| 3) Fruto virando a negro (50%) | C 0.3 b                            | BC 19.9 a |
| 4) Fruto virado a negro (75%)  | C 0 b                              | CD 4 a    |
| 5) Fruto 100% negro            | C 0 a                              | D 0.3 a   |

<sup>x</sup>= medias con letras mayúsculas iguales entre columnas no son estadísticamente diferentes, Tukey ( $p < 0.05$ ); <sup>y</sup>= medias con letras minúscula iguales dentro de filas no son estadísticamente diferentes, Tukey ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 7. Tamaño de muestra (número de frutos) adecuado para la inspección de daños externos y mecánicos en aguacate recién cosechado que arriba a la empacadora para dos épocas de cosecha.**

**Table 7. Sample size (number of fruits) suitable for the inspection of external and mechanical damages in freshly harvested avocado that arrives to the baler for two harvest times.**

| Daño                | Tamaño de muestra estimado (número de frutos) |       |
|---------------------|---|-------|
|                     | Octubre                                       | Abril |
| Externo/mecánico    |   |       |
| Roña                | 374   | 382   |
| Magulladuras        | 372   | 329   |
| Varicela            | 369   | 280   |
| Viruela             | 340   | 310   |
| Trips               | 329   | 217   |
| Quemadura de sol    | 296   | 150   |
| Caída del pedúnculo | 272   | 340   |
| Rozaduras           | 207   | 303   |
| Clavo               | 185   | 100   |
| Cortadas            | 100   | 196   |

en los frutos de cada lote que arriban a la empacadora para su selección y empaque para exportación. Con los datos obtenidos, la empacadora podrá estimar la calidad de cada lote y podrá determinar la forma de correr el fruto en la maquinaria y la distribución de los frutos con daños mecánicos y externos en las cajas de empaque.

Se puede seleccionar un tamaño de muestra diferente y menor a los obtenidos en el Cuadro 7, sacrificando precisión, confiabilidad y error máximo permisible al estimar las proporciones de los daños al fruto.

#### **Estudio 4. Efecto de los daños mecánicos en postcosecha**

Los análisis de varianza para las variables de la calidad en madurez de consumo de los frutos presentaron diferencias estadísticas significativas entre los daños mecánicos inducidos ( $p < 0.05$ ). Las fricciones en los frutos provocaron la mayor pérdida de peso (21.1%), el resto de los daños mecánicos inducidos y el testigo perdieron entre 13 y 15% de peso. Los frutos que más tardaron en alcanzar la madurez de consumo fueron frutos con magulladuras, cortaduras y el testigo, todos con 13 días; esto indica que estos daños mecánicos no tuvieron efecto sobre los procesos de maduración del fruto. Sin embargo, frutos con fricciones alcanzaron la madurez de consumo 11.6 días después de la cosecha, dos días antes que el resto de los tratamientos, siendo este daño mecánico el que más acelera el tiempo de madurez a consumo.

El daño por la falta de pedúnculo al igual que el testigo presentó la menor calidad externa del fruto con valores de 1.1 y 1.3, respectivamente, mientras que el daño por fricciones obtuvo una valoración de 2.1, mayor a los mencionados.

La deshidratación no presentó diferencia significativa entre tratamientos y no superó 5% por efecto de estos. Las fricciones y magulladuras afectaron significativamente 20 y 12%, respectivamente, el oscurecimiento vascular (Cuadro 8). La pudrición basal fue más afectada en frutos con fricciones y frutos sin pedúnculo. Los frutos testigo y aquellos con magulladuras tardaron 12 días en desprender el pedúnculo. Los frutos con punciones (10 días) y fricciones (9 días) fueron, dos o tres días más precoces en el desprendimiento del pedúnculo. Esto indica que frutos con células rotas o dañadas tienen menor calidad en madurez de consumo.

Therefore, the sampling procedure suggested for the inspection and evaluation of external and mechanical damages in the avocado packer for export would be as follows: 1. Collect the maximum number of fruits indicated in Table 7; 2. The fruits should be collected with a simple random sampling, using the double-blind method, avoiding visual contact with the fruits; 3. Inspect each fruit until it reaches the number of fruits required for each external and mechanical damage. For example, in samplings for October crops, when harvesting the fruit 100 is stopped evaluating cuts and continuing with the remaining damages, by extracting the evaluated fruit 185, it will stop evaluating the nail and continue with the rest of the damages until reaching the variable rash with the maximum number of fruits; and 4. Capture the data and estimate the percentages of fruits with mechanical and external damages in the fruits of each batch that arrive to the packer for selection and packaging for export. With the data obtained, the packer can estimate the quality of each batch and can determine how to run the fruit in the machinery and distribution of the fruits with mechanical and external damages in the packing boxes.

A different and smaller sample size can be selected than those obtained in Table 7, sacrificing precision, reliability and maximum permissible error when estimating the proportions of the damages to the fruit.

