

**Optimización del tamaño de la muestra para ensayos poscosecha en frutos de  
banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish) y papaya (*Carica papaya L.*)**

**Estefanía Ortiz Pérez**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO  
CON EL GRADO DE LICENCIADO EN AGRONOMÍA**


**ESCUELA DE AGRONOMÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**2019**

Optimización del tamaño de la muestra para ensayos poscosecha en frutos de banano  
(*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish) y papaya (*Carica papaya L.*)

Estefanía Ortiz Pérez

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO CON  
EL GRADO DE LICENCIADO EN AGRONOMÍA

  
M.Sc. Juan Ramón Navarro Flores

**DIRECTOR DE TESIS**

  
M.Sc. Marco Vinicio Saenz Murillo

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

  
Ph.D. Mañicruz Ramírez Sánchez

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

  
M.Sc. Eric Mora Newcomer

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

  
Ph.D. Luis Gómez Alpizar

**DIRECTOR DE ESCUELA**

  
Estefanía Ortiz Pérez

**SUSTENTANTE**

2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Albán y Noilly, por su apoyo y esfuerzo, por darme todo y más. A mis hermanas Kari y Sho, por motivarme a ser la mejor hermana mayor que merecen. A mis abuelas, por todas sus oraciones.

A los profesores Juan Ramón, Maricruz y Marco, por creer en mí para este proyecto. También a ustedes y al profesor Eric, por todos los consejos académicos, pero sobre todo por el aprendizaje para la vida.

A mis amigos y colegas del Laboratorio de Tecnología Poscosecha: profesora Gerardina, profesora Paula, Diego, Dani, Marco y Steph; por todo el apoyo, los almuerzos y las tardes de café/té.

A Jeca por su amistad sincera y vital soporte en todo el proceso de risas, lágrimas y estrés. A mis amigos y colegas tanto de generación como de carrera, por ser empuje e inspiración.

A la Universidad de Costa Rica, por todas las oportunidades y herramientas que me brindó durante todos estos años para hacer posible este sueño.

## DEDICATORIA

*“ ¡Gracias a DIOS por su don inefable! ”*

2 Corintios 9:15

## RESUMEN

Para determinar un tamaño óptimo de muestra a utilizar en ensayos físico-químicos de calidad poscosecha que permita el uso eficiente de recursos y resultados confiables, se realizó una investigación en frutos de banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish) y frutos de papaya (*Carica papaya* L.) variedad Pococí; en tres momentos diferentes de su vida útil: después de la cosecha, al término de la simulación de transporte y en anaquel. Se llevaron a cabo cuatro ensayos, dos en fruta de banano y dos en fruta de papaya en diferentes épocas del año para cada cultivo. En cada ensayo se realizaron tres evaluaciones, para banano al día 1, al día 21 y al día 28 (después de la exposición a etileno); para papaya al día 1, al día 14 y al día 21. En cada ensayo se utilizó la misma cantidad de fruta y cada evaluación estuvo conformada por 100 frutas de banano o papaya. Se estableció un ensayo de uniformidad o ensayo en blanco en donde cada fruta correspondió a una unidad básica. Se utilizó un sistema de coordenadas de X y Y para identificar y localizar cada unidad básica, por lo que se distribuyeron en 10 filas y 10 columnas. Se realizó el agrupamiento de las unidades básicas para formar unidades secundarias, dando como resultado 15 conformaciones distintas en tamaño y forma: 1x1, 1x2, 2x1, 2x2, 1x5, 5x1, 2x5, 5x2, 1x10, 10x1, 2x10, 10x2, 5x5, 5x10 y 10x5. Posteriormente, se estimó el coeficiente de variación de cada una de las diferentes agrupaciones. Se utilizó el Método de Curvatura Máxima para determinar el tamaño óptimo de muestra, para lo cual se diseñó un gráfico de dispersión donde se relacionaron las variables de coeficientes de variación con el tamaño de muestra y se generó una curva. Dicha curva generó una ecuación de regresión y un coeficiente de determinación. El punto de curvatura máxima que corresponde al tamaño óptimo de muestra se estimó con la primera derivada de la ecuación de regresión. Se obtuvo que el tamaño óptimo de muestra en banano es de 6 frutos con un  $R^2$  de 74% y en papaya es de 10 frutos con un  $R^2$  de 97%, esto para todas las variables evaluadas, así como para todas las etapas de vida útil.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>DEDICATORIA</b> .....	4
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	8
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	9
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	10
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
<b>2.1. Objetivo General</b> .....	13
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	14
<b>3.1. Frutos climatéricos y sus principales variables de calidad</b> .....	14
<b>3.2. Factores que afectan la variabilidad de las frutas en etapa poscosecha</b> .....	15
<b>3.3. Unidad experimental y tamaño de muestra</b> .....	18
<b>3.4. Ensayo de uniformidad y método de curvatura máxima</b> .....	19
<b>3.5. Tamaño de muestra en ensayos poscosecha</b> .....	21
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
<b>4.1. Generalidades</b> .....	22
<b>4.2. Metodología</b> .....	23
<b>4.2.1. Lavado, Desinfección y Empaque</b> .....	23
<b>4.2.2. Variables evaluadas</b> .....	24
<b>4.2.2.1. Color externo (cáscara) y Color interno (pulpa)</b> .....	24
<b>4.2.2.2. Firmeza externa (cáscara) y Firmeza interna (pulpa)</b> .....	25
<b>4.2.2.3. Sólidos solubles</b> .....	25

<b>4.3. Ensayos de banano.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4. Ensayos de papaya .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5. Diseño experimental y análisis de datos.....</b>	<b>27</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1. Ensayos de banano.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2. Ensayos de papaya .....</b>	<b>34</b>
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Unidades secundarias posibles según el agrupamiento de las unidades básicas utilizando el sistema de coordenadas X y Y. ....	28
<b>Cuadro 2.</b> Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de banano ( <i>Musa sp.</i> ; grupo AAA subgrupo Canvendish). ....	31
<b>Cuadro 3.</b> Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de banano ( <i>Musa sp.</i> ; grupo AAA subgrupo Canvendish). ....	32
<b>Cuadro 4.</b> Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de banano ( <i>Musa sp.</i> ; grupo AAA subgrupo Canvendish). ....	33
<b>Cuadro 5.</b> Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de banano ( <i>Musa sp.</i> ; grupo AAA subgrupo Canvendish). ....	34
<b>Cuadro 6.</b> Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de papaya ( <i>Carica papaya L.</i> ; variedad Pococí). ....	35
<b>Cuadro 7.</b> Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de papaya ( <i>Carica papaya L.</i> ; variedad Pococí). ....	36
<b>Cuadro 8.</b> Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de papaya ( <i>Carica papaya L.</i> ; variedad Pococí). ....	37
<b>Cuadro 9.</b> Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de papaya ( <i>Carica papaya L.</i> ; variedad Pococí). ....	38



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Resumen del proceso ejecutado para los ensayos de banano: principales etapas y características.....	26
<b>Figura 2.</b> Resumen del proceso ejecutado para los ensayos de papaya: principales etapas y características.....	27
<b>Figura 3.</b> Conformación del ensayo de uniformidad o ensayo en blanco para las frutas de banano y papaya.....	27
<b>Figura 4.</b> Conformación de las quince unidades secundarias distintas en tamaño y forma obtenidas por el agrupamiento de las unidades básicas utilizando el sistema de coordenadas X y Y.....	29
<b>Figura 5.</b> Tamaño óptimo de muestra para fruta de banano ( <i>Musa</i> sp.; grupo AAA subgrupo Canvendish), determinado por el Método de Curvatura Máxima, correspondiente al ensayo de uniformidad.....	34
<b>Figura 6.</b> Tamaño óptimo de muestra para fruta de papaya ( <i>Carica papaya</i> L.; variedad Pococí), determinado por el Método de Curvatura Máxima, correspondiente al ensayo de uniformidad. ....	38

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Cálculo de chroma ( $C^*$ ) .....	24
<b>Ecuación 2.</b> Cálculo de hue ( $h^\circ$ ).....	24
<b>Ecuación 3.</b> Cálculo de conversión de libras a Newtons .....	25
<b>Ecuación 4.</b> Cálculo de la primera derivada de la ecuación de regresión .....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de fruta fresca tanto de papaya como de banano posee gran importancia agronómica, económica y de consumo para Costa Rica y los mercados internacionales. Para el año 2017 los ingresos generados por las exportaciones de papaya alcanzaron los \$2,4 millones; siendo Canadá y Estados Unidos los principales destinos (PROCOMER 2018). Mientras que el banano aportó en el año 2017 un ingreso de \$1040 millones y fue el principal producto agrícola de exportación, los mercados primordiales fueron Estados Unidos y Bélgica (PROCOMER 2017).

Entre los años 2000 y 2015 en nuestro país la fruta de banano ha ocupado el primer lugar de consumo en los hogares, significando 13,90% de la ingesta total de frutas. La papaya se ha ubicado entre el tercer y el segundo puesto de preferencia, representando un 10,80%. Además, el consumo per cápita de banano es de 28,31 kg/hab/año y el de papaya es de 17,76 kg/hab/año; lo que convierte a ambas frutas en productos esenciales de la canasta básica (PIMA 2016).

La variedad de papaya Pococí creada por la Universidad de Costa Rica y el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Agropecuaria, posee características de alta productividad y atributos de calidad organoléptica que contribuyen al agrado y la aceptación por parte del productor y del consumidor (Mora y Bogantes 2004; Fallas *et al.* 2014). En banano la variedad Cavendish representa el 95% en los mercados internacionales y permite cubrir costos de producción y de comercialización, así como la distribución de un producto uniforme y de alta calidad (FAO 2016).

Por lo anterior es necesario asegurar atributos de calidad que permitan la colocación de ambos productos en el mercado, que logren ser competitivos y garantizar su adquisición por parte del consumidor. Precisamente la calidad se obtiene en el campo, pero es durante la etapa poscosecha donde se aporta investigación y tecnología que contribuye a mantenerla el mayor tiempo posible; reduciendo las pérdidas de producto por diversos factores pre y poscosecha (Siddiqui 2015).

Se requiere durante la etapa poscosecha realizar la evaluación de variables físico-químicas en relación con la calidad de los productos frescos y perecederos, de acuerdo a las demandas de los distintos mercados. Pero dichos ensayos no siempre cuentan con un tamaño óptimo de muestra que permita mejorar la ejecución de los mismos (Galletta y Zaccari 2013; Ahmad y Siddiqui 2015). Esto afecta la planificación y estructura de dichos ensayos debido a la hay carencia de información confiable y precisa acerca de tamaños óptimos de unidad experimental en investigaciones poscosecha.

Cuando se utiliza una muestra mayor a la óptima se genera un aumento de costos innecesarios; y cuando se utiliza una muestra menor se podría incurrir a la falta de confiabilidad en los resultados (Badii *et al.* 2008). El tamaño óptimo de muestra para los ensayos de productos perecederos permitiría la obtención de resultados confiables y evitaría el uso excesivo de recursos.

Existen distintos métodos estadísticos para determinar el tamaño óptimo de muestra. Estos métodos tienen como origen el ensayo blanco o ensayo de uniformidad ya que brinda mayor precisión (Santos *et al.* 2012). El ensayo blanco o ensayo de uniformidad se conforma por unidades básicas agrupadas de maneras distintas en tamaño y forma, estas agrupaciones se llaman unidades secundarias y se comparan por medio de estadígrafos como error probable, error típico o coeficiente de variación (Rodríguez *et al.* 2018).

Un método derivado del ensayo de uniformidad es el de curvatura máxima, el cual permite asociar cada una de las unidades básicas y las variables de respuesta en agrupaciones distintas entre ellas. (Vargas y Navarro 2017). Esta asociación se realiza mediante un gráfico de dispersión; siendo la variable independiente el tamaño de la muestra y la variable dependiente el coeficiente de variación de las distintas agrupaciones de unidades básicas (Vargas 2013).

En esta investigación se utilizará el método de curvatura máxima para la optimización del tamaño de muestra en ensayos poscosecha en frutos de banano (*Musa* sp.; grupo AAA subgrupo Cavendish) y papaya (*Carica papaya* L.) variedad Pococí, con el propósito de una búsqueda de la eficiencia de los recursos con resultados confiables y prácticos en la ejecución de futuras investigaciones y labores de control de calidad.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Optimizar el tamaño de muestra en frutos de banano y frutos de papaya para ensayos físico-químicos en etapa poscosecha.

### **2.2. Objetivos Específicos**

**2.2.1.** Optimizar el tamaño de muestra en frutos de banano y de papaya para ensayos físico-químicos de parámetros asociados a la calidad poscosecha (color externo, color interno, firmeza externa, firmeza interna y sólidos solubles).

**2.2.2.** Optimizar el tamaño de muestra en frutos de banano y de papaya para ensayos físico-químicos en tres momentos diferentes de su vida útil poscosecha (después de la cosecha, al término de la simulación de transporte y en anaquel).

**2.2.3.** Establecer el coeficiente de variación de las distintas agrupaciones de unidades básicas para la utilización del método de curvatura máxima en parámetros asociados a la calidad poscosecha en frutos de banano y de papaya.

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Frutos climatéricos y sus principales variables de calidad**

La papaya es originaria de América Central y pertenece a la familia Caricaceae; en Costa Rica su producción se ha expandido en la última década (Bogantes *et al.* 2011). El banano, de la familia Musaceae, es originario del sureste asiático y se cultiva en distintos lugares alrededor del mundo. En Costa Rica se inicia la producción, específicamente de Cavendish, a finales de la década de 1950 (Marín *et al.* 2002; Li y Ge 2017).

Tanto la papaya como el banano son frutos climatéricos, es decir, su proceso de maduración tiene continuidad aún después de la cosecha. Es en los frutos climatéricos donde se desencadenan procesos físico-químicos de manera acelerada que alteran los atributos de la calidad, los cuales generalmente están asociados a cambios de color, a la pérdida de firmeza y a la transformación de los contenidos de azúcares. (Siriphanich 2002).

La maduración de frutos climatéricos se caracteriza por el aumento de la tasa respiratoria acompañado de un pico en la producción auto-catalítica de etileno, los cuales inician con la expresión genética y continúa con una serie de reacciones bioquímicas expresadas en la respiración celular y en la regulación de hormonas vegetales (Wongs-Aree y Noichinda 2014). Además, estos procesos son irreversibles, pero se pueden retrasar o disminuir su velocidad de reacción con ayuda de factores externos como regulación de temperatura e inhibidores de etileno (Martínez *et al.* 2017).

La hormona vegetal del etileno tiene una participación clave en la maduración de frutos climatéricos, ya que es responsable de regular la senescencia y por lo tanto de acortar o alargar la vida útil de los productos. También, es una variable de respuesta ante algún estrés provocado en la fruta durante los momentos de precosecha, cosecha y poscosecha (Martínez *et al.* 2017; Kou y Wu 2018).

Los frutos climatéricos son más susceptibles a experimentar deterioro por daños físicos y por patógenos causantes de enfermedades que interfieren en los aspectos de calidad e inocuidad. Por tanto, se ocasiona problemas de importancia como lo son la afectación de la comercialización y las pérdidas tanto económicas como alimenticias (Arias y Toledo 2000).

El color es una de las variables más notorias durante la maduración de frutos climatéricos, debido a la degradación simultánea de la clorofila y a la síntesis de carotenos (Millán y Ciro 2011). Por tanto, el color externo presente en la cáscara es un parámetro a considerar para el índice de cosecha, el mercado meta y el consumo (Umaña *et al.* 2011). Mientras que el color de la pulpa es un indicador de daños mecánicos, fenómenos fisiológicos, presencia de patógenos y estado de madurez (Vargas 2013).

La firmeza tanto externa (cáscara) como interna (pulpa) tiene relación con el avance de la maduración, pues los tejidos sufren ablandamiento con el tiempo (Payasi *et al.* 2009). Esto es resultado de la degradación enzimática de polisacáridos presentes en las paredes celulares como la pectina, la celulosa y la hemicelulosa (Payasi y Sanwal 2010). La firmeza funciona como una barrera de resistencia contra daños mecánicos e infección de patógenos durante la cadena de procesos poscosecha (Vargas 2013).

Con respecto a los sólidos solubles, en la papaya su contenido es constante durante su maduración debido a un bajo almacenamiento de almidón (Umaña *et al.* 2011). En el banano hay un aumento mayor debido a sus altos contenidos de almidón (Millán y Ciro 2011). Los sólidos solubles totales medidos en grados brix son un indicador para el índice de cosecha y estado de madurez (Salazar 2012).

### **3.2. Factores que afectan la variabilidad de las frutas en etapa poscosecha**

Existen diversos factores causantes de variabilidad en las frutas y pueden presentarse durante las etapas de precosecha y cosecha con consecuencias evidentes durante el periodo poscosecha. Estos factores principalmente se originan de manera

natural, ambiental o del manejo agronómico y deben ser tomados en cuenta como parte de las variables que definen la calidad de un producto (Hewett 2006).

Primeramente se debe considerar el material genético, pues este es un determinante en la obtención de características y la definición de parámetros que satisfagan la producción y el consumo; como por ejemplo, la forma, el tamaño, el color, la resistencia a patógenos, la firmeza, el sabor, la vida anaquel, etc. Además, si se utiliza portainjertos, estos pueden influenciar y condicionar el crecimiento y maduración de los frutos. También debe contemplarse la edad de la planta o del árbol, ya que si un fruto proviene de un árbol joven tiene mayor sensibilidad a alteraciones ambientales (Chiesa *et al.* 2003; Hewett 2006).

La temporada de siembra también tiene un rol importante, ya que durante época lluviosa las condiciones de mayor humedad pueden favorecer la proliferación y establecimiento de patógenos que luego se desarrollan en etapa poscosecha. Mientras que en época seca las frutas pueden sufrir deshidratación, falta de asimilados o quemaduras de sol que afectan el aspecto físico y procesos fisiológicos (Madakadze y Kwaramba 2004)

Con respecto a variables climáticas, la temperatura influye en la velocidad de los procesos metabólicos del cultivo, es decir, que tan rápido se desarrolle este. Las altas temperaturas afectan la forma, el tamaño, la acidez y el aroma del fruto, pero propicia una senescencia más rápida; mientras que las bajas temperaturas pueden provocar hendiduras en la cáscara y retraso en la coloración externa, pero tienen mayor duración en almacenamiento (Fischer 2000; Salvador 2000; Cantwell y Suslow 2002).

El factor luz o radiación solar es importante para la actividad fotosintética tanto en la planta como en el fruto, pues contribuye a la composición química de variables como sólidos solubles y color. La alta exposición de luz puede provocar quemaduras en la cáscara y la baja intensidad lumínica reduce el brillo del color y el aroma (Fischer 2000; Salvador 2000; Cantwell y Suslow 2002).



Para el factor viento, este puede producir roce entre otras frutas, ramas y hojas, que luego pueden convertirse en cicatrices que dañan el aspecto externo; la defoliación de la planta que expondrá a la fruta a alta radiación y temperatura; así como la pérdida de agua en la superficie causada por la evapotranspiración (Fischer 2000; Salvador 2000; Cantwell y Suslow 2002).

El manejo agronómico brinda prácticas esenciales para el buen desarrollo del cultivo y de la fruta, iniciando por la fertilización que se refleja en el rendimiento y características de calidad. Las deficiencias de nutrientes afectan la vida anaquel, favorece el ataque de patógenos y limita procesos metabólicos. El agua es uno de los principales constituyentes del fruto, es el responsable del transporte de asimilados y de brindar turgencia a las estructuras. Por lo que contar con óptimas condiciones de riego evitará deficiencias o excesos que pueden causar una madurez precoz, rajado del fruto o problemas en el llenado (Madakadze y Kwaramba 2004; Romojaro et al. 2006).

La práctica de la poda y el raleo puede mejorar la calidad de las frutas al disminuir la competencia por fotoasimilados, por lo que hay mejor repartición de los recursos entre los sumideros contribuyendo al aumento de tamaño, color y sólidos solubles. Además, permite un mejor ingreso de luz entre las hojas de las plantas y permite aireación para que no se acumule humedad que favorezca a los patógenos (Madakadze y Kwaramba 2004; Romojaro *et al.* 2006).

El índice de cosecha es un factor clave, pues decidir cuándo se debe cosechar una fruta tendrá relación en su desarrollo poscosecha, principalmente si se trata de una fruta climatérica. Debido a que el estado de madurez en la planta influirá sobre variables de calidad para el consumo, sobre la susceptibilidad a desordenes fisiológicos y prácticas como transporte y almacenamiento. Otro aspecto a considerar en el momento de la cosecha es la hora en la que esta se realiza, pues entre más temprano sea menor será la incidencia de luz y de temperatura que provoque estrés en la fruta (Clarkson *et al.* 2005; Toivonen, 2007).

Existen otros factores no menos importantes como el control fitosanitario en campo, los procesos de lavado y desinfección poscosecha, el transporte, el almacenamiento, la

zona geográfica, etc; que al final son parte de una cadena que contribuyen a la calidad final de los productos y deben estar bajo trazabilidad y control.

### **3.3. Unidad experimental y tamaño de muestra**

La unidad experimental es la unidad básica y mínima que representa a una población durante una investigación; la cual es medida a lo largo de este proceso y es alterada cuando se le aplica un tratamiento para generar un determinado resultado u observación (Díaz 2009). Es fundamental definir y describir la unidad experimental en el diseño de cualquier experimento, así como sus relaciones con los distintos factores y sus variables de respuesta con el entorno (Parsons *et al.* 2018)

Al realizar un experimento es necesario llevar a cabo un muestreo de la población que se encuentra bajo estudio y en dicha muestra se involucra la unidad experimental. Del resultado de las mediciones de la muestra se harán inferencias acerca del conjunto que esta representa, por lo que es pertinente determinar un tamaño de muestra óptimo en cualquier investigación científica (Peckham *et al.* 2015).

Cuando existe un balance entre el costo y la precisión del muestreo, es cuando se obtiene un óptimo tamaño de muestra. Esto dependerá de tres factores: a) la cantidad de recursos disponibles, b) el grado de confiabilidad y c) la dispersión de la población (Badii *et al.* 2004). Además, deberá atender los requerimientos de la investigación e idealmente responder los objetivos planteados (Gabriel *et al.* 2017)

Se tiende a pensar en que entre más grande sea el tamaño de muestra los resultados serán más confiables y que se requerirá de menos repeticiones; pero esto podría involucrar que exista mayor error experimental debido a la heterogeneidad de grandes muestras. (Gabriel *et al.* 2017). Si el tamaño de muestra es muy pequeño, aunque la investigación se realice correctamente, no se podrá identificar efectos o asociaciones importantes entre los tratamientos (Sing y Masuku 2014).

Asimismo, la implementación de un tamaño óptimo de muestra permite disminuir los efectos del error experimental. Este no se puede eliminar completamente ya que aunque la muestra represente adecuadamente a la población, las unidades experimentales no

son estrictamente iguales entre sí, pero la muestra si tenderá a ser más homogénea (Badii *et al.* 2007a; Badii *et al.* 2007b).

### **3.4. Ensayo de uniformidad y método de curvatura máxima**

El ensayo de uniformidad o ensayo en blanco fue propuesto por Smith (1938) y se caracteriza por la división total del área experimental en varias unidades, llamadas unidades básicas, las cuales deben ser lo más pequeñas como sea posible. Esto con la finalidad de realizar agrupaciones de las unidades básicas adyacentes para la obtención de datos de unidades secundarias, distintas en tamaño y forma. Además, se debe tener un mismo manejo en cada una de estas unidades, es decir, no hay aplicación de tratamientos diferenciadores (Storck *et al.* 2011).

La ley empírica de Smith (1938) fue precursora de varios métodos para la determinación del tamaño de parcela; ya que esta establece una relación entre la variancia y el tamaño de las distintas unidades secundarias: Cuanto mayor es el tamaño de muestra, menor es el error experimental y mayor es la precisión del experimento. Pero esta relación no es lineal, ya que hasta cierto punto la precisión ganada será cada vez más pequeña.

Una modalidad del ensayo de uniformidad es el denominado Método de Curvatura Máxima (MCM), el cual fue presentado por Lessman y Atkins (1963). Este método consiste en calcular los coeficientes de variación de cada tamaño de parcela y relacionar el conjunto de datos obtenidos en un gráfico para formar una curva. El valor correspondiente a la abscisa del punto de la curvatura máxima se considera como el tamaño óptimo de parcela.

Le Clerg (1967) propuso el método de inspección visual de curvatura máxima, el cual implica la determinación del tamaño óptimo de parcela únicamente por medio de la observación; pero este método presenta un error considerable. Por lo que Meier y Lessman (1971) establecieron para el MCM una ecuación de regresión para explicar la relación entre los coeficientes de variación y los tamaños de parcela.

La ecuación de regresión se representa como  $Y = aX^{-b}$  donde  $Y$  equivale al coeficiente de variación y  $X$  es el tamaño de parcela. Es entonces a partir de la función de dicha ecuación, es decir, la determinación del valor de  $X$  por medio de la primera derivada, donde se obtiene el punto de curvatura máxima; lo que proporciona resultados más precisos (Viana *et al.* 2002; Paranaíba *et al.* 2011).

El MCM se ha utilizado principalmente para dos tipos de investigación: a) Conocer la heterogeneidad del suelo y las variaciones de la fertilidad y b) Hallar el tamaño óptimo de parcela para distintas evaluaciones. En el primer tipo, se utiliza las distintas unidades (parcelas) para mapear la totalidad del área y de acuerdo al acomodo de estas en forma, tamaño y dirección, se establece el área de experimentación; la cual tiende a ser más homogénea (Escobar 1982; Machado *et al.* 2004; Navarro 2006)

Para la determinación del tamaño óptimo de parcela se registra principalmente investigaciones en campo, no así para experimentos en etapa poscosecha. Por ejemplo, en Costa Rica se ha utilizado en el establecimiento del tamaño de la unidad experimental para ensayos de arroz, siendo esta de 20 m<sup>2</sup> (Vargas 2013). Mientras que Vargas y Navarro (2017) lo implementaron para ensayos de rendimiento en maíz, resultando la optimización en 12 unidades básicas.

En México, Sánchez *et al.* (2006) determinaron el tamaño de parcela para investigaciones en el cultivo de calabaza pipiana resultando en 6,48 m<sup>2</sup>. En Paraguay, Humada *et al.* (2018) definieron que para evaluaciones de camote variedad Morotí se necesita de 13 a 15 plantas por parcela, es decir de 3,90 m<sup>2</sup> a 4,80 m<sup>2</sup>. Luego, en Argentina Dinon *et al.* (2019) utilizaron el MCM para optimizar el tamaño de parcela en la evaluación de la incidencia de la podredumbre blanca del capítulo (PBC) de girasol causada por *Sclerotinia sclerotiorum*, siendo de este entre 2,8 m<sup>2</sup> y 5,6 m<sup>2</sup>.

Brasil es el país con mayor cantidad de publicaciones donde utilizan el método de curvatura máxima para establecer el tamaño óptimo de parcela. Da Silva *et al.* (2003) lo implementaron para parcelas de pruebas clonales en eucalipto. Henriques *et al.* (2004) para estudios de rendimiento del trigo en condiciones de riego bajo labranza cero y labranza convencional. De Lima *et al.* (2007) para superficies experimentales en

invernadero con cultivo de papaya. Vieira y da Silva (2008) en terrenos donde se evalúa caracteres de raíz en zanahoria.

También lo aplicaron Lucio *et al.* (2012) en superficies experimentales donde se analiza características de crecimiento y rendimiento en diferentes periodos en el cultivo del tomate. Leonardo *et al.* (2014) en parcelas exploratorias de piña variedad Victoria. Rodríguez *et al.* (2018) en terrenos para evaluación de rendimiento en camote. Por último, da Silva *et al.* (2019) determinaron el tamaño óptimo de parcelas experimentales en el cultivo de papaya en campo.

Los estudios mencionados anteriormente evidencian que la utilización del método de curvatura máxima ha sido una herramienta útil para investigaciones relacionadas en campo y producción, pero de manera única para estas áreas.; lo que se incentiva su abordaje en otras como la etapa poscosecha al no haber dicha información.

### **3.5. Tamaño de muestra en ensayos poscosecha**

Sobre investigaciones que se hayan llevado a cabo acerca de la determinación de la unidad experimental en ensayos poscosecha, De Ramos y Olea (1987) detallan que en el Centro de Investigación de Entrenamiento Poscosecha (PHTLS) ubicado en la Universidad de Filipinas, utilizaban un único método para la determinación del tamaño de muestra. Este método consistía en una muestra indefinida completamente al azar con submuestreos indefinidos. Por lo que no se tenía información confiable y precisa para ser utilizada nuevamente en el mismo material. De manera que concluyen en la importancia de emplear la variancia de los diferentes tamaños de muestra para detectar diferencias reales en los análisis.

Coelho *et al.* (2011) utilizaron un muestreo aleatorio simple y un análisis de variancia en frutos de maracuyá para determinar el tamaño de muestra en la caracterización de la calidad poscosecha. Utilizaron 20 frutos como unidad experimental y aplicaron 95% de probabilidad en la población y 10% de desviación. Como resultado, el tamaño de muestra determinado debía ser mayor a los 20 frutos utilizados, siendo aproximadamente un rango entre 58 y 136 frutos. Por lo que concluyeron que este no es el método más eficaz

para determinar el tamaño de muestra, pues se requeriría de la inversión de muchos recursos.

Por otro lado, existen estudios poscosecha realizados en papaya variedad Pococí donde se han evaluado parámetros asociados a la calidad (firmeza de cáscara y pulpa, color externo e interno y sólidos solubles), en donde los tamaños de muestra son muy variables. Por ejemplo, Salazar (2012) estableció una escala de madurez y el potencial de vida útil durante el almacenamiento utilizando 6 frutos por estado de madurez.

En el caso de Vargas (2013), en su investigación acerca de la ultraestructura y calidad asociadas a la época de cosecha y manejo poscosecha, usó un tamaño de muestra de 5 frutas. Mientras que Matamoros (2017), realizó una investigación sobre la aplicación de luz UV como tratamiento fitosanitario, para lo cual utilizó dos tamaños de unidad experimental correspondientes a 6 y 10 frutas respectivamente para los diferentes ensayos.

En investigaciones para banano variedad Cavendish, Bermúdez (2015) utilizó un tamaño de muestra de 15 frutos en la determinación de parámetros físico-químicos y mecánicos. Seraquive (2017) en el experimento de la caracterización del manejo poscosecha y la cuantificación de las pérdidas recurrió a 20 frutos. Por otro lado, Uribe (2017) usó de 10 a 12 manos de banano y no frutos como unidad experimental para medir el efecto de tratamientos hidrotérmicos y UV-C sobre enfermedades y calidad de fruta.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Generalidades**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Tecnología Poscosecha (LTP) del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR), sede Rodrigo Facio, Montes de Oca, provincia de San José, Costa Rica. Se utilizó como material experimental frutos de banano (*Musa* sp., grupo AAA subgrupo Cavendish) y frutos de papaya (*Carica papaya* L.) variedad Pococí.

Ambos productos provinieron de fincas comerciales, el banano desde Villa Franca de Guácimo en la provincia de Limón y la papaya desde La Fortuna de San Carlos en la provincia de Alajuela. Para consulta de las variables climatológicas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo y en el momento de cosecha, las estaciones climáticas más cercanas a las fincas corresponden a Guápiles de Pococí y Delicias de San Carlos respectivamente, según el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

## **4.2. Metodología**

Se realizaron dos ensayos para fruta de banano y otros dos para fruta de papaya, para un total de 4 ensayos. El primer ensayo de banano se realizó durante el mes de setiembre del año 2018 y el segundo ensayo en el mes de agosto del año 2019. Para papaya el primer ensayo se realizó entre los meses de febrero y marzo del año 2018 y el segundo ensayo se realizó entre los meses de mayo y junio del año 2019.

Se utilizó la misma cantidad de fruta para los 4 ensayos y se evaluó las mismas variables en cada uno de ellos. Se aplicó la metodología utilizada por el LTP para el manejo poscosecha de ambos productos.

### **4.2.1. Lavado, desinfección y empaque**

La fruta de banano provenía desde una planta empacadora para exportación, por lo que ya contaba con los tratamientos de lavado, desinfección y empaque aplicados. En el LTP se procedió primero a separar individualmente los dedos de cada mano utilizando un cuchillo pequeño, se realizó un corte en la corona y se dejó escurrir el látex sobre bandejas. Luego, debido al corte realizado se aplicó un fungicida por inmersión en una solución con tiabendazol i.a de 300 mg/L de para cada uno de los dedos en el área del corte. Por último, se empacó nuevamente los bananos en las cajas de cartón donde estaban anteriormente en la disposición convencional, debido a la simulación de transporte durante los ensayos.

La fruta de papaya no pasó por ninguna planta empacadora, por lo que se procedió a lavar, desinfectar y se empacar en el LTP. Primero, se cortó el pedúnculo con un cuchillo pequeño, de manera que quedara con una longitud entre 0,5 cm y 1,0 cm.

Seguidamente, se lavó la superficie de la fruta utilizando un paño de tela para remover cualquier suciedad o producto químico de campo y se dejó secar sobre una mesa. Luego, se realizó una desinfección por inmersión en una solución con hipoclorito de sodio de 50 mg/L y nuevamente se dejó secar sobre una mesa. Posteriormente, se aplicó un fungicida por inmersión en una solución con procloraz i.a de 250 mg/L. Por último, se envolvió individualmente cada fruta en la zona peduncular con papel y se empacó en una disposición de 6 frutas por caja plástica para la simulación de transporte durante los ensayos.

#### **4.2.2. Variables evaluadas**

##### **4.2.2.1. Color externo (cáscara) y Color interno (pulpa)**

Para ambas frutas se evaluó el color de la cáscara y el color de la pulpa utilizando el colorímetro digital IWave modelo WR-10 y se obtuvieron los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  correspondientes al espacio del color CIELAB en donde:  $L^*$  es la luminosidad entre un rango de 0 (negro) a 100 (blanco);  $a^*$  es la gama de colores en entre verde (valores negativos de  $a$ ) y rojo (valores positivos de  $a$ );  $b^*$  es la gama de colores entre azul (valores negativos de  $b$ ) y amarillo (valores positivos de  $b$ ) (Konica Minolta 2007).

Con los valores obtenidos de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  se calculó los valores de chroma ( $C^*$ ) y hue ( $h^\circ$ ) en donde:  $C^*$  es la saturación del color (cromaticidad) y  $h^\circ$  es el ángulo entre las coordenadas dadas por  $a^*$  y  $b^*$  (Konica Minolta 2007). Las fórmulas son las siguientes:

$$C^* = [(a^{*2} + b^{*2})]^{1/2}$$

**Ecuación 1.** Cálculo de chroma ( $C^*$ )

$$h^\circ = \tan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

**Ecuación 2.** Cálculo de hue ( $h^\circ$ )

En banano, el color de la cáscara se midió en un punto en el ecuador de la fruta y para el color de la pulpa, se cortó transversalmente la fruta por la parte central y se midió un punto en una de las mitades en el área localizada entre la cáscara y las semillas.



En papaya, el color de la cáscara se midió en dos puntos en el ecuador de la fruta, esto en las caras opuestas. Para el color de la pulpa, se cortó transversalmente la fruta por la parte central y se midió dos puntos opuestos en una de las mitades en el área localizada entre la cáscara y las semillas.

#### **4.2.2.2. Firmeza externa (cáscara) y firmeza interna (pulpa)**

Para banano la firmeza de cáscara se midió utilizando el penetrómetro de mesa Chatillón modelo DPP100 (N) con una punta en forma de diente. La firmeza de pulpa se midió utilizando un penetrómetro manual QA Supplies modelo FT011 (lb) con una punta discal de 6mm. Se midieron la firmeza externa y la firmeza interna en un punto en el ecuador de la fruta. Se realizó la conversión de libras a Newton con la siguiente ecuación:

$$X \text{ lb} = \frac{4,4482 \text{ N}}{1 \text{ lb}}$$

**Ecuación 3.** Cálculo de conversión de libras a Newtons

Para papaya la firmeza de cáscara y la firmeza de pulpa se midieron utilizando el penetrómetro de mesa Chatillón modelo DPP100 (N) con una punta en forma de diente. Se midieron dos puntos en el ecuador de la fruta, esto en las caras opuestas.

#### **4.2.2.3. Sólidos solubles**

Para la fruta de banano se evaluaron los sólidos solubles de la pulpa utilizando el refractómetro manual QA Supplies modelo MT-032ATC (°brix). Se obtuvo la muestra de un raspado proveniente del ecuador de la fruta. Para la fruta de papaya se utilizó el refractómetro digital Atago modelo PAL-1 (°brix). Se obtuvo la muestra de un extracto líquido proveniente del ecuador de la fruta.

### **4.3. Ensayos de banano**

En cada ensayo se ejecutaron tres evaluaciones: la primera en el día 1 (después de la cosecha), la segunda en el día 21 (después de la simulación de transporte) y la tercera en el día 28 (después de la aplicación de etileno, cuando la fruta presentó aproximadamente grado de madurez entre 4 y 5).

Cada ensayo estuvo compuesto por 300 frutas en total, 100 frutas para cada día de evaluación. En la primera evaluación (Día 1) se midieron las variables de color externo, color interno, firmeza externa, firmeza interna y sólidos solubles en las primeras 100 frutas. Se almacenaron las 200 frutas restantes en una cámara a 14 °C durante los siguientes 21 días. En la segunda evaluación (Día 21) se midieron las mismas variables en otros 100 frutos. Se almacenaron las últimas 100 frutas en una cámara a 24°C, en las primeras 24 horas se aplicó 100 mg/L de etileno gaseoso para madurar la fruta y luego se mantuvieron durante 7 días más. En la tercer y última evaluación (Día 28) se midieron las mismas variables en los últimos 100 frutos maduros.

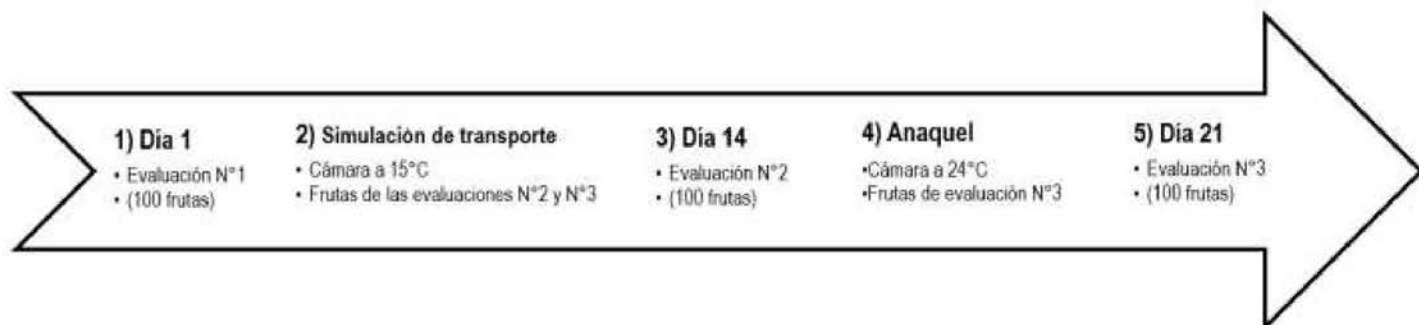


**Figura 1.** Resumen del proceso ejecutado para los ensayos de banana: principales etapas y características.

#### 4.4. Ensayos de papaya

En cada ensayo se ejecutó tres evaluaciones: la primera en el día 1 (después de la cosecha), la segunda en el día 14 (después de la simulación de transporte y de almacenamiento) y la tercera en el día 21 (vida en anaquel).

Cada ensayo estuvo compuesto por 300 frutas en total, es decir, 100 frutas para cada día de evaluación. En la primera evaluación (Día 1) se midieron las variables de color externo, color interno, firmeza externa, firmeza interna y sólidos solubles en las primeras 100 frutas. Se almacenaron las 200 frutas restantes en una cámara a 15 °C durante los siguientes 14 días. En la segunda evaluación (Día 14) se midió las mismas variables en otros 100 frutos. Se almacenó las últimas 100 frutas en una cámara a 24°C durante 7 días más. No hubo aplicación de etileno para maduración. En la tercera y última evaluación (Día 21) se midieron las mismas variables en esos últimos 100 frutos maduros.



**Figura 2.** Resumen del proceso ejecutado para los ensayos de papaya: principales etapas y características.

#### 4.5. Diseño experimental y análisis de datos

Se trabajó según el procedimiento de un ensayo de uniformidad propuesto por Smith (1938), el cual consiste en realizar agrupaciones de unidades básicas adyacentes para la obtención de unidades secundarias distintas en tamaño y forma. Por lo que el área experimental estuvo conformada por 100 frutas, donde cada fruta representó una unidad básica y se distribuyeron en 10 filas y 10 columnas. Se utilizó un sistema de coordenadas para identificar y ubicar a cada una de las unidades básicas, por lo que el eje X correspondió a las frutas localizadas a lo ancho del área experimental (del 1 al 10) y el eje Y correspondió a las frutas localizadas a lo largo (del 1 al 10).

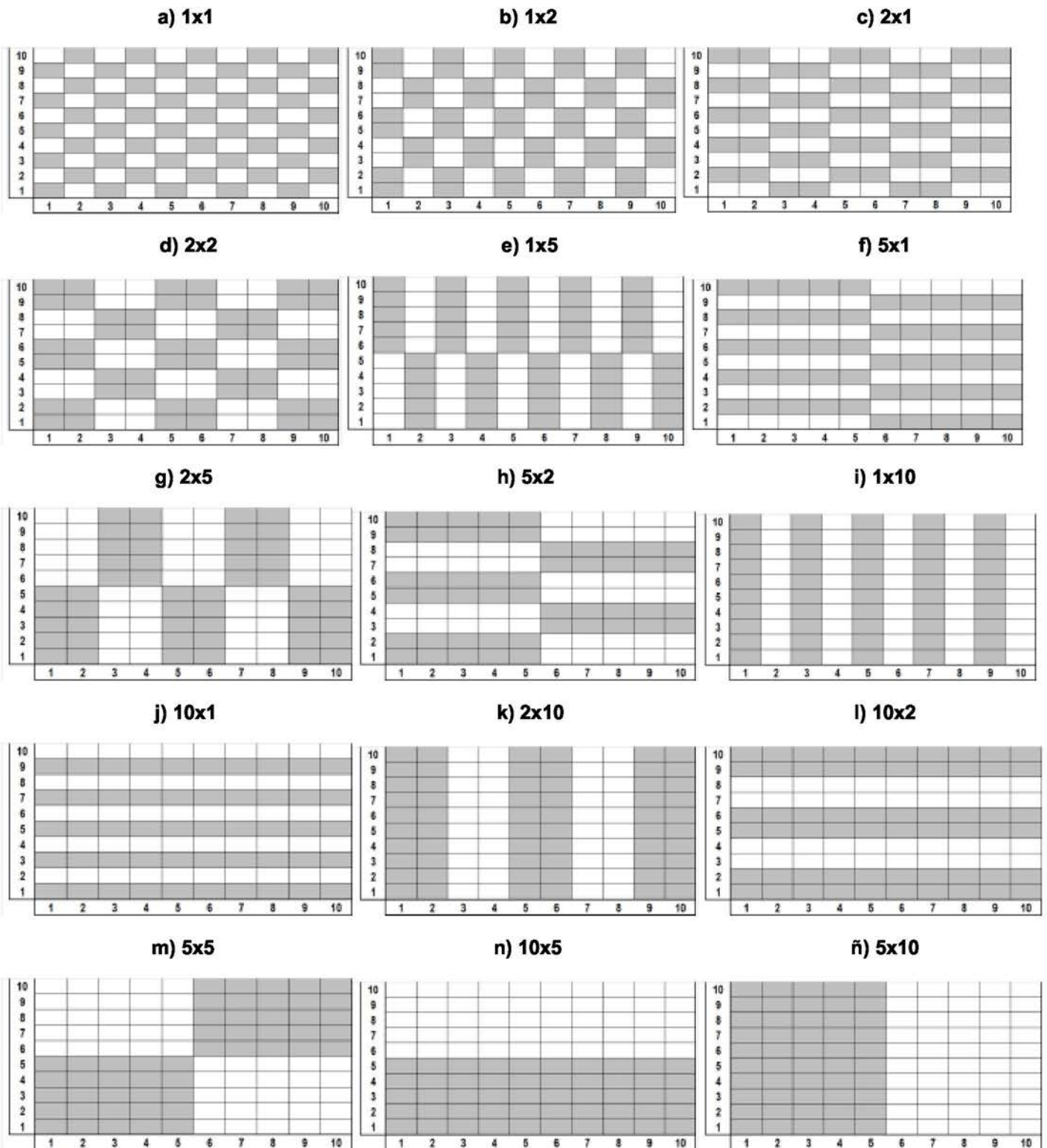


**Figura 3.** Conformación del ensayo de uniformidad o ensayo en blanco para las frutas de banano y papaya.

Se realizó el agrupamiento de las unidades básicas de manera que no sobrara ni faltara ninguna de ellas en cada combinación posible. Esto generó 15 unidades secundarias distintas cuya conformación resultó en : 1x1 (100 unid sec), 1x2 (20 unid sec), 2x1 (50 unid sec), 2x2 (25 unid sec), 1x5 (20 unid sec), 5x1 (20 unid sec), 2x5 (10 unid sec) 5x2 (10 unid sec), 1x10 (10 unid sec), 10x1 (10 unid sec), 2x10 (5 unid sec), 10x2 (5 unid sec), 5x5 (4 unid sec), 5x10 (2 unid sec) y 10x5 (2 unid sec).

**Cuadro 1.** Unidades secundarias posibles según el agrupamiento de las unidades básicas utilizando el sistema de coordenadas X y Y

UNIDADES BÁSICAS	COORD X	COORD Y	UNIDADES SECUNDARIAS POSIBLES
1	1	1	100
2	1	2	50
2	2	1	50
4	2	2	25
5	1	5	20
5	5	1	20
10	5	2	10
10	2	5	10
10	10	1	10
10	1	10	10
20	10	2	5
20	2	10	5
25	5	5	4
50	10	5	2
50	5	10	2



**Figura 4.** Conformación de las quince unidades secundarias distintas en tamaño y forma obtenidas por el agrupamiento de las unidades básicas utilizando el sistema de coordenadas X y Y.

Para implementar el método de curvatura máxima se estimó el coeficiente de variación (CV) de cada una de las variables por evaluación realizada. El cálculo involucró la estimación de la desviación estándar (S) y de la media ( $\bar{x}$ ) de los datos y cuya fórmula es la siguiente:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Se graficó la curva utilizando un gráfico de dispersión en donde el eje X correspondió al tamaño de muestra y el eje Y al coeficiente de variación. Cada curva indicó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la ecuación de regresión ( $Y = aX^{-b}$ ).

Para determinar el tamaño óptimo de muestra se derivó la función de la ecuación de regresión. El cálculo de la primera derivada se muestra en el siguiente ejemplo:

- a)  $Y = 28,983x^{-0,553}$
- b)  $Y' = (-0,553 \times 28,983)x^{(-0,553)-1}$
- c)  $Y' = -16,027599x^{-1,553}$
- d)  $-16,027599x^{-1,553} = -1$
- e)  $x^{-1,553} = \frac{-1}{-16,027599}$
- f)  $\frac{1}{x^{-1,553}} = 0,06239237705$
- g)  $\frac{1}{0,06239237705} = x^{1,553}$
- h)  $16,027599 = x^{1,553}$
- i)  $^{1,553}\sqrt{16,027599} = x$
- j)  $x = 5,96$

**Ecuación 4.** Cálculo de la primera derivada de la ecuación de regresión

Se utilizó una hoja de cálculo programada de Microsoft Excel Office 2013 para la realización de todos los cálculos y todos los gráficos.



## 5. RESULTADOS

### 5.1. Ensayos de Banano

En el Cuadro 2 se presentan los coeficientes de variación obtenidos en el ensayo N°1 durante las tres evaluaciones (Día 1, Día, 21 y Día 28) para las variables de sólidos solubles, firmeza externa, firmeza interna, color externo (L\*, hue y chroma) y color interno (L\*, hue y chroma). Se muestra que en todas las evaluaciones y variables el coeficiente de variación disminuye conforme la cantidad de unidades básicas aumenta, es decir, cuando el tamaño de muestra se hace cada vez más grande. Además, el mayor valor de CV está asociado al tamaño de muestra conformado por 1 unidad básica y el menor valor al tamaño de muestra conformado por 50 unidades básicas

**Cuadro 2.** Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish).

				SÓLIDOS SOLUBLES	FIRMEZA EXTERNA	FIRMEZA INTERNA	COLOR EXTERNO (L*)	COLOR EXTERNO (h*)	COLOR EXTERNO (c*)	COLOR INTERNO (L*)	COLOR INTERNO (h*)	COLOR INTERNO (c*)	
BANANO - ENSAYO N°1 - EVALUACIÓN DÍA 1	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	1	100	11.6036	6.1304	9.0638	6.2796	1.1502	6.2562	3.9923	1.8256
1	2	2	2	50	8.8289	4.7431	5.6244	5.0073	0.7437	4.6485	3.3277	1.3102	11.6594
2	1	2	2	50	8.7203	4.9966	6.3702	4.8305	0.7707	4.9104	3.1695	1.3437	12.9306
2	2	4	4	25	6.2667	4.1199	3.6387	3.9700	0.6237	3.8291	2.7679	0.8920	9.3206
1	5	5	5	20	4.5632	2.7387	3.6191	3.4409	0.5150	2.4759	2.4736	0.8333	8.7471
5	1	5	5	20	5.8600	3.8043	4.4600	3.8995	0.5724	3.4785	2.8542	1.0803	7.8630
5	2	10	10	10	5.0047	3.1135	2.5980	3.2815	0.3894	2.9535	2.7929	0.7269	4.7881
2	5	10	10	10	3.0938	2.3804	2.3001	2.4984	0.3253	1.9590	2.0444	0.9010	6.7603
10	1	10	10	10	3.8536	2.4739	2.8813	3.4123	0.5325	3.0207	2.4971	0.8093	8.5080
1	10	10	10	10	2.5289	1.4880	3.0135	1.8649	0.2722	1.7564	1.1899	0.9491	6.7966
10	2	20	5	5	3.4949	2.2205	2.2306	3.1927	0.3942	2.8330	2.3998	0.9643	3.2917
2	10	20	5	5	2.1742	1.4701	2.1017	1.3338	0.1670	0.9641	0.9299	0.3548	5.9698
5	5	25	4	4	2.1919	1.7445	1.0545	2.2469	0.1889	1.4883	2.2429	0.4034	3.4898
10	5	50	2	2	2.9032	1.2630	0.9457	2.3263	0.2017	1.5451	2.8132	0.3197	1.9654
5	10	50	2	2	1.3921	0.7083	0.9062	1.2503	0.0545	0.8828	0.8842	0.2723	3.3460
BANANO - ENSAYO N°1 - EVALUACIÓN DÍA 21	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	18.1610	7.4934	8.3028	5.2081	0.9091	4.7423	4.7498	2.8955	9.5820
1	2	2	2	50	12.0698	5.8191	6.7980	3.8852	0.8924	3.5880	3.8966	2.3043	6.7010
2	1	2	2	50	12.8754	5.9429	7.0178	3.7891	0.6770	3.8148	3.9578	2.4199	6.8248
2	2	4	4	25	9.3543	4.8507	5.4340	2.5380	0.4854	2.8860	3.1651	1.9889	4.8261
1	5	5	5	20	9.8822	3.4910	4.0458	2.3903	0.6766	1.7659	2.4212	1.4628	3.8862
5	1	5	5	20	9.0423	4.3190	3.4600	2.8925	0.4712	2.7744	3.0260	1.8390	3.3428
5	2	10	10	10	6.5478	3.8832	4.1382	2.0345	0.3461	3.3333	2.4347	1.5713	2.7642
2	5	10	10	10	7.8254	2.8429	2.5147	1.9034	0.2080	1.9597	2.0984	1.3276	2.6618
10	1	10	10	10	6.4649	3.7803	3.5305	1.9898	0.3090	2.0281	2.4173	1.4280	2.5238
1	10	10	10	10	9.9500	2.4529	3.3259	1.4303	0.3310	0.8868	2.1880	1.2565	2.8808
10	2	20	5	5	4.8963	3.4263	2.4051	1.5070	0.2723	1.7826	1.9674	1.2871	3.2070
2	10	20	5	5	4.5884	1.8925	3.1413	0.2071	0.1932	0.9015	2.0408	1.1607	1.8785
5	5	25	4	4	3.8918	2.1048	2.7869	0.7599	0.0696	1.1501	1.8133	1.3889	1.2638
10	5	50	2	2	3.8935	2.3523	1.6125	0.5177	0.0612	1.4207	0.8882	0.9734	0.5818
5	10	50	2	2	3.3361	0.9322	2.9914	0.4744	0.1005	0.0021	1.9696	1.2319	1.1368
BANANO - ENSAYO N°1 - EVALUACIÓN DÍA 28	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	4.4608	18.6008	20.1471	1.8563	1.0372	8.8043	5.3527	1.1490	7.2801
1	2	2	2	50	2.9610	14.0390	17.1590	1.2678	0.6650	6.7780	4.1996	0.8331	5.5814
2	1	2	2	50	3.7155	15.4591	17.8348	1.4196	0.7943	6.2804	4.5816	0.8884	5.5895
2	2	4	4	25	2.4672	12.0617	15.7784	0.9538	0.5407	4.9026	3.8825	0.6793	4.5750
1	5	5	5	20	2.9499	6.5754	11.6481	0.7132	0.4214	4.8421	2.0301	0.3803	3.4750
5	1	5	5	20	2.4490	10.4083	15.7595	1.0865	0.4694	4.2726	4.3577	0.9883	4.1417
5	2	10	10	10	1.4548	9.9979	14.9039	0.5856	0.3694	3.6989	3.7933	0.5128	4.0982
2	5	10	10	10	1.7218	8.3771	10.8770	0.5313	0.2911	3.5135	1.9349	0.3002	3.9680
10	1	10	10	10	1.4038	6.8763	14.9737	0.9778	0.3726	3.2835	4.0007	0.5164	2.4629
1	10	10	10	10	1.2118	4.9476	5.2260	0.5101	0.3062	3.2852	1.4935	0.2929	1.8497
10	2	20	5	5	0.8929	9.8737	15.0859	0.4485	0.3479	2.9578	3.6339	0.4790	2.4298
2	10	20	5	5	1.5645	2.2079	4.0068	0.3870	0.2170	2.0948	1.3500	0.2401	0.8508
5	5	25	4	4	0.7318	7.6210	10.5586	0.3727	0.2418	2.9636	1.8881	0.2554	3.1179
10	5	50	2	2	0.2010	8.7189	12.8203	0.4371	0.1414	3.1829	1.8953	0.2971	2.6297
5	10	50	2	2	0.8709	0.3488	1.6695	0.1051	0.1837	1.5699	1.5073	0.0799	0.1991

Para el ensayo N°2 de banano, los coeficientes de variación obtenidos se muestran en el Cuadro 3. Al igual que el ensayo N°1, cada coeficiente de variación se va haciendo más pequeño conforme el tamaño de muestra se hace cada vez más grande; independientemente de la cual sea la variable y el día de evaluación. También, el mayor valor de CV se encuentra en el tamaño de muestra donde hay 1 unidad básica y el menor valor donde hay 50 unidades básicas.

**Cuadro 3.** Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish).

					SÓLIDOS SOLUBLES	FIRMEZA EXTERNA	FIRMEZA INTERNA	COLOR EXTERNO (L')	COLOR EXTERNO (h')	COLOR EXTERNO (C')	COLOR INTERNO (L')	COLOR INTERNO (h')	COLOR INTERNO (C')
BANANO - ENSAYO N°2 - EVALUACIÓN DÍA 1	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	24,5644	5,3102	10,9091	4,0001	0,9921	2,8880	6,5338	4,9494	10,9999
1	2	2	50	16,6140	3,8434	8,4765	2,3529	0,7252	2,0176	5,1109	3,6377	8,4222	
2	1	2	50	19,4703	4,0684	9,3591	3,0496	0,6572	1,9134	5,6142	4,0508	7,3449	
2	2	4	25	13,1493	2,6750	7,1159	1,7776	0,5622	1,3270	4,7340	3,2812	6,2092	
1	5	5	20	8,6459	2,4187	5,5444	1,3944	0,5790	1,0743	2,9912	2,2914	6,1367	
5	1	5	20	18,0988	3,0239	7,3670	2,4218	0,5625	1,5401	4,9320	3,2350	5,5409	
5	2	10	10	12,3608	1,7513	6,6361	1,3511	0,4772	0,9001	4,2698	2,7897	5,3882	
2	5	10	10	5,7512	2,1566	5,3268	1,0665	0,5152	0,7729	2,7962	1,8434	4,7603	
10	1	10	10	15,6148	2,1218	4,7372	2,1147	0,5020	1,2301	4,3160	2,8544	4,2365	
1	10	10	10	6,3686	1,8577	2,9095	1,2763	0,3728	0,6541	1,9043	1,5635	3,7266	
10	2	20	5	12,3744	0,6098	4,0769	0,9986	0,4547	0,3969	4,1648	2,6042	4,2655	
2	10	20	5	3,7735	1,7283	2,7788	1,0041	0,3194	0,5449	1,7174	1,2161	3,0368	
5	5	25	4	4,1798	1,9791	4,8421	0,5259	0,4698	0,1672	2,4640	1,3818	4,3699	
10	5	50	2	2,6058	1,0556	2,7768	0,5186	0,5211	0,1046	2,5702	1,4237	4,2158	
5	10	50	2	2,6058	1,6588	3,5562	0,2063	0,2413	0,1187	1,5194	0,6643	3,2705	
BANANO - ENSAYO N°2 - EVALUACIÓN DÍA 21	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	12,5979	6,4684	10,7533	4,8258	5,1167	8,4054	7,3008	2,2966	5,5505
1	2	2	50	9,6245	4,0819	6,7327	3,2508	3,7094	5,9021	6,7171	2,0315	4,6158	
2	1	2	50	8,3553	5,1274	8,4375	3,2972	3,6961	5,2532	6,8428	1,9254	4,3634	
2	2	4	25	6,4921	3,1575	5,8835	2,1933	2,6399	3,4094	6,4160	1,7026	3,8085	
1	5	5	20	7,1952	2,6957	4,2743	2,2923	2,1856	3,9201	4,9148	1,4162	3,3684	
5	1	5	20	5,8477	3,7744	6,0582	2,4051	2,4165	3,6108	6,3675	1,5069	3,7859	
5	2	10	10	4,7272	2,1682	4,3059	1,3021	1,6848	2,5180	6,2063	1,4723	3,6040	
2	5	10	10	5,9106	2,3609	3,2919	1,4523	1,4421	2,5599	4,7895	1,1798	2,8781	
10	1	10	10	3,9229	3,2005	4,7910	2,2165	1,6982	2,6836	6,3094	1,3502	3,4808	
1	10	10	10	4,5486	2,3705	2,8811	1,4531	1,6564	3,2088	2,1597	1,0547	1,2682	
10	2	20	5	3,1546	2,1817	3,2652	1,2033	1,2480	2,0658	6,4194	1,3626	3,5110	
2	10	20	5	1,6941	2,1875	1,5686	0,6811	1,0716	1,9989	1,7046	0,7797	0,6279	
5	5	25	4	3,9351	0,6037	2,1511	0,2824	0,9892	1,1450	4,8917	0,9466	2,9386	
10	5	50	2	1,2087	0,5749	2,2017	0,3320	0,7039	0,9065	5,9625	1,1420	3,4920	
5	10	50	2	0,1727	0,6471	0,7027	0,0909	0,6617	0,6910	0,5759	0,0467	0,8566	
BANANO - ENSAYO N°2 - EVALUACIÓN DÍA 28	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	4,0697	14,5157	13,4477	2,5631	1,6960	8,5534	4,2222	1,3884	10,3969
1	2	2	50	2,8611	10,5852	9,7019	7,5798	1,1409	5,5900	2,4103	0,8748	6,5679	
2	1	2	50	2,9628	11,5851	10,7827	7,3839	1,1304	6,1732	3,6261	1,1030	8,2490	
2	2	4	25	1,8536	8,4641	8,0879	5,6852	0,7811	4,3831	1,9766	0,8666	4,3628	
1	5	5	20	1,6195	7,3604	5,2848	4,5148	0,7983	3,7779	1,5115	0,6250	3,8846	
5	1	5	20	1,9695	5,5285	7,6975	4,7485	0,8293	3,9585	2,4364	0,7944	5,1627	
5	2	10	10	1,1925	3,8484	6,4179	3,4012	0,4574	2,6554	1,3658	0,5140	3,1792	
2	5	10	10	1,3953	6,6214	4,2965	3,1735	0,5908	2,7268	1,2151	0,4757	2,6150	
10	1	10	10	1,0431	4,1854	7,1779	3,6229	0,5553	3,1627	2,1739	0,7801	4,4045	
1	10	10	10	1,0199	4,6330	3,7851	3,4199	0,6670	2,8262	0,8011	0,2513	3,2584	
10	2	20	5	0,6873	3,4269	6,5461	2,7126	0,3031	2,3635	0,9724	0,5056	2,8453	
2	10	20	5	0,6875	4,3622	2,2095	2,7327	0,5022	2,0838	0,7873	0,1746	2,1556	
5	5	25	4	1,1965	3,5093	1,9071	2,3564	0,3718	1,3915	1,0170	0,4000	1,0177	
10	5	50	2	0,7864	3,5762	1,4939	1,4953	0,0353	1,4648	1,0131	0,4823	1,0526	
5	10	50	2	0,6553	2,3841	0,9959	1,9459	0,0416	0,7752	0,6994	0,0106	0,1424	



En el Cuadro 4 se presentan los datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para el ensayo N°1, los cuales son la ecuación de regresión y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Además, el tamaño de muestra (X) producto de la primera derivada de la ecuación de regresión. Para la primera evaluación (Día 1) el mayor tamaño de muestra fue de 4 frutas correspondiente a la variable de color interno (chroma) con un coeficiente de determinación de 90%. Para la segunda evaluación (Día 21) la variable de sólidos solubles presentó el mayor tamaño de muestra que fue de 4 frutas nuevamente, con un  $R^2$  correspondiente a 95%. Para la última evaluación (Día 28) el mayor tamaño de muestra fue de 5 frutas en las variables de firmeza externa e interna, con  $R^2$  de 43% y 38% respectivamente.

**Cuadro 4.** Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de banano (*Musa* sp., grupo AAA subgrupo Cavendish).

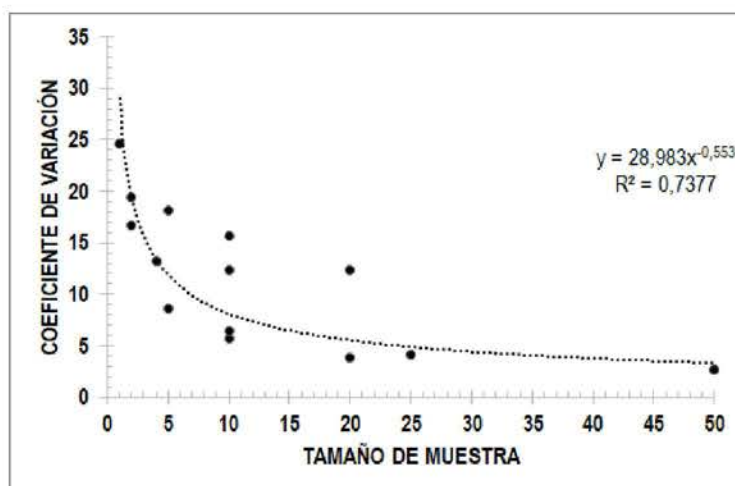
BANANO - ENSAYO N°1	VARIABLE	DÍA 1				DÍA 21				DÍA 28			
		Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	X	Tamaño de muestra
	Sólidos Solubles	$y=11,943x^{0,51}$	0,9069	3,3087	3	$y=18,535x^{0,459}$	0,9532	4,3379	4	$y=5,4167x^{0,669}$	0,8354	2,0985	2
	Firmeza externa	$y=6,8723x^{-2,473}$	0,8576	2,2262	2	$y=8,4963x^{0,459}$	0,7040	2,5415	3	$y=24,212x^{0,063}$	0,4330	5,3163	5
	Firmeza interna	$y=9,6971x^{-2,503}$	0,9418	2,9870	3	$y=8,6936x^{0,387}$	0,8877	2,3366	2	$y=23,462x^{0,381}$	0,3836	4,9057	5
	Color externo (L*)	$y=6,149x^{2,34}$	0,7240	1,7338	2	$y=6,324x^{0,668}$	0,7389	2,3695	2	$y=2,0439x^{0,043}$	0,7918	1,0698	1
	Color externo (h*)	$y=1,2746x^{0,51}$	0,7861	0,8309	1	$y=1,1518x^{0,85}$	0,8993	0,8213	1	$y=0,9877x^{0,459}$	0,9395	0,5782	1
	Color externo (C*)	$y=6,7752x^{1,401}$	0,8230	2,2204	2	$y=6,0826x^{0,011}$	0,5764	2,2589	2	$y=8,1075x^{0,263}$	0,8522	2,1752	2
	Color interno (L*)	$y=3,9085x^{-2,275}$	0,4325	1,0612	1	$y=4,6544x^{0,302}$	0,8512	1,2988	1	$y=5,2463x^{0,289}$	0,5145	1,4142	1
	Color interno (h*)	$y=1,8902x^{-2,864}$	0,9387	0,9142	1	$y=2,6416x^{0,243}$	0,8785	0,7125	1	$y=1,2271x^{0,003}$	0,7583	0,7253	1
	Color interno (C*)	$y=17,777x^{-3,488}$	0,9071	4,2678	4	$y=10,433x^{0,099}$	0,9435	3,1622	3	$y=8,8909x^{-3,35}$	0,5309	2,7982	3

Para el ensayo N°2 los datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima se muestran en el Cuadro 5. Donde el mayor tamaño de muestra fue de 6 frutas con un  $R^2$  de 74% para la variable de sólidos solubles primera evaluación (Día 1), siendo también el mayor número resultante en los dos ensayos realizados. Para la segunda evaluación (Día 21) el tamaño de muestra más grande fue de 5 frutas nuevamente en la variable de sólidos solubles con un coeficiente de determinación de 68%. Para la última evaluación (Día 28) el número mayor de frutas fue de 4 en las variables de firmeza externa y color interno (chroma) con  $R^2$  de 80% y 73% respectivamente.

**Cuadro 5.** Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de banano (*Musa* sp., grupo AAA subgrupo Cavendish).

BANANO - ENSAYO N°2	VARIABLE	DÍA 1				DÍA 21				DÍA 28			
		Ecuación de regresión	R2	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R2	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R2	X	Tamaño de muestra
	Sólidos Solubles	$y=28,983x^{-0,553}$	0,7377	5,9660	6	$y=19,336x^{-0,151}$	0,6822	4,6091	5	$y=3,5983x^{-0,430}$	0,8802	1,4051	1
	Firmeza externa	$y=4,864x^{-2,381}$	0,6895	1,5680	2	$y=8,1895x^{-0,014}$	0,8032	2,7201	3	$y=13,734x^{-0,424}$	0,8884	3,4461	3
	Firmeza interna	$y=10,741x^{-2,330}$	0,7550	2,5974	3	$y=11,824x^{-0,044}$	0,8150	3,3384	3	$y=17,125x^{-0,087}$	0,7996	4,2873	4
	Color externo (L*)	$y=4,6377x^{-2,801}$	0,8233	1,8969	2	$y=7,3738x^{-0,629}$	0,7995	2,6907	3	$y=6,5344x^{-0,287}$	0,5549	1,6673	2
	Color externo (h°)	$y=0,8334x^{-2,234}$	0,6623	0,2658	0	$y=5,2806x^{-0,155}$	0,9919	1,9371	2	$y=2,7146x^{-0,605}$	0,7546	1,5554	2
	Color externo (C*)	$y=4,2738x^{-2,834}$	0,8800	1,9997	2	$y=8,7297x^{-0,247}$	0,9458	2,7472	3	$y=8,8919x^{-0,535}$	0,9338	2,735	3
	Color interno (L*)	$y=6,5646x^{-2,308}$	0,6120	1,7130	2	$y=9,0695x^{-0,343}$	0,3016	2,2914	2	$y=3,7722x^{-0,483}$	0,7830	1,4024	1
	Color interno (h°)	$y=5,3602x^{-2,400}$	0,7886	1,7456	2	$y=3,2883x^{-0,266}$	0,4158	1,4022	1	$y=1,8593x^{-0,025}$	0,4604	1,1452	1
	Color interno (C*)	$y=9,2301x^{-2,272}$	0,8033	2,0667	2	$y=5,5841x^{-0,203}$	0,3514	1,5617	2	$y=14,869x^{-0,174}$	0,7333	3,9536	4

En la Figura 5 se observa el gráfico de dispersión producto de asociar el coeficiente de variación y el tamaño de muestra correspondiente a la variable de sólidos solubles (mayor número obtenido en ambos ensayos) evaluada en el Día 1 del ensayo N°2 para la fruta de banano (Cuadro 3). El cual presenta la ecuación de regresión  $y = 28,983x^{-0,553}$  cuya  $x$  producto de la primera derivada corresponde a 6 frutas, es decir, este es el punto de máxima curvatura. Además, el coeficiente de determinación para el conjunto de datos es de 74%.



**Figura 5.** Tamaño óptimo de muestra para fruta de banano (*Musa* sp., grupo AAA subgrupo Cavendish) determinado por el Método de Curvatura Máxima, correspondiente al ensayo de uniformidad N°2 en la evaluación del Día 1 para la variable de sólidos solubles.

## 5.2. Ensayos de papaya

Se presenta en el Cuadro 6 los coeficientes de variación obtenidos en el ensayo N°1 durante las tres evaluaciones (Día 1, Día, 15 y Día 21) para las variables de sólidos



solubles, firmeza externa, firmeza interna, color externo (L\*, hue y chroma) y color interno (L\*, hue y chroma). Se muestra que de la misma manera que los dos ensayos de banano, todos los coeficientes de variación disminuyen conforme aumenta la cantidad de unidades básicas, es decir, cuando el tamaño de muestra se va haciendo más grande. De la misma forma, el mayor valor de CV está asociado al tamaño de muestra conformado por 1 unidad básica y el menor valor al tamaño de muestra conformado por 50 unidades básicas.

**Cuadro 6.** Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de papaya (*Carica papaya* L. variedad Pococí).

					SOLIDOS SOLUBLES	FIRMEZA EXTERNA	FIRMEZA INTERNA	COLOR EXTERNO (L*)	COLOR EXTERNO (h*)	COLOR EXTERNO (c*)	COLOR INTERNO (L*)	COLOR INTERNO (h*)	COLOR INTERNO (c*)
PAPAYA - ENSAYO N°1 - EVALUACION DIA 1	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	8,6034	5,7546	6,6014	5,4301	3,1256	9,3307	3,5296	3,6785	7,5431
1	2	2	50	7,9266	4,1046	4,7573	4,2378	2,3380	5,9730	2,5013	3,3243	6,1374	
2	1	2	50	7,2896	4,6666	4,7383	4,2011	2,1869	6,8136	2,3611	3,2963	6,4688	
2	2	4	25	6,7973	3,3629	3,9037	3,3261	1,7016	4,3223	1,8268	3,1018	5,5921	
1	0	5	20	6,5381	3,1640	2,0111	2,6327	1,5808	3,3515	1,7941	2,5367	4,8250	
5	1	5	20	4,0643	3,9139	3,2173	3,2623	1,4211	4,5826	1,5670	2,5601	5,5118	
5	2	10	10	3,8581	2,7712	2,2020	2,9411	1,3054	3,3579	1,1159	3,0356	5,2618	
2	5	10	10	5,5986	2,9554	1,2747	1,8346	1,0651	2,5842	1,2506	2,4305	4,5736	
10	1	10	10	2,3642	3,4492	2,9085	2,4504	1,0538	3,5091	1,3253	2,9086	5,4168	
1	10	10	10	6,2056	1,3612	1,4108	1,8642	1,1160	2,8414	1,0135	0,9366	1,9450	
10	2	20	5	2,0380	2,5403	1,6984	2,4897	1,0322	2,7567	0,9721	3,1757	5,3758	
2	10	20	5	5,4302	0,8115	0,2635	1,1094	0,5266	1,8667	0,7429	0,4910	1,2690	
5	5	25	4	3,6937	2,5046	1,2975	1,5219	0,7812	2,4069	1,2334	2,5702	4,8656	
10	0	50	2	1,9518	3,5565	1,4857	1,3224	0,8262	2,1410	1,3857	3,1019	5,8250	
5	10	50	2	4,0992	0,5103	0,3685	1,1863	0,1327	2,0167	0,4756	0,3668	0,9870	
PAPAYA - ENSAYO N°1 - EVALUACION DIA 14	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	5,1513	62,3024	47,7645	9,6880	5,2572	13,1264	4,2566	2,9645	4,0269
1	2	2	50	10,4763	46,3091	33,9520	7,5524	3,7261	10,1451	3,2030	1,8679	2,8526	
2	1	2	50	10,9379	40,1193	33,6944	6,1343	3,2646	6,8805	3,6112	2,1675	2,7784	
2	2	4	25	7,2412	28,1475	22,2688	4,2700	2,2157	6,5504	2,7579	1,3510	2,1640	
1	5	5	20	6,4114	28,8640	19,8347	4,4258	2,4004	5,6567	1,8383	1,3080	2,4051	
5	1	5	20	7,3913	29,6240	25,9522	4,6416	2,4408	5,9047	3,1858	1,6543	2,1302	
5	2	10	10	5,1344	18,9191	13,8217	3,1231	1,8406	4,6120	2,3856	0,9831	1,7657	
2	5	10	10	3,9074	15,5771	12,4862	2,1373	1,7506	4,4165	1,7514	0,9281	2,0120	
10	1	10	10	4,7848	23,1642	17,8619	4,0223	2,0364	5,2818	2,9858	1,2077	1,1665	
1	10	10	10	3,8936	24,0412	16,2266	3,5241	1,6259	4,1620	1,2080	0,5343	1,2520	
10	2	20	5	2,4897	12,7101	9,6299	2,8280	1,5002	4,0356	2,1941	0,7025	0,5418	
2	10	20	5	1,7280	15,3142	9,6016	1,4230	0,9669	3,4622	1,2268	0,4593	1,1475	
5	5	25	4	2,6038	14,1156	10,3106	1,7699	1,8121	3,3612	1,4025	0,8802	1,9157	
10	5	50	2	1,1531	8,3847	5,1105	0,4620	1,2462	2,1461	1,3542	0,1699	0,1903	
5	10	50	2	0,5830	8,8615	4,2965	0,2130	0,0306	0,9352	0,8464	0,2601	0,2659	
PAPAYA - ENSAYO N°1 - EVALUACION DIA 21	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	5,2595	22,3766	12,0474	4,2155	4,2795	7,3884	4,1013	-5,7915	5,8948
1	2	2	50	3,8193	18,9268	8,5316	2,8423	1,6580	5,4484	2,9868	4,0201	4,8573	
2	1	2	50	3,4810	15,1067	8,5316	3,0646	2,6963	5,4498	3,2600	5,6067	5,2842	
2	2	4	25	2,8050	12,2328	6,0939	1,7801	2,3604	3,5789	2,4166	3,0056	4,4146	
1	5	5	20	2,7669	11,7435	4,8436	1,9181	2,6719	4,1530	1,8602	2,7999	2,2182	
3	1	5	20	2,3690	10,8969	6,3300	2,2810	2,4514	4,5224	2,9129	5,5323	4,9090	
5	2	10	10	1,5205	9,6590	4,8959	1,5643	2,2390	3,9634	2,1062	3,9570	4,1751	
2	5	10	10	1,9120	9,8599	3,5133	1,2918	1,8818	2,8459	1,3609	2,8176	2,1118	
10	1	10	10	1,8110	4,1150	4,8692	1,1903	0,8412	2,7845	2,4632	5,9307	4,7271	
1	10	10	10	1,7025	10,4044	4,1033	1,1438	2,2934	2,6331	1,4639	0,7625	1,7121	
10	2	20	5	1,4038	2,8667	2,4810	0,9622	1,4411	1,7720	1,7655	4,1656	4,8696	
2	10	20	5	1,5131	9,6536	3,4717	0,5038	1,3381	1,1739	1,1514	0,6914	1,7473	
5	5	25	4	1,1458	10,0230	3,8924	1,0466	2,0094	2,8097	1,0165	2,9089	1,7835	
10	5	50	2	0,6441	3,2679	1,1334	1,2088	1,4810	1,9701	0,5030	3,8161	0,8216	
5	10	50	2	1,2462	11,1559	4,2617	0,0285	1,6277	1,7901	1,1004	0,6292	1,8994	

Con respecto al ensayo N°2 de papaya, se muestra en el Cuadro 7 los coeficientes de variación obtenidos. Una vez más se observa la tendencia de que cada coeficiente de variación tiene un menor valor conforme el tamaño de muestra aumenta; independientemente de la variable y el día de evaluación. De igual manera, el CV de mayor valor se encuentra en el tamaño de muestra donde hay 1 unidad básica y el menor valor donde hay 50 unidades básicas.

**Cuadro 7.** Coeficientes de variación correspondientes al ensayo de uniformidad para cada variable de calidad poscosecha obtenidos durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de papaya (*Carica papaya* L. variedad Pococi).

					SÓLIDOS	FIRMEZA	FIRMEZA	COLOR	COLOR	COLOR	COLOR	COLOR	COLOR
					SOLUBLES	EXTERNA	INTERNA	EXTERNO (L°)	EXTERNO (h°)	EXTERNO (C°)	INTERNO (L°)	INTERNO (h°)	INTERNO (C°)
PAPAYA - ENSAYO N°2 - EVALUACIÓN DÍA 1	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	10,9465	12,7726	15,6169	8,6350	9,4179	9,8525	5,3437	4,1169	10,8492
1	2	2	50	10,7169	9,5235	12,4556	6,2797	6,7673	6,8071	4,6337	3,1382	8,5304	
2	1	2	50	10,5824	9,3300	11,9272	6,6544	5,7701	7,1052	4,9629	3,5032	9,6065	
2	2	4	25	7,7145	7,2085	10,0740	4,9360	4,5591	5,0326	4,4995	3,0016	7,7208	
1	5	5	20	7,6585	7,1594	9,6518	3,8261	3,8555	3,3148	3,7543	2,7896	6,4312	
5	1	5	20	6,2711	7,8039	10,5316	3,5705	3,4597	4,3388	4,6689	3,1977	8,6414	
5	2	10	10	5,3961	5,5321	9,6321	2,0015	2,8304	3,1255	4,5212	2,8138	7,6328	
2	5	10	10	5,2683	5,8071	8,7163	3,0288	3,2065	1,7646	3,7675	2,8262	6,2277	
10	1	10	10	4,8687	5,0284	5,6329	2,4064	2,2297	3,2728	4,3619	2,7950	7,5471	
1	10	10	10	6,7448	3,1435	6,5524	3,5842	3,0827	3,0986	1,3400	1,1972	3,0399	
10	2	20	5	4,2568	3,5486	5,1587	1,5008	1,0701	2,6640	4,5329	2,7968	7,1426	
2	10	20	5	4,7621	2,3428	6,2442	3,0664	1,8225	1,7912	1,3687	1,2261	0,8399	
5	5	25	4	3,0083	5,1986	8,4583	1,2121	2,5482	1,3571	4,0643	2,9105	6,6742	
10	5	50	2	1,6147	3,7923	4,8583	0,8702	0,3383	0,2669	4,6407	3,3265	7,2627	
5	10	50	2	2,5591	2,5788	6,8101	1,1368	0,6947	1,5820	1,7025	1,2112	0,5188	
PAPAYA - ENSAYO N°2 - EVALUACIÓN DÍA 14	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	9,7688	22,0976	31,0841	6,7220	4,9585	10,9134	5,9724	2,3000	8,1297
1	2	2	50	7,1274	16,2488	22,4928	4,3802	3,3766	7,1690	5,1695	1,5726	6,0889	
2	1	2	50	6,6415	14,4730	21,4131	5,0138	3,6879	8,1096	5,1647	1,7110	5,6165	
2	2	4	25	4,4981	10,2309	15,0507	3,1974	2,4300	4,7509	4,8239	1,1151	4,6883	
1	5	5	20	5,0031	10,3433	14,8676	2,5447	1,9083	4,1547	3,0484	1,1711	4,2329	
5	1	5	20	4,8092	8,2083	11,9661	3,2799	2,3099	4,9876	4,7815	1,0421	4,4957	
5	2	10	10	2,8626	6,3699	7,6638	1,9614	1,5003	2,9438	4,7571	0,8943	3,9635	
2	5	10	10	3,2150	5,7692	6,2379	2,1257	1,3021	2,9569	2,7021	0,5112	2,8864	
10	1	10	10	4,1484	6,5219	11,0950	2,3542	1,8851	3,9418	4,7984	0,8052	4,0802	
1	10	10	10	2,4937	4,4684	9,4707	1,6882	1,1545	2,7073	1,1400	0,6977	2,3523	
10	2	20	5	2,2050	4,6016	6,4287	0,8293	0,9570	1,2276	4,9644	0,8115	3,9080	
2	10	20	5	1,3044	2,8128	3,1949	1,5136	0,9204	1,9800	0,5835	0,4037	1,7220	
5	5	25	4	2,1870	2,5623	2,3468	1,2280	0,5677	1,2915	2,7622	0,3504	2,2688	
10	5	50	2	2,3009	2,2724	0,2609	1,1412	0,5931	1,5545	3,3281	0,3057	2,7022	
5	10	50	2	0,2301	1,6485	2,8329	0,9111	0,0477	0,2822	0,1365	0,2215	0,6016	
PAPAYA - ENSAYO N°2 - EVALUACIÓN DÍA 21	COORD X	COORD Y	UNIDADES BÁSICAS	UNIDADES SECUNDARIAS	COEFICIENTE DE VARIACIÓN								
	1	1	1	100	7,9999	17,1784	17,5563	2,6710	2,3687	4,4781	2,9544	2,7960	5,1399
1	2	2	50	5,7534	10,8854	12,5032	1,6665	1,7859	3,9084	2,3504	1,7624	3,3351	
2	1	2	50	5,3485	10,8997	11,7557	2,1303	1,6883	3,4587	2,4027	1,9886	3,7590	
2	2	4	25	3,8743	7,5223	9,2191	1,5194	1,1631	2,4554	1,9803	1,2906	2,5542	
1	5	5	20	3,1658	5,0494	5,7470	1,3866	1,0512	2,1640	1,4184	1,2170	2,0167	
5	1	5	20	2,9259	7,7942	7,3091	1,5062	1,2901	2,6183	1,8312	1,5749	1,8794	
5	2	10	10	1,7790	5,9139	6,4558	1,1922	0,8796	1,6682	1,0260	1,0786	1,0834	
2	5	10	10	1,5756	2,5405	4,1668	1,2440	0,8148	1,9394	1,3617	0,8621	1,4165	
10	1	10	10	2,2848	4,4117	5,4546	1,1097	0,9068	1,9705	1,2225	1,1962	1,6672	
1	10	10	10	2,0631	3,1634	3,6636	1,0867	0,6135	1,7606	1,0204	0,8012	1,4153	
10	2	20	5	1,2627	3,4840	5,3918	0,9517	0,8163	0,8021	1,1582	0,8622	0,9785	
2	10	20	5	1,0801	1,0571	1,3429	1,0104	0,2257	1,6736	0,9832	0,5377	0,9375	
5	5	25	4	1,1591	3,0426	3,7060	0,8429	0,7498	1,3691	0,9045	0,7442	0,5696	
10	5	50	2	1,1527	3,2091	4,5081	0,3665	0,8897	0,0209	0,9004	0,4912	0,1218	
5	10	50	2	0,7384	1,8812	0,1670	0,8831	0,1940	1,5663	0,3601	0,5820	0,2356	

Los datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para el ensayo N°1 se presentan en el Cuadro 8, la ecuación de regresión, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el tamaño de muestra (X) producto de la primera derivada de la ecuación de regresión. Para este caso en la primera evaluación (Día 1) el mayor tamaño de muestra fue de 2 frutas en las variables de sólidos solubles, firmeza externa e interna y color externo (L, hue y chroma) y de ellas el mayor  $R^2$  correspondió para color interno (chroma) de 89%. En la segunda evaluación (Día 14) el número más grande de frutas fue de 10 en la variable de firmeza externa con un coeficiente de determinación de 97%, siendo este el mayor valor para ambos ensayos realizados. Para la última evaluación (Día 21) el tamaño de muestra más grande fue de 4 frutas en la variable de firmeza externa nuevamente con un  $R^2$  de 46%.

**Cuadro 8.** Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°1 en fruta de papaya (*Carica papaya* L. variedad Pococi).

PAPAYA - ENSAYO N°1	VARIABLE	DÍA 1				DÍA 14				DÍA 21			
		Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	X	Tamaño de muestra
	Sólidos Solubles	$y=8,9313x^{0,367}$	0,5425	2,164	2	$y=14,17x^{1,812}$	0,7525	3,8191	4	$y=5,1225x^{0,445}$	0,9289	1,7686	2
	Firmeza externa	$y=5,791x^{0,367}$	0,422	1,7356	2	$y=62,282x^{0,489}$	0,9744	9,9190	10	$y=19,313x^{0,307}$	0,4571	4,0591	4
	Firmeza interna	$y=7,062x^{0,018}$	0,6427	2,4837	2	$y=52,064x^{0,52}$	0,9606	8,8770	9	$y=11,245x^{0,418}$	0,7405	2,9730	3
	Color externo (L*)	$y=5,4453x^{0,368}$	0,8328	1,7090	2	$y=14,163x^{0,778}$	0,7907	3,8561	4	$y=5,8145x^{0,741}$	0,5262	2,3139	2
	Color externo (h*)	$y=3,5508x^{0,540}$	0,7172	1,5289	2	$y=7,0975x^{0,704}$	0,4900	2,5705	3	$y=3,7653x^{0,208}$	0,7643	0,9711	1
	Color externo (C*)	$y=7,8124x^{0,36}$	0,8907	2,2000	2	$y=14,076x^{0,514}$	0,8711	3,6954	4	$y=6,8895x^{0,36}$	0,793	2,0085	2
	Color interno (L*)	$y=3,0496x^{0,37}$	0,7405	1,0921	1	$y=4,3412x^{0,348}$	0,7124	1,3529	1	$y=4,4552x^{0,432}$	0,7971	1,5588	2
	Color interno (h*)	$y=4,2833x^{0,331}$	0,2669	1,2725	1	$y=3,4586x^{0,413}$	0,8410	1,6002	2	$y=6,1616x^{0,285}$	0,2834	1,7918	2
	Color interno (C*)	$y=7,8776x^{0,3881}$	0,3081	1,9055	1	$y=5,4781^{0,848}$	0,7312	2,154	2	$y=6,6891x^{0,388}$	0,5823	1,9770	2

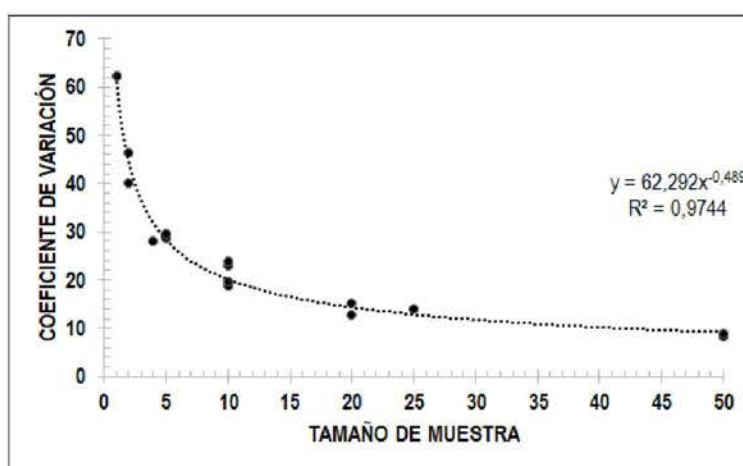
En el Cuadro 9 se muestran los datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para el ensayo N°2. Donde el tamaño de muestra mayor fue de 4 frutas en la variable de sólidos solubles para la primera evaluación (Día 1) y con un coeficiente de determinación de 89%. En la segunda evaluación (Día 21) el número mayor de frutas fue de 7 en la variable de firmeza interna con un  $R^2$  de 76%. Para la última evaluación (Día 28) el mayor tamaño de muestra correspondió a 5 frutas en la variable de firmeza interna nuevamente y esta vez con un  $R^2$  de 57%.



**Cuadro 9.** Datos obtenidos por el Método de Curvatura Máxima para cada variable de calidad poscosecha, durante las tres evaluaciones del ensayo N°2 en fruta de papaya (*Carica papaya* L. variedad Pococi).

PAPAYA - ENSAYO N°2	VARIABLE	DÍA 1				DÍA 14				DÍA 21			
		Ecuación de regresión	R2	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R2	X	Tamaño de muestra	Ecuación de regresión	R2	X	Tamaño de muestra
	Sólidos Solubles	$y=14,136x^{-0,444}$	0,8923	3,5680	4	$y=11,889x^{-0,357}$	0,6903	3,4445	3	$y=7,8663x^{-0,087}$	0,9532	2,6221	3
	Firmeza externa	$y=12,225x^{-0,379}$	0,7665	3,0366	3	$y=24,304x^{-0,636}$	0,9636	5,3315	5	$y=15,038x^{-0,049}$	0,7460	3,9034	4
	Firmeza interna	$y=14,43x^{-0,755}$	0,7318	2,8238	3	$y=49,651x^{-0,888}$	0,7621	7,3911	7	$y=21,682x^{-2,72}$	0,5663	4,9414	5
	Color externo (L*)	$y=9,5351x^{-0,53}$	0,899	2,9265	3	$y=6,5125x^{-0,514}$	0,9155	2,2211	2	$y=2,6574x^{-0,372}$	0,8517	0,9916	1
	Color externo (h*)	$y=11,146x^{-0,083}$	0,8573	3,3433	3	$y=7,3499x^{-0,317}$	0,7283	2,6819	3	$y=2,3431x^{-0,487}$	0,6210	1,0633	1
	Color externo (C*)	$y=11,6x^{-0,89}$	0,7750	3,4082	3	$y=13,569x^{-0,72}$	0,8332	3,7628	4	$y=6,7513x^{-0,7}$	0,4232	2,4931	2
	Color interno (L*)	$y=5,2917x^{-1,183}$	0,2019	0,9825	1	$y=8,4215x^{-0,53}$	0,3492	2,6583	3	$y=3,205x^{-0,408}$	0,8317	1,2098	1
	Color interno (h*)	$y=3,7631x^{-2,39}$	0,2728	0,7188	1	$y=2,4955x^{-0,353}$	0,9019	1,2292	1	$y=2,5762x^{-0,422}$	0,9230	1,0605	1
	Color interno (C*)	$y=13,214x^{-0,447}$	0,3152	3,4003	3	$y=8,5987x^{-0,443}$	0,6752	2,5265	3	$y=7,255x^{-0,913}$	0,8812	2,6614	3

En la Figura 6 se presenta el gráfico de dispersión producto de asociar el coeficiente de variación y el tamaño de muestra correspondiente a la variable de firmeza externa (mayor número obtenido en ambos ensayos) evaluada en el Día 14 del ensayo N°1 para la fruta de papaya (Figura 6). El cual presenta la ecuación de regresión  $y = 62,292x^{-0,489}$  cuya  $x$  producto de la primera derivada corresponde a 10 frutas, es decir, este es el punto de máxima curvatura. Además, el coeficiente de determinación para el conjunto de datos es de 97%.



**Figura 6.** Tamaño óptimo de muestra para fruta de papaya (*Carica papaya* L. variedad Pococi), determinado por el Método de Curvatura Máxima, correspondiente al ensayo de uniformidad N°1 en la evaluación del Día 14 para la variable de firmeza externa.

## 6. DISCUSIÓN

Con base en los resultados anteriores, se determinó que el tamaño óptimo de muestra para la evaluación de variables de calidad poscosecha está conformado por 6 frutos en banano y por 10 frutos en papaya. Debido a que en los ensayos realizados estos valores de  $X$  resultaron ser los mayores, por lo cual todos los valores menores a estos se encuentran involucrados de manera implícita. Asimismo, involucra a todas las etapas de evaluación poscosecha para ambas frutas, ya que la diferencia en el número de frutos entre evaluaciones no fue mayor a 1 fruta en banano y a 3 en papaya.

Los valores determinados por medio del Método de Curvatura Máxima se definen como valores óptimos y a la vez brindan información correspondiente al tamaño de muestra útil, esto quiere decir, que son números de uso confiable en futuras investigaciones. Da Silva *et al.* (2003) mencionan que este método permite establecer resultados más precisos al proporcionar una ecuación de regresión que explica la relación entre los coeficientes de variación y los tamaños de muestra.

De Lima *et al.* (2007) respaldan esta idea al señalar que el Método de Curvatura Máxima, además de establecer la ecuación de regresión, también tiene la ventaja de brindar valores de alto coeficiente de determinación. En el caso de los valores de tamaño óptimo de muestra definidos en esta investigación, para los 6 frutos en banano se estimó un  $R^2$  de 74% y para los 10 frutos en papaya el  $R^2$  resultó de 97%.

Estos coeficientes de determinación indican que ambas curvas se ajustan satisfactoriamente a la dispersión de los datos. Debido a que el  $R^2$  mide el grado de asociación entre las variables de coeficiente de variación y el tamaño de muestra; por lo que al estar más cercanos a 1 existe una relación directa entre ellas, es decir, tiende a un ajuste lineal (Díaz y Fernández, 2001).

Como desventaja del Método de Curvatura Máxima, de Lima *et al.* (2007) mencionan que este no considera los costos del experimento y es un detalle que debe ser integrado cuando se plantean investigaciones con ensayos de uniformidad. Sin embargo, los costos podrían pasar a segundo plano si se desea aumentar la precisión del experimento. En el caso de esta investigación, el área experimental al estar conformada por 100

unidades básicas para cada evaluación en los 4 ensayos, significó una cantidad importante de material experimental. Pero esto permitió la conformación de unidades secundarias distintas en tamaño y forma que favoreció a la precisión de los datos y que el tamaño óptimo de muestra fuera aceptable.

Con respecto a la precisión y a la confiabilidad de los tamaños de muestra determinados por el Método de Curvatura Máxima para su uso en futuras investigaciones, Peixoto (2011) menciona que estos pueden ser considerados como los tamaños óptimos mínimos, es decir, podría aumentar en número dependiendo del diseño experimental y si existen los recursos necesarios. Sin embargo, Viera y da Silva (2008) indican que debe contemplarse que si bien el aumento del tamaño de la parcela o muestra puede disminuir la variación, esta disminución no será infinitamente proporcional entre estas variables; ya que la ganancia de precisión que se obtendría será cada vez más pequeña.

También Cargnelutti *et al.* (2012) señalan que cuando se realiza un aumento en la cantidad de la unidad experimental partiendo del tamaño óptimo, todos los aumentos adicionales en la precisión solo podría significar el uso excesivo de recursos; por lo cual recomiendan que para obtener una mayor precisión se podría utilizar un mayor número de repeticiones, sin generar costos elevados.

Por ejemplo, actualmente en el Laboratorio de Tecnología Poscosecha del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, para ensayos en fruta de banano y donde se evalúa las principales variables de calidad, se utiliza por lo general una caja comercial como tamaño de unidad experimental. Así que los resultados obtenidos en esta investigación permitirían una mejora en la precisión en dichos ensayos si se aumenta el número de repeticiones al usar los mismos recursos.

De igual manera, la información generada permitirá una reducción de costos en distintos recursos como material experimental, insumos, mano obra y tiempo; de manera que también contribuirá a la realización de procesos más eficaces. Por lo que Schwertner *et al.* (2015) recomiendan llevar a cabo aún más este tipo de investigaciones para brindar mayor información que sea a la vez confiable y en distintos productos de importancia agronómica.



Es importante recalcar que los tamaños de muestra determinados en esta investigación para ambas frutas no son de uso estricto, es decir, podría cambiar si se utiliza alguna variedad distinta o si se evalúa otro tipo de variables como enfermedades poscosecha, etc. Pero servirán como referencia para aplicaciones futuras en ensayos de calidad poscosecha, ya que no existen investigaciones registradas anteriormente para dicho propósito.

Se debe considerar que el tamaño óptimo resultante para la fruta de banano (6 frutas) correspondió a la variable de sólidos solubles, la cual presentó en el Día 1 de vida útil poscosecha en el ensayo N°2 un valor de coeficiente de determinación de 74%. Para el final de ese ensayo (Día 28) esta variable disminuyó el tamaño de muestra a 1 fruta, así como su  $R^2$  a 68%. Este comportamiento fue similar para la misma variable en el ensayo N°1, pues en el Día 1 la cantidad de frutas fue de 3 y el coeficiente de determinación de 90%; y al final (Día 28) ambos valores disminuyeron a 2 frutas y a 83% respectivamente.

Lo anterior se debe a que los sólidos solubles son producto de la degradación del almidón, el cual se acumula en gran proporción en la fruta de banano durante su crecimiento y desarrollo. Además, la cantidad de almidón se mantiene constante antes del proceso de maduración y contribuye a que la fruta verde sea tan firme (Xiao *et al.* 2018). Millán y Ciro (2011) mencionan que conforme avanza la maduración también lo hace la degradación del almidón y aumenta la cantidad de sólidos solubles, lo que confiere variabilidad entre frutas. Marriot *et al.* (2006) añaden que la sacarosa en el fruto de banano puede llegar a constituir hasta el 70% de los sólidos solubles totales, por lo que existen diferencias entre las cantidades de los azúcares de la fruta. Mahajan *et al.* (2010) señalan que la aplicación externa de etileno en fruta de banano para inducir a la maduración favorece a que la variabilidad entre frutas no sea tan grande.

En el caso de fruta de papaya el tamaño óptimo de muestra está asociado a la variable de firmeza externa. En ambos ensayos esta variable presentó el mismo comportamiento, pero diferente a la de fruta de banano, ya que fue para el día 14 de vida útil poscosecha donde se presentaron los mayores valores de coeficiente de determinación y el mayor número de fruta. Para el ensayo N°1 se inició (Día 1) con 2 frutas y un  $R^2$  de 42%, luego al día 14 se presentaron 10 frutas con un  $R^2$  de 97% y al

final (Día 21) los valores fueron 4 y 45% respectivamente. Respecto al ensayo N°2 para el día 1 fueron 3 frutas con un coeficiente de determinación de 76%, para el día 14 fue de 5 frutas y un R<sup>2</sup> de 96% y por último para el día 21 los valores fueron de 4 y 74% respectivamente.

Salazar (2012) en su investigación sobre el establecimiento de una escala de madurez y potencial de vida útil para el híbrido Pococí, determinó que aproximadamente para el día 14 después de la cosecha es donde la firmeza comienza a presentar cambios notorios; y se da la mayor disminución de esta variable. También Umaña *et al.* (2011) determinaron que la pérdida de firmeza en el mismo híbrido fue luego de la salida de cámara correspondiente a los 14 días después de colocada en almacenamiento. Lo anterior es debido a que es el momento donde se genera un incremento de la actividad enzimática que degrada las paredes celulares y por lo tanto el proceso de maduración se encuentra en alta actividad (Sañudo *et al.* 2008). Esto explicaría la existencia de una mayor variación en la firmeza externa con grados de madurez más avanzados en esta investigación conforme se desarrolla la maduración hacia la senescencia.

Es importante considerar que la variabilidad no se puede eliminar completamente, ya que como menciona Ciro *et al.* (2005) la cantidad de sólidos solubles totales, la firmeza y otras variables de calidad en las frutas depende de varios factores precosecha. Algunos de estos factores son la variedad, las variables ambientales (temperatura y radiación solar), el sistema de producción (convencional u orgánico), el momento de cosecha, el grado de madurez, la posición de la fruta en el racimo, etc. (García y Rodríguez 2017). Además, la fruta utilizada en esta investigación provino de fincas en donde se manejan grandes volúmenes que durante la cosecha y el transporte favorece la heterogeneidad.

Aunado a esto, una de las prácticas primordiales en el manejo agronómico de ambos cultivos es la fertilización, la cual puede contribuir a la mejora de la variabilidad. En Costa Rica se dan altos niveles de productividad y calidad de fruta, sobretodo en banano, esto es producto de diferentes factores, pero principalmente al uso de grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, los cuales son requeridos para el crecimiento y desarrollo de las etapas vegetativas (Soto 2008; Bogantes *et al.* 2011).

Lo anterior puede generar deficiencias en otros elementos importantes en las etapas reproductivas, por ejemplo, si hay deficiencia de calcio en la fase de diferenciación floral y durante el desarrollo del fruto puede generar desordenes fisiológicos en la pared celular y por lo tanto en la firmeza. Así como la deficiencia de potasio durante el desarrollo de fruto puede dificultar el transporte y acumulación de azúcares, por lo tanto la cantidad de almidón y sólidos solubles. Además, si hay cambios de régimen hídrico o deficiencia de agua tanto en el suelo como en la planta, se afecta la movilidad de los nutrientes y el llenado de frutos (Guzmán 1998; Soto 2015).

Con respecto a diferencias entre los dos ensayos realizados para cada fruta, se debe considerar las épocas del año en que se cosecharon y se realizaron las evaluaciones. Para banano el primer ensayo fue en setiembre del año 2018 y el segundo en el mes de agosto del año 2019, es decir, un mes antes con respecto al anterior. Aunque actualmente el clima está más variante, al producirse en una zona con variables climáticas más marcadas como lo es el atlántico, es posible que no haya habido muchas diferencias entre un año y el otro, por lo que las diferencias en el número de tamaño óptimo de muestra entre ambos ensayos no fueron grandes, 5 frutos y 6 frutos respectivamente.

En cambio, para papaya, el primer ensayo fue realizado entre los meses de febrero y marzo del año 2018 (época seca) y el segundo entre los meses de mayo y junio del año 2019 (entrada de la época lluviosa), notándose diferencias entre los tamaños óptimos entre ambos ensayos, pues el primero resultó en 10 frutas y el segundo fue la mitad (5 frutos). Por lo que el factor clima es determinante en la variabilidad de las frutas y por tanto en los resultados.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación y a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- a) El tamaño óptimo de muestra determinado por medio del Método de Curvatura Máxima para ensayos físico-químicos de parámetros de calidad asociados a la calidad poscosecha (color externo, color interno, firmeza externa, firmeza interna y sólidos solubles) para la fruta de banano es de 6 frutos y para la fruta de papaya es de 10 frutos.
- b) El tamaño óptimo de muestra determinado por medio del Método de Curvatura Máxima para ensayos físico-químicos en tres momentos diferentes de su vida útil poscosecha es (después de la cosecha, al término de simulación de transporte y en anaquel) para la fruta de banano es de 6 frutos y para la fruta de papaya es de 10 frutos.
- c) El Método de Curvatura máxima permite determinar un tamaño de muestra confiable, por la precisión brindada en función de la ecuación de regresión y altos coeficientes de determinación.

## **8. RECOMENDACIONES**

- a) Repetir la investigación para determinar el tamaño óptimo de muestra para la evaluación de otras variables de calidad poscosecha como incidencia y severidad de patógenos y/o enfermedades.
- b) También, repetir la investigación para determinar el tamaño de muestra en otras variedades comerciales de importancia agronómica y económica.
- c) Extender la investigación utilizando las mismas variedades y variables en producto proveniente de otras zonas productoras para acompañar la información nueva generada en este trabajo y así determinar si existe diferencias.
- d) Extender la investigación realizando un estudio de los costos e insumos principales invertidos, que fueron necesarios para desarrollar un ensayo de uniformidad y la aplicación del Método de Curvatura Máxima.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, MS; Siddiqui, MW. 2015. Postharvest quality assurance of fruits: Factors affecting postharvest quality of fresh fruits. Chapter Two. Springer International Publishing. Switzerland. 7-32.
- Arias, CJA; Toledo, JT. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 136 pp.
- Badii, MH; López, F. Quiróz; H; Pazhakh, R. 2004. Muestreo como un requisito fundamental en las ciencias experimentales. Innovaciones de Negocios. México. 1(1):33-53
- Badii, MH; Castillo, J; Landeros, J; Cortez, K. 2007a. Papel de la estadística en la investigación científica. Innovaciones de Negocios. México. 4(2):107-145.
- Badii, MH; Castillo, J; Rodríguez, M. Wong, A. Villalpando, P. 2007b. Diseños experimentales e investigación científica. Innovaciones de Negocios. México. 4(2):283-330
- Badii, MH; Castillo, J; Guillen, A. 2008. Tamaño óptimo de la muestra. Innovaciones de Negocios. México. 5(1):53-65.
- Bermúdez, T. 2015. Determinación de los parámetros fisico-químicos y mecánicos del banano (*Musa sp.*) para un óptimo manejo poscosecha. Cuba. 68 pp.
- Bogantes, A; Mora, E; Umaña, G; Loría, CL. 2011. Guía para la producción de papaya en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 53 pp.
- Cantwell, M; Suslow, T. 2002. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. Postharvest Technology of Horticultural Crops 36:1-23.
- Cargnelutti, A; Marchesan, E; Silva, LS; Toebe, M. 2012. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipo de arroz irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47(3): 336-343.

- Chiesa, A; Frezza, D; Fraschina, A; Trincherro, G; Moccia, S; Leon, A. 2003. Pre-harvest factors and fresh-cut vegetables quality. International Conference on Quality in Chains: An integrated view on fruit and vegetable quality 153-159.
- Clarkson, GJ; Rothwell, SD; Taylor G. 2005. End of day harvest extends shelf life. Hortiscience 40(5):1431-1435.
- Ciro, HJ; Montoya, ML; Millán, LDJ. 2005. Caracterización de propiedades mecánicas del banano (Cavendish Valery). Revista Facultad Nacional de Agronomía. 58(2):2975-2988.
- Coelho, A; De Oliveira, EM; De Resende, ED; Thiébaud, JT. 2011. Dimensionamiento amostral para a caracterizacao da qualidade poscolheita do maracuja-amarelo. Revista Ceres 58(1):23-28.
- Da Silva, R; Xavier, A; Garcia, H; Pires, IE. 2003. Determinacao do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente correlacao intraclasse da análise visual em testes clonais de eucalipto. Revista Árvore 27(5):669-676.
- Da Silva, M; Donato, Silva, S; Donato, SL; Filho, OM; Silva; GDM. 2019. Optimal size of experimental plots of papaya trees using a modified maximum curvature method. Ciencia Rural 49(9):1.7.
- De Lima, JF; Peixoto, CP; Da Silva, CA; Faria, GA. 2007. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. Ciencia e Agrotecnologia. 31(5):1411-1415.
- De Ramos, MB; Olea, AB. 1987. Sample size determination in post harvest experiments. Transactions of the National Academy of Science and Technology 9:77-95.
- Díaz, A. 2009. Diseño estadístico de experimentos. 2da edición. Editorial Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia. 277 pp.

- Dinon, MA; Delgado, S; Castaño, F. 2019. Tamaño óptimo de parcela e incidencia de la podredumbre blanca del capítulo del girasol en el sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 118(1):37-44.
- Escobar, JA. 1982. La heterogeneidad del suelo y los ensayos de uniformidad. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 24 pp.
- Fallas, R; Bertsch, F; Barrientos, M. 2014. Curvas de absorción de nutrientes en papaya (*Carica papaya* L.) cv. "Pococi" en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. *Agronomía Costarricense. Costa Rica.* 38(2):43-54.
- Fischer, G. 2000. Efectos de las condiciones en precosecha sobre la calidad de los frutos. *Revista Comalfi* 27(2):39-50.
- Food and Agriculture Organization. 2016. Todo sobre los bananos: lo que debería saber acerca de esta fruta tropical. En línea. Consultado 12 jun. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/447827/>.
- Gabriel, J; Castro, C; Valverde, A; Indacochea, B. 2017. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Grupo COMPAS. Jipijapa, Ecuador. 146pp.
- Galiotta, G; Zaccari, F. 2013. La importancia de la poscosecha para asegurarnos alimentos sanos y nutritivos. Universidad de la República de Uruguay. En línea. Consultado 23 de jun. 2018. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/index.php/noticias-principales/1006-conociendo-a-poscosecha-en-facultad-de-agronomia>.
- García, MC; Rodríguez, GA. 2017. Manejo de cosecha y poscosecha de papaya. Editorial Corpoica, Colombia. 106pp.
- Guzmán, GA. 1998. Guía para el cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.). Imprenta Nacional, Costa Rica. 74pp.



- Henriques, D; Sedyama, T; de Souza, MA; Cecon, PR; Yamanaka, CH; Sedyama, MAN; Viana, AES. 2004. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio directo e convencional. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 39(6):517-524.
- Hewett, EW. 2006 An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation* 1(1):4-15.
- Humada, GG; Ramalho, A; Caballero, CA. Bortolini, J. Rodrigues, G. 2018. Estimación del tamaño óptimo de parcela en experimentación con batata dulce. *Agrociencia Uruguay* 22(2):1-10.
- Konica Minolta. 2007. *Precise color communication: Color control from perception to instrumentation*. Japón. 62pp.
- Kou, X; Wu, M. 2018. *Plant Senescence: Characterization of climacteric and non-climacteric fruit ripening*. Humana Press, USA. 102pp.
- Le Clerg, E.L. 1967. *Significance of experimental design in plant breeding*. Iowa State University Press 243-313.
- Leonardo, FD; Pereira, WE; Silva, S; Araújo, R; Mendonca, RM. 2014. Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro "Vitória". *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(4):909-916.
- Lessman, KJ. Atkins, RE. 1963. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. *Crop Science* 3(6):477-481.
- Li, L-F; Ge, X-J. 2017. Origin and domestication of cultivated banana. *Ecological Genetics and Genomics*. Elsevier. 2:1-2.
- Lúcio, AD; Haesbaert, FM; Santos, D; Swertner, DV; Brunes, RR. 2012. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. *Horticultura Brasileira* 30(4):660-668

- Machado, F; Cabezas, M; Bustio. 2004. El ensayo en blanco y la precisión experimental. Mendive, Revista de Educación 2(1):28-33.
- Madakadze, RM; Kwaramba, J. 2004. Effect of preharvest factors on the quality of vegetables produced in the tropics. Production practices and quality assessment of food crops 1:1-36.
- Mahajan, BVC; Kaur, T; Gil, MIS; Dhaliwal, HS; Ghuman, BS; Chahil, BS. 2010. Studies on optimization of ripening techniques for banana. Journal of food science and technology. 47(3):315-319.
- Marín, DH; Sutton, TB; Barker, KR. 2002. Diseminación del banano en Latinoamérica y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica. 66:62-75.
- Marriot, J; Robinson, M; Simon, K. 2006. Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas. Journal of Science of Food and Agriculture 32(10):1021-1026.
- Martínez, M; Balois, R; Alia, I; Cortés, M; Palomino, Y; López, G. 2017. Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 19:4075-4087.
- Matamoros, G. 2017. Aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UV-C) como tratamiento poscosecha y su efecto sobre características fisicoquímicas y calidad fitosanitaria en el fruto de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido Pococí. Trabajo Final de Graduación. Universidad de Costa Rica. 111 pp.
- Meier, VD; Lessman, KJ. 1971. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. Crop Science 11(5):648-650.
- Millán, L; Ciro, H. 2011. Caracterización mecánica y fisico-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). Desarrollo y Transversalidad. Colombia. 163-191.

- Mora, E; Bogantes, A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 15(1):39-44.
- Navarro, JR. 2006. Diseño experimental: aplicaciones en agricultura. Editorial UCR. San José, Costa Rica. 316 pp.
- Paranaiba, PF; Ferreira, DF; De Moraes, AR. 2011. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: Proposicao de métodos de estimacao. *Revista Brasileira de Biometria* 27(2):255-268.
- Parsons, N; Teare, M; Sitch; A. 2018. Unit of analysis issues in laboratory-based research. *eLife Sciences*. 7:1-25.
- Payasi, A; Nath, N; Soares, A; Singh, R. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiology Molecular Biology Plants*. 15(2):103-113.
- Payasi, A; Sanwal, G. 2010. Ripening of climateric fruits and their control. *Journal of Food Biochemistry*. 34(4):679-710.
- Peckham, P; Glass, G; Hopkins, K. 2015. The experimental unit in statistical analysis. *The Journal of Special Education*. 3(4):337-349.
- Peixoto, A; Faria, G A; Moraes, AR. 2011. Using of regression plateau models in estimation of plot sizes for experiments with passion fruit. *Ciencia. Rural* 41(11):1907- 1913.
- Programa Integral de Mercadeo Agropecuario. 2016. Análisis del consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses. San José, Costa Rica. 97 pp.
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. 2018. Mercado de frutas exóticas en Canadá. 224 pp.
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. 2017. Estadísticas de Comercio Exterior. San José, Costa Rica. 249 pp.

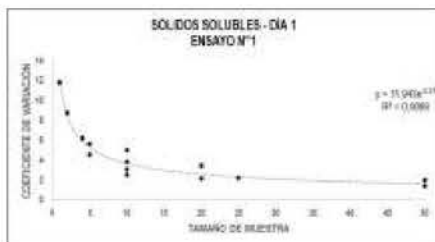
- Rodríguez, RA; Nogueira, C; Rosales, R; Da Silva, P; Camilo de Moraes, H. 2018. Tamaño óptimo de parcela y número de repeticiones para evaluar el rendimiento de boniato con mulch y suelo descubierto. *Agrociencia Uruguay*. 22(1):90-97.
- Romero, F; Martínez, MC; Pretel, MT. 2006. Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. *CEBAS-CSIC* 1:91-96.
- Salazar, D. 2012. Establecimiento de la escala de madurez y potencial de vida útil durante el almacenamiento de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido Pococí. Trabajo Fina de Graduación. Universidad de Costa Rica. 104pp.
- Salvador, ME. 2000. Factores de precosecha que afectan la calidad. *CYTED Proyecto XI* 14:21-27.
- Sánchez, MÁ; Mejía, A; Villanueva, C; Sahagún, J; Sánchez, C; Jiménez, MC. 2006. Determinación del tamaño adecuado de parcela experimental en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(4):339-348.
- Santos, D; Machado, F; Dal'Col, A; Lidolfo, S; Cargnelutti, A. 2012. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijao vagem. Plot size for green beans crop. *Revista Ciencia Agronomica* 43(1):119-128.
- Sañudo, J; Siller, J; Osuna, T; Muy Rangel, D; López, G; Labavitch, J. 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y pacido 2-cloroetil fosfónico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(2):141-147.
- Schwertner, D; Lúcio, A. Cargnelutti, F. 2015. Size of uniformity trials for estimating the optimum size for vegetables. *Horticultura Brasileira*. 33(3):388-393.
- Seraquive, MJ. 2017. Caracterización del manejo poscosecha y cuantificación de las pérdidas de banano (*Musa acuminata*) orgánico en Los Ríos. Ecuador. 83pp.

- Siddiqui, MW. 2015. Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops: Principles and Practices for Quality Maintenance. CRC Press. 566 p.
- Singh, A; Masuku, M. 2014. Sampling techniques and determination of sample size in applied statistics reseach: an overview. International Journal of Economics, Commerce and Management. United Kingdom. 2(11):1-22.
- Siriphanich, J. 2002. Postharvest physiology of tropical fruit. Acta Horticulturae (575):623-633.
- Smith, F. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. Journal of Agriculture Science 28(1):1-23.
- Soto, M. 2008. Bananos: Técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización. San José, Costa Rica. 674pp.
- Soto, M. 2015. Bananos II: Tecnologías de producción. Editorial Tecnológico de Costa Rica. 674pp.
- Storck, L; Lopes, S.J; Lúcio, A.D; Cargnelutti Filho, A. 2011. Optimum plot size and number of replications related to selective precision. *Ciência Rural* 41(3), 390-396.
- Toivonen, PM. 2007. Fruit maturation and ripening and their relationship to quality. Stewart Postharvest Review 3(2):1-5.
- Umaña, G; Loría, CL; Gómez, JC. 2011. Efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características de la papaya híbrido Pococí. *Agronomía Costarricense*. 35(2):61-73.
- Uribe, S. 2017. Efecto de tratamientos hidrotérmicos y UV-C poscosecha sobre enfermedades y calidad de fruta de banano (*Musa* sp., grupo AAA, subgrupo Cavendish). Trabajo Final de Graduación. Universidad de Costa Rica. 165 pp

- Vargas, T. 2013. Ultraestructura y calidad asociadas a la época de cosecha y manejo poscosecha en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido Pococí. Trabajo Final de Graduación. Universidad de Costa Rica. 105pp.
- Vargas, JCV; Navarro, JRN. 2017. Determinación del tamaño y la forma de unidad experimental, con el método de curvatura máxima, para ensayos de rendimiento de maíz (*Zea mays*), Guanacaste, Costa Rica. UNED Research Journal. 9:10.
- Vargas, JCV. 2013. Determinación de un tamaño adecuado de unidad experimental, utilizando el método de curvatura máxima, para ensayos de arroz (*Oryza sativa*) en Bagaces, Guanacaste. Trabajo Final de Graduación. Universidad de Costa Rica. 57pp.
- Viana, AES.; Sedyama, T.; Cecon, P.R.; Lopes. S.C.; Sedyama, MAN. 2002. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. Horticultura Brasileira 20(1):.58-63.
- Vieira, JV; Da Silva, GO. 2008. Tamanho mínimo de parcela para avaliacao de caracteres de raiz em cenoura. Bragantia 67(4):1047-1052.
- Wongs-Aree, C; Noichinda, S. 2014. Postharvest Handling: Postharvest Physiology and Quality Maintenance of Tropical Fruits. Chapter X. Academic Press. United States. 275-312.
- Xiao, YY; Kuang, JF; Qi, XN; Ye, YJ; Wu, ZX; Chen, JY; Lu, WJ. 2018. A comprehensive investigation of starch degradation process and identification of a transcriptional activator Mab HLH 6 during banana fruit ripening. Plant biotechnology journal 16(1):151-164.

## 10. ANEXOS

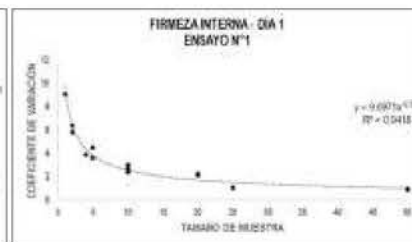
a)



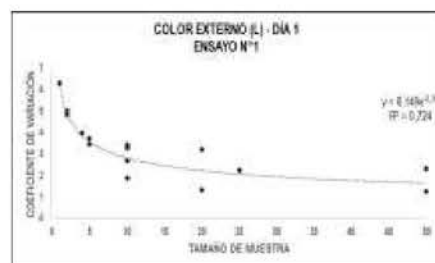
b)



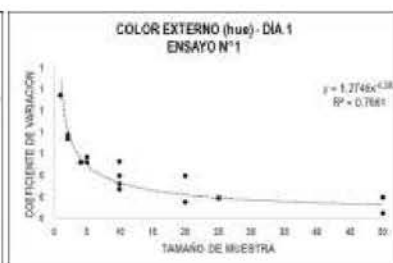
c)



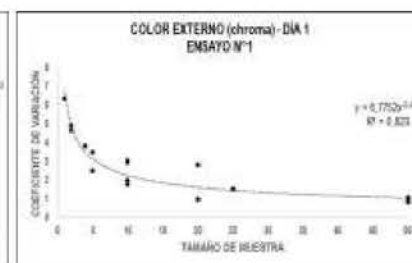
d)



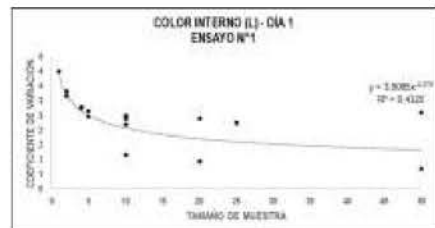
e)



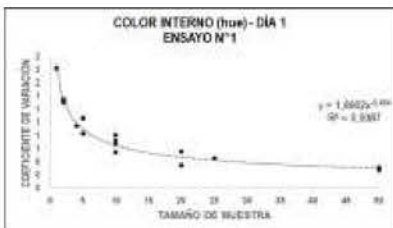
f)



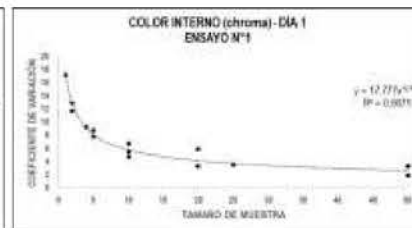
g)



h)



i)



**Anexo 1.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 1 del ensayo N°1 de banana (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish).

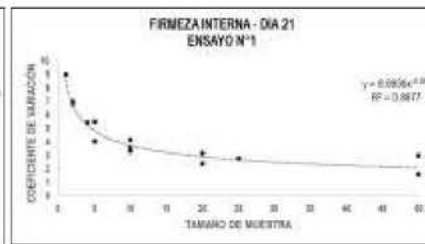
a)



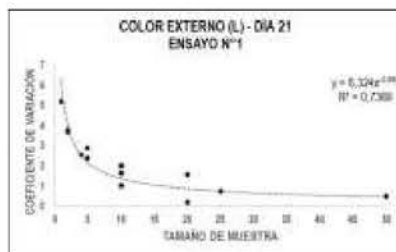
b)



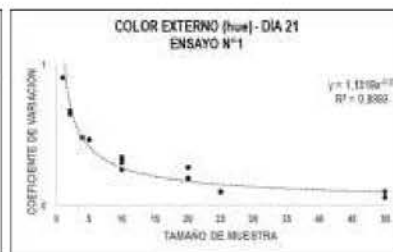
c)



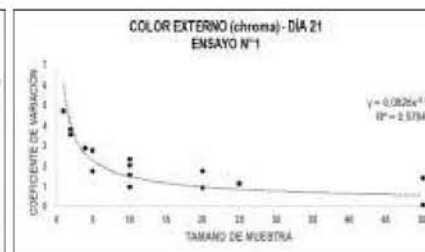
d)



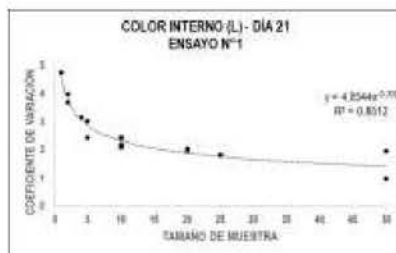
e)



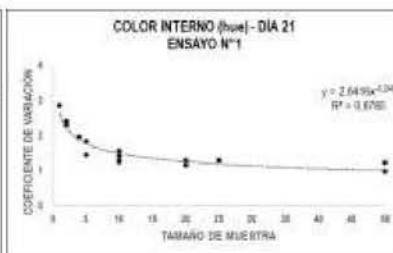
f)



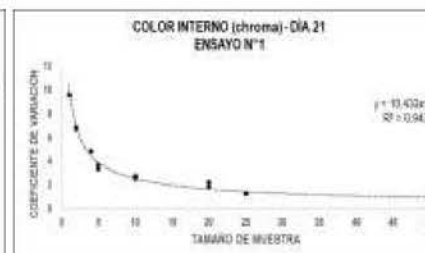
g)



h)

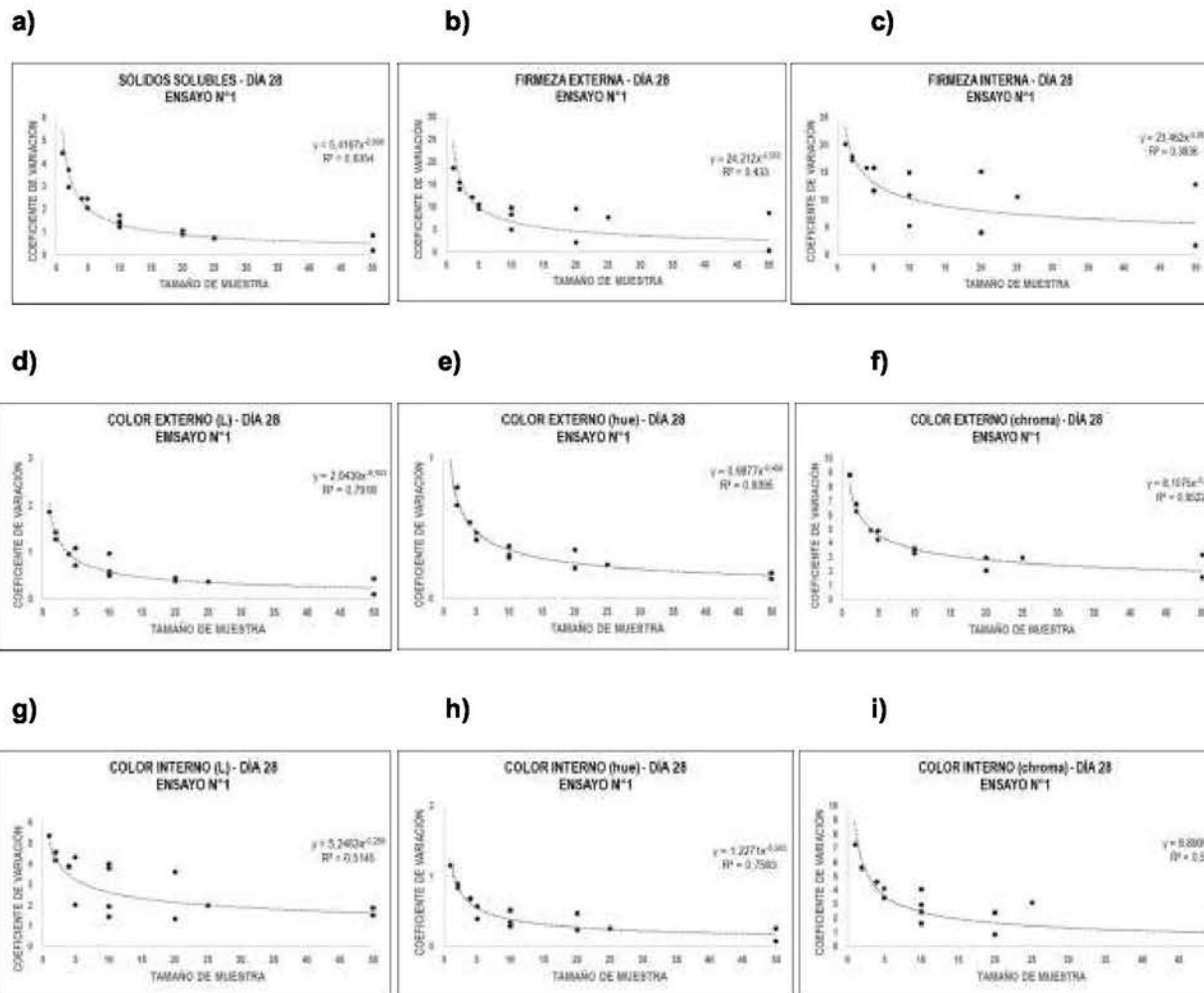


i)

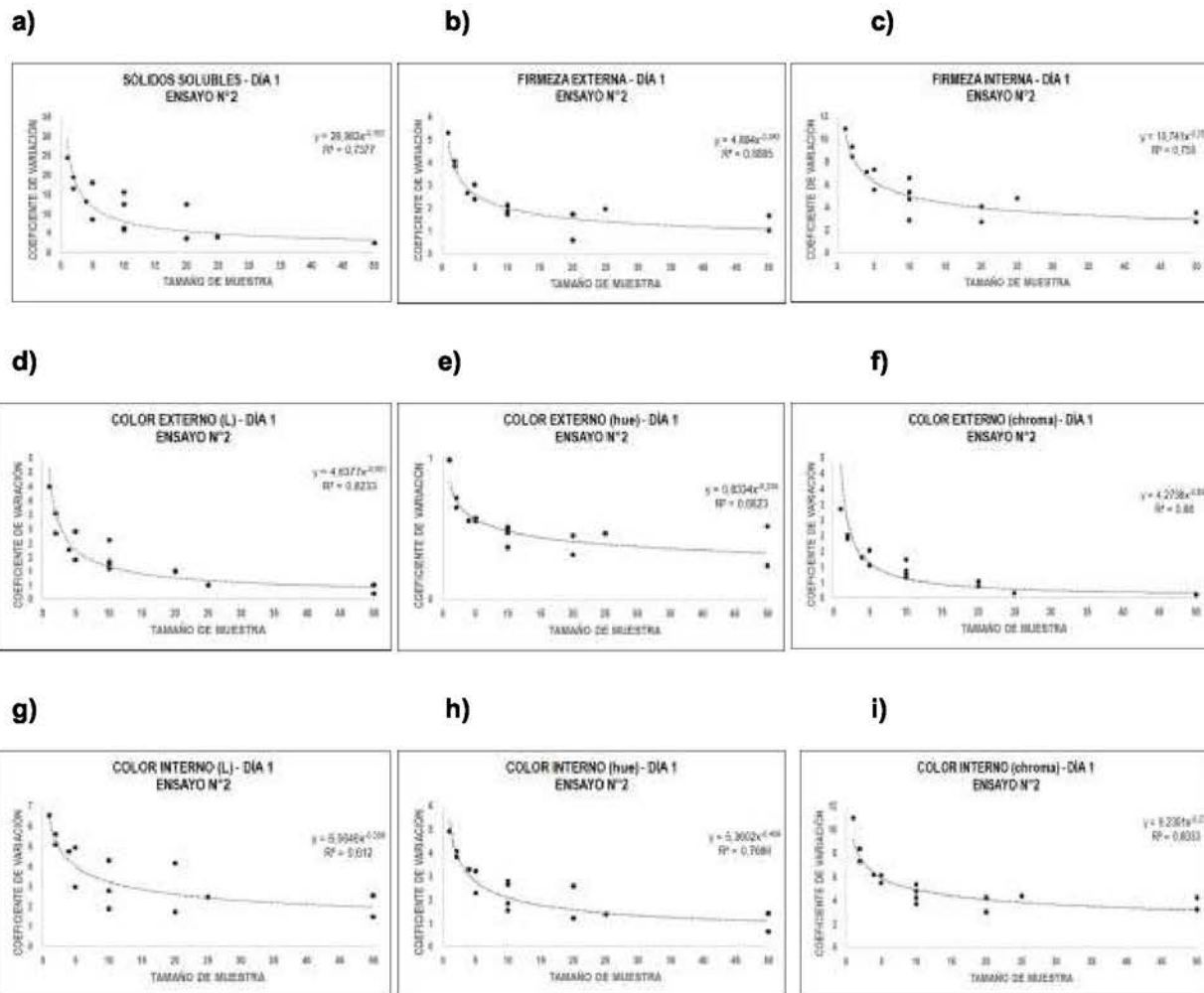


**Anexo 2.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 21 del ensayo N°1 de banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish).

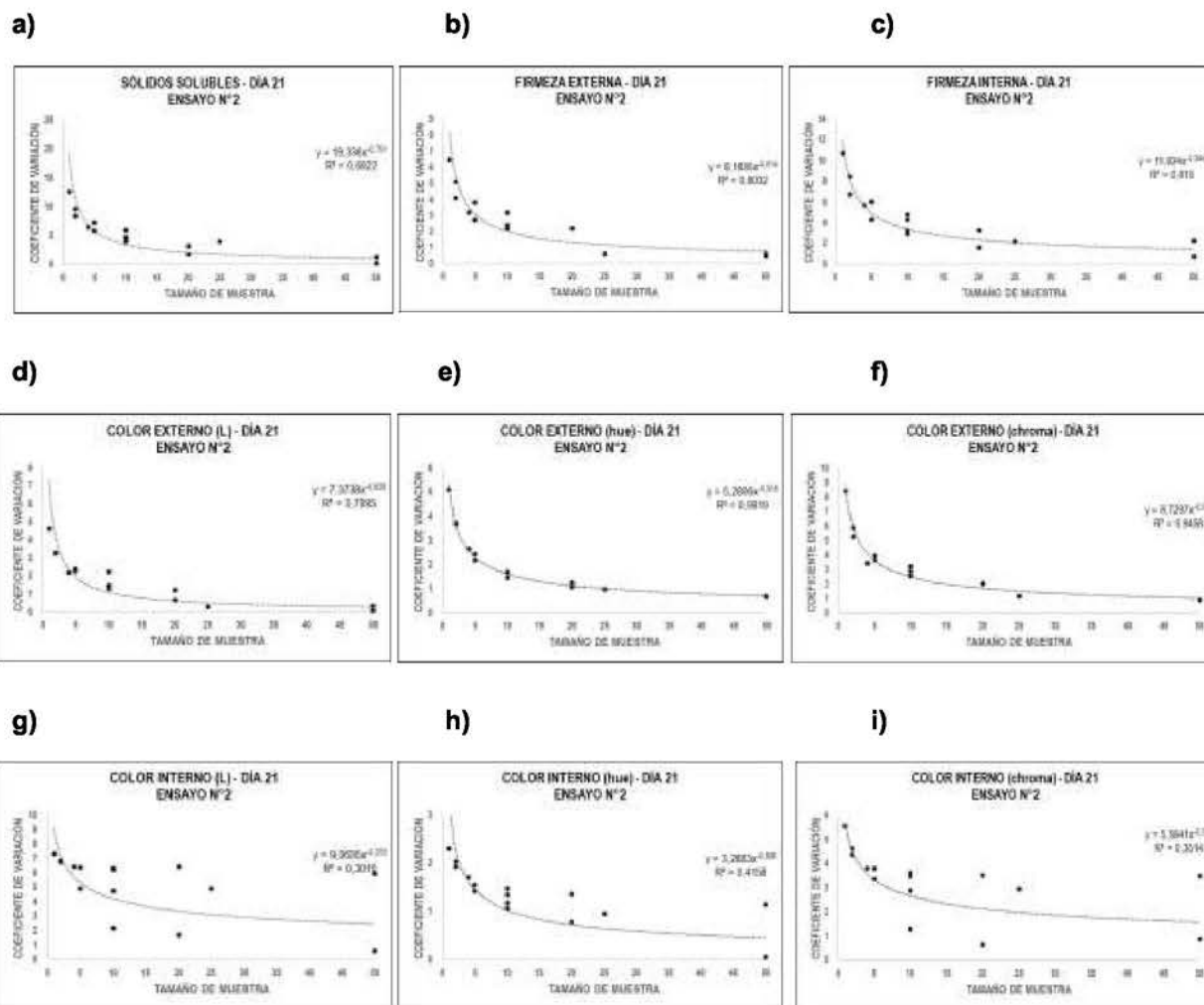




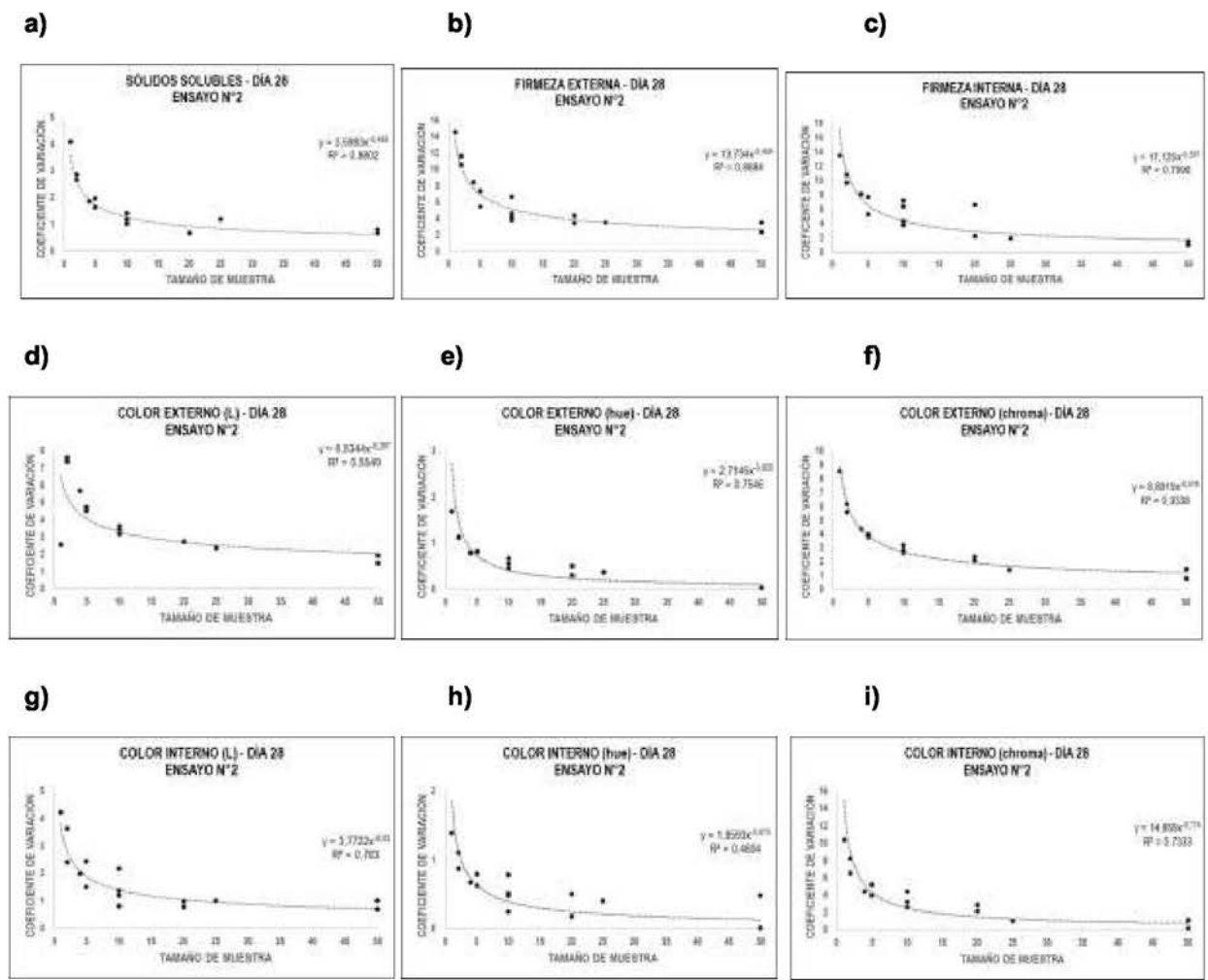
**Anexo 3.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 28 del ensayo N°1 de banano (*Musa* sp., grupo AAA subgrupo Cavendish).



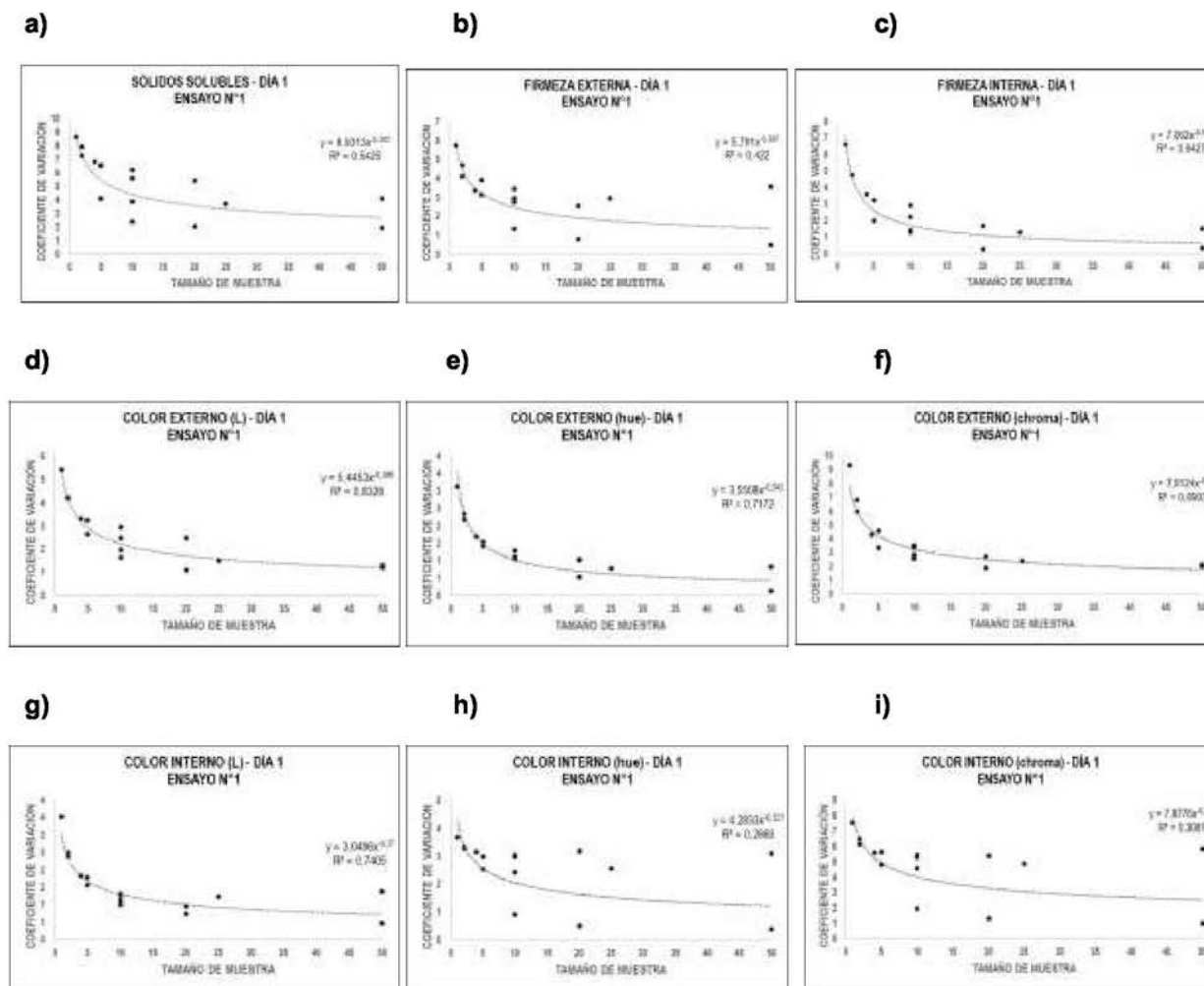
**Anexo 4.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 1 del ensayo N°2 de banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish).



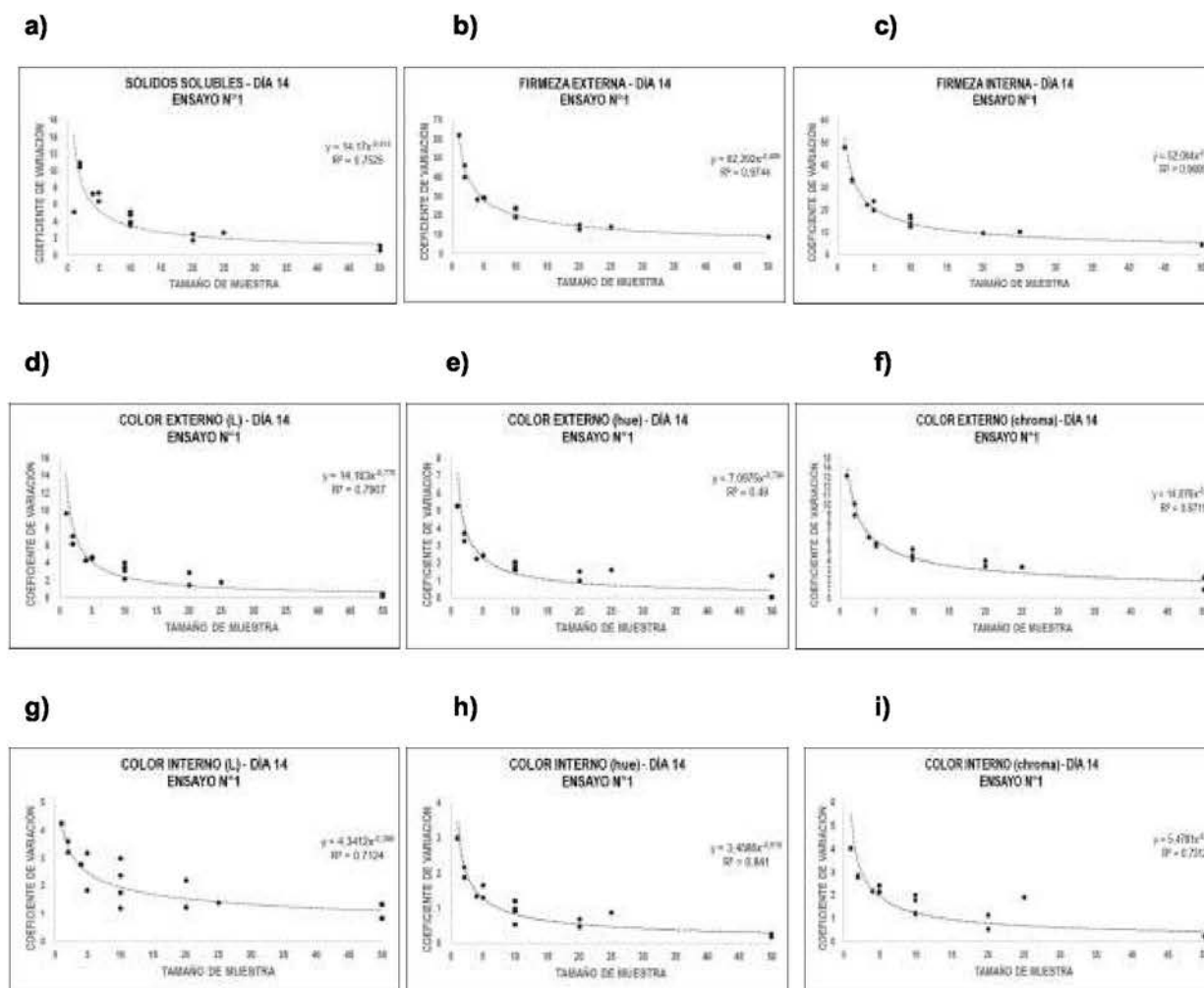
**Anexo 5.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 21 del ensayo N°2 de banano (*Musa* sp., grupo AAA subgrupo Cavendish).



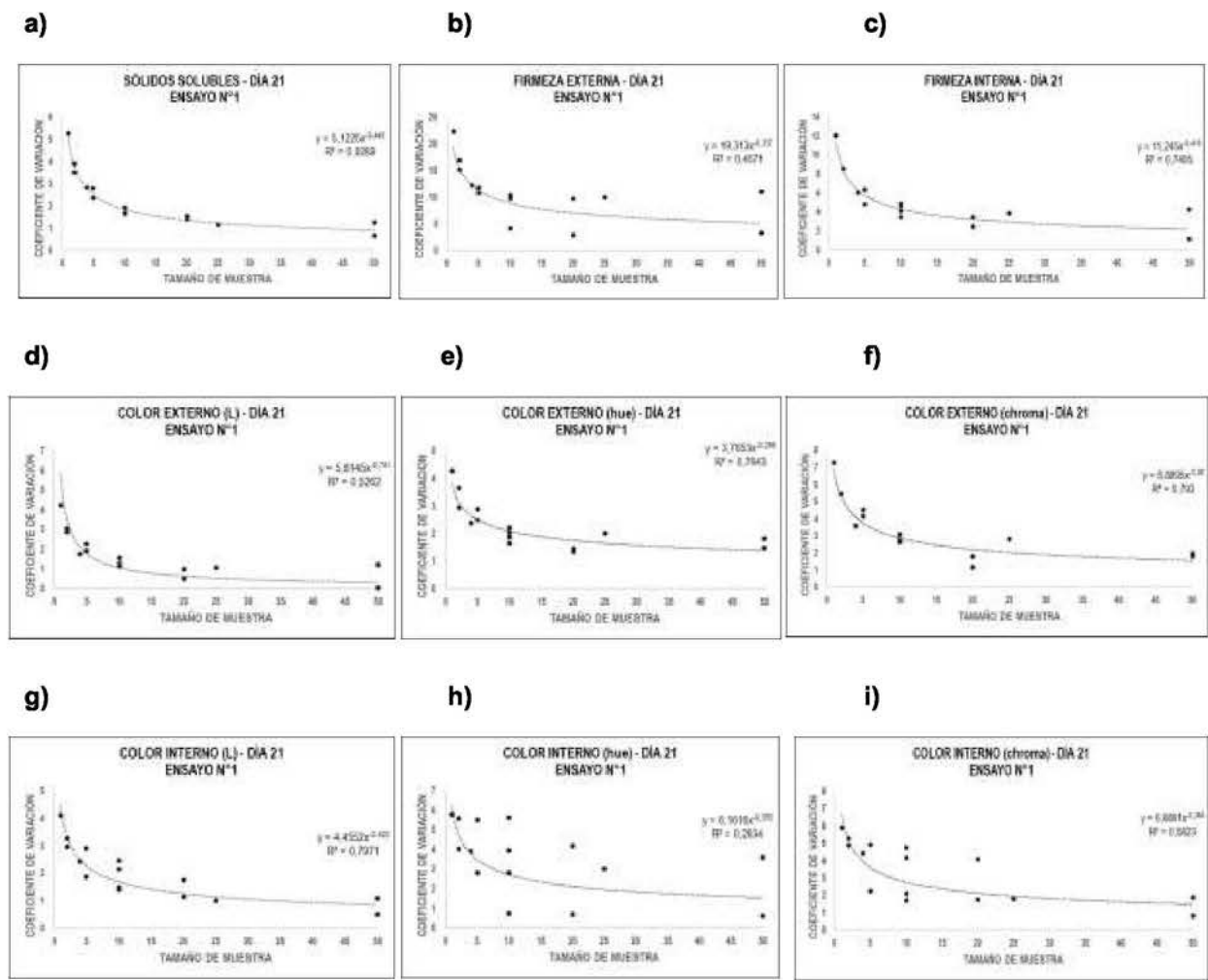
**Anexo 6.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 28 del ensayo N°2 de banano (*Musa sp.*, grupo AAA subgrupo Cavendish).



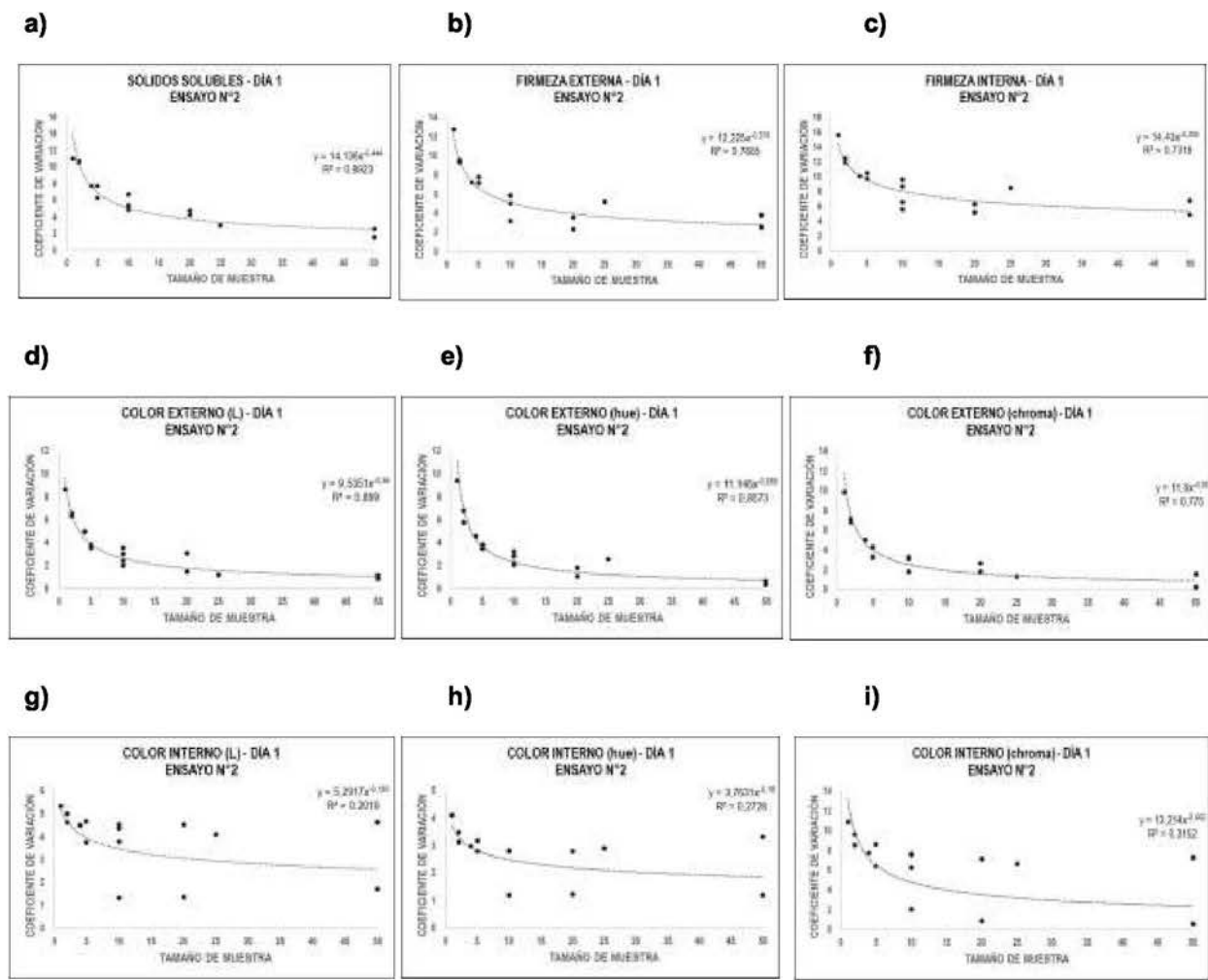
**Anexo 7.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 1 del ensayo N°1 de papaya (*Carica papaya* L., variedad Pococí).



**Anexo 8.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 14 del ensayo N°1 de papaya (*Carica papaya* L., variedad Pococí).

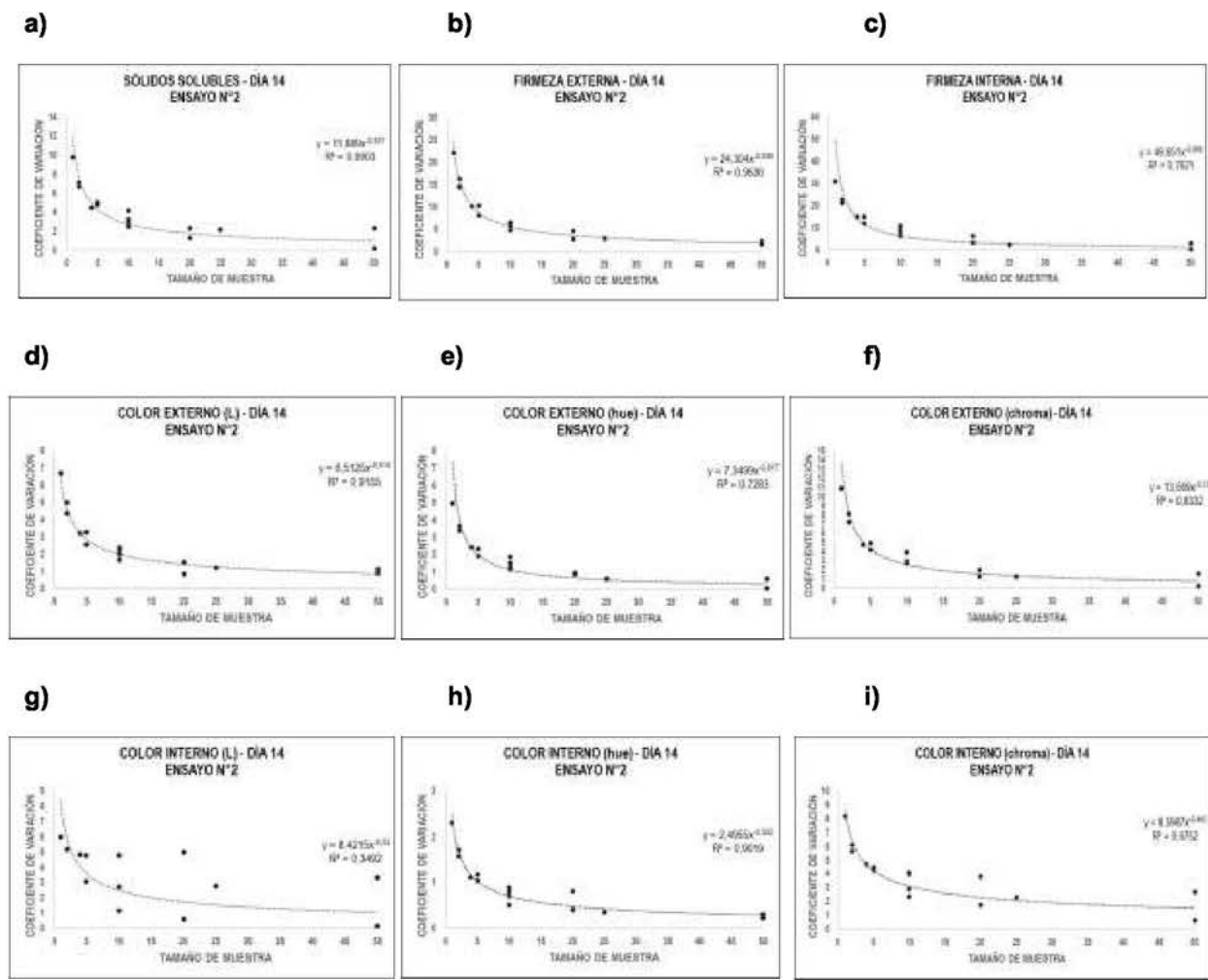


**Anexo 9.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 21 del ensayo N°21 de papaya (*Carica papaya* L., variedad Pococí).

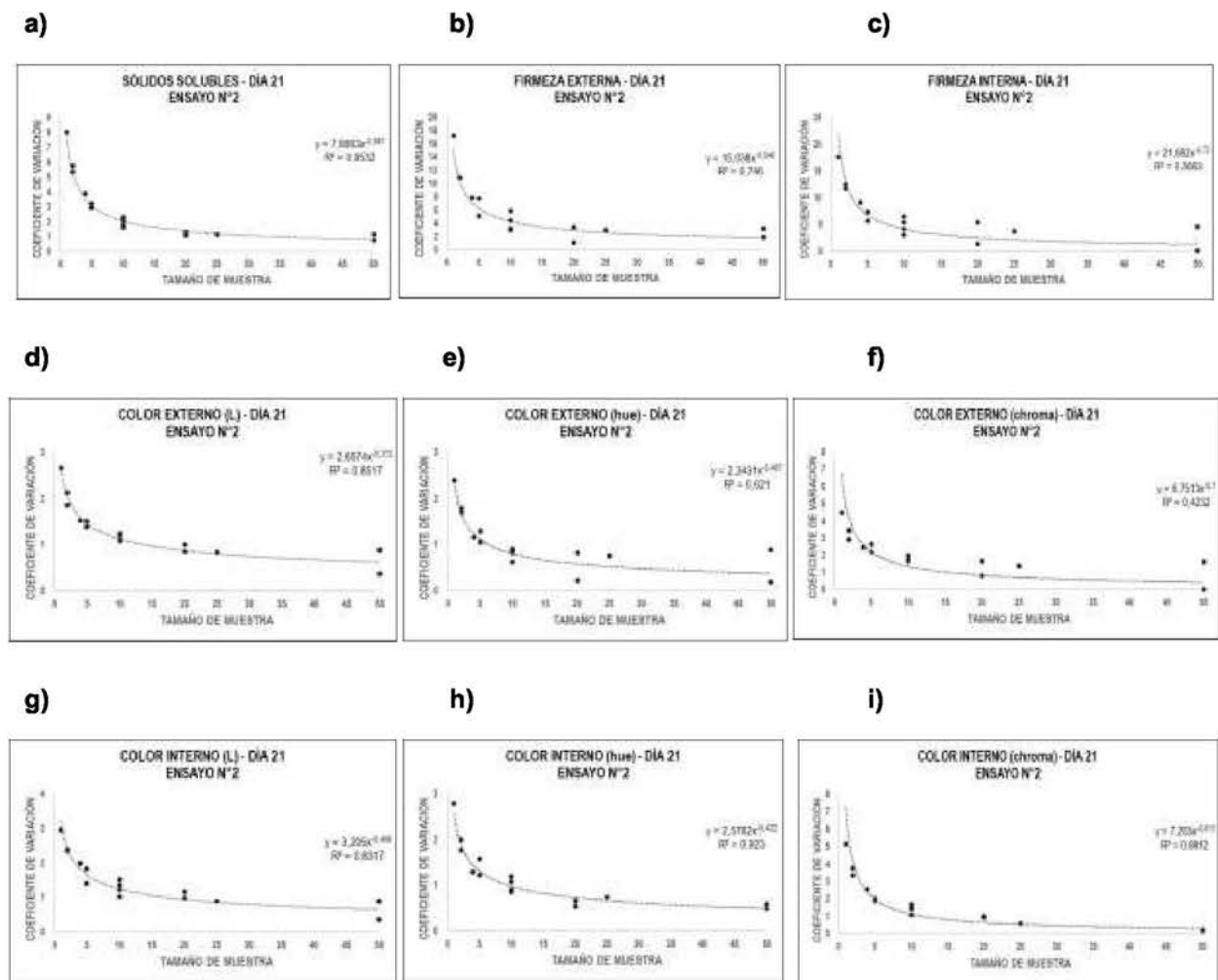


**Anexo 10.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 1 del ensayo N°2 de papaya (*Carica papaya* L., variedad Pococi).





**Anexo 11.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 14 del ensayo N°2 de papaya (*Carica papaya* L., variedad Pococí).



**Anexo 12.** Gráficos del Método de Curvatura Máxima para las distintas variables físico-químicas evaluadas en el día 21 del ensayo N°2 de papaya (*Carica papaya* L., variedad Pococí).