



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
MAESTRÍA EN CULTIVOS  
INTENSIVOS

## “Evaluación de nuevos genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) en la región subtropical de Salta y Jujuy”

Por

Ing. Agr. Carina Mabel Armella

Tesis presentada para acceder al título de Magíster en Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Litoral.

Director: Dr. Norberto Gariglio

Co-director: Dr. Marco Antonio Vasconcellos

**Dedicado:**

*A mis amores Ariana, Helena, Juliana y Pedro.*

## **Agradecimientos:**

- A mi director Norberto Gariglio (Facultad de Ciencias Agrarias de Esperanza-Santa Fe (UNL), por su apoyo incondicional, dedicación desde el inicio de la primera idea hasta la última letra de esta tesis y por sus aportes y conocimientos brindados para la realización de la misma.
- Carlos Mario Aguirre (EECT-INTA-Yuto), director de beca del INTA, por su acompañamiento y ayuda en la ejecución de esta tesis.
- Marco Vasconcellos (Instituto de Agronomía-UFRRJ-Brasil) por recibirme en la misión de estudio en la UFRRJ-Brasil y apoyo en la realización del proyecto de tesis.
- Sergio Lucio David Marin (Rubisco Sementes) por facilitarme gentilmente el material de los genotipos evaluados.
- Luiz Aurélio Peres Martelleto (Instituto de Agronomía-UFRRJ-Brasil): Por su acompañamiento y apoyo en la misión de estudio, en la UFRRJ- Brasil.
- A mis amigas y compañeras de INTA Carla Carrizo, Tilda Ledesma y Adriana Gomez Omil, por estar siempre a mi lado y por cada palabra de aliento en estos años y además en haber colaborado de alguna u otra manera en la ejecución de esta tesis.
- A Ceferino, Elina, Noeila y Silvia (donde quieras que estés), que me abrieron las puertas del laboratorio de fitopatología y colaboraron en los análisis de frutas.
- A José Czepulis compañero del INTA, quien motivó día a día este trabajo y colaboró resolviendo con todas las inquietudes técnicas que surgieron durante todo el desarrollo de esta tesis.
- A José Minetti (director de la EECT-INTA-Yuto) que facilito en la ejecución de la tesis.
- A Mariela Martínez (auxiliar del laboratorio de pos cosecha EECT-INTA-Yuto) quien ayudó incansablemente en la toma de datos tanto como en el laboratorio y en el ensayo a campo.
- A Mario Vázquez y Martín Ortega (auxiliares de campo EECT-INTA-Yuto) que colaboraron en la toma de datos.
- A Pedro Balderrama mi amor, pilar fundamental en mi vida, gracias por tu apoyo incondicional y estar presente en cada uno de mis proyectos.

## Índice general

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	xiii
Resumen.....	1
Summary.....	3
1. Introducción.....	4
1.1. Importancia.....	4
1.2. El cultivo de papaya en el mundo.....	4
1.3. Producción de Papaya en Argentina.....	5
1.4. Caracterización edafoclimática de la zona.....	5
1.5. Origen y clasificación botánica.....	6
1.6. Morfología de la planta.....	6
1.6.1. Frutos.....	7
1.7. Comportamiento floral.....	7
1.7.1. Elongata normal o perfecta.....	10
1.7.2. Esterilidad femenina.....	10
1.7.3. Carpeloidía.....	11
1.7.4. Pentandría.....	11
1.8. Panorama varietal.....	13
1.9. Fenología y los factores ambientales.....	14
1.9.1. Temperatura y Unidades calor (UC).....	14
1.10. Prácticas de manejo más importante del cultivo.....	15
1.10.1. Establecimiento de los almácigos.....	15
1.10.2. Trasplante.....	16
1.10.3. Densidad de plantación.....	16
1.10.4. Sexado.....	17
1.10.5. Cosecha.....	17
1.11. Justificación.....	18
2. Hipótesis.....	19
3. Objetivos.....	19
3.1. Objetivo general.....	19
3.2. Objetivos específicos.....	19
4. Materiales y métodos.....	20