#### **Study 4. Effect of post-harvest mechanical damage**

Analysis of variance for the quality variables in fruit maturity showed significant statistical differences between induced mechanical damages ( $p < 0.05$ ). Fruit friction caused the greatest weight loss (21.1%), the rest of the induced mechanical damages and the control lost between 13 and 15% of weight. The fruits that took the most time to reach maturity of consumption were fruits with bruises, cuts and the witness, all with 13 days; this indicates that these mechanical damages had no effect on the ripening processes of the fruit. However, fruit with friction reached the maturity of consumption 11.6 days after harvest, two days before the rest of the treatments, being this mechanical damage that accelerates the time from maturity to consumption.

The damage due to the lack of peduncle as well as the control showed the lowest external quality of the fruit with values of 1.1 and 1.3, respectively, while friction damage obtained a value of 2.1, higher than those mentioned.

**Cuadro 8. Efectos de los daños mecánicos sobre la calidad de fruto en madurez de consumo.**  
**Table 8. Effects of mechanical damage on fruit quality at maturity of consumption.**

| Variables evaluadas                 | Daños mecánicos inducidos |            |           |               |         |
|-------------------------------------|---------------------------|------------|-----------|---------------|---------|
|                                     | Magulladuras              | Fricciones | Punciones | Sin pedúnculo | Testigo |
| Pérdida de peso (%)                 | 14.7 b                    | 22.1 a     | 15.5 b    | 13.7 b        | 15. b   |
| Días a madurez de consumo (días)    | 13.8 a                    | 11.6 c     | 13.5 ab   | 12.8 b        | 13.8 a  |
| Calidad externa*                    | 1.7 ab                    | 2.1 a      | 1.6 ab    | 1.1 b         | 1.3 b   |
| Deshidratación*                     | 0.2 a                     | 0.7 a      | 0.4 a     | 0.2 a         | 0.3 a   |
| Oscurecimiento vascular*            | 1.2 ab                    | 1.8 a      | 0.5 dc    | 1 bc          | 0.2 d   |
| Pudrición basal*                    | 0.4 bc                    | 1.2 a      | 0.1 c     | 0.9 ab        | 0.6 abc |
| Desprendimiento de pedúnculo (días) | 12.2 a                    | 8.7 b      | 9.9 b     | -             | 12.4 a  |

Medias con letras iguales entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). \* = escala de evaluación subjetiva de 0 a 3.5 (White *et al.*, 2005).

## Conclusiones

Las cuadrillas cosechan fruto a un ritmo diferente, variando de 56 a 150 cajas por hora, y colocan desde 100 hasta 140 frutos por caja, aunque esto depende del calibre del fruto. Las cortaduras y el destupado (caída del pedúnculo) son los daños mecánicos que ocasiona el cosechador y son constantes durante las horas de cosecha. Las cortaduras se presentaron con mayor frecuencia en la bolsa de cosecha (etapa 1) y en el traslado al camión (etapa 4). Las magulladuras se iniciaron en la etapa 4 y se agudizaron en la etapa 5. El destupado ocurre con mayor frecuencia en la etapa 1. Los daños por viruela, trips, clavo, y caída del pedúnculo (destupado) permanecieron constantes en las dos épocas de cosecha.

Daños por varicela, quemadura de sol y magulladuras estuvieron con mayor frecuencia en frutos cosechados en octubre. Roña, rozaduras y cortaduras fueron mayores en frutos de abril. En octubre se cosecharon calibres más grandes que en abril. En cosechas de abril más de 50% de los frutos cosechados mostraron un grado de la piel desde 50% virado a negro hasta un negro total.

El tamaño de muestra máximo necesario para la evaluación e inspección de la calidad fue de 374-382 frutos por lote de fruta cosechada.

Los daños mecánicos disminuyeron la calidad de los frutos en madurez de consumo. Las fricciones y punciones fueron las que más afectaron la calidad, disminuyendo los días a madurez de consumo, mayor daño por oscurecimiento vascular, pudrición basal y calidad externa.

Dehydration showed no significant difference between treatments and did not exceed 5% as a result of these treatments. Friction and bruising significantly affected 20 and 12%, respectively, vascular darkening (Table 8). The basal rot was more affected in fruits with frictions and fruits without peduncle. The control fruits and those with bruises took 12 days to detach the peduncle. The fruits with punctures (10 days) and frictions (9 days) were, two or three days earlier in the peduncle detachment. This indicates that fruits with broken or damaged cells have lower quality at maturity of consumption.

## Conclusions

The crews harvest fruit at a different rate, varying from 56 to 150 boxes per hour, and place from 100 to 140 fruits per box, although this depends on the caliber of the fruit. The cuts and the stunted (fall of the peduncle) are the mechanical damages that cause the harvester and are constant during the hours of harvest. The cuts occurred more frequently in the crop bag (stage 1) and in the truck (step 4). The bruises were initiated in stage 4 and were exacerbated in stage 5. The decomposition occurs more frequently in stage 1. The damages by smallpox, thrips, clove, and stalk fall remained constant in the two seasons of harvest.

Damage from chickenpox, sunburn and bruising was more frequent in fruits harvested in October. Rash, chafing and cuts were higher in April fruit. In October larger gauges were harvested than in April. In April harvests more than 50% of harvested fruits showed a degree of skin from 50% turned to black to a total black.

## Literatura citada

- Aliasgarian, S.; Ghassemzadeh, H. R.; Moghaddam, M. and Ghaffari, H. 2015. Mechanical damage of strawberry during harvest and postharvest operations. *Acta Technol. Agric.* 18(1):1-5.
- Berry, T. M.; Fadji, T. S.; Defraeye, T. and Opara, U. L. 2017. The role of horticultural carton vent hole design on cooling efficiency and compression strength: a multi-parameter approach. *Postharvest Biol. Technol.* 124: 62-74.
- Everett, K. R.; Hallett, I. C.; Rees-George, J.; Chynoweth, R. W. and Pak, H. A. 2008. Avocado lenticel damage: the cause and the effect on fruit quality. *Postharvest Biol. Technol.* 48(3):383-390.
- Herrera, G. J. A.; Salazar-García, S.; Ruiz-García, J. y Martínez-Flores, H. 2017. Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento poscosecha del fruto de aguacate Méndez. *Rev. Fitotec. Mex.* 40(1):55-63.
- Hodges, D. M. and Toivonen, P. M. A. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biol. Technol.* 48(2):155-162.
- Li, Z. and Thomas, C. 2014. Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Sci. Technol.* 35(2):138-150.
- Lim, S. L.; Khoo, M. B. C.; Teoh, W. L. and Xie, M. 2015. Optimal designs of the variable sample size and sampling interval. *International J. Prod. Econ.* 166:20-35.
- Mazhar, M. S.; Amin, M.; Malik, A. U.; Campbell, J. and Johnson, P. 2011. Improved harvest and desapping practices affect mango fruit quality along the supply chains. *Inter. J. Agric. Biol.* 13(5):776-780.
- Miranda, M.; Spricigo, P. C. and Ferreira, M. D. 2015. Management zones using fuzzy clustering based on spatial-temporal variability of soil and corn yield. *J. Brazilian Assoc. Agric. Eng.* 35(7):154-162.
- Montgomery, D. C. 2004. *Diseño y análisis de experimentos (segunda)*. México, D. F. Limusa Wiley.
- Opara, U. L. and Pathare, P. B. 2014. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce- a review. *Postharvest Biol. Technol.* 91: 9-24.
- Osuna, G. J. A.; Doyon, G.; Salazar, G. S.; Goenaga, R. and González, D. I. J. L. 2010. Effect of harvest date and ripening degree on quality and shelf life of Hass avocado in Mexico. *Fruits.* 65(6):367-375.
- Pérez, V. A.; Martínez-Romero, D.; Carbonell, Á.; Serrano, M.; Riquelme, F.; Guillén, F. and Valero, D. 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* Lindl.) storage. *Postharvest Biol. Technol.* 25(1): 25-32.
- The maximum sample size required for evaluation and quality inspection was 374-382 fruits per batch of harvested fruit.
- The mechanical damages diminished the quality of the fruits in maturity of consumption. The frictions and punctures were the ones that affected the quality, decreasing the days to maturity of consumption, greater damage by vascular obscuration, basal rot and external quality.

*End of the English version*



- Polat, R.; Aktas, T. and Ikinci, A. 2012. Selected mechanical properties and bruise susceptibility of nectarine selected mechanical properties and bruise susceptibility of nectarine fruit. *Inter. J. Food Prop.* 15:1369-1380.
- Secretaría de Economía. 2006. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-Aguacate (*Persea americana* Mill). Especificaciones. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Economía. <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agronegocios>.
- Seoane, T.; Martín, J. L. R.; Martín- Sánchez, E.; Lurueña- Segovia, S. y Alonso-Moreno, F. J. 2007a. Capítulo 5: Selección de la muestra: técnicas de muestreo y tamaño muestral. *SEMERGEN - Medicina de familia.* 33(7): 356-361.
- Seoane, T.; Martín, J. L. R.; Martín-Sánchez, E.; Lurueña-Segovia, S. y Alonso Moreno, F. J. 2007b. Capítulo 7: estadística: estadística descriptiva y estadística inferencial. *SEMERGEN - Medicina de familia.* 33(9): 466-471.
- Sharma, R. R.; Reddy, S. V. R. and Jhalegar, M. J. 2014. Pre-harvest fruit bagging: a useful approach for plant protection and improved post-harvest fruit quality - A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 89(2): 101-113.
- SIAP. 2015. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola.siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola.siap_gb/icultivo/index.jsp).
- Van-Linden, V.; Sila, D. N.; Duvetter, T.; De Baerdemaeker, J. and Hendrickx, M. 2008. Effect of mechanical impact-bruising on polygalacturonase and pectinmethylesterase activity and pectic cell wall components in tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 47(1): 98-106.
- White, A.; Woolf, A.; Hofman, P. and Arpaia, M. L. 2005. The international avocado quality manual. *HortResear.*