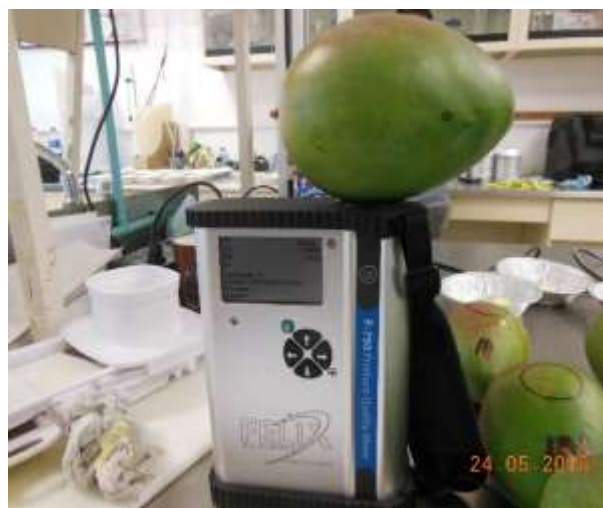


**ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DURANTE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO
Y MADURACIÓN DEL FRUTO DE MANGO EN LAS VARIEDADES ATAULFO,
TOMMY ATKINS, KENT Y KEITT CULTIVADAS EN NAYARIT Y SUR DE SINALOA
INFORME EJECUTIVO 2020-2021**



DR. JORGE A. OSUNA GARCÍA
INVESTIGADOR EN POSTCOSECHA E INOCUIDAD
INIFAP – C.E. SANTIAGO IXCUINTLA
JULIO 2022

OBJETIVOS

- Investigar el comportamiento de la acumulación de Materia Seca (MS) durante el crecimiento y desarrollo de fruto en las variedades de mango 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt'.
- Evaluar el impacto del contenido de MS a la cosecha con la calidad del fruto a consumo.
- Correlacionar acumulación de Unidades Calor (UC) con contenido de MS en fruto para lograr el máximo de calidad a consumo.
- Validar espectrómetro F-751 para determinar MS de diferentes variedades con un modelo único.

LOGROS

Ciclo 2020

Se establecieron ensayos en huertos comerciales de 'Ataulfo', 'Tommy Atkins' y 'Keitt' en Nayarit, así como de 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt' en Sinaloa. En cada huerto se instalaron Sensores/Registradores de temperatura y humedad relativa (HOBOS) en el dosel de un árbol representativo. Los HOBOS se instalaron a principios de enero para dar seguimiento a floración, amarre y desarrollo de fruto desde flor plena hasta madurez óptima de cosecha. Los HOBOS se programaron para registrar temperatura y Humedad Relativa (HR) cada 30 min. La acumulación de UC se calculó tomando como referencia la temperatura base de 10 °C. En cada huerto se seleccionaron 10 árboles representativos, en los cuales se marcaron al menos 40 panículas (10 en cada punto cardinal) en flor plena del flujo principal de floración (al menos 60 % de la copa del árbol) y una vez amarrado el fruto, se etiquetaron individualmente para determinar MS durante el crecimiento y desarrollo cada tres semanas hasta alcanzar el momento óptimo de cosecha para mercado convencional y/o para mercado "Listo para comer". La MS se midió a partir de los 50 días después de floración plena a diferentes intervalos durante crecimiento y desarrollo y en tres estadíos en madurez de cosecha. Se empleó un espectrómetro F-751 (Felix instruments, Camas, WA, USA) para medir de manera no destructiva el desarrollo y acumulación de MS. A cosecha, el contenido de materia seca se obtuvo además

mediante una estufa universal de convección natural. A los frutos se les midió longitud y diámetro cada tres semanas con un vernier digital, así como contenido de MS durante su crecimiento y desarrollo, además de peso, calibre y calidad inicial al momento de la cosecha, al término de simulación de traslado refrigerado (siete días a 12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) y a consumo (después de 7-12 días de simulación de mercadeo a 22 ± 2 °C; 75 ± 10 % HR). Las variables analizadas fueron: Materia seca, pérdida de peso, color de cáscara, apariencia externa, firmeza, color de pulpa, contenido de sólidos solubles totales, acidez y relación Bx/Acidez.