4.1 Objetivo específico 1: Evaluar la germinación y el crecimiento durante la etapa de vivero de las distintas variedades.....	<b>22</b>
4.2. Objetivo específico 2. Estudiar el comportamiento vegetativo desde plantación a sexado.....	<b>22</b>
4.3. Objetivo específico 3. Determinar el tiempo requerido por las distintas variedades para alcanzar la floración, fructificación y cosecha.....	<b>22</b>
4.4. Objetivo específico 4. Cuantificar la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandria y aborto de frutos.....	<b>22</b>
4.5. Objetivo específico 5. Establecer las relaciones existentes entre la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandria y abortos con las condiciones meteorológicas durante el ensayo.....	<b>23</b>
4.6. Objetivo específico 6. Determinar rendimiento y calidad externa e interna de los frutos.....	<b>23</b>
4.7. Diseño Experimental.....	<b>24</b>
5. Resultados.....	<b>25</b>
5.1 Germinación y crecimiento durante la etapa de vivero.....	<b>25</b>
5.1.1 Germinación.....	<b>24</b>
5.1.2 Altura de planta, diámetro basal del tronco y número de hojas.....	<b>25</b>
5.2. Fenología y comportamiento vegetativo desde la plantación.....	<b>27</b>
5.2.1. Número de días al sexado y a la fructificación.....	<b>27</b>
5.2.2. Comportamiento vegetativo al sexado.....	<b>27</b>
5.2.3. Comportamiento vegetativo al momento de la fructificación.....	<b>28</b>
5.3. Sumas térmicas expresadas en unidades calor (UC).....	<b>32</b>
5.4. Número de hojas.....	<b>34</b>
5.5. Floración, cuajado y aborto de frutos.....	<b>34</b>
5.5.1. Flores normales y estériles.....	<b>35</b>
5.5.2. Frutos normales, carpeloides y pentándricos.....	<b>37</b>
5.5.3. Proporción relativa de frutos normales, carpeloides y pentándricos.....	<b>41</b>
5.5.4. Abortos.....	<b>43</b>
5.5.5. Relaciones existentes entre parámetros vegetativos y reproductivos y el aborto.....	<b>45</b>
5.6. Relaciones existentes entre ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandria y abortos con las condiciones meteorológicas.....	<b>47</b>
5.6.1. Esterilidad femenina y abortos.....	<b>47</b>
5.6.2. Carpeloidía.....	<b>48</b>
5.6.3. Pentandria.....	<b>51</b>

5.7. Rendimiento y calidad externa e interna de los frutos.....	<b>53</b>
5.7.1. Peso medio del fruto.....	<b>54</b>
5.7.2. Características morfométricas de los frutos.....	<b>58</b>
5.7.3. Espesor de la pulpa de los frutos.....	<b>59</b>
5.7.4. Calidad de los frutos.....	<b>61</b>
5.7.4.1. Color.....	<b>61</b>
5.7.4.2. Sólidos solubles totales.....	<b>61</b>
5.7.4.3. Firmeza de pulpa.....	<b>61</b>
5.7.4.4. Sensibilidad a viruela ( <i>Asperisporium caricae</i> (Speg.) Maubl).....	<b>61</b>
6. Discusión.....	<b>64</b>
7. Conclusiones.....	<b>75</b>
8. Bibliografía.....	<b>77</b>

## Índice de figura

Figura 1: Comportamiento floral. Distintos tipos de flores de papaya ( <i>Carica papaya</i> L.): flores (A) y frutos masculinos (B). Flores (C) y frutos (D) femeninos. Flores (E) y frutos (F) hermafroditas.....	9
Figura 2: Comportamiento floral de papaya ( <i>Carica papaya</i> L.). Elongata normal perfecta. Flores (A) y frutos (B) de la variedad Rubi INCAPER 511.....	10
Figura 3: Comportamiento floral de papaya ( <i>Carica papaya</i> L.). Esterilidad femenina. Flores estériles (A) Planta de papaya variedad “Maradol Roja” con esterilidad femenina y aborto de frutos (B).....	11
Figura 4: Comportamiento floral de papaya ( <i>Carica papaya</i> L.). Carpeloidía y pentandría. Flor (A), fruto carpeloide (B) y Fruto pentándrico(C). Planta de papaya variedad “Maradol Roja” con carpeloidía (D) y planta variedad “Maradol Roja” con pentandría (E).....	12
Figura 5: Estados de madurez de papaya variedad “Maradol Roja”, que indican el color de la cáscara y la pulpa. V. Frutos verdes sin franja amarilla; 1. Frutos verde claro con una ligera franja amarilla en la pulpa; 2. Frutos verdes con una franja amarilla bien definida; 3. Uno o más franjas anaranjadas; 4. Frutos con cáscara anaranjada con algunas áreas verdes; 5. Frutos de color anaranjado característico de la variedad; 6. Frutos de color similar al estado 5 pero más intenso (Santamaría Basulto et al., 2009a).....	18
Figura 6: Esquema experimental de la plantación del ensayo de nueve variedades de papaya establecido en la EECT INTA Yuto, Jujuy.....	21
Figura 7: Esquema experimental del ensayo de nueve variedades de papaya establecido en la EECT INTA Yuto, Jujuy.....	24
Figura 8: Evolución del porcentaje de la germinación a los 15, 30 y 45 días de la siembra de las diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	25
Figura 9: Altura de la planta (A) y diámetro basal del tronco (B), antes del trasplante para diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre las columnas muestran diferencias altamente significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades: Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	26
Figura 10: Número de hojas por planta antes del trasplante para diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre las columnas muestran diferencias altamente significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades: Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	27

Figura 11: Número de días promedios desde el trasplante al sexado y al cuajado del primer fruto en diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>28</b>
Figura 12: Relación entre número de días desde el trasplante a floración de cada variedad y el número de hojas de la planta al momento de sexado en nueve variedades de papaya evaluadas.....	<b>29</b>
Figura 13: Relación entre número de días desde el trasplante a floración de cada variedad y la altura de la primera flor (APF) (A), el diámetro basal del tronco (DBT) (B) al momento de sexado en nueve variedades de papaya evaluadas.....	<b>30</b>
Figura 14: Relación entre número de días a fructificación de cada variedad con la altura al primer fruto (APFr) al momento del cuajado del primer fruto de nueve variedades de papaya evaluadas.....	<b>31</b>
Figura 15: Relación entre número de días desde el trasplante a fructificación, de cada variedad con el número de hojas de la planta (A) y el diámetro basal del tronco (DBT) (B), al momento del cuajado del primer fruto de nueve variedades de papaya evaluadas.....	<b>32</b>
Figura 16: Número total de hojas emitidas desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento, en diferentes variedades de papaya. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>34</b>
Figura 17: Distribución de la cantidad de hojas emitidas por planta desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento, en diferentes variedades de papaya. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>35</b>
Figura 18: Número de flores totales por planta (flores normales más estériles) (A) y número de flores normales por planta y por período (B) en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>36</b>
Figura 19: Relación entre el número total de hojas y el número de flores totales emitidas por planta en diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y	

Maradol Roja (MR).....	<b>37</b>
Figura 20: Número de flores estériles por planta (A) y evolución de la proporción de flores estériles por planta (B) en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR). Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ).....	<b>38</b>
Figura 21: Número de frutos normales totales por planta (A) y evolución del cuajado de frutos normales en cada período (B) para diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daño por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>39</b>
Figura 22: Número de frutos carpeloides por planta en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>40</b>
Figura 23: Numero de frutos carpeloides y evolución del cuajado durante la estación de crecimiento en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daños por heladas. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>41</b>
Figura 24: Número de frutos pentándricos por planta (A) y evolución de su cuajado durante la estación de crecimiento (B) en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daño por heladas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>42</b>
Figura 25: Porcentaje anual de frutos normales, carpeloides y pentándricos en relación al total de frutos producidos por distintas variedades de papaya. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>43</b>
Figura 26: Porcentaje de frutos normales (A) y frutos carpeloides (B) en relación al total de frutos cuajados por planta en cada período de la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC),	

Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>44</b>
Figura 27: Porcentaje de frutos pentándricos en relación al total de frutos cuajados por planta en cada período de la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>45</b>
Figura 28: Número de abortos por planta (A) y su evolución durante la estación de crecimiento (B) en diferentes variedades de papaya. Agosto y septiembre sin datos por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR). Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ).....	<b>46</b>
Figura 29: Relación entre el número de abortos y el número de flores estériles en plantas de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>47</b>
Figura 30: Relación entre la temperatura máxima tomada al momento de floración y el porcentaje de flores estériles para la variedad Maradol Roja ( $p=0,0360$ ). Relación entre la humedad relativa, tomada un mes antes de la floración y el porcentaje de flores estériles, para la variedad Sunrise Solo Sy ( $p=0.0001$ ).....	<b>49</b>
Figura 31: Relación entre la temperatura máxima, tomada al momento de la floración y el porcentaje de abortos para variedad Sunrise Solo Bs ( $p=0,0440$ ).....	<b>50</b>
Figura 32: Relación entre la temperatura mínima un mes antes del cuajado de los frutos y el porcentaje de frutos carpeloides (A) de la variedad Eksotica ( $p=0,0333$ ). Relación entre el porcentaje de frutos carpeloides y las precipitaciones (B) para la variedad Eksotica ( $p=0,0002$ ).....	<b>51</b>
Figura 33: Relación entre el porcentaje de frutos carpeloides y la humedad relativa y Sunrise Solo Canaân, ( $p=0,0053$ ).....	<b>52</b>
Figura 34: Relación entre la temperatura mínima un mes antes del cuajado de los frutos y el porcentaje de frutos pentándricos para la variedad Eksotica ( $p=0,0042$ ).....	<b>53</b>
Figura 35: Relación entre las precipitaciones (A) ( $p=0,0006$ ) y la humedad relativa máxima (B) ( $p=0,0014$ ) con el porcentaje de frutos pentándricos para la variedad Eksotica.....	<b>54</b>
Figura 36: Rendimiento ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja	

(MR).....	<b>55</b>
Figura 37: Relación entre el número de flores totales y el rendimiento (kg planta <sup>-1</sup> ) (p=0,0012) de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>56</b>
Figura 38: Relación entre el número de hojas y el rendimiento (kg planta <sup>-1</sup> ) (p=0,0093).de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>56</b>
Figura 39: Peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey (p < 0.05). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>57</b>
Figura 40: Influencia del año sobre el peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey (p < 0.05). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>57</b>
Figura 41: Influencia del momento de cosecha sobre el peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey (p < 0.05). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>58</b>
Figura 42: Evolución del peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>58</b>
Figura 43: Diámetro (A) y longitud de los frutos (B) de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey (p < 0.05). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>59</b>
Figura 44: Espesor de pulpa de los frutos de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey (p < 0.05). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).....	<b>60</b>
Figura 45: Relación entre el espesor de pulpa y el peso medio de fruto de	

diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR)..... **60**

Figura 46: Contenido de sólidos solubles totales en frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR)..... **62**

Figura 47: Resistencia a la penetración de la pulpa de los frutos de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR)..... **62**

Figura 48: Severidad de daño por *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. sobre la superficie de la corteza de los frutos de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Cada grado corresponde a un porcentaje de superficie de fruto afectada: 1 (0,1%), 2 (0,3%), 3 (0,6%), 4 (1,2%), 5 (2,5%), 6 (5%), 7 (10%) y 8 (20%). Variedades: Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR)..... **63**

## Índice de tablas

Tabla 1: Valores promedios de número de hojas, altura de la primer flor (APF), diámetro basal del tronco (DBT) y número de lóbulos de la hoja con la primera flor (NLH), de diferentes variedades de papaya.....	29
Tabla 2: Valores promedios de número de hojas, altura del primer fruto (APFr), diámetro basal del tronco (DBT) y número de lóbulos de la hoja con el primer fruto (NLHf), de diferentes variedades de papaya.....	31
Tabla 3: Sumas térmicas expresadas en unidades calor (UC) de a cada etapa fenológica de las nueve variedades de papaya evaluadas.....	33
Tabla 4: Coeficientes correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de flores estériles en nueve variedades de papaya.....	48
Tabla 5: Coeficientes correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de abortos en nueve variedades de papaya.....	48
Tabla 6: Coeficientes correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de carpeloidía en nueve variedades de papaya.....	50
Tabla 7: Coeficientes de correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de pentandría en nueve variedades de papaya.....	52
Tabla 8: Color de la cáscara y la pulpa de los frutos de nueve variedades de Papaya.....	61



## **“Evaluación de nuevos genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) en la región subtropical de Salta y Jujuy”**

### **Resumen**

La papaya (*Carica papaya* L.) es un fruto tropical con múltiples aprovechamientos, fruta fresca, industrializada y extracción de papaína. En Argentina sólo se producen 2.145 toneladas y la producción se concentra en la región Noreste y Noroeste. En el NOA, el 90 % de la producción se destina a industria con la utilización de variedades del grupo Formosa, predominantemente “Maradol roja” (MR). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de 8 genotipos de papaya bajo condiciones agroecológicas de la zona subtropical de Salta y Jujuy, utilizando la variedad MR como testigo. Se estudió la germinación y el crecimiento durante la etapa de vivero, el comportamiento vegetativo desde plantación a sexado, el tiempo requerido para alcanzar la floración, fructificación y cosecha, la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y abortos de frutos. Se determinó el rendimiento y la calidad externa e interna de los frutos. Además, se analizaron las relaciones existentes entre las condiciones climáticas y diferentes variables del cultivo. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones compuestas, con 6 plantas constituyendo la unidad experimental. En todas las variedades la germinación presentó gran variabilidad en el inicio del proceso, aunque finalmente superaron el 80 % después de 45 días de germinación, a excepción de “GoldenTHB” (GTHB). “Rubí INCAPER511” (RI511) fue la variedad que mayor desarrollo de planta presentó en la etapa de vivero y en la etapa vegetativa. MR, “Sunrise Solo Bs” (SSBs) y RI511, resultaron ser las variedades más precoces, floreciendo entre los 64 y 75 días después del trasplante. MR cuajó su primer fruto a los 100 días después del trasplante mientras que el resto de las variedades lo hizo después de los 140 días. Se encontró una relación positiva entre la altura a la primera flor y los días a la floración y a fructificación de cada variedad. El número de hojas de la planta fue un indicador muy importante del crecimiento vegetativo, de la producción de flores y frutos, y del rendimiento. Los primeros frutos fueron cosechados a los 10 meses después del trasplante acumulando entre 4.051 y 4.540 unidades de calor (UC), según las variedades. Temperaturas mayores a 35°C, combinadas con humedad relativa baja (menor al 60%), predispusieron a la aparición de flores estériles. La carpeloidía y la pentandría tuvieron mayor incidencia cuando se registraron temperaturas menores a los 15 °C, fundamentalmente 30 días antes del cuajado de los frutos. Las variedades “Sunrise Solo Sy” (SSSy) y “Eksotica” (Ek) presentaron la mayor cantidad de frutos carpeloides y pentándricos, mientras que SSSy y “Sunrise Solo Canaân” (SSC) presentaron la mejor calidad de fruta (sólidos solubles totales, color y

tolerancia a *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. Las variedades que mayor rendimiento presentaron fueron MR con 46 kg planta<sup>-1</sup> y RI511 con 42 kg planta<sup>-1</sup>.

*Palabras claves:* Variedades de papaya, frutas tropicales, esterilidad femenina, abortos, carpeloidía y pentandría.

## **“Evaluation of new genotypes of papaya (*Carica papaya* L.) in the subtropical region of Salta and Jujuy”**

### **Summary**

Papaya (*Carica papaya* L.) is a tropical fruit with multiple uses, such as fresh fruit, industrialization and papain extraction. In Argentina, only 2,145 tons are produced mainly in the Northeast (NEA) and Northwest (NOA) region. In the NOA area, 90% of the production is used for industrialization with Formosa group varieties, predominantly "Red Maradol" (MR). The objective of this work was to evaluate the agronomic behavior of 8 papaya genotypes under the agroecological conditions of the subtropical zone of Salta and Jujuy, using MR as control variety. Germination and growth in the nursery, vegetative behavior from planting to sex determination, the time required to reach flowering, fruiting and harvesting, the occurrence of female sterility, carpelody, pentandria and fruit abortions were studied. Fruit yield and quality were also determined. In addition, the relationships between meteorological conditions and the behavior of different crop variables were analyzed. A randomized complete block experimental design with four composite replicates of six plants was used. Germination showed high variability at the beginning of the process but exceeded 80% after 45 days of germination, except for "Golden THB" (GTHB). "Rubí INCAPER" (RI511) was the variety that reached greatest plant size at nursery and during vegetative stage. MR, "Sunrise Solo Bs" (SSBs) and RI511, proved to be the earliest varieties, reaching blooming between 64 and 75 days after transplanting. MR reached harvest 100 days after transplanting while the other varieties needed at least 140 days. A positive relationship between plant height at flowering and the days needed to reach flowering and fruit set of each variety was found. The number of leaves per plant showed good relationships with flowers and fruits plant production, and consequently, with plant fruit yield. Harvesting was reached 10 months after transplant, with 4,051 to 4,540 heat units (UC) accumulation according the varieties. High temperature (>35 °C) combined with low relative humidity (<60%), increased the relative proportion of sterile flowers. Carpelody and pentandria showed higher incidence with temperatures below 15 °C, 30 days before fruit set. "Sunrise Solo Sy" (SSSy) and "Eksotica" (Ek) showed the highest number of carpeloid and pentand fruits, while SSSy and "Sunrise Solo Canaân" (SSC) presented the best fruit quality (total soluble solids, color, and tolerance to *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. MR and RI511 reached the highest fruit yield, with 46 and 42 kg plant<sup>-1</sup>, respectively.

*Keywords:* Varieties of papaya, tropical fruits, female sterility, abortions carpelody and pentandria.

## **1. Introducción**

### **1.1. Importancia**

La papaya es un fruto tropical conocido por su agradable sabor y por sus propiedades nutricionales especiales. Está incluido en una lista de 38 frutos considerados de alta importancia nutricional, entre los que encuentran el kiwi, guayaba, frutilla, caqui y melón, entre los más conocidos. La papaya ocupa el primer lugar, por el aporte de vitamina A y C, potasio, ácido fólico, niacina, tiamina, riboflavina, hierro y fibra. A la planta de papaya se la cultiva para aprovechar sus frutos directamente como fruta fresca o industrializada en dulces, fruta abrigantada, entre otros productos, y también para la producción de "papaína", enzima proteolítica que se encuentra en el látex de los frutos no maduros. El consumo de papaya diariamente, e incluso después de las comidas, favorece la prevención de trastornos digestivos. Este beneficio se debe a que la papaína tiene la capacidad de degradar las proteínas, pectinas, ciertos azúcares y grasas, lo cual favorece la digestión y disminuye infecciones como gastritis, colitis y estreñimiento crónico. Esta enzima además tiene múltiples usos, en la industria textil para ablandar la lana, en la industria cervecera para clarificar la cerveza, y en cosmética (jabón, shampoo y pasta de dientes). También se usa para ablandar carnes, y en la industria farmacéutica para el tratamiento contra la osteoporosis, artritis, enfermedades vasculares y cáncer (Galindo Estrella *et al.*, 2008; Leyva López *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2016; Ming *et al.*, 2008; Vázquez García *et al.*, 2010; Vij & Prashar, 2015).

### **1.2. El cultivo de papaya en el mundo**

El cultivo de la papaya en el mundo refleja un incremento del volumen de producción, el nivel de las importaciones, el consumo per cápita y los precios del producto. Según FAOSTAT (2015) el volumen de la producción se duplicó en los últimos 15 años, pasando de 6389403 de toneladas en el año 1997 a 12411566 toneladas en el año 2012. El consumo per cápita se elevó de 0,835 Kg año<sup>-1</sup> en 1993 a 1,774 Kg en el año 2013 (FAOSTAT, 2015).

India es el principal país productor de papaya, aportando durante el periodo 2007-2012 el 44 % de la producción mundial (3049857 toneladas). Otros países que se destacaron durante el mismo periodo fueron Brasil (24 %), Nigeria y México (11 %). En el año 2012 en la Argentina se cosecharon 2145 toneladas, lo que representa apenas un 0,02% de la producción mundial (FAOSTAT, 2015).

### **1.3. Producción de Papaya en Argentina**

La producción de papaya en nuestro país se concentra en la región del Noreste (NEA) y Noroeste (NOA); Misiones, Corrientes y Formosa, con 380 hectáreas; y Salta y Jujuy, con 50 hectáreas, respectivamente (Aguirre, 2016).

Se puede decir que la producción de papaya en Argentina es marginal comparado con otros países latinoamericanos. Gran parte de la producción se destina a la industria debido a que la fase de maduración exige que el ciclo anual de crecimiento se extienda más allá de mayo. En las zonas de producción de nuestro país, la temperatura desciende levemente en estos meses hasta alcanzar heladas que afectan la planta, hojas, flores y frutas por lo que los frutos no llegan al estado de madurez óptimo para el consumo en fresco (Molina *et al.*, 2014).

En el NOA la producción de papaya está concentrada en pequeños y medianos productores que se encuentran en los departamentos de Orán y San Martín en Salta, y en Ledesma, San Pedro y Santa Bárbara en Jujuy. El 76 % de estos productores poseen plantaciones para autoconsumo y ocasionalmente destinan la producción al mercado local. Por el contrario, el 24 % restante produce papaya con destino comercial, ya sea para industria (90 %) o como fruta fresca (6,5 %) (Ceverio *et al.*, 2010).

En zonas con incidencia de heladas algunos productores protegen el cultivo con estructuras simples y coberturas plásticas, mantas térmicas o media sombra. Además, es común el uso de las técnicas de riego por goteo y genotipos precoces (“Red Lady” y “Maradol Roja”), con las cuales se llegó a duplicar los rendimientos, alcanzando en la actualidad valores promedios de 60 t ha<sup>-1</sup> (Aguirre & Armella, 2012).

El mercado de la papaya como fruta fresca estaba reducido algunos años atrás sólo a las proximidades de las zonas de producción. Los mercados de los grandes centros poblados, como Córdoba y Buenos Aires (Mercado Central de Buenos Aires), eran abastecidos casi en su totalidad (80 %) por fruta proveniente de importaciones, principalmente desde Brasil (Ceverio *et al.*, 2010). En los últimos años, en cambio, el mayor porcentaje (60 %) de la fruta de estos grandes mercados ya provenía de nuestro país, en su mayoría desde Jujuy (Peralta & Liverotti, 2012).

### **1.4. Caracterización edafoclimática de la región**

El clima de la región corresponde a la clasificación subtropical con estación seca y *C.w.a.h*, según Köppen presentando notables variaciones en sus distintas regiones, como

consecuencia de su relieve variado. El área se caracteriza por tener veranos cálidos e inviernos templados con baja frecuencia de heladas, de 1 a 2 en el mes de julio, con temperaturas de hasta -3 °C, de 3 a 5 horas de duración. Sin embargo, la frecuencia de heladas así como su duración e intensidad varían notablemente de acuerdo a la zona y el año, existiendo zonas y años libres de heladas. La temperatura media anual es de 21,1 °C, la media máxima de 30,4 °C, y la media mínima de 15,5 °C. La orientación de los cordones montañosos influye en la distribución de las precipitaciones, que se concentran en verano durante los meses de noviembre a mayo, y oscilan entre 800 a 1300 mm anuales (Bianchi *et al.*, 2005; Buitrago, 1999).

Los suelos son de aptitud agrícola, presentan buen contenido de materia orgánica, y están sujetos a una fuerte erosión hídrica a causa de las elevadas pendientes y fuertes precipitaciones. Son aluviales, con textura, estructura y composición muy variable, desde franco limosos a franco arcillosos, y con un pH entre 6,5 a 8,0 (Arroyo, 2004).

### **1.5. Origen y Clasificación botánica**

El origen de la papaya es muy discutido hasta la actualidad ya que no se conocen registros verídicos de antes de la llegada de los españoles, pero se considera que su origen es americano ya que la mayor distribución de las especies del género *Carica* se encuentran en el Noroeste de América del Sur, más precisamente en la Cuenca Amazónica Superior (Brasil) (Antunes Carvalho & Renner, 2012; Medina, 1989).

La papaya se clasifica taxonómicamente dentro del orden Violales, suborden Caricineae, familia Caricaceae. Esta familia posee 34 especies comprendidas en cinco géneros, cuatro son de origen americanos, y uno de origen africano. El género *Carica* cuenta con 22 especies, de las cuales *C. papaya* es la única con importancia comercial. El resto presentan frutos pequeños y no comestibles, mientras que otras especies tienen actualmente un uso local restringido o pueden otorgar resistencia a enfermedades, como es el caso de *C. cauliflora* Jaq. y *C. pubescens* Lenné., que poseen resistencia al virus del mosaico (PRSV), principal factor limitante del cultivo en el mundo (Chan, 2009; Jayavalli *et al.*, 2011; Medina, 1989; Sudha *et al.*, 2013).

### **1.6. Morfología de la planta**

La papaya es una planta herbácea que puede llegar a medir hasta 10 metros en 3 años, presenta un tallo hueco, con excepción de los nudos. Por lo general no desarrolla

ramificaciones salvo que se interrumpa la dominancia apical a través de una poda o daño mecánico (Annegowda & Bhat, 2015; Jiménez *et al.*, 2014,).

Después del trasplante el crecimiento aéreo de la papaya es lento, con una tasa de crecimiento de 10 mm por día, luego va aumentando gradualmente hasta llegar a 25 mm día<sup>-1</sup> a los 75 días del trasplante. El diámetro de tallo crece a una tasa de 2 mm día<sup>-1</sup> en su circunferencia en la etapa vegetativa (Vázquez García *et al.*, 2010).

La fase vegetativa de la papaya es relativamente corta. Se observó que la determinación del sexo (sexado) en el cultivar Baixinho de Santa Amália se puede realizar tres meses después de la plantación, por lo que la fase vegetativa debió haber terminado a los 30 días aproximadamente (Peres Martelleto *et al.*, 2008). En la variedad MR, la aparición del primordio floral se da a los 55 días después de la plantación o cuando la planta completa la suma térmica equivalente a 1035 unidades calor (UC) (Vázquez García *et al.*, 2010).

Las hojas son palmatilobuladas, pueden llegar a tener un área foliar de 1625 cm<sup>2</sup> por hoja. La planta por lo general se mantiene con 15 hojas maduras, las hojas viejas abscisionan y son continuamente renovadas por otras nuevas en un rango de 2 a 3 por semana. Tienen un peciolo tubular que varía de coloración y longitud (60-90 cm) según la variedad (Nakasone & Paull, 2004).

Es sistema radicular está conformado por raíces que se encuentran principalmente en los primeros 20 cm de profundidad, extendiéndose en un radio de hasta 1,80 m; las raíces más finas están a una distancia de entre los 80 y 90 cm del tallo (Terra de Almeida *et al.*, 2003a).

### **1.6.1. Frutos**

El fruto de la papaya es una baya con semillas negras de placentación parietal, de forma piriforme o redondeada dependiendo de la variedad, pueden pesar entre 200 y 3000 gramos en algunos híbridos, la cáscara es delgada y suave, de color verde y rica en látex en estado inmaduro (Jiménez *et al.*, 2014). Con maduración se torna de color amarillo a naranja. La pulpa es carnosa, aromática y jugosa, con una gama de coloración desde amarillento hasta rojo anaranjado, dependiendo de la variedad. Son frutos de maduración climatérica. La distribución del peso fresco del fruto de menor a mayor importancia es semillas (8,5 %), cáscara (12 %) y pulpa (79,5 %) (Leyva López *et al.*, 2011).

### **1.7. Comportamiento floral**

Las flores se presentan en inflorescencias cimosas modificadas que aparecen en las axilas de las hojas. El tipo de inflorescencia depende del sexo de la planta ya que es una especie diclino dioica, con flores actinomorfas, pentámeras y gamopétalas, de tres tipos: femeninas, masculinas y/o hermafroditas (Deputy *et al.*, 2002; Gil & Miranda; 2005).

El sexo en la papaya está determinado por un gen con tres alelos: M, masculino; Mh, hermafrodita; y m, femenino. Las plantas femeninas (mm) son homocigotas recesivas. Las plantas masculinas (Mm) y las hermafroditas (Mhm) son heterocigotas, con aproximadamente el 25% de las semillas no viables en la fruta, ya que la combinación de alelos dominantes (MM, MMh) u homocigotas recesivos para el gen hermafrodita (mhmh) dan embriones letales. El sexo de la especie está determinado por un complejo de genes que regulan el desarrollo de estambres y carpelos (Aryal & Ming, 2014; Deputy *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2004; Ming *et al.*, 2007).

En las plantas masculinas, las flores son sésiles y se encuentran en racimos de pedúnculos largos (60-90 cm), con cinco pétalos soldados formando una corola tubular, diez estambres organizados en dos series de cinco, soldados en el interior de esta, y poseen un pistilo rudimentario (Fig. 1 A), que por lo general no dan frutos, pero que en condiciones ambientales adecuadas este pistilo puede ser fecundado y formar frutos (Sippel *et al.*, 1989; Wester, 1908). Las temperaturas nocturnas de 12 °C y el acortamiento de la longitud del día causan reversión de flores estériles estaminadas a flores fértiles y alargadas que dan frutos (Fig. 1 B) (Chan, 2009).

En las plantas femeninas las flores son unisexuales, de forma más globosa que se asemejan a la llama de una vela, de pedúnculo corto (4-6 cm), la corola presenta los cinco pétalos separados en la parte superior y soldados en la base del ovario (corola tubo), poseen un pistilo prominente y carecen de estambres; presentan un comportamiento más estable y no se alteran por efecto del medio ambiente (Fig. 1 C, D) (Nakasone & Paull, 2004 Sippel *et al.*, 1989).

En las plantas hermafroditas las flores presentan los dