

UNIVERSIDAD DE CIEGO DE ÁVILA
"MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ"
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**Trabajo de Diploma presentado en opción al título de Ingeniero
Agrónomo.**

**Título: Caracterización de la quemadura solar sobre los frutos de piña
MD-2 en condiciones climáticas de Ciego de Ávila.**

Autor: Isaac Adriano Wilson F. Chitue

Ciego de Ávila 2019

UNIVERSIDAD DE CIEGO DE ÁVILA

“MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ”

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Trabajo de Diploma presentado en opción al título de Ingeniero Agrónomo.

Título: Caracterización de la quemadura solar sobre los frutos de piña MD-2 en condiciones climáticas de Ciego de Ávila.



Autor: Isaac Adriano Wilson F. Chitue

Tutor: MSc. Gustavo Yasser Lorente González

Ciego de Ávila 2019

Pensamiento

La agricultura es la única fuente constante, cierta y enteramente pura de riquezas."

José Martí

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de 5 años y esta investigación a mis seres más queridos, como es mi familia principalmente mi madre, mi padre y mis hermanos. A mis amistades más allegadas como los hermanos de la iglesia adventista del séptimo día en general, que en este tiempo fueron capaces de ayudarme a lograr que este sueño se haga realidad. A todos aquellos que de una forma u otra aportaron algo de su conocimiento para que este sueño de ser Ingeniero Agrónomo se hiciera posible, a Dios por darme la vida y la oportunidad de guiarme hasta este momento de ver mi sueño hecho realidad y a los que siempre confiaron en mí.

Agradecimientos

- ✚ Primeramente al Dios todo poderoso por darme vida, salud y sabiduría durante estos años bien delicados y por su infinito amor.
- ✚ A toda la familia Chitue, por su apoyo y confianza depositada en mí.
- ✚ A la Revolución Cubana por permitirme estudiar en este bello y humilde país.
- ✚ A mi tutor Gustavo Yasser Lorente González que siempre estuvo dispuesto a ayudarme para la realización de este proyecto.
- ✚ A mi gran maestro Romelio Rodríguez Sanshes por darme un apoyo incondicional para que todo eso fuera una realidad.
- ✚ A mis compañeros de aula y estudios por apoyarme.
- ✚ A todos mis profesores de la Facultad de Ciencia Agropecuarias de la Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez".
- ✚ A todos mis amigos en Cuba y fuera por su apoyo y consejos en todos estos años.
- ✚ A los compañeros de del Centro de Bioplantas por ese inmenso caudal de técnicas y conocimientos que pusieron a mi disposición.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la UEB (Unidad Empresarial de Base) "Producción de Piña" perteneciente a la Empresa Agroindustrial Ceballos (21°47'N 78°48'O), durante los meses de julio a septiembre de 2017. Con el objetivo de determinar, mediante análisis bromatológicos, la incidencia de quemadura solar en fruto de piña MD-2 en las condiciones ambientales de la UEB "Producción de Piña" de la Empresa Agroindustrial Ceballos en los meses de mayor afectación de este daño. Para lograr este objetivo fue necesario saber: masa de la fruta (g), número de espirales, número de ojos en espiral mayor, longitud del fruto, longitud de la corona, diámetros superiores e inferiores (cm). Se tomaron aleatoriamente 20 frutos y en los estados de desarrollo 90, 120 y 150 días después de la inducción floral y tres veces al mes desde las 8:00 am a 16:00 pm y se evaluó: exterior e interior del fruto por los dos puntos cardinales de mayor incidencia (Este y Oeste). Los resultados logrados indican que las temperaturas de las frutas alcanzan valores elevados en el interior (40 °C) y por encima de los 50 °C en la cara Oeste de la fruta, lo que trae como consecuencia una posible afectación a la corteza y esto eleva a 31,4% los frutos afectados. Las quemaduras solares aparecen a partir de los 120 días. Los sólidos solubles (°Brix) incrementan hasta alcanzar valores cercanos a 14, mientras que la acidez logra valores cercanos a 0,5, lo que hace que las frutas tengan una óptima calidad para la exportación.

ABSTRACT

The present work was carried out in the UEB "Production of Pineapple" belonging to the Agroindustrial Company Ceballos (21°47'N 78°48'O), during the months of July to September of 2017. With the objective of determining the incidence of solar burn in pineapple fruit MD-2 under the environmental conditions of the UEB Production of Pineapple of the Agroindustrial Company Ceballos in the months of more affectation. , by means of analysis, the incidence of solar burn in pineapple fruit MD-2 under the environmental conditions of the UEB Production of Pineapple of the Agroindustrial Company Ceballos in the months of bigger affectation of this damage. To achieve this objective it was necessary to know: mass of the fruit (g), number of hairsprings, number of eyes in more hairspring, longitude of the fruit, longitude of the crown, superior and inferior diameters (cm). they took 20 fruits aleatorily and in the development states 90, 120 and 150 days after the floral induction and three times a month from the 8:00 am to 16:00 pm and it was evaluated: external and interior of the fruit for the two cardinal points of more incidence (This and West). The achieved results indicate that the temperatures of the fruits reach securities risen in the interior (40 °C) and above the 50 °C in the expensive West of the fruit, what results in a possible affectation to the bark and this elevates to 31,4% the affected fruits. The solar burns appear starting from the 120 days. The soluble solids (Brix) they increase until reaching near securities at 14, while the acidity achieves near securities at 0,5, that makes that the fruits have a good quality for the export.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. GENERALIDADES DE LA PIÑA (<i>ANANAS COMOSUS</i> VAR. <i>COMOSUS</i>)	4
2.1.1 Descripción taxonómica	4
2.2. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA.....	4
2.3. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS	6
2.4. HÍBRIDO MD-2.....	9
Sistema de Plantación.	9
2.5. MADUREZ FISIOLÓGICA DE LOS FRUTOS DE PIÑA	11
2.5.1. Índice de madurez.....	12
2.5.2 .Maduración	12
2.5.3. Calidad de la fruta	13
2.5.4 .Desorden fisiológico por altas temperaturas.....	15
2.5.6 .Formas de protección por el golpe del sol.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN DISTINTAS HORAS DEL DÍA Y EN FUNCIÓN DE LA RADIACIÓN DIRECTA DEL SOL EN EL FRUTO DE PIÑA MD-2.....	21
3.1.1. Establecimiento de dinámica de la temperatura de la fruta a lo largo del día.....	22
3.1.3. Evaluación de la incidencia de quemaduras de sol en frutos.	23
3.2. DETERMINAR MEDIANTE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS EN LOS FRUTOS DE PIÑA MD-2 LOS EFECTOS QUE EJERCE LA QUEMADURA SOLAR EN LOS MESES DE MAYOR AFECTACIÓN.....	24
3.2.1. Evaluación de quemaduras en frutos cosechados y estimación económica de pérdidas por concepto de quemaduras solares.....	25
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 .CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN DISTINTAS HORAS DEL DÍA Y EN FUNCIÓN DE LA RADIACIÓN DIRECTA DEL SOL CON EL FRUTO DE PIÑA MD-2.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1.3 .Incidencia de las quemaduras en los frutos según el estadio de desarrollo.	28

4.2. EFECTOS QUE EJERCE LA QUEMADURA SOLAR SOBRE LA BROMATOLOGÍA DE LOS FRUTOS DE PIÑA MD-2.	30
4.2.1.Evaluación de quemaduras en frutos cosechados y estimación económica de pérdidas por concepto de quemaduras solares.....	36
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES.	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

I. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es uno de los frutos cuya producción mundial en los últimos años presenta una tendencia creciente, es cultivada con el fin de satisfacer necesidades alimenticias de la población y constituye un renglón importante para la producción de conservas y venta de fruta fresca. Es considerada una fruta de gran demanda por su agradable sabor y aroma, así como su contenido en vitaminas C, B1, B6, ácido fólico y minerales como el potasio (Faostat, 2017).

Su creciente demanda en el mercado mundial, ha estimulado un incremento de la producción, la cual alcanzó 25 809038 millones de toneladas métricas de fruta en el año 2016 (Faostat, 2017).

En Cuba la producción de piña se basa, casi exclusivamente, en el cultivar Española roja, de gran rusticidad y adaptación a las condiciones de cultivo, pero de bajo potencial de rendimiento. En los últimos años del siglo pasado y en los inicios de éste, se han introducido otros cultivares a la producción nacional como son, el cultivar Cayena lisa y el híbrido MD-2 (Rodríguez *et al.*, 2012).

La entrada de la MD-2 al mercado, a mediados de la última década del pasado siglo, cambió sensiblemente el mundo de la piña fresca. Su aceptación comercial permitió elevar aceleradamente el consumo per cápita de piña fresca en los mercados de Estados Unidos y Europa. Al mismo tiempo se requirió de mejores estrategias logísticas y tecnologías para garantizar el abastecimiento oportuno de la creciente demanda. Esta es una de las variedades que posee caracteres de elevada importancia agronómica, como son los altos rendimientos potenciales (superiores a 100 t ha⁻¹) y calidad de la fruta en cuanto al tamaño y sabor, comparada con los otros cultivares (Firoozabady *et al.*, 2006).

En Cuba, la provincia de Ciego de Ávila es la que ha dedicado mayor área a la producción comercial de este cultivo. Sin embargo, en los últimos años la carencia de material de plantación de calidad ha figurado entre los factores que han provocado la disminución de la producción.

Desde el año de 2009 la Empresa Agroindustrial Ceballos desarrolla y coordina, en la provincia de Ciego de Ávila, un programa para la recuperación de la piña en aras de

rescatar el símbolo agrícola del territorio y actualmente se adelantan acciones para incrementar la producción de piña, como parte de una estrategia que apunta al desarrollo de nuevas plantaciones con una diversidad de variedades más productivas. Esta estrategia involucra a entidades estatales, cooperativas y campesinos independientes de todos los municipios de la provincia.

La mayor parte del deterioro observado en la fruta de piña se debe a una serie de reacciones fisiológicas como respuesta a factores adversos como son daños físicos, desórdenes fisiológicos o enfermedades ocasionadas por diversos patógenos (Jiménez 1999). En la literatura consultada estos desordenes aún no han sido estudiado en el híbrido de pina MD-2 en condiciones climáticas de Cuba.

Los desórdenes fisiológicos se deben a factores adversos de naturaleza abiótica (no patogénica) tales como temperaturas extremas, atmósferas inadecuadas o desbalances nutricionales del cultivo, que provocan una serie de alteraciones en la fisiología normal de la fruta que afectan su calidad (PROEXANT, 2003).

Estudios demuestran que la cantidad de radiación solar que llega a la tierra, obedece a factores astronómicos y físicos atmosféricos, por lo que depende de la posición geográfica, también de otros factores como por ejemplo la fecha, hora del día, aire, partículas y espesor de la capa de ozono. Por otro lado, se comprobó que los rayos Ultra Violeta B llegan a la tierra en direcciones, por lo general oblicuas, con intensidades variables con valores que alcanzan unos 20 watts m² (Invdes, 2002).

En el mercado existen protectores solares para las frutas y con ello evitar este problema, estos se basan en dos mecanismos de protección: reflexión de la radiación, lo que disminuye la temperatura superficial e interior de las frutas por debajo de la temperatura ambiental y absorción de la radiación ultravioleta, una de las principales causas de la aparición de las quemaduras de sol en los frutos. El primer grupo está compuesto por sustancias minerales reflectantes como sílice y caolín. Estos protectores presentan problemas para su aplicación, además de que disminuyen la fotosíntesis de la planta por cubrir sus hojas y son difíciles de retirar durante el beneficio de la fruta. Por otra parte, se reconoce que también se han empleado otras técnicas para proteger el fruto, como son: mantas negras, hierbas secas, hojas de papel, entre otros.

En la actualidad la Empresa Agroindustrial Ceballos exporta a Europa fruta fresca de piña MD-2, incrementando estas exportaciones cada año. Sin embargo, en los meses de verano las afectaciones de las frutas por las llamadas quemaduras solar (Golpe de sol), ha ido incrementándose notablemente con el paulatino incremento de las temperaturas por el cambio climático (Rodríguez, 2016). En esta época (altas temperaturas y radiación solar) se ha dejado de exportar hasta un 55% de las frutas de piña por presentar daños causado por las quemaduras solares en los frutos, que, aunque se aprovechan para otros destinos (industria) se deja de ingresar moneda libremente convertible y afecta la rentabilidad de la Empresa.

Problema

¿Qué porcentaje de frutas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) MD-2 son afectadas por quemaduras solares en los meses de mayor incidencia y qué relación existe con el medio ambiente y el desarrollo del fruto en las condiciones de la Unidad Empresarial de Base "Producción de piña" de la Empresa Agroindustrial Ceballos?

Hipótesis

Si se caracterizan las condiciones ambientales en las áreas productivas de la piña MD-2 y se realizan análisis bromatológico de los frutos en los meses de mayor ocurrencia de las quemaduras solares, entonces se puede reducir el daño e incrementar los niveles productivos.

Objetivo general:

Determinar la incidencia de quemadura solar en fruto de piña MD-2 en las condiciones ambientales de la UEB "Producción de Piña" de la Empresa Agroindustrial Ceballos en los meses de mayor afectación.

Objetivos específicos:

- Caracterizar las variables climáticas en distintas horas del día y la temperatura que alcanzan los frutos de piña MD-2 en función de su exposición al sol.
- Determinar mediante análisis bromatológicos en los frutos de piña MD-2 los efectos que ejerce la quemadura solar en los meses de mayor afectación.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades de la piña (*Ananas comosus* var. *comosus*)

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es la especie económicamente más importante dentro de la familia *Bromeliaceae*. Se comercializa como producto procesado o fresco, por su gran valor nutritivo, agradable sabor, posibilidades de industrialización y su gran belleza. Después del banano y el mango, es la fruta tropical más importante. Es considerada la fruta de gran demanda por su agradable sabor y aroma, así como su contenido en vitaminas C, B1, B6, ácido fólico y aportes de minerales.

La piña a nivel mundial, es la especie económica más importante de la familia *Bromeliácea*. El cultivo de la piña aporta más del 20% del volumen mundial de frutos tropicales. No obstante, en la actualidad la variedad más comercial y demandada en Estados Unidos y Europa es el híbrido MD-2. Esta variedad posee caracteres de gran importancia económica, como son los altos rendimientos y la calidad de la fruta (Bartholomew, 2014).

2.1.1. Descripción taxonómica

La piña es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne, pertenece al orden de las *Bromeliales*, y a la familia *Bromeliaceae*, género *Ananas* y especie *comosus* (Jiménez, 1999).

2.2 Morfología y anatomía

La planta de piña puede llegar a medir hasta un metro de altura, y alcanzar un número de 30 a 40 hojas largas, con espinas en su extremidad superior en variedades seleccionadas. El tallo crece longitudinalmente y forma en el extremo una inflorescencia. Las hojas son espinosas y miden de 30-100 cm de longitud (MAG, 2014).

La fruta de la piña está compuesta de 100 o más flores fusionadas y es variable en tamaño, forma, sabor y el color de la pulpa; este último se caracteriza por ser amarillo o blanco, dependiendo del tipo de cultivo. La fusión de las flores da como resultado un fruto múltiple conocido como sorosis; el cual madura cinco meses después de la inducción y alcanza un peso de 1,5 kg a 3,5 kg (Samson, 1991).

Sistema radical

El sistema radical de la planta de piña es superficial, limitado y frágil. En la mayoría de los suelos las raíces no penetran más de 50 cm de profundidad, y rara vez se extienden por debajo de 30 cm. Esto hace posible el cultivo de piña a densidades muy altas. El sistema radical de la planta de piña no tolera los suelos mal drenados (Samson, 1991).

Es muy importante destacar que el sistema radical de la planta de piña es poco profundo por lo que durante la preparación del terreno se practique un subsolado profundo para que las raíces penetren más y tenga la planta más oportunidad de llenar frutos (Jiménez, 1999).

Tallo

El tallo de la planta de piña puede llegar a medir hasta un metro de altura y su reproducción es principalmente asexual (Jiménez, 1999). En la anatomía del tallo es posible distinguir dos regiones claramente: la corteza y el cilindro central. La parte más externa de la corteza está formada por células esclerenquimáticas adyacentes a la epidermis. La banda comprendida entre la corteza y el cilindro central está constituida por tejido vascular, producido por el meristemo. Es muy fino y traslúcido en el ápice del tallo donde los tejidos son más jóvenes, más grueso y suberificado en la parte inferior (Pérez y Gargati, 2005).

Hojas

Las hojas se encuentran dispuestas en forma de espiral, poseen venas paralelas y tienen espinas, a excepción de la Cayena Lisa, además son de forma lanceolada y muy alargadas. La distribución radial de las hojas en forma de roseta, reduce el calentamiento y facilita una ventilación satisfactoria, también ayuda la posición erecta de las hojas durante el crecimiento en las cuales los rayos solares caen con un ángulo de baja incidencia. El color plateado de la superficie de las hojas produce la reflexión de la luz y ayuda a prevenir el sobrecalentamiento por la intensidad de la luz solar. La forma acanalada de las hojas le permite captar agua de lluvia. Son extremadamente fibrosas, tenaces y abrasivas (Jiménez, 1999).

Inflorescencia y fruto

La inflorescencia se encuentra formada por flores perfectas, autos estériles, cada flor da origen a una baya por partenocarpia, las cuales se agrupan y forman un fruto múltiple, este

puede ser obtenido sin necesidad de la fecundación (Infoagro, 2002). El fruto es obtenido entre los 13 a 24 meses de edad de la planta (Pérez y Gargati, 2005).

La diferenciación floral en plantas de piña tiene gran singularidad al desencadenarse artificialmente por sustancias químicas ó de forma natural. Este proceso puede ser mejor comprendido si se conoce el ciclo biológico de la planta, que puede ser de 12 a 30 meses hasta la producción del primer fruto, en dependencia de las condiciones ambientales y de las atenciones al cultivo (Cunha y Kist et al., 2011).

Para que ocurra la diferenciación floral, el primer cambio morfológico que indica la transición de un meristemo vegetativo a otro reproductivo es el aumento de la división celular en la zona central inmediatamente inferior a la parte apical del meristemo vegetativo (Bartholomew et al., 2003). Este proceso de floración se favorece por el acortamiento de los días, temperaturas frías en la noche, estado fisiológico de las plantas, época de plantación, y edad de las plantas (Cunha y Kist et al., 2011). Por lo que la susceptibilidad a la floración natural o a la inducción artificial varía de forma general en función de los factores antes mencionados. Al respecto observaron la ocurrencia de floraciones naturales entre diciembre y enero, con un período de temperaturas mínimas, generalmente las nocturnas por debajo de 15 °C; mientras que Wang et al., (2007) demostraron que la inducción natural de la floración comienza tardíamente en el mes de noviembre como resultado de los descensos bruscos en la temperatura por el paso de los frentes fríos. En Cuba se han precisado dos épocas bien definidas de floraciones naturales en el cultivar *Cayena lisa*, la principal en el período seco (diferenciación diciembre - enero), asociada a los frentes fríos y otra secundaria en el período lluvioso (diferenciación en junio - julio). Estos criterios establecen que las condiciones climáticas son determinantes en la inducción floral natural y que varía de año en año, de acuerdo con la época y regiones productoras, y su incidencia se acentúa en áreas de altitud y latitud más elevadas (Cunha, 2009). En regiones productoras de piña como México, Brasil y Australia se obtuvieron tasas de floraciones naturales entre el 20 % - 80 %. En plantas de piña una elevada tasa de crecimiento vegetativo puede inhibir o retrasar la floración y reducir la sensibilidad a los estímulos inductores. Una vez que la planta alcanza un tamaño apropiado, los factores ambientales, la reducción de nutrientes y de agua, tienden a reducir la tasa de crecimiento vegetativo y favorecen la inducción floral (Bartholomew et al., 2003).

A su vez, Bartholomew et al., (2003) consideraron una leve escasez de agua como un factor inductivo, mientras que un estrés hídrico severo resultaba inhibitorio del proceso. Se supone que estas condiciones inducen la biosíntesis de etileno en el ápice del tallo y en la sensibilidad de la planta de forma natural, con un posterior cambio del estado vegetativo a floral.

2.3. Requerimientos climáticos

Temperatura

El máximo crecimiento se da entre los 30 °C y 31 °C y el mejor desarrollo de la planta se obtiene con una temperatura anual entre 21 °C y 27 °C (Peña, 1996).

La temperatura es determinante en la calidad de la fruta de piña. La baja temperatura induce al sabor ácido y el tiempo caliente y húmedo reduce acidez. Las temperaturas de 5 °C durante 48 horas pueden causar daño a las frutas (Jiménez, 1999). Las frutas que maduran durante el invierno en áreas frías muestran daños fisiológicos y son de mala calidad, pues son bajas en azúcares y altas en acidez. La luz solar intensa durante la maduración de la fruta las quema a medida que estas se encuentren expuestas al medio ambiente (Jiménez, 1999).

Las observaciones de las estaciones en el área del Caribe muestran un calentamiento estadísticamente significativo, lo cual tendrá implicaciones en el desarrollo económico de los países caribeños, Cuba no será una excepción (Centella y Karmalkar, 2013).

En Cuba los estudios de evaluación de la variabilidad del clima se realizaron a partir de 1980 en el Instituto de Meteorología, cuando se empieza a detectar algunas anomalías en las variables climáticas, tendencia opuesta entre las precipitaciones de las estaciones seca y lluviosa así como tendencias muy positivas en una serie de temperaturas superficiales en algunas localidades (Pérez et al., 2011). Posteriormente se confirma la existencia de tendencias significativas en otra serie de variables climáticas. Las primeras evaluaciones sobre la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en Cuba se desarrollaron bajo el proyecto de investigación "Impactos del cambio climático y medidas de adaptación" (Gutiérrez et al., 2000), donde se hizo un análisis integral de los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación en los siguientes sectores: recursos hídricos; zonas costeras y recursos marinos; agricultura y silvicultura; asentamientos humanos; biodiversidad y vida silvestre y salud humana.

Los estudios realizados en Cuba y en la región del Caribe han demostrado un incremento en la temperatura, cambios en la distribución temporal de las precipitaciones, frecuencia de afectación de eventos climáticos extremos como las lluvias intensas y las tormentas locales severas, incremento de la frecuencia de eventos de sequía (Lapinel y Ballester et al., 2007). El comportamiento observado en el clima de Cuba durante las últimas cuatro décadas es consistente y sugiere la existencia de una variación importante en la década de los años 70 del pasado siglo. Todo esto fue detallado en la Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Centella et al., 2001).

En este mismo sentido Glennie (1979), informa que alta temperatura diurna causa una descarboxilación intensa con exceso en los niveles de CO₂, que actúa como inhibidor energético del etileno y posibilita la inhibición de la floración, por consiguiente, afecta la eficiencia del tratamiento artificial.

Es importante señalar que el efecto del incremento de la temperatura dentro del límite de tolerancia estimula a que las plantas tengan las condiciones adecuadas para mantener su estado vegetativo con un balance hormonal favorable a los promotores del crecimiento entre ellos las giberelinas, aspecto que disminuye la sensibilidad de la planta para captar el estímulo inductor que provoca la liberación del etileno dentro de la célula después del tratamiento de Ethrel (Liu, 2011).

Precipitación

Según Gamboa (2006), la piña es poco exigente al agua gracias a sus condiciones morfológicas, al presentar hojas acanaladas y poseer la presencia de un tejido acuífero que cubre alrededor del 50% de su estructura interna. La precipitación óptima se estima entre 1200 y 2000 mm bien distribuidas en el año.

Luminosidad

La presencia de luz solar es determinante en el período de maduración en piña ya que influye notablemente en la coloración del fruto. Una iluminación muy intensa puede causar un calentamiento excesivo de los tejidos de la epidermis y como consecuencia quemaduras superficiales o internas del fruto; con una baja iluminación el fruto pierde gran parte del brillo de la cáscara. Por tanto, las zonas donde la luz es intensa y la temperatura media es baja, se producen frutos de buena coloración (Peña y Días, 1996).

Las frutas de piña que crecen a la sombra son más jugosas, pero tienen menos azúcares y color amarillo (Jiménez, 1999).

Viento

Por efecto de fuertes vientos, las plantas con piñas grandes pueden ser acostadas por el viento, los pedúnculos se pueden quebrar, pero por lo general la piña soporta vientos fuertes (Jiménez, 1999). La piña es poco resistente a largos períodos de viento, disminuyendo su talla hasta en un 25% cuando va acompañada de lluvias abundantes, además el viento causa rozamiento entre las hojas, produciendo heridas por las cuales penetran hongos.

2.4. Híbrido MD-2

Actualmente Costa Rica es el mayor productor de la variedad más cotizada de piña en el mercado internacional. Según Leal (2001) el híbrido MD-2 fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones de Hawái, este se caracteriza por su madurez temprana, además es de doble propósito (fresco y procesado). Es de pulpa firme, compacta, de color amarillo con un sabor diferente al de la Cayena Lisa, es una fruta completamente cilíndrica con hombros bien formados, no escalda, con mayor vida de anaquel que Cayena y Champaka. Se cotiza a mayores precios en el mercado internacional, pero es menos susceptible al oscurecimiento interno, pudrición del cogollo y de la raíz (Cerrato, 2013).

Densidades y sistemas de plantación

La densidad de plantación depende del destino de cosecha. El aumento en el número de plantas disminuye el peso promedio del fruto; sin embargo, el tonelaje total se incrementa. Para optar por una u otra densidad se debe considerar la cantidad de lluvia, la pendiente y tipo de suelo de cada localidad. Cabe señalar que, con densidades mayores a 45 000 plantas por hectárea, las aplicaciones manuales de los agroquímicos son difíciles e imprácticas, por lo que se requiere de equipos mecanizados. Si se desea fruta menor se aumenta el número de plantas por hectárea; normalmente el tamaño de la fruta disminuye en aproximadamente 43 gramos por cada 1000 plantas adicionales en densidades mayores de 43 000 plantas por hectárea (Rodríguez *et al.*, 2009).

Sistema de Plantación.

Existen los sistemas de plantación en hilera sencilla e hilera doble. La hilera sencilla utiliza una densidad de plantación que se encuentra entre 24 000 a 27 000 plantas por hectárea

o generalmente se utiliza la densidad de plantación menor a 30 mil plantas por hectárea. Cuando se utiliza el sistema de hilera sencilla la distancia entre hileras es igual la amplitud de la calle ancha es de 80 cm y una distancia de 41 cm entre planta, lo que nos da una densidad de 30 000 plantas por hectárea (Misalova *et al.*, 2009).

La hilera doble es requerida cuando se incrementa la densidad de plantación, este sistema consta de una calle ancha y una calle angosta, cuando se planta a hilera doble la amplitud de la calle ancha oscila entre los 60 y 90 cm, en la angosta de 40 a 55 cm y la distancia entre plantas es de 25 a 45 cm, para dar una densidad de plantación de 30 mil a 80 mil plantas por hectárea. Este sistema reduce el problema por maleza ya que las hileras de piña se cierran en poco tiempo después de la plantación e impiden la emergencia y el crecimiento de ésta; además facilita el paso por la calle ancha para las diferentes labores, asimismo, en caso de dejar la plantación para una segunda cosecha, se reduce el porcentaje de frutos ladeados, lo cual evita su deformación y caída, ya que en las calles angostas las plantas se sostienen entre sí (Rodríguez, 2009).

A continuación, se indican algunos arreglos topológicos para este sistema de plantación según la densidad de plantación. El que este sistema de plantación tenga una calle ancha permite realizar actividades manualmente, sin embargo, es más eficiente la aplicación de insumos en forma mecanizada; debido a que las plantas tienen una mejor distribución en el terreno.

Tabla1. Densidades de plantación para el caso del híbrido MD-2.

Densidad (plantas ha⁻¹)	Distancia calle ancha (cm)	Distancia calle angosta (cm)	Distancia entre plantas (cm)
35 000	90	55	39
40 000	90	55	34
45 000	80	5	34
50 000	80	50	31
55 000	70	50	30
60 000	65	45	30
65 000	65	45	28
70 000	65	45	26

2.5 Madurez fisiológica de los frutos de piña.

La maduración de un fruto es el conjunto de procesos asociados con la adquisición del tamaño máximo y con la transformación cualitativa de los tejidos. Esta última involucra el suavizamiento de éstos, conversiones hidrolíticas de los materiales de reserva, cambios en pigmentos, sabores y desaparición de sustancias astringentes (Reinders, 2005).

La maduración de un fruto está asociada con cambios drásticos en la tasa respiratoria, con una disminución del fruto que alcanzó su tamaño máximo y un incremento durante la maduración de los tejidos. Este aumento en la respiración recibe el nombre de respiración climatérica y se relaciona con la concentración de etileno. Por lo tanto, la biosíntesis del etileno, más que el aumento en la respiración, es el primer evento en la transición de crecimiento a senescencia del fruto.

Otros eventos que están asociados con el proceso de maduración, son el aumento de ARN (ácido ribonucleico), la síntesis de proteínas y el cambio en la permeabilidad celular (Flores, 1999). Una fruta de piña se encuentra fisiológicamente madura cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual ésta puede continuar madurando normalmente para consumo aún después de cosechada (PROEXANT, 2003).

Según Azcón y Prieto (2002) la maduración es el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento. Esta fase de desarrollo incluye procesos como la coloración del pericarpio, el descenso del contenido de almidón en la mayoría de los frutos, el incremento de la concentración de azúcares, la reducción de la concentración de ácidos, la pérdida de la firmeza, junto a otros cambios físicos y químicos.

2.5.1. Índice de madurez

El color de la cáscara y el tamaño de la piña no son indicadores completos del estado de maduración de la fruta; sin embargo, el cambio de color verde a amarillo en la base de la fruta es una señal del inicio del proceso de maduración, al ser una fruta climatérica, ésta se debe cosechar cuando está completamente madura. Un mínimo de sólidos solubles del 12% y acidez máxima del 1% aseguran el cumplimiento de los requerimientos mínimos de sabor en la mayoría de los mercados (Dussi, 2007).

En general, para el mercado de fruta fresca, la cosecha durante el verano se realiza cuando el "ojo" muestra un color verde pálido, pues en esta temporada el contenido de azúcares y los sabores volátiles se desarrollan prematura y consistentemente a lo largo de varias semanas; en contraste, en invierno la fruta se demora alrededor de 30 días más en madurar completamente, éstas se cosechan cuando aparecen señales de amarillamiento en la base. La piña cosechada en invierno generalmente tiene un sabor más ácido y menor contenido de azúcares (Gamboa, 2006).

2.5.2 Maduración

El adelanto de la maduración de la fruta de piña en el campo se logra con la aplicación de Ethephon 48% (ácido 2-cloroetil-fosfórico), que es un producto que acelera la maduración en ocho días en promedio. Según Medrano (2004) se recomienda aplicar 2,5 L ha⁻¹ (300 mL de producto comercial por cada 200 litros de agua) asperjando total y uniformemente la fruta con 50 mL de solución. La aplicación puede realizarse una vez que la fruta alcanza el grado de madurez fisiológica, o bien cuando los primeros frutos comienzan a colorear. Según Rebolledo (1998) nunca se debe aplicar Ethephon en la fruta tierna porque su maduración y calidad interna serán afectadas gravemente.

Es necesario que la fruta esté expuesta al momento de la aplicación y que no exista amenaza de lluvia. Se puede aplicar a cualquier hora del día. Paull y Chen (2002)

plantean que con la aplicación de Ethephon se acelera el desverdecimiento de la cáscara y se promueve la maduración del fruto. El desverdecimiento de la cáscara se debe a la destrucción de la clorofila, dando a la cáscara un color amarillo más uniforme. Si la aplicación del regulador de crecimiento es muy anticipada, la fruta puede presentar un 10% más de acidez y un 5% menos de azúcares que las frutas no tratadas.

Se han encontrado efectos variables de los tratamientos con Ethephon en la calidad comestible de la fruta, lo que puede estar relacionado con la aceleración de la senescencia. Esta variación depende del estado de madurez de la fruta, época de aplicación y de las condiciones ambientales. Una aplicación defectuosa de Ethephon puede conducir a un irregular desverdecimiento y posibles daños a la corona y cáscara de la fruta.

El retraso de la maduración del fruto en el campo se logra con la aplicación de Fruitone CPA (ácido 2-3 clorofenoxi-propiónico), que es un regulador del crecimiento cuya aplicación tiene como objetivos: incrementar el peso de la fruta hasta en un 30%, reducir el peso de la corona, disminuir la presencia de frutas “abotellados” y retrasar la maduración natural entre 15-25 días. La aplicación se realiza a los 110-120 días posteriores al tratamiento de inducción floral, cuando los pétalos de las flores de la parte superior apenas se han secado. La aspersión debe ser uniforme y dirigida a la fruta evitando que le caiga a la corona, ya que le puede provocar quemaduras (Gamboa, 2006).

2.5.3 Calidad de la fruta

La calidad es el conjunto de especificaciones que debe cumplir la fruta para satisfacer las necesidades de los consumidores, ésta se encuentra dada por su uniformidad en tamaño y forma, debe ser firme, libre de pudriciones; sin quemaduras de sol, agrietamientos, magulladuras, deterioro interno, manchado pardo interno, gomosis y daños por insectos. Si la cáscara presenta color amarillo pálido, es una señal de que el sabor de la fruta será ácido. Las hojas de la corona deben tener un color verde intenso, tamaño mediano y porte erecto (Gamboa, 2006).

El rango apropiado de sólidos solubles totales es de 11 a 18%, acidez (principalmente ácido cítrico) 0,5 a 1,6% y ácido ascórbico 20–65mg/100g de peso en fresco, dependiendo de la variedad y estado de maduración. La fragancia es un signo de calidad, pero

generalmente la fruta se mantiene bajo temperaturas que anulan su fragancia. Los ojos pueden ser planos y poco profundos, las piñas que presentan una coloración más desarrollada, generalmente tienen mayores niveles de azúcares como resultado de la cosecha con un nivel avanzado de maduración (PROEXANT, 2003).

Normas de calidad

Los mercados extranjeros son muy exigentes con respecto a la calidad de la fruta y por la importancia que se le da a su apariencia. Existen una serie de normas de calidad para su comercialización. Las normas establecidas que abarcan tanto la fruta, la cáscara y la corona deben cumplir:

Para la fruta.

Fruto fresco, sano y sin elementos extraños. Fruto limpio, de textura firme y sin deformaciones. El péndulo seco prominente no se acepta (máximo 2,5cm.), debe tener solo leves protuberancias en la base. Grado de maduración (0,5 a 3,0 grados de color) según el tiempo estimado de traslado a su destino final. Sin presencia de daños de insectos.

Para la corteza.

Sin quemaduras químicas o producidas por el sol (la quemadura química que no afecta la pulpa se acepta como fruta de segunda). Cuello leve o inexistente (daño medio se considera fruta de segunda). Ausencia de daño por picudo (*Methamasius* sp), ausencia de corcho y gomosis. Sin humedad externa, manchas de sol o de otra clase, lesiones, cicatrices o signos de plagas o enfermedades.

Para la corona

La fruta debe presentar una sola corona limpia, debe de estar derecha y bien formada. Se considera fruta de segunda si existe la presencia de coronas múltiples, dobladas o pequeñas. Las hojas deben de ser verdes, sin espinas y ausencia de insectos.

Defectos que afectan la calidad

Se considera defecto a toda aquella característica que afecta a la fruta disminuyendo su calidad o excluyéndola de ser consumida (Jiménez, 1999). Éstos pueden ser clasificados según su origen o su ubicación.

Defectos según su origen:

- Defectos ambientales: quema de sol (coronas múltiples).
- Defectos genéticos: cicatriz o deformaciones de cuello o corona.
- Defectos por daño de insectos o animales: tecla (*Strymon basilides*), picudo (*Methamasius* sp), roedores y otros.
- Defectos de manejo: son provocados por el hombre (golpes, suciedad, etc.)
- Defectos de enfermedades: problemas fisiológicos relacionados con hongos o bacterias.
- Defectos del cultivo: provocados por errores en alguna práctica agrícola (fitotoxicidad).

Defectos según su ubicación:

- Defectos internos: son los que afectan la parte interna de la fruta.
- Defectos externos: son los que afectan la cáscara o corona.

La mayor parte del deterioro observado en la fruta de piña se debe a una serie de reacciones fisiológicas como respuesta a factores adversos como daños físicos, desórdenes fisiológicos o enfermedades ocasionadas por diversos patógenos (Jiménez, 1999).

2.5.4 Desorden fisiológico por altas temperaturas.

Los desórdenes fisiológicos se deben a factores adversos de naturaleza abiótica (no patogénica) tales como temperaturas extremas, atmósferas inadecuadas o desbalances nutricionales del cultivo, que provocan una serie de alteraciones en la fisiología normal de la fruta que afectan su calidad (Navarro, 2014).

Con una alta radiación solar las plantas sufren estrés cuando las clorofilas de las antenas de los fotosistemas, que se encuentran en las membranas tilacoides de los cloroplastos, absorben más energía lumínica de la que puede utilizarse en el proceso de la fotosíntesis. Este estrés por luz conduce inicialmente a la foto inhibición de la fotosíntesis que previene

las lesiones oxidativas al aparato fotosintético por la generación de especies reactivas del oxígeno (ROS; del inglés. reactive oxygen species) en el fotosistema I (PSI) y II (PSII). (Tadeo, 2008).

También se reconoce que la alta radiación, las temperaturas elevadas y el estrés hídrico, aumentan la foto-respiración de la planta, lo que afecta su productividad debido al consumo considerable de los carbohidratos fijados en la fotosíntesis (Gómez de Enciso, 2012).

El punto de saturación lumínica (expresada en flujos de fotones fotosintéticos; FFF) es característico para cada especie vegetal y es el punto en el cual la planta experimenta la mayor eficacia fotosintética (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2008). Sin embargo, en el caso de un FFF constante, el estrés lumínico, también, puede producirse cuando la tasa fotosintética disminuye por situaciones como la sequía, salinidad, temperaturas extremas o deficiencia nutricional (Tadeo, 2008).

La fotooxidación se presenta cuando los pigmentos fotosintéticos son destruidos por el alta radiación, especialmente por la pérdida de funcionalidad de las proteínas LHCII (light harvesting complex proteins) que propicia la liberación de las clorofilas, ligadas a estas proteínas y su destrucción por las enzimas clorofilasas (Tadeo, 2008). En consecuencia, los tejidos verdes disminuyen su concentración de clorofila presentándose una decoloración amarillenta a blanquecina. Las especies y variedades reaccionan diferentemente al estrés lumínico que depende de las condiciones de crecimiento e intensidad y duración de la radiación solar a la cual la planta o el órgano está expuesto que, en caso extremo, puede causar su muerte (Kays, 1997).

En plantas sensibles, la luz ultravioleta (UV-B 280-320 nm, tabla 2), como efecto inmediato, deprime la fotosíntesis, además de influir en su anatomía, biomasa y nivel de carbohidratos (Tevini y Teramura, 1983). La radiación UV penetra por entre las células, se absorbe e induce lesiones agudas, a causa de su energía cuántica elevada.

Tabla 2. Clasificación de la longitud de onda del espectro de la luz.

Clasificación	Longitud de onda(nm)
Ultra violeta(UV)	100-380
UV-C	100-280
UV-B	280- 320
UV-A	320- 380
Visible	380- 780
Infrarrojo	780- 2.500

Los rayos solares fomentan la producción de vitamina D, y la exposición por tiempo prolongado a la luz que proyecta puede dañar el material genético, produciendo quemaduras. Esto se debe a los rayos ultravioleta (UV), los cuales son partículas de luz u ondas que se agrupan en tres rangos (A, B, C). Las bandas C no llegan a la tierra pues son absorbidas por la capa de ozono. Las bandas A y B tocan la tierra con mayor facilidad, pues tienen longitudes de onda más largas y por consiguiente de menor energía, lo que es aprovechado por los seres vivos con el propósito de realizar múltiples funciones bioquímicas necesarias para la vida, entre ellas la síntesis de vitaminas; sin embargo la sobre exposición a este tipo de rayos especialmente a los ultravioleta (UV-B), perjudica la salud de los seres vivos, pues este tipo de radiación es responsable de mutaciones genéticas en la vegetación así como quemaduras de diversos grado.

La cantidad de radiación solar que llega a la tierra obedece a factores astronómicos y físicos atmosféricos, por lo que depende de la posición geográfica, fecha, hora del día, aire, partículas y espesor de la capa de ozono. Los rayos UV-B, llegan a la tierra en direcciones, por lo general oblicuas, con intensidades variables con valores que alcanzan unos 20 w/m² (Invdes, 2002).

2.5.5 Respuesta fisiológica al estrés

La mayor parte del deterioro observado en la fruta de piña se debe a una serie de reacciones fisiológicas como respuesta a factores adversos como daños físicos,

desórdenes fisiológicos o enfermedades ocasionadas por diversos patógenos (Jiménez, 1999).

La temperatura es el factor ambiental que más influye en el deterioro del producto cosechado. En general, el ritmo de deterioro de la piña es dos o tres veces mayor por cada incremento de 10° C por encima de la temperatura óptima de conservación de los productos. La temperatura también modifica el efecto del etileno y los niveles residuales de O₂ y altos de CO₂ en el producto cosechado, además, afecta directamente el ritmo respiratorio de las frutas y la germinación de esporas de los hongos y el posterior desarrollo de patógenos. Por encima de 40° C, se observan severos daños en el producto y a 60° C aproximadamente, cesa toda actividad enzimática. Adicionalmente, la fruta sufre excesiva pérdida de agua por transpiración, todo lo cual arruina el producto (Gerhard, 2012).

Pérdida de agua

La fruta cosechada pierde agua por transpiración de manera irreversible. Como consecuencia, el producto sufre una serie de alteraciones fisiológicas que aceleran los procesos de senescencia, síntesis de etileno y deterioro de tejidos. Esto, conjuntamente con los síntomas externos de marchites y arrugamiento del producto, afectan seriamente su calidad comercial. En general, se puede decir que un 5% de pérdida de agua es aproximadamente el valor máximo permisible en frutas. La pérdida de agua por transpiración es mayor a temperatura alta y humedad relativa baja (PROEXANT, 2003).

Daño por quemadura solar en los frutos de piña

La temperatura es el factor ambiental que más influye en el deterioro del producto cosechado. En general, el ritmo de deterioro de la piña es dos o tres veces mayor por cada incremento de 10° C por encima de la temperatura óptima de conservación de los productos. La temperatura también modifica el efecto del etileno y los niveles residuales de O₂ y altos de CO₂ en el producto cosechado, además, afecta directamente el ritmo respiratorio de las frutas y la germinación de esporas de los hongos y el posterior desarrollo de patógenos. Por encima de 40° C, se observan severos daños en el producto y a 60° C aproximadamente, cesa toda actividad enzimática. Adicionalmente, la fruta sufre excesiva pérdida de agua por transpiración, todo lo cual arruina el producto (Wollenberg, 2012).

Además, las quemaduras solares consisten en una decoloración de la cáscara amarilla a anaranjado rojizo oscuro, en casos severos la acompaña un endurecimiento de pulpa. Esto conduce a una invasión de patógenos que producen pudrición de la fruta. El daño se presenta por sobre exposición a la luz solar directa cuando la fruta de piña sufre volcamiento en el campo (Jiménez, 1999).

En tomates, la radiación solar directa puede causar el sobrecalentamiento de los frutos, con temperaturas mayores a 10° C que aquellos sombreados que, a su vez, resulta en una degradación del licopeno encontrados en tomates, expuestos a pleno sol y con temperaturas de la epidermis más altas, cambios en la concentración de los antioxidantes con una disminución del contenido de licopeno pero con un aumento en los niveles de polifenoles y ácido ascórbico, comparado con frutos completamente sombreados (Pék, 2011).

Además de eso las radiaciones fuertes pueden generar el rajado de frutos, por su efecto adicional de incremento de la temperatura en las capas de las células insoladas (Fischer, 2012).

La destrucción de los pigmentos puede manifestarse, en algunos casos, como un oscurecimiento del tejido afectado. Los cambios que experimenta la piel del fruto durante el periodo de crecimiento y maduración en la planta inciden sobre la susceptibilidad de este órgano, siendo los frutos que se desarrollaron en la sombra o con poca luz más susceptibles a la quemadura solar que los que crecieron bajo radiación solar directa posiblemente por la inducción de una respuesta de climatización (Dussi, 2007).

Según Ficher (2012) plantea para algunos frutales varios métodos de control de las altas radiaciones, como la elección de sitios menos expuestos a esta condición y de especies y variedades menos susceptibles, además de la siembra de cultivos intercalados que den sombra o del empleo de mallas (que también protegen contra la granizada) sobre las plantas. Otros métodos en frutales incluyen: encalar troncos o ramas, en especial cuando el sol mañanero llega en un ángulo muy recto a los árboles; formar copas con ramas y hojas que cubran los frutos parcialmente y, en el caso de la piña, cubrirla con material vegetal o papel.

2.5.6 Formas de protección por el golpe del sol.

Existen protectores solares en el mercado para evitar este problema, se basan en dos mecanismos de protección: reflexión de la radiación, lo que disminuye la temperatura superficial e interior de las frutas por debajo de la temperatura ambiental y absorción de la radiación ultravioleta, una de las principales causas de la aparición de las quemaduras de sol en los frutos. El primer grupo está compuesto por sustancias minerales reflectantes como sílice y caolín. Estos protectores presentan problemas para su aplicación además de que disminuyen la fotosíntesis de la planta por cubrir sus hojas y son además difíciles de retirar durante el beneficio de la fruta. Por otra parte, los de absorción de la radiación deben ser inocuos, lo cual no se cumple en muchos casos (Fischer, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Unidad Empresarial de Base (UEB) "Producción de Piña" perteneciente a la Empresa Agroindustrial Ceballos (21°47'N 78°48'O) durante los meses de julio a septiembre de 2017. Se utilizaron hijos clavel de piña MD-2 de aproximadamente 300 g de masa fresca. Luego del tratamiento de desinfección con fungicidas establecido en la UEB para la semilla, se procedió a la siembra de la misma durante el mes de octubre de 2016. Sembradas a densidad de 64800 plantas por hectárea.

A los 7 meses después de sembradas y cuando las plantas alcanzaron un peso por encima de 2500 g se indujo la floración según la metodología establecida en la UEB. Los análisis se realizaron en frutos de 90, 120 y 150 días después de inducida la floración.

3.1. Caracterización del comportamiento de variables climáticas en distintas horas del día y la temperatura que alcanzan los frutos de piña MD-2 en función de su exposición al sol.

En este experimento se evaluó durante los tres meses de mayor temperatura y radiación solar (julio, agosto y septiembre) la incidencia de quemaduras de sol en el híbrido MD-2.

Se tomaron parcelas de 1360 plantas con frutos de 90 días después de la inducción floral y replicado 3 veces. Se evaluaron:

Variables ambientales registradas durante el desarrollo del experimento.

Se tomaron diariamente a partir de datos brindados por el Centro Provincial de Meteorologías de Ciego de Ávila de la Estación 78346 (Venezuela). Se recogieron los datos de temperatura máxima, mínima del día y temperatura promedio (°C), humedad relativa promedio (%) y precipitación (mm). Estos datos fueron graficados para evaluar la incidencia de los mismos sobre la aparición de las quemaduras durante el desarrollo del experimento.

En la figura1 se muestran las variables ambientales de los tres meses evaluados.

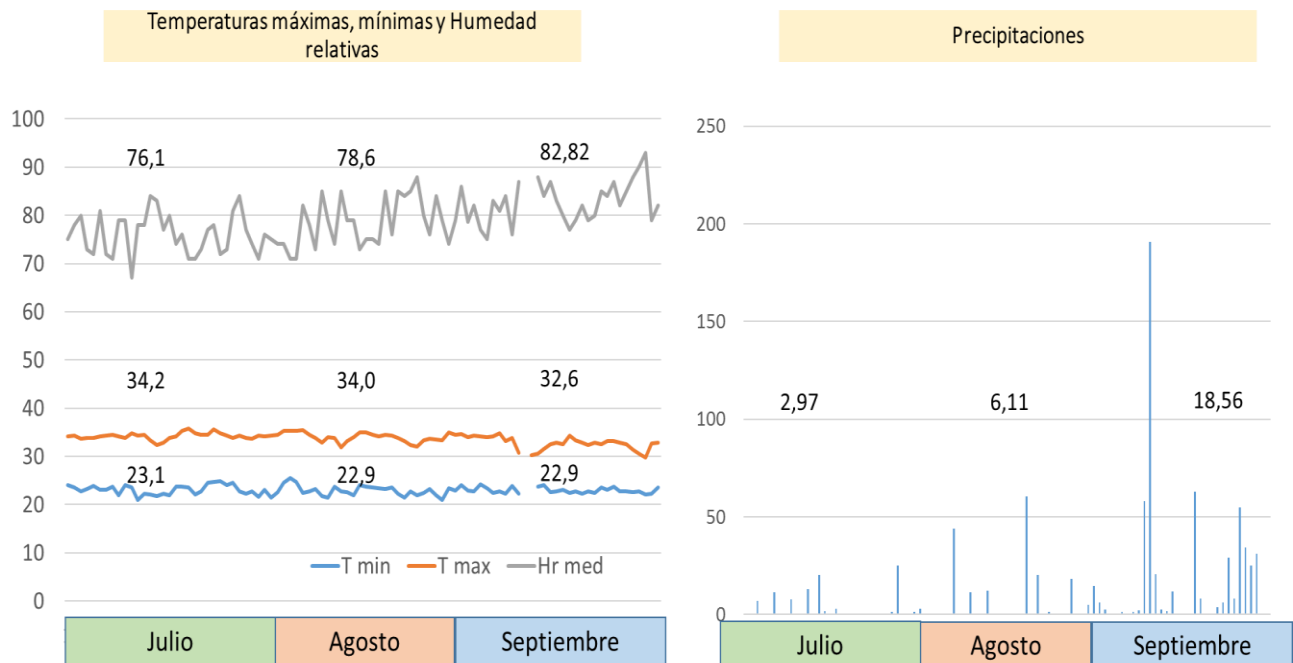


Figura 1. Variables ambientales de los tres meses evaluados en las condiciones de la UEB “Producción de Piña”. Datos brindados por el Centro Provincial de Meteorologías de Ciego de Ávila de la Estación 78346 (Venezuela).

3.1.1. Establecimiento de dinámica de la temperatura de la fruta a lo largo del día.

En este experimento se evaluó la dinámica de la fruta en cuanto a temperatura exterior e interior en dependencia del mes y el estado de desarrollo del fruto.

Se tomaron aleatoriamente 20 frutos y en los estados de desarrollo 90, 120 y 150 días después de la inducción florar y tres veces al mes desde las 8:00 am a 5:00 pm y se evaluó:

- **Temperatura:** exterior e interior del fruto por los dos puntos cardinales de mayor incidencia (Este y Oeste).

La temperatura exterior se evaluó con un termómetro infrarrojo marca Fluke 62 Mini IR de con error de 0,1 °C.

Para la temperatura interior se realizó una perforación de 15 cm en el fruto. Para esto se utilizó un punzón de acero inoxidable. Se determinó la temperatura interior utilizando un termómetro de sonda marca Quartz Digi-Thermo VWR de 0,1 °C de error. Los datos de tres días en cada mes se recolectaron y se analizaron estadísticamente.

3.1.3. Evaluación de la incidencia de quemaduras de sol en frutos.

En 150 frutos por tratamiento, previamente marcados, se clasificó cada 30 días la incidencia de quemaduras de sol según Mbatha y Rabie (2014) en cuatro categorías (figura 2). Además, antes de la cosecha se evaluó la incidencia total en las parcelas experimentales.

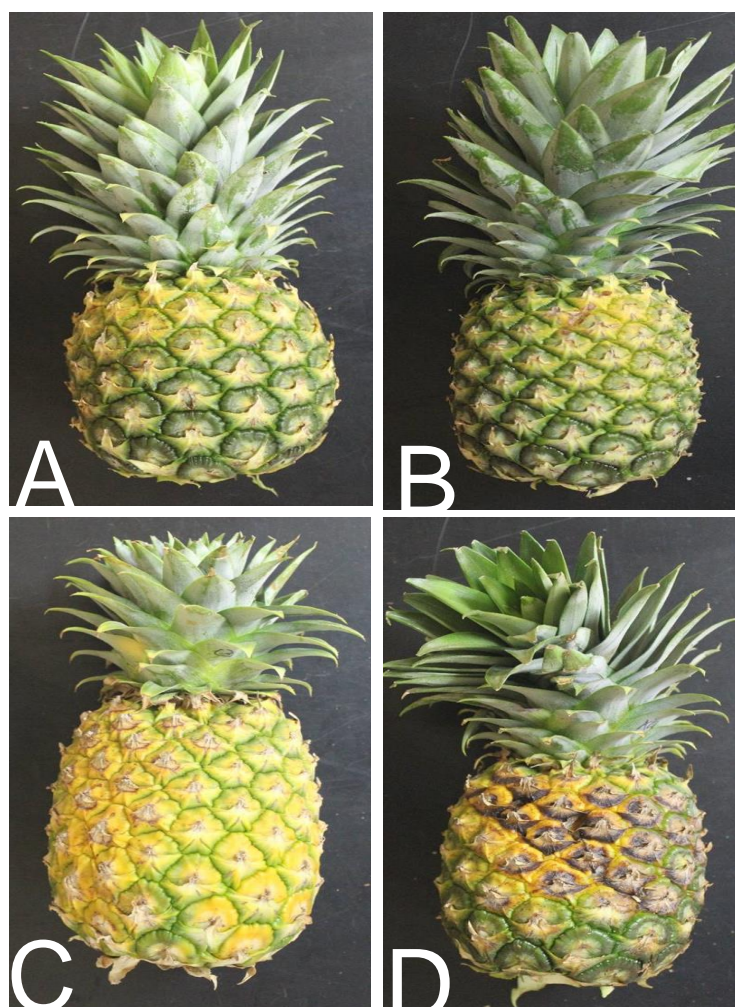


Figura 2. Grados de clasificación de los frutos según la quemadura.

Grado 0. Frutos sin ningún tipo de quemaduras ni amarillamiento de la corteza.

A. Grado 1.

Ligero amarillamiento en los hombros del fruto, que puede desaparecer posteriormente. No se observan signos de necrosis, ni oscurecimiento o blanqueamiento de la corteza del fruto.

B. Grado 2.

El área del amarillamiento es más extensa, pueden aparecer áreas de blanqueado de la corteza, y áreas de necrosis y ennegrecimiento, que ocupan de dos a 5 celdas del fruto.

C. Grado 3.

El área de amarillamiento blanqueamiento ocupa prácticamente toda una cara de la fruta, existen más de 10 celdas con necrosis y ennegrecimiento. No hay ruptura de la corteza.

D. Grado 4.

Grandes áreas con necrosis, hay ruptura de la corteza y pudrición de la pulpa.

3.2 Determinar mediante análisis bromatológicos en los frutos de piña MD-2 los efectos que ejerce la quemadura solar en los meses de mayor afectación.

A partir de los 90 días después de la inducción floral y con frecuencia mensual (30 días) se tomaron 10 frutos para realizarle las siguientes pruebas bromatológicas:

Masa de fruta (g): Se realizó el pesado de la fruta con corona utilizando una balanza técnica marca Sartorius BSA 2201 con un error de 0,1 g.

Número de espirales, número de ojos en espiral mayor: Se determinó por contero visual determinando a partir de la espiral de mayor desarrollo en los hombros de la fruta.

Longitud del fruto, longitud de la corona, diámetros superiores e inferiores (cm): Se determinaron utilizando un pie de rey marca INOX con un grado de error de 0,1 mm.

Para realizar los análisis químicos de la pulpa se procedió a triturar la pulpa de cuatro partes de la fruta en una licuadora y posteriormente filtrarlo utilizando una gasa. Se obtuvieron 100 mL de jugo por fruto a los cuales se les realizaron las determinaciones siguientes:

Porcentaje de sólidos solubles: Se determinó utilizando un refractómetro de mano marca ATAGO N1 de 0a 32 °Brix con 0,1 °Brix de error.

pH: se determinó con la utilización de un potenciómetro digital marca Sartorius PP-2 con un error de 0,001 grados el cual fue previamente estandarizado antes de cada ensayo.

Contenido de acidez: se determinó por valoración ácido base utilizando NaOH 0,1 mol L⁻¹ como agente valorante y fenolftaleína como indicador. Se valoraron dos mililitros de jugo y los resultados se expresaron en g de ácido cítrico en 100 mL de jugo.

3.2.1 Evaluación de quemaduras en frutos cosechados y estimación económica de pérdidas por concepto de quemaduras solares.

Se evaluaron los frutos correspondientes a un día de cosecha y se separaron en frutos quemados con descarte para exportación (grado 2 en adelante) y frutos no quemados. Los mismos se contabilizaron para establecer un porcentaje de quemaduras.

Se extrapolaron los resultados a una hectárea y se estimaron las perdidas por concepto de no exportar debido a quemaduras tomando el precio promedio de un fruto en 1,87 USD.

3.3. Análisis estadísticos.

El tratamiento estadístico de los resultados se desarrolló con el empleo del utilitario "STATISTIC 8.0" de StatSoft (2007). Se realizaron análisis paramétricos (ANOVA de clasificación doble, prueba Tukey, $P \leq 0,05$) después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $P \leq 0,05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $P \leq 0,05$). Las variables porcentuales para su análisis se transformaron según la ecuación $y' = 2 \arccos \sqrt{(y/100)0,5}$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.2 Dinámica de la temperatura de la fruta a lo largo del día

En la figura 3 se muestran los resultados de las temperaturas dentro y fuera de la fruta a lo largo del día por la cara este y oeste.

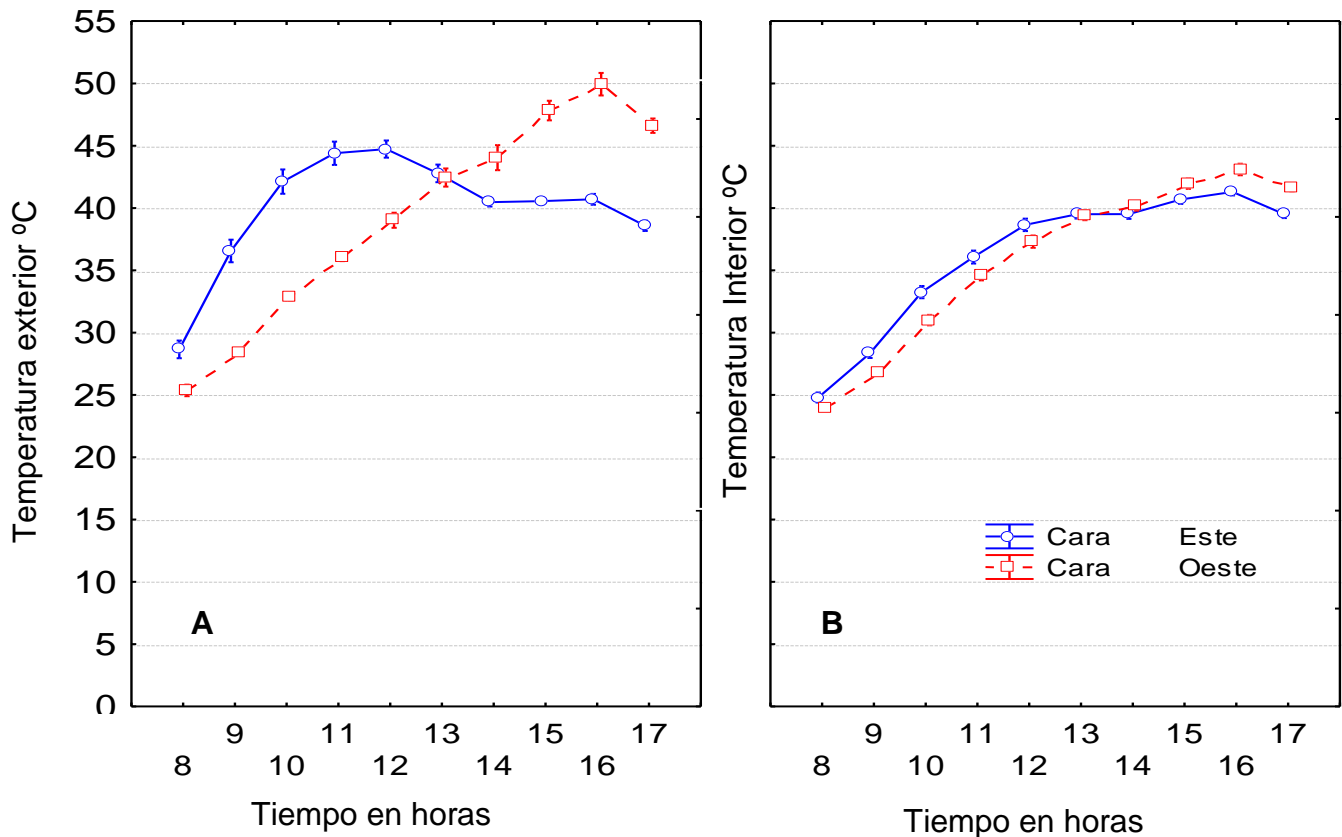


Figura 3. Dinámica de temperatura de las frutas en tres días diferentes en la UEB “Producción de Piña”. A: temperatura exterior de la fruta. B: Temperatura interior de la fruta. Cada punto representa la media de 15 frutos. Las barras representan más o menos el error típico de cada media. Barras que no se solapan muestran diferencias significativas para Anova de clasificación doble y HSD Tukey ($p < 0.05$).

En la figura 3A se puede observar que la temperatura exterior por la cara Oeste, alcanza más de 50 °C con un ascenso continuo a lo largo del día. Mientras que la cara Este alcanza 45 °C y luego comienza a disminuir a partir del mediodía. Por otro lado, la temperatura interior del fruto Figura 3B aumenta continuamente a lo largo del día, sin

grandes diferencias entre las caras Este y Oeste (41 y 43 °C respectivamente), lo que indica una distribución del calor dentro del fruto por efecto de la conducción y disipación. Las temperaturas interiores alcanzan valores cercanos a la temperatura ambiental (39 °C).

Estos valores de temperatura, tanto interior como exterior, se pueden considerar como elevados y son los causantes directos de los daños por quemaduras solares cuando los frutos se estresan. Sería muy interesante, en investigaciones futuras, poder cuantificar la incidencia de la radiación solar directa, sobre todo los rayos ultravioletas que reciben los frutos.

Según García (2012) con temperaturas mayores a 27° C las plantas son susceptibles a daños por excesiva transpiración, y temperaturas superiores a los 30 °C pueden quemar la epidermis y tejidos subyacentes ocasionando quemaduras por golpe de sol. Esto concuerda con los datos obtenidos en este experimento, ya que se puede apreciar como la temperatura externa de la fruta fue extremadamente evaluada en la cara Oeste luego de las 12:00 h, presentándose una diferencia de 13 °C con relación a la temperatura ambiente registrada a las 16:00 h durante el proceso de investigación.

Las plantas de piñase dañan por los excesos de radiación y temperatura durante su ciclo productivo, en general es el fruto el más susceptible a sufrir daños severos durante los dos o tres últimos meses de su desarrollo. Estos en la medida que va acumulando más agua en sus tejidos, se reconoce como la principal causa responsable de acumular y transmitir el calor que genera la radiación que incide en su superficie (Ávila, 2018).

Hasta el momento los resultados han demostrado que la radiación directa es la principal causa que puede estar asociada a los incrementos de la temperatura en la superficie exterior del fruto, sobre todo en la zona de la cara Oeste, lo que hace que el interior del mismo la transmita de forma homogénea hasta toda la zona de la fruta. Este proceso es quien puede causar el daño por quemadura solar en los frutos en esta época del año (García, 2012).

4.1.3 Incidencia de las quemaduras en los frutos según el estadio de desarrollo.

En la figura 4. se muestran los porcentajes de quemaduras solares sobre la fruta de piña MD-2 en el período evaluado. Se analizaron los porcentajes de frutos quemados en cada cara (Este y Oeste) además de los grados de afectación desde 0 hasta grado 4.

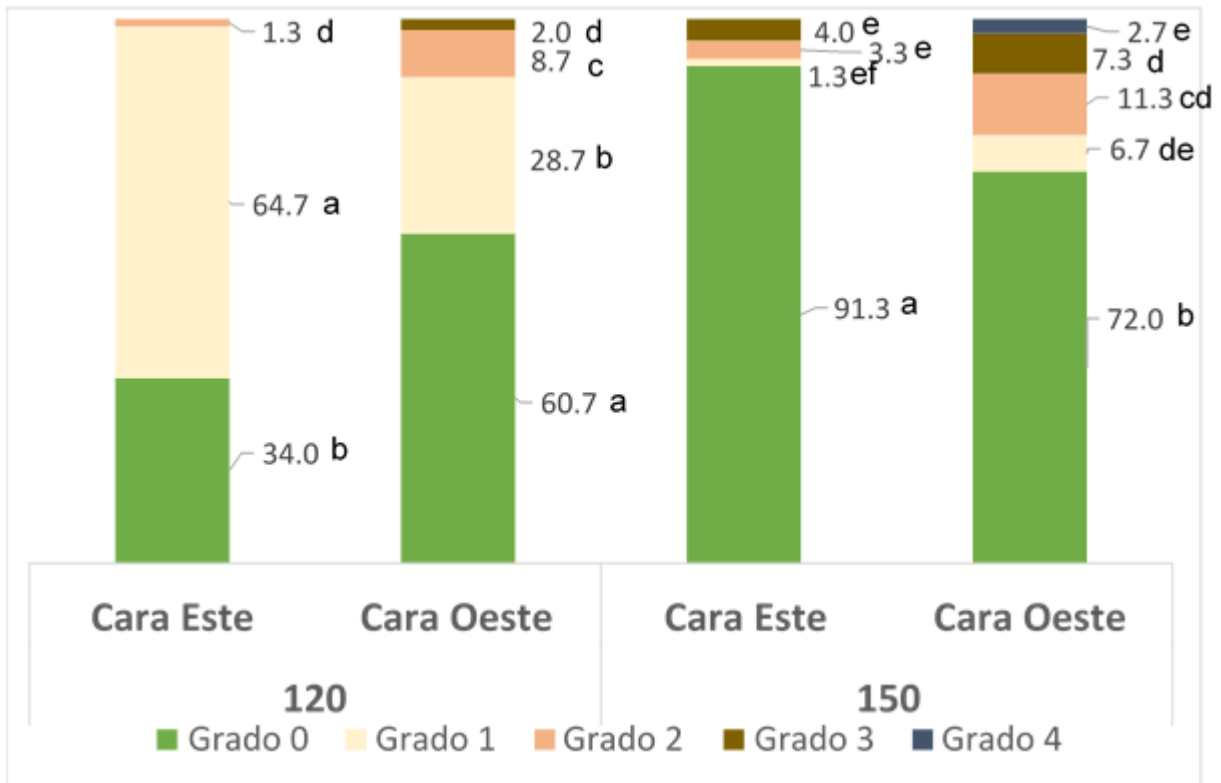


Figura 4. Quemaduras solares en frutos de piña ‘MD-2’ en los últimos 60 días de desarrollo del fruto expresadas en porcentaje de frutas quemadas según el grado de quemadura de 0 a 4. Para cada cara en cada tiempo letras diferentes hay diferencias significativas para $n=50$ y Anova bifactorial y HSD Tukey ($p < 0,05$) luego de transformación mediante ecuación $y = \text{Arcosen}(\sqrt{x/100})$.

En el inicio del experimento (90 DDDI) no existían quemaduras solares en ninguno de los frutos seleccionados. Además, en el área experimental existían pocos indicios de plantas quemadas (observación visual del área escogida).

En la figura se puede observar un incremento de las quemaduras solares a partir de los 120 DDDI. En este tiempo se aprecia que la cara Este presentó un alto porcentaje de quemaduras de grado 1 (64,7%) que muestran una ligera decoloración y no son

descartadas para la exportación, solo el 1,3% de frutos con grado dos y ninguna con grado tres o cuatro a los 120 días. Mientras en la cara Oeste, a los 120 días ya se pueden observar frutos con quemaduras de grado uno, dos, tres sin aparición del grado cuatro que es considerado como severo en este mismo periodo de tiempo.

Ya en el último mes de desarrollo del fruto (150 DDDI), hubo una disminución de la quemadura de grado uno en ambas caras (de 64,7% a 1,3% en cara Este y de 28,7% a 6,7 % en cara Oeste). Esto se debe a que el grado 1 es una quemadura de la cual el fruto fue capaz de recuperarse utilizando los mecanismos anti estresantes que consisten en la activación de complejos enzimáticos que disminuyen el estrés oxidativo en la corteza del fruto. Por otra parte, las quemaduras de grado 2 aumentaron además de que apareció un porcentaje de plantas con quemaduras de grado 3. No existieron en este periodo frutos con quemaduras de grado 4 en la cara Este.

En la evaluación realizada a los 150 días, en la cara Oeste los aumentos de las quemaduras fueron mayores en comparación con la cara Este para todos los grados de quemaduras. En los casos de quemaduras grado 2 y 3 hay un gran incremento (18,6%), lo cual representa un porcentaje significativo de daños en los frutos evaluados. Además, en esta cara es importante señalar que aparecen quemaduras severas de grado 4, lo cual no ocurre en la cara Este. En la medida que la planta alcanza su pico de maduración los grados de afectaciones son mayores tal como se puede observar en la cara Oeste en este último mes.

Esta diferencia en los porcentajes de quemaduras observadas en ambas caras se debe a los niveles de radiación que reciben ambas por la posición en que se encuentran. Como se representó en la figura 3 la cara Oeste recibe mayor radiación solar, lo que provoca que la temperatura alcance valores por encima de los 50 °C. Sin embargo, la cara Este no supera los 45 °C. Esta diferencia de temperatura mantenida durante el periodo final de desarrollo del fruto es lo que provoca que aumente el estrés térmico en la corteza de los frutos y por tanto aumente la producción de radicales libres y un posterior desbalance oxidativo.

La temperatura anual requerida para un adecuado crecimiento de las plantas de piña oscila entre 23 y 30 °C, con un óptimo de 27 °C. El crecimiento de raíces y hojas es

prácticamente nulo a temperaturas menores de 21 °C y a mayores de 35° C. Temperaturas inferiores a 23 °C aceleran la floración, disminuyendo el tamaño del fruto y haciéndolo más ácido y percedero; mientras que temperaturas superiores a 30 °C pueden quemar la epidermis y tejidos subyacentes ocasionando lo que se llama “golpe de sol” (Santoyo y Martínez, 2011).

Se reconoce que la temperatura es un factor importante en el desarrollo del fruto, jugando un papel fundamental en la formación del mismo, la madurez y su calidad (Santoyo y Martínez, 2011). En frutos que se desarrollan en regiones donde prevalecen temperaturas y niveles de radiación bajos, el contenido de ácido se incrementa y los sólidos solubles disminuyen; en contraste, frutos cosechados en Cuba, Filipinas y México contienen menor cantidad de ácido y mayores valores de azúcares (Rebolledo *et al.*, 2011).

4.2 Efectos que ejerce la quemadura solar sobre la bromatología de los frutos de piña MD-2.

En la figura 5. se puede apreciar la masa fresca de la fruta y la longitud de la fruta.

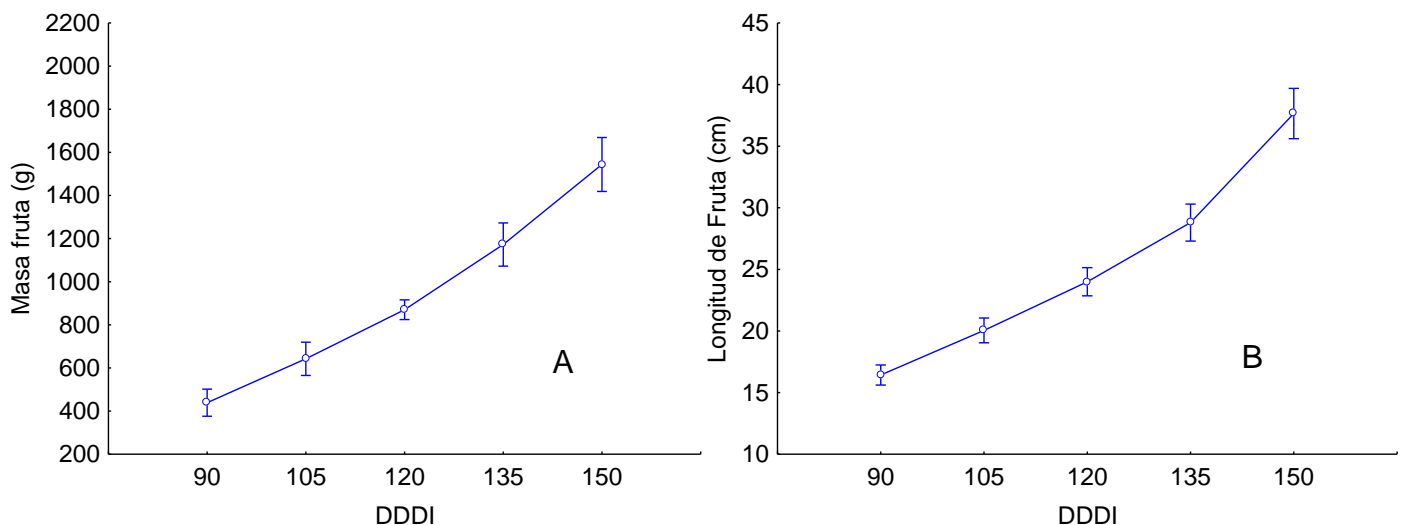


Figura 5. Comportamiento de las variables masa (A) y longitud (B) de la fruta en los últimos 60 días después de la inducción floral (DDDI). Cada punto representa la media de 10 frutos. Las barras representan más o menos el error típico de cada media. Barras que no se solapan muestran diferencias significativas para Anova de clasificación simple y HSD Tukey con ($p < 0,05$).

La fruta aumento su peso desde 400 hasta 1500 g (figura A) durante el desarrollo del experimento, donde se puede observar un significativo y continuo aumento de la masa fresca del fruto de piña, durante dos meses el fruto incrementó 1 400 g. En la figura B se puede observar que la longitud de la fruta, también aumenta significativamente hasta alcanzar 35 a 37 cm de longitud a los 150 días. La masa del fruto está significativamente correlacionada con una mayor intensidad lumínica recibida por el fruto antes de la maduración. Esta también es la causa de que los rendimientos decaen de un 10% a un 20% con bajas intensidades lumínicas en los momentos de la cosecha (Bartholomew y Malézieux, 1994).

Cuando la masa del fruto aumenta, la corteza disminuye y por ello existe mayor posibilidad de daño. Los resultados obtenidos durante los momentos de evaluación demostraron claramente que a medida que los frutos se acercaban a su etapa final de madurez (135-150 días) incrementó su masa y para ello la división celular que deben realizar las células de la corteza es mayor y hace que esta se debilite y se esponga más a los daños por quemaduras solares. Esto asociado a que también existe un incremento de la temperatura en la zona donde más incide la radiación solar, sobre todo en horas de la tarde en la cara Oeste del fruto (figura 3.).

En la figura 6. se muestra el comportamiento de las variables longitud de la corona y números de ojos de la fruta.

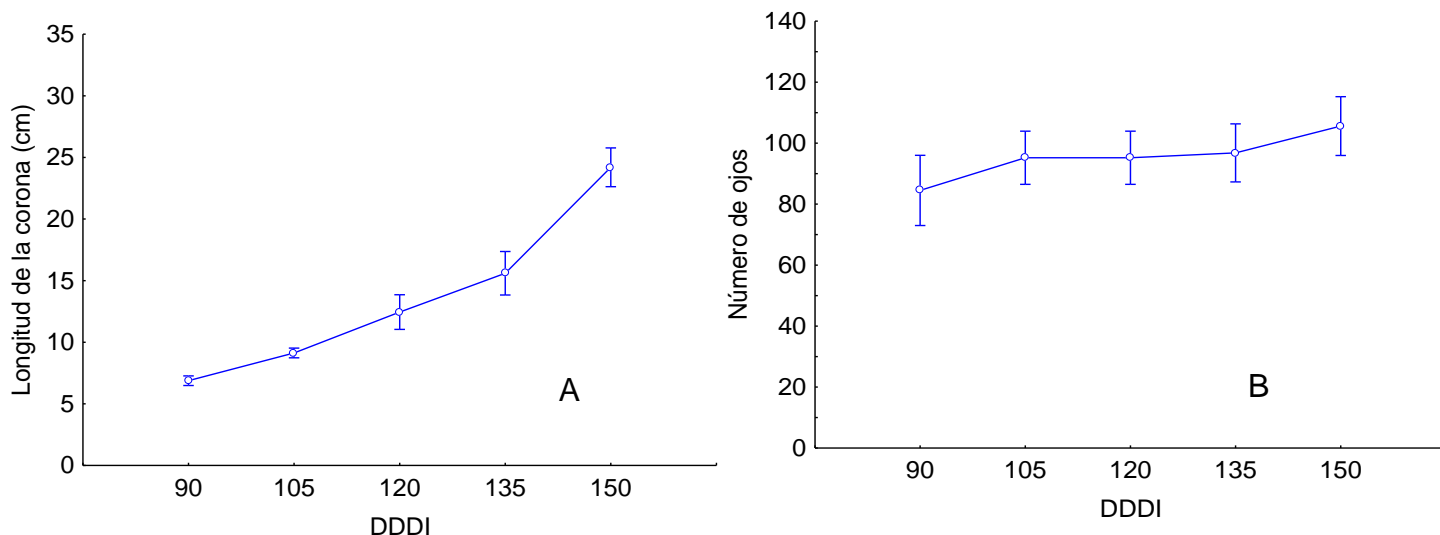


Figura 6. Comportamiento de las variables longitud de la corona (A) y número de ojos de la fruta (B) en los últimos 60 días después de la inducción floral (DDDI). *Cada punto representa la media de 10 frutos. Las barras representan más menos el error típico de cada media. Barras que no se solapan muestran diferencias significativas para Anova de clasificación simple y HSD Tukey ($p < 0,05$).*

Los resultados muestran que desde los 90 días y hasta los 120 días (30 días) la longitud de la corona incremento 8 cm, mientras que en apenas 10 días (135 a 150 días) este incremento fue de 10 cm. Ya en la evaluación realizada a los 150 días la corona alcanzó un máximo de 23 cm (figura 6 A).

La corona comienza a incrementarse entre 30 y 45 días luego que el fruto ya comenzó a crecer, este no tiene una relación directa con el crecimiento del fruto. Muchas veces no se cumple que con eliminarla el fruto crece más. Sin embargo, su eliminación es una práctica que puede incrementar el daño por quemadura solar del fruto. Se ha demostrado que un incremento de la temperatura del aire, antes de la cosecha del fruto, estimula entre 94% a 96% el crecimiento de la corona, pero no el peso del fruto (Paull y Reyes 1996).

La figura (6 B), muestra que en el fruto no se incrementó significativamente el número de ojos en los primeros momentos de evaluación (80 a 100). Sin embargo, se aprecia un significativo incremento de los ojos en la evaluación final con respecto a las dos primeras evaluaciones realizadas. El número de ojos en el fruto también juega un papel de suma importancia en el rendimiento del cultivo, ya que el número de “ojos” o “bayas” que constituyen el fruto múltiple de la piña está relacionado con el número de hojas producidas durante el último mes que precede a la iniciación floral; es en ese preciso momento donde un suministro adecuado de Nitrógeno permite incrementar la generación de hojas y acelerar su velocidad de crecimiento, lo cual finalmente repercute en el tamaño del fruto (Lacoeuilhe, 1975).

En la figura 7 se muestra el comportamiento de las variables contenido de sólidos solubles (A), el pH (B) y el contenido de acidez (C).

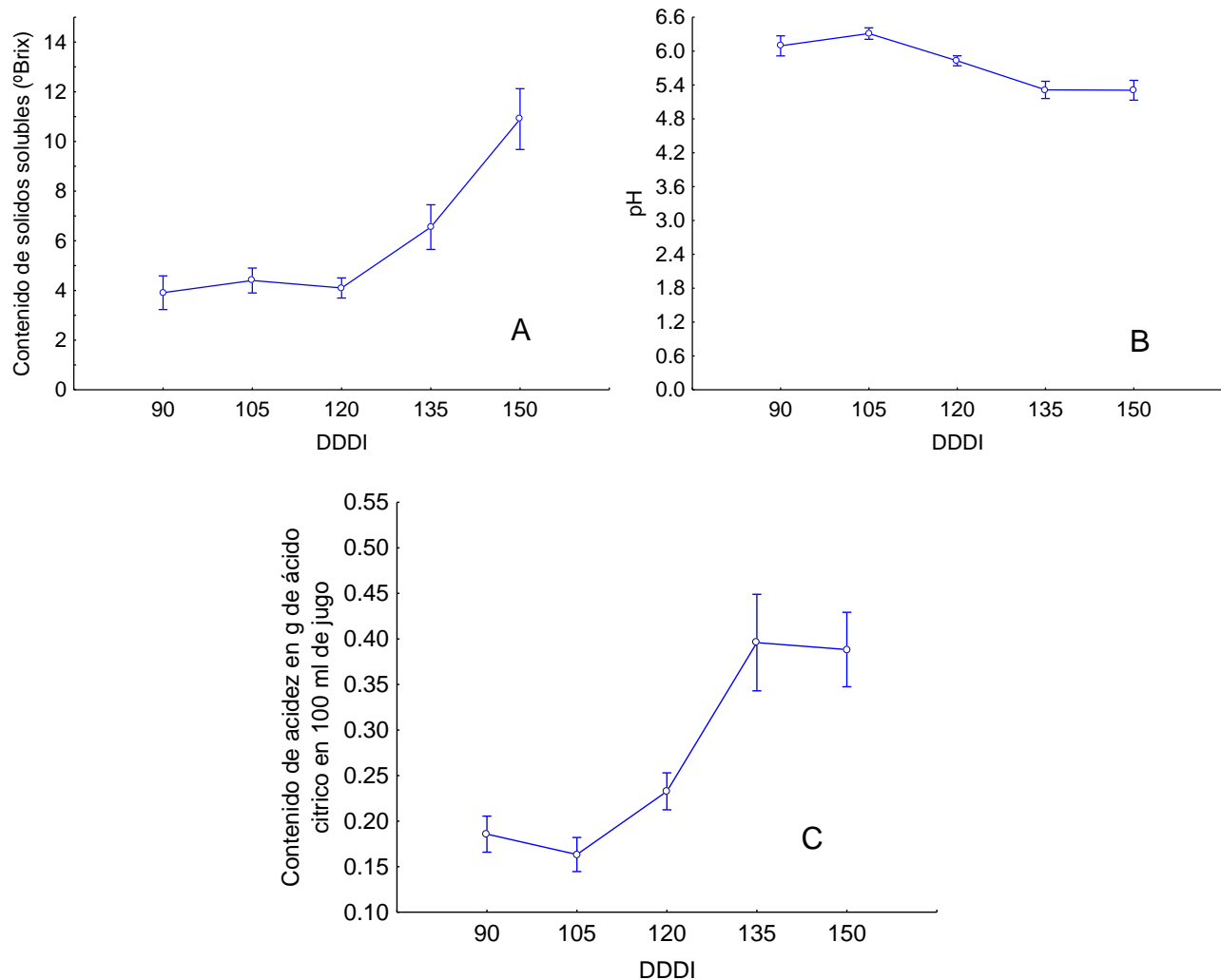


Figura 7. Comportamiento de los sólidos solubles (A), el pH (B) y el contenido de acidez (C) de la fruta en los últimos 60 días después de la inducción floral (DDDI). Cada punto representa la media de 10 frutos. Las barras representan más menos el error típico de cada media. Barras que no se solapan muestran diferencias significativas para Anova de clasificación simple y HSD Tukey ($p < 0,05$).

En la figura 7 (A) se aprecia que el contenido de sólidos solubles totales se mantuvo bajo (4-4,5 °Brix aproximadamente) en las primeras tres evaluaciones realizadas (hasta los 120 días), sin diferencias significativas entre ellos. Posterior a esta fecha, en apenas 30 días, un significativo incremento se observó (4 a 12 °Brix).

El pH en la fruta (figura 7B) disminuyó de 6 hasta 4 en los últimos 50 días, mientras que el contenido de acidez (figura 7C) se incrementa significativamente, hasta alcanzar valores similares a los que se plantean en la literatura. En la piña MD-2 el rango apropiado de sólidos solubles totales es de 12 a 18%, acidez (principalmente ácido cítrico) 0,5 a 1,6% y ácido ascórbico 20-65 mg/100g de peso fresco, dependiendo de la variedad y estado de maduración.

En el fruto de piña los sólidos solubles totales (°Brix) se incrementan gradualmente hasta el momento de consumo (Seymour *et al.*, 1993). El porcentaje de sólidos solubles es indicativo del grado de madurez que tenga la fruta al momento de la cosecha, en el caso de la piña por ser una fruta no climatérica es un indicativo importante de calidad, ya que una vez que la fruta se desprende de la planta, esta mantiene sus cualidades o propiedades internas.

El °Brix promedio en fruta madura está registrado entre 15 y 18 °Brix, pero las frutas cosechadas en temperatura bajas contienen menores °Brix. Esto es debido a que la fruta bajo condiciones de frío contiene menor cantidad de azúcar y mayor acidez, aunque el sabor amargo de esta fruta es causado principalmente por el bajo contenido de azúcar que por la alta acidez (Macrae *et al.*, 1993).

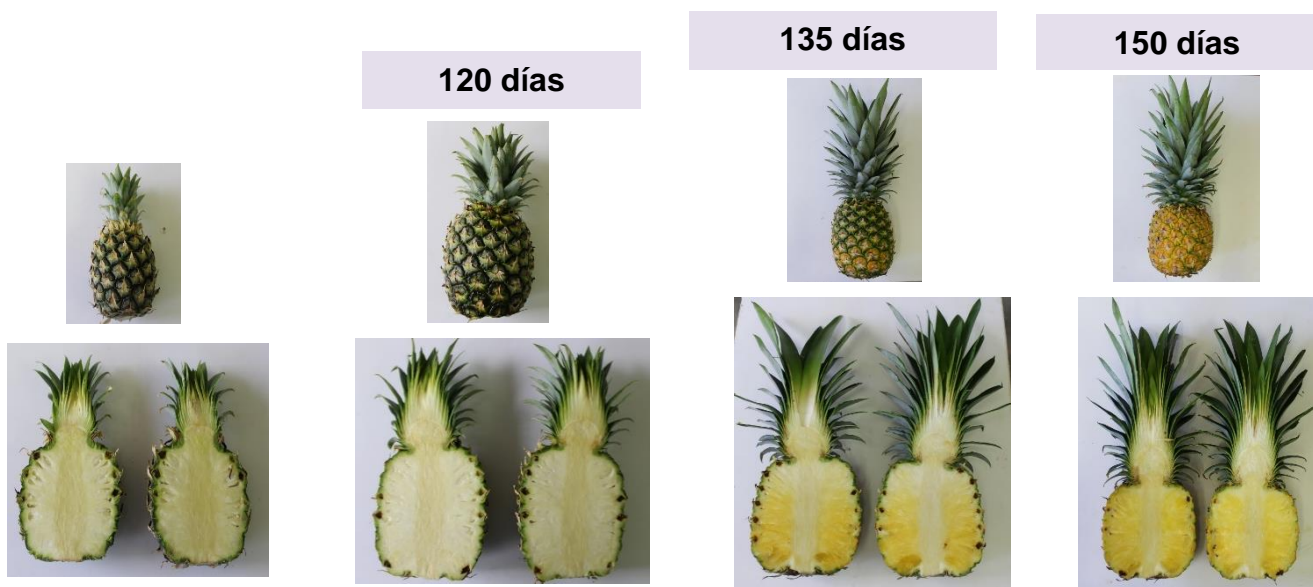
El pH es el resultado de los cambios bioquímicos que experimenta el fruto de piña. Se reconoce que el pH del jugo de la piña disminuye a medida que se acerca el estado de madurez total, este es otro de los indicadores de calidad que califican a la fruta y que a su vez pueden servir como criterio de cosecha. Este valor está relacionado con la maduración de la fruta ya que como se mencionó anteriormente cuando la fruta está en un estado inicial de madurez contiene pocos azúcares y ácidos que condicionan el valor de pH. Como norma de calidad se exige que la piña tenga un valor de pH de 3,6.

Se considera que dentro de las propiedades más perceptibles por los consumidores están los °Brix y la acidez titulable, ya que son variables altamente responsables del sabor. Para los frutos evaluados en este estudio, se encontró que en el momento de la cosecha el °Brix y la acidez titulable tienen un valor de 12 para los °Brix y 0,48 de acidez. Estos valores se ubican dentro de los rangos normales para la piña MD-2, los cuales oscilan entre: °Brix= 12-18 y acidez titulable= 0,5-1,0, sugiriendo que el fruto posee un sabor dulce con un matiz de acidez ideal, altamente aceptado y consumido por la población en

general. Los ácidos orgánicos decrecen con la madurez de la fruta y el contenido de azúcares aumentan ya que estos son usados como sustratos para la síntesis de nuevos compuestos (Wills *et al.*, 1989).

Figura 8. Estado de desarrollo de los frutos y la traslucidez de piña durante el experimento.

Con respecto a la traslucidez de la fruta, se debe considerar que es un desorden fisiológico que puede iniciar e ir incrementando a partir de la sexta a la octava semana, antes de que el fruto alcance su plena madurez natural. Esta puede ser consecuencia de acciones anteriores a la cosecha y de algunas relacionadas a aspectos climatológicos, nutricionales o fisiológicos, así como a sus interacciones que, o bien la causan o al menos la predisponen (Paull y Reyes, 1996).



Esta traslucidez o coloración interna de la pulpa se mide en rangos de 0 a 5. El rango 0 indica pulpa blanca y poco madura; el rango 5 indica pulpa amarilla y fruta madura. La traslucidez en el fruto comienza a diferenciarse de abajo hacia arriba. Un tejido se torna translucido en la medida que concentra mayor cantidad de líquidos. Traslucidez es lo opuesto a la opacidad, característica que presenta la pulpa cuando contiene pocos jugos, típico de un estado de madurez bajo o muy bajo.

Generalmente, un fruto para el mercado fresco nacional madura de manera natural adherido a la planta, y se cosecha cuando alcanza el grado de madurez externa adecuado y al gusto y solicitud del cliente, por lo que el responsable de la cosecha deberá considerar la distancia/tiempo de traslado a su centro de distribución y consumo, pero principalmente, la estación del año cuando se realice.

Es por ello que la cáscara de estos frutos deberá desverdizarse de manera artificial, para que adquiera un color uniforme y comercialmente atractivo para el consumidor final. Sin excepción, estos frutos destinados para el mercado fresco de exportación, antes de ser cosechados, deben haber alcanzado su plena madurez fisiológica y tener al menos 12 °Brix o más, con una madurez interna o grado de translucidez de la pulpa (al momento y en el sitio de la entrega del embarque) de 1 o 2 (Uriza Ávila, 2018)

4.2.1 Evaluación de quemaduras en frutos cosechados y estimación económica de pérdidas por concepto de quemaduras solares.

En la figura 9 se presenta el porcentaje de quemaduras en los frutos evaluados en la cosecha realizada el 21 de septiembre de 2017.

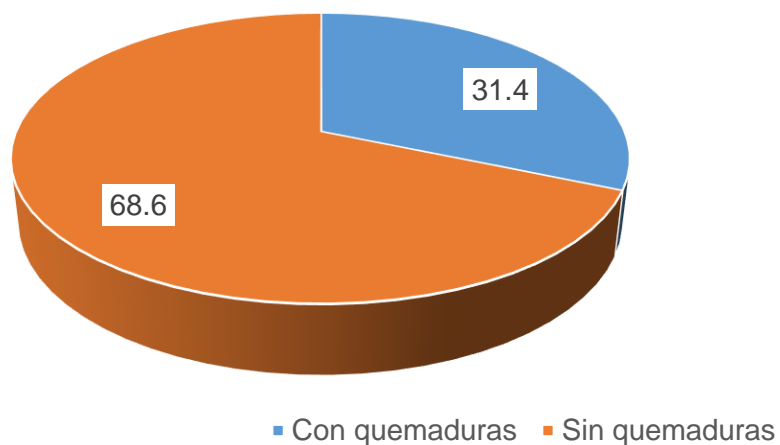


Figura 9. Porcentaje de quemaduras en 564 frutos cosechados.

Luego de la cosecha se evaluaron 564 frutas para ver si estaban quemadas o no, reportándose un 31,4 % de ellas quemadas (179 frutas con quemaduras de grado 2 o más).

Si se extrapola esto a que una hectárea tiene una densidad de plantación de 68 000 plantas ha⁻¹, se puede calcular que se pueden perder por quemaduras 21 352 frutos lo que al precio de venta del fruto en el mercado exterior que oscila sobre los 1,78 USD, se pueden perder 39 928 USD ha⁻¹. Esto puede ser considerado como una pérdida significativa para la Empresa y el país.

Los resultados en esta etapa no se pueden generalizar pues es un estudio inicial que se está repitiendo este año para establecer el comportamiento en dos años consecutivos. En trabajos posteriores se establecerán métodos de protección, con la utilización de protectores solares, medios físicos y anti estresantes y el que mejor resultado brinde si se pudiera generalizar.

CONCLUSIONES

- Las frutas alcanzan temperaturas superiores a 50 °C en la corteza y 40 °C en la pulpa a partir de las 11:00 horas, lo que provoca porcentajes de quemaduras mayores al 21% entre los 120-150 días, afectando económicamente el proceso productivo.
- Los frutos alcanzan la máxima maduración en el último mes de desarrollo (120-150 d) con un peso superior a los 1 500 g y con características químicas adecuadas para la exportación (12 °Brix, 0.4% de acidez).

RECOMENDACIONES.

- Repetir la investigación y evaluar algunos métodos de protección solar para disminuir los daños por quemaduras solares.
- Evaluar el desempeño de las enzimas del estrés oxidativo que puedan asociarse a este desorden fisiológico para buscar las bases bioquímicas de este fenómeno.

Referencias Bibliográficas

1. Ávila, Uriza. 2018. *La piña Mexicana frente al reto de la innovación*. México: Ciestaam. Último acceso: 8 de Abril de 2019. <http://www.ciestaam.edu.mx>.
2. Bartholomew, D. P., Rohrbach, K. G., & Evans, D. (2014). Pineapple cultivation in Hawaii. *Fruits and Nuts* (pp. 1-8). Mannoa: College of Tropical Agriculture and Human Resources.
3. Bartholomew, D., Malézieux, E., Sanewski, G., Sinclair, E. (2003). Inflorescence and fruit development and yield. En: Bartholomew, D., Paull, R., Rohrbach, K. *The pineapple, Botany production and uses*. (Edit). CABI Publishing UK, pp 167-202.
4. Centella-Artola, A., Bezanilla-Morlot, A., Leslie, A. 2008. A study of the uncertainty infuture Caribbean climate using the PRECIS Regional Climate Model. Technical ReportCommunity Caribbean Climate Center, Belmopan, 16 pp.
5. Centella-Artola, A., Llanes-Regueiro, J., Paz-Castro, L., López, C., Limia-Martínez, M. 2001. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, República de Cuba. Instituto de Meteorología-CUBAENERGIA, LaHabana. 166 pp.
6. Cerrato, I. 2013. Estdio de mercado para la comercialización de piña MD-2. 3-10. vol.I
7. Cunha, G. (2005). Applied aspects of pineapple flowering. *Bragantia*, 64: 499-516.
8. Cunha, G. (2009). Fisiologia da floração do abacaxizeiro. En: Carvalho, C., Dantas, A., Pereira, F., Soares, A., Melo Filho, J., Oliveira, G. *Tópicos em Ciências Agrárias*. (Edit). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, pp.54-75.
9. Dussi, M.C. 2007. Intercepción y distribución lumínica en agroecosistemas frutícolas. pp. 200241. En: Sozzi, G.O. (ed.). 2007. *Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
10. *Faostat.2017* <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
11. Fand, B., Kamble, A., & Kumar, M. (2012). Will climate change pose serious threat to crop pest management: A critical review? *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(11).
12. Fischer. 2012. *Ecofisiología en frutales*. Editado por Produmedio. Bogotá: Manual para el cultivo de frutales en el trópico.

13. Gamboa, A. 2006. «Efecto del peso de la planta al forzamiento sobre el rendimiento y calidad del fruto de la piña.» San Carlos, Costa Rica, 90.
14. García. 2012. *Evaluación en las propiedades físicas y químicas en la maduración de la piña*. Guatuso. Último acceso: 24 de Abril de 2019.
15. Gerhard, Fischer. 2012. «Efecto de la radiación solar en la calidad de los productos hortícolas.» *Sociedad Colombiana de ciencias hortícolas* No1, Pp. 63 – 66.
16. GLENNIE, J.D. The effect of temperature on the flower induction of pineapples with ethephon. *Australian Horticultural Research Newsletter*, n. 50, p. 49-52, 1979.
17. Gómez de Enciso, C. 2012. Ecofisiología en hortalizas. pp. 55-72. En: Pinzón, H. (ed.). *Manual para el cultivo de hortalizas*. Produmedios, Bogotá.
18. Gutiérrez-Pérez, T., Centella-Artola, A., Limia-Martínez, M., López. M. 2000. Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Informe Técnico. 207 pp.
19. Invdes. 2002. *Misterio y efecto de los rayos ultravioleta*. En línea. Último acceso: 8 de Mayo de 2007. <http://invdes/.com.mx/antiores/febrero2002/htm/rayos.html>.
20. Invdes. 2002. *Misterio y efecto de los rayos ultravioleta*. (En línea). Periodismo de ciencia y tecnología. Consulta 8 de mayo 2007. Disponible en <http://invdes/.com.mx/antiores/febrero2002/htm/rayos.html>.
21. Jiménez, A. 1999. *Cultivo de la piña de exportación*. Cartago: Tecnológica, 224.
22. Jiménez, A. 1999. «Cultivo de la piña de exportación.» (Tecnológica) 224. Último acceso: 12 de abril de 2018.
23. Kays, S. 1997. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Exon Press, Athens, GA. *Postharvest Biology and Technology* 15, 233-247.
24. Lapinel-Pedroso, B., Centella-Astor, A, Fonseca-Rivera, C., Cutié-Cancino, V., Báez, R. 2006. Predicción a largo plazo de la sequía agrícola y evaluación científica de los riesgos asociados a la ocurrencia de la sequía meteorológica y agrícola en Cuba. PRCT 4072: Análisis y pronóstico del tiempo y el clima y sus implicaciones socio económicas. Parte I: Sequía Meteorológica. 100 pp.
25. Liu, S.H., Zang Xiao-ping and Sun Guang-ming (2011): Changes in endogenous hormone concentrations during inflorescence induction and development in

- pineapple (*Ananas comosus* cv. Smooth Cayenne) by ethephon. *Afr J Biotechnol.* 10: 10892-10899.
26. MAG. 2014. Buenas prácticas agrícola para la producción de piña. *Manual de producción de piña* 136. Último acceso: 29 de Diciembre de 2018.
27. Marapi, R. (2013). Los impactos del Cambio Climático para la agricultura. Disponible en: <http://www.larevistaagraria.org/content/losimpactos-del-cambio-climatico-sobre-laagricultura>.
28. Marengo, J. A., Jones, R., Alves, L. M., Valverde, M. C. 2009. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.1863.
29. Morita, S., Murakoshi, Y., Hojo, A., Chisaka, K., Harada, T., Satoh, S. (2012). Early Flowering and Increased Expression of a FLOWERING LOCUS T-like Gene in *Chrysanthemum* Transformed with a Mutated Ethylene Receptor Gene mDG-ERS1 (etr1-4). *Plant Botany Journal*, 55:398-405.
30. Maruthasalam, S., Shiu, L., Loganathan, M., Lien, W. C., Liu, Y., Sun, C., Lin, C. (2010). Forced flowering of pineapple (*Ananas comosus* cv. Tainon 17) in response to cold stress, ethephon and calcium carbide with or without activated charcoal. *Plant Growth Regulation*, 60: 83-90.
31. Navarro, G.M. 2014. «Manejo del estrés por temperaturas en cultivo hortícolas.» Perú. Último acceso: 9 de Abril de 2019. <http://www.fertilab.com.max/>.
32. Paull. 2018. *La piña mexicana frente al reto de la innovación. A vances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo*. México: Ciestaam. Último acceso: 9 de Mayo de 2019. <http://www.Ciestaam.edu.mx>.
33. Pék. 2011. *The effect of natural light on changes in antioxidant and color parameters of vine-ripened tomato*. *HortScience*, 583-585. Último acceso: 12 de Agosto de 2018.
34. Peña, H; Días, J; Martínez, T. 1996. *Fruticultura Tropical Primera Parte: piña y mango*. Bogota, CO. Félix Varela. v1. 234 p. 53 disponible en <http://www.monografias.com/trabajos15/labranzasuelos/labranzasuelos.shtml#Exigencias>

35. Peña, H, J Días, y Martínez T. 1996. *Fruticultura Tropical Primera Parte: piña y mango*. Vol. I. Bogota: Félix Varela.
36. Peña, H, J Días, y T Martínez. 1996. *Fruticultura Tropical Primera Parte: piña y mango*. Vol. I. Bogota: Félix Varela.
37. Pérez, J; Garbati, F. 2005. Preparación de suelos para la producción de piña (*Ananas comosus* L. Merr). (En línea). CR. Monografías.com. Consultado 24 Setiembre. 2007. 53 disponible en:
http://www.monografias.com/trabajos15/labranza_suelos/labranzasuelos.shtml#Exigencias.
38. Pérez S. R., Fonseca R. C., Lapinel P. B., González P. C., Planos G. E., Cutié C. V., Ballester P, Limia M. M., Vega, R. 2011. "Segunda evaluación de las Variaciones y tendencias del clima de Cuba", en II Congreso Internacional de Cambio Climático de la VIII Convención Internacional de Medioambiente y Desarrollo. ISBN 978-959-300-018-5.
39. PROEXANT. 2003. *Cosecha y poscosecha*. En línea. Último acceso: 19 de Diciembre de 2006. <http://www.proexant.org.ec/HT-Piña.html>.
40. PROEXANT. 2003. «Piña: cultivo, poscosecha.» Último acceso: Diciembre de 2019. <http://www.proexant.org.ec/HT-html>.
41. Reinders, A., Panshyshyn, J., Ward, J. (2005). Analysis of transport activity of *Arabidopsis thaliana* sugar alcohol permease homolog AtPLT5. *Journal of Biological Chemistry*, 280:1594-1602.
42. República de Cuba, 2015: Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 228 pp.
43. Rodríguez, R, Becquer, R, Pino Y López D, Rodríguez. 2016. *Producción de frutos de piña (Ananas comosus(l) Merr)*. *Cultivo tropicales*, 40-48.
44. Samson, JA. 1991. *Fruticultura tropical*. México: Limusa.
45. Sanewski, W. (1998). Preliminary studies into the effects of temperature on flower initiation os smooth cayenne in soth east Queensland. In: third international Pineapple Symposium. Pattaya, Thailand: Horticultural Research Institute, Bangkok, pp.57.

46. Tadeo, F.R. 2008. Fisiología de las plantas y el estrés. pp. 481-498. En: Azcón-Bieto, J. y M.
47. Taylor, M., Centella-Artola, A, Charlery, J., Borrajero I, Bezanilla-Morlot, A, Campbell J, Rivero-Vega, R, Stephenson TS, Whyte F, Watson R. 2007. In Glimpses of the Future: A Briefing from the PRECIS Caribbean Climate Change Project. Caribbean Community Climate Change Centre: Belmopan, Belize.
48. Takahashi. 2010. *The Solar Action Spectrum of Photosystem II Damage*. Vol. 153. Último acceso: 3 de Abril de 2019.
49. Uriza-Ávila. 2018. *La piña mexicana frente al reto de la innovación. A vances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo*. México: Ciestaam. <http://www.ciestaam.edu.mx>.
50. Wollenberg, A, Amassino. 2012. *Natural variation in the temperature range permissive for vernalization in accessions of Arabidopsis thaliana*. Plant Cell and Environment, 2181-2291.