Los resultados se presentan de forma independiente por variedad considerando la siguiente secuencia: a) Crecimiento y desarrollo, b) Comparación del contenido de MS obtenida con el F-751 versus horno convencional y c) Comparación de calidad entre las tres cosechas realizadas. 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins' se cosecharon a 1500, 1600 y 1700 UC; 'Kent' a 1650, 1800 y 1950 UC, mientras que 'Keitt' se cosechó a 2000, 2200 y 2400 UC. Debido a la contingencia del Coronavirus y a factores climáticos, los muestreos realizados durante el desarrollo y crecimiento de los frutos variaron entre variedades y localidades. En 'Ataulfo' de Nayarit se realizaron dos muestreos previos y los tres de cosecha, en tanto que para 'Ataulfo' Sinaloa, sólo se realizó un muestreo previo y los tres de cosecha a 1500, 1600 y 1700 UC. Para 'Tommy Atkins' fue muy similar a 'Ataulfo', en Nayarit dos muestreos previos y los tres de cosecha, mientras que en Sinaloa fue sólo un muestreo previo y los tres de cosecha a 1500, 1600 y 1700 UC. Para 'Keitt' en Nayarit se realizaron tres muestreos previos y solo dos cosechas a 2000 y 2200 UC porque el productor cooperante cosechó antes de que se realizara la cosecha de 2400 UC. Sin embargo, en Sinaloa se realizaron dos muestreos previos y las tres cosechas a 2000, 2200 y 2400 UC. Finalmente, en la variedad Kent se realizaron dos muestreos previos y las tres cosechas a 1650, 1800 y 1950 UC solamente en Sinaloa, puesto que en Nayarit no se pudo establecer el ensayo en esta variedad, ya que, por condiciones climáticas específicas, no se dio el proceso de floración en los tiempos esperados. Respecto a mediciones durante el desarrollo y crecimiento del fruto, se encontró que no es necesario estar monitoreando continuamente durante todo el ciclo ya que unos cuantos días antes de la cosecha los frutos de cualquiera de las variedades tienen una tendencia similar: A mayor acumulación de UC, mayor es la longitud, diámetro y contenido de MS de dichos

frutos. Por otro lado, respecto a la validación del espectrómetro F-751 para determinar MS de manera no destructiva y compararlo contra valores obtenidos en horno convencional (60 °C por 72 h), se encontró que el espectrómetro sobreestimó hasta en 2% el contenido de MS en 'Ataulfo', pero lo subestimó en 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt'. Además, los valores de R^2 fueron < 0.70 , lo que indica que el equipo requiere ajustes para considerarse una herramienta viable para medir la MS de los frutos aún en el árbol. Se continuó trabajando con los Técnicos de Felix Instruments para mejorar la capacidad predictiva del equipo y se desarrolló una nueva aplicación usando la metodología de Artificial Neural Networks, la cual será validada comercialmente en la temporada 2021. Finalmente, respecto a la calidad de frutos de las diferentes variedades, se encontró que hay una relación directa entre UC acumuladas y calidad. Frutos cosechados con la mayor cantidad de UC acumuladas tuvieron mayor intensidad de color de cáscara y pulpa, mayor contenido de sólidos solubles totales, menor acidez y, sobre todo, una mejor relación Bx/Acidez.

Ciclo 2021

Durante este periodo, se lograron establecer los ensayos en huertos comerciales de 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt' en Nayarit y Sinaloa, iniciando con la instalación de HOBOS a principios de enero para dar seguimiento a floración, amarre y desarrollo de fruto desde flor plena hasta madurez óptima de cosecha.

Durante el mes de febrero del 2021 en cada huerto se seleccionaron seis árboles representativos, en los cuales se marcaron al menos 40 panículas (10 en cada punto cardinal) en flor plena del flujo principal de floración (al menos 60 % de la copa del árbol) y etiquetado individual en frutos ya completamente amarrados (finales de abril e inicios de mayo). El desarrollo del fruto se midió a partir del etiquetado de los frutos, antes de la cosecha y a dos momentos de cosecha: a) Fruto sazón y b) Fruto $\frac{3}{4}$, en tanto que la MS se midió sólo antes y en los dos momentos de cosecha. También se analizó peso, calibre y calidad inicial al momento de la cosecha, al término de simulación de traslado refrigerado (siete días a 12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) y a consumo (después de 7-12 días de simulación de mercadeo a 22 ± 2 °C; 75 ± 10 % HR). Las variables analizadas fueron:

Materia seca, pérdida de peso, color de cáscara, apariencia externa, firmeza, color de pulpa, contenido de sólidos solubles totales, acidez y relación Bx/Acidez. Las cosechas se realizaron desde el 10 de junio y hasta el 28 de julio.

Los resultados se presentan de igual manera que en el ciclo anterior, de forma independiente por variedad considerando la siguiente secuencia: a) Crecimiento y desarrollo, b) Comparación del contenido de MS obtenida con el F-751 versus horno convencional y c) Comparación de calidad entre las cosechas realizadas. Para 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins' los muestreos a cosecha se realizaron a las 1600 y 1750 UC; para 'Kent' a las 1800 y 1950 UC y para 'Keitt' a las 2200 y 2400 UC, considerando en todos los casos fruto sazón para el valor menor y $\frac{3}{4}$ para el valor más alto dentro de cada variedad. En todos los casos se realizó un muestreo previo a cosecha y las dos cosechas en los dos estados de madurez mencionados.

Con relación a crecimiento y desarrollo, se detectaron diferencias en el comportamiento de las variedades. Para 'Ataulfo', en la variable longitud de fruto se detectaron diferencias significativas entre estados resultando más grandes los frutos de Nayarit. Sin embargo, en diámetro no se detectaron diferencias significativas ni entre localidades ni entre grados de madurez, sin embargo, para MS los frutos de Sinaloa mostraron un mayor contenido que los de Nayarit, aunque no se detectaron diferencias entre estados de madurez. Finalmente, para el contenido de SST ($^{\circ}$ Bx) no se detectaron diferencias ni entre localidades ni entre estados de madurez. En lo concerniente a la variedad 'Tommy Atkins', no se detectaron diferencias ni entre localidades ni entre grados de madurez, excepto para MS que Sinaloa mostró mayores valores que Nayarit. Con relación a 'Kent', se detectaron diferencias significativas entre localidades para longitud y diámetro, resultando más grandes los frutos de Nayarit que los de Sinaloa. En contraste, con relación al contenido de MS y SST, los frutos de Sinaloa presentaron mayores valores que los de Nayarit. Con respecto a los frutos de la variedad 'Keitt', no se detectaron diferencias ni entre localidades ni entre grados de madurez para ninguna de las variables.

Respecto a la comparación del contenido de MS medido de manera no destructiva mediante espectrómetro F-751 versus horno convencional, en el modelo general, donde se consideró a todas las variedades y ambos grados de madurez, se encontró un muy

aceptable valor promedio de 15.6% para el F-751 en comparación a 15.2% del método convencional, sólo 0.4 puntos porcentuales de diferencia y una $R^2 = 0.4227$, lo que indica que los ajustes realizados al Modelo fueron bastante efectivos y confirma que el F-751 es una herramienta viable para determinar de manera no destructiva el contenido de MS de cualquiera de las cuatro variedades utilizando el modelo único generado mediante la metodología de Artificial Neural Networks.

Con relación al efecto varietal, para el caso de 'Ataulfo' los valores promedios reportados mediante el F-751 fueron de 15.9% y para horno, de 15.6% con una $R^2 = 0.6466$, en tanto que para 'Tommy Atkins' la MS detectada por el F-751 fue de 15.1% versus 14.9% para horno, solo 0.2 puntos porcentuales pero una $R^2 = 0.3824$. Por lo que concierne a 'Kent', la diferencia entre métodos fue un poco mayor, 16.0% para espectrómetro y 15.5% para horno, con una $R^2 = 0.3971$, en tanto que para 'Keitt', la diferencia fue todavía mayor (0.6 puntos porcentuales) al promediar 15.5% con el F-751 y 14.9% para el horno y una $R^2 = 0.3631$. En síntesis, el ajuste fue efectivo ya que con el Modelo único se pudo predecir con bastante aceptación el contenido de MS de todas las variedades observándose un rango de 0.3 a 0.6 puntos porcentuales.

Comparación de calidad entre las cosechas realizadas.

Acorde a los datos obtenidos el ciclo pasado, se encontró que hubo una relación directa entre UC acumuladas y calidad. Frutos cosechados con mayor cantidad de UC acumuladas tuvieron mayor intensidad de color de cáscara y pulpa, mayor contenido de SST, menor acidez y, sobre todo, mayor relación Brix/Acidez. Para este ciclo ya solo se consideraron dos estados de madurez, que en el caso de 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins' las 1600 UC representan frutos sazones, mientras que los cosechados a 1750 serían frutos $\frac{3}{4}$ con un estado más avanzado de madurez, en tanto que para 'Kent' las 1800 UC representan frutos sazones y 1950 UC corresponden a frutos $\frac{3}{4}$ y con respecto a 'Keitt', 2200 UC representan frutos sazones y 2400 UC corresponden a frutos $\frac{3}{4}$. Tal vez por esta razón las tendencias observadas en estas mismas variables no fueron tan marcadas como en el ciclo donde se tuvieron tres estados de madurez, desde el mínimo necesario hasta el $\frac{3}{4}$. Al respecto, para el color de cáscara en frutos de 'Ataulfo' cosechados en Nayarit no se detectaron diferencias significativas entre UC para ninguno de los muestreos y sólo para frutos de Sinaloa se advirtieron diferencias estadísticas en el

muestreo a cosecha. Los frutos cosechados a 1750 UC mostraron una menor intensidad del color verde de cáscara (-5.4), en tanto que los de 1600 UC mostraron valores promedios de -11.2.

Con relación a la variable de pérdida fisiológica de peso, prácticamente no se detectaron diferencias significativas para ninguna de las variedades entre los estados de madurez sazón y $\frac{3}{4}$, donde todas las variedades a consumo en ambas localidades los frutos sazones mostraron mayor pérdida que los $\frac{3}{4}$ (alrededor del 12% para sazones y 10% para frutos $\frac{3}{4}$).

Respecto a firmeza de pulpa, fue una situación similar, excepto para 'Kent' donde a cosecha en ambos estados, los frutos cosechados en estado sazón mostraron mayor firmeza que aquéllos cosechados a $\frac{3}{4}$.

En lo concerniente a color de pulpa, esta fue la variable con mayor significancia, donde en términos generales a consumo se detectaron diferencias estadísticas entre estados de madurez, siendo más coloridos aquéllos cosechados a mayores UC acumuladas. La excepción fue para frutos de 'Keitt' cosechados en Sinaloa, en donde se observó que los frutos cosechados a 2200 UC a consumo mostraron mayor intensidad de pulpa que los cosechados a 2400 UC. La razón de este comportamiento, contrario a lo esperado, puede atribuirse a que entre las dos cosechas se presentaron lluvias intensas y es conocido que cuando se presentan lluvias o riego muy próximos a cosecha, los valores de SST ($^{\circ}\text{Bx}$) disminuyen y el color retrocede ligeramente. Por esa razón, se aconseja cosechar al menos 24 horas después de una lluvia y si se cuenta con riego, suspender al menos una semana antes de la cosecha.

Con relación al contenido de sólidos solubles totales (SST), no se detectaron diferencias significativas entre estados de madurez para frutos de 'Ataulfo' y 'Kent', pero en 'Tommy' y 'Keitt' los frutos cosechados en madurez $\frac{3}{4}$ fueron más dulces que los cosechados en estado sazón.

Respecto a la variable de acidez titulable, para 'Ataulfo' se detectaron diferencias significativas solo en Nayarit siendo más ácidos los frutos cosechados en estado sazón, aunque para frutos de 'Tommy Atkins' se detectaron diferencias significativas en ambos estados al inicio y al término de refrigeración. Los frutos sazones fueron más ácidos que

los $\frac{3}{4}$. Sin embargo, en 'Kent' no se detectaron diferencias significativas ni entre estados ni entre grados de madurez, pero en frutos de 'Keitt' se encontró una aparente contradicción al momento del consumo ya que los frutos en madurez $\frac{3}{4}$ fueron más ácidos que los sazones. Lo anterior pudo deberse a que entre una cosecha y otra se presentaron fuertes lluvias que provocaron una regresión del grado de madurez.

Finalmente, para la variable de relación Bx/Acidez sólo se encontraron las diferencias esperadas para los frutos de 'Ataulfo' cosechados en Nayarit, en donde los frutos $\frac{3}{4}$ a 1750 UC mostraron una mejor relación que aquéllos cosechados en estado sazón a 1600 UC. No se detectaron diferencias significativas para ambos estados de madurez en frutos cosechados sazón o $\frac{3}{4}$ en las variedades 'Tommy Atkins' y 'Kent', en tanto que los resultados para 'Keitt' cosechados en Sinaloa fueron opuestos a lo esperado, por la situación de lluvias fuertes entre ambas cosechas.

CONCLUSIONES

- Se encontró que la acumulación de Materia Seca fue proporcional al incremento de Unidades Calor acumuladas a la cosecha.
- Se observó que conforme se incrementaba el contenido de Materia Seca, la calidad (color de cáscara y pulpa, Sólidos Solubles Totales, acidez y relación Bx/Acidez) resultaba positivamente impactada.
- Con la modificación al Modelo único de mango utilizando la metodología de Artificial Neural Networks en conjunción con la técnica de Unidades Calor, se logró una certidumbre mayor del momento óptimo de cosecha en comparación al método tradicional destructivo basado en color de pulpa y contenido de Sólidos Solubles Totales.

Presentaciones en apoyo al programa de extensión del NMB

2020

1. APEM. Décimo Noveno Congreso Internacional sobre el Mango Peruano. 5 y 6 de noviembre. Conferencia por Zoom. "Protocolo sobre las mejores prácticas a nivel de empacadora para entregar mango de calidad".
2. Curso Taller sobre las mejores prácticas postcosecha para el mango de exportación. 4 de diciembre. Impartido a personal de la empresa Cultivares en Rosario, Sinaloa de manera presencial con una duración de 9 h.

2021

1. Curso Taller Manejo de la Cosecha y Postcosecha de Mango para Exportación en Guatemala. 18 de marzo. Conferencia por Zoom.
2. Curso Taller Manejo de la Cosecha y Postcosecha de Mango para Exportación en Chiapas, México durante el 1er Festival Internacional del Mango Ataulfo. 3 al 7 de mayo. Conferencia por Zoom.
3. Curso Taller Manejo de la Cosecha y Postcosecha de Mango para Exportación en Nayarit, México impartida a estudiantes y profesores de la Universidad Tecnológica de Nayarit. 12 de mayo. Conferencia por Zoom.
4. Curso Taller Manejo de la Cosecha y Postcosecha de Mango para Exportación en Nayarit, México impartida a Personal Técnico de la empresa Vegetales Nacionales SA de CV. 20 de mayo. Conferencia por Zoom.
5. Expo Mango. "Cosecha y Postcosecha del Mango para Exportación". Conferencia en el Festival del Mango Dominicano. 15 de junio. Conferencia por Zoom.
6. ASHS Annual Meeting. "Building a Unique Model for Exporting Mango Varieties Grown in Mexico". Denver, CO. 6 de agosto. Presencial.
7. APEM. "Determinación del Grado de Madurez a Cosecha, Temperatura de Traslado y Días de Traslado en Mango Maduro Listo Para Comer" Talleres de Extensión Agrícola en Perú. 19 de agosto. Conferencia por Zoom.

Demostraciones:

1. Validación de Técnicas Para Determinar Momento Óptimo de Cosecha en Variedades de Mango Para Exportación. Sauta, Nayarit. 19 de Julio, 2021.
2. Validación de Técnicas Para Determinar Momento Óptimo de Cosecha en Variedades de Mango Para Exportación. El Rosario, Sinaloa. 28 de Julio, 2021.

Artículos o resúmenes de revisión por colegas:

1. Artículo Científico en Journal of Advances in Agriculture 12:61-69. "Novel Nondestructive Technique to Determine Optimum Harvesting Stage of 'Ataúlfo' Mango Fruit. 2021. Jorge A. Osuna-García, Jesús Daniel Olivares-Figueroa, Peter M.A. Toivonen, Ma. Hilda Pérez Barraza, Ricardo Goenaga and María J. Graciano-Cristóbal.
2. Resumen en Reunión Anual de la American Society for Horticultural Science 2021. "Building a Unique Model for Exporting Mango Varieties Grown in Mexico". Jorge A. Osuna-García*, Brian Schultz, CID Bio-Science Inc., Eric Munoz, CID Bio-Science Inc. and Ricardo Goenaga, ARS-USDA.

Formación profesional:

1. "Acumulación de materia seca durante el crecimiento, desarrollo y maduración del fruto de mango de la variedad Ataúlfo". 2020. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios. Clarissa González Bañuelos. UT de la Costa.
2. "Acumulación de materia seca durante el crecimiento, desarrollo y maduración del fruto de mango de la variedad Tommy Atkins". 2020. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios. Julia Esmeralda López Sánchez. UT de la Costa.
3. "Acumulación de materia seca durante el crecimiento, desarrollo y maduración del fruto de mango de la variedad Kent". 2020. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios. María de Jesús Soto Ayala. UT de la Costa.

4. “Validación de técnicas para determinar momento óptimo de cosecha en la variedad Ataulfo para exportación cultivada en Nayarit”. 2021. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios. Litzy Méndez Bañuelos. UT de la Costa.
5. “Validación de técnicas para determinar momento óptimo de cosecha en la variedad Ataulfo para exportación cultivada en Nayarit”. 2021. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios. Stephanie Nicole Cruz Solís. UT de la Costa.

Tecnologías Generadas

1. “LAS UNIDADES CALOR ACUMULADAS Y EL CONTENIDO DE MATERIA SECA COMO INDICADORES DE MADUREZ A COSECHA”. 2021. La tecnología consiste en utilizar de forma combinada las técnicas de Unidades Calor Acumuladas (UCA) a partir de flor plena y temperatura base de 10 °C, así como el contenido de Materia Seca (MS) a cosecha, de manera no destructiva mediante un espectrómetro portátil F-751®, lo que permite lograr una certidumbre mayor que el método tradicional destructivo basado en color de pulpa y sólidos solubles totales (°Bx).

ANEXOS

I. NAYARIT

1. ATAULFO: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



1600 UC



1750 UC

2. TOMMY ATKINS: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



1600 UC



1750 UC

3. KENT: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



1800 UC



1950 UC

4. KEITT: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



2200 UC



2400 UC

II. SINALOA

1. ATAULFO: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



1600 UC



1750 UC

2. TOMMY ATKINS: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



1600 UC



1750 UC

3. KENT: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



1800 UC



1950 UC

4. KEITT: APARIENCIA EXTERNA E INTERNA DE LA CALIDAD DE FRUTOS A COSECHA, AL TÉRMINO DE SIETE DÍAS DE REFRIGERACIÓN Y A CONSUMO ACORDE A LAS DIFERENTES UC ACUMULADAS.



2200 UC



2400 UC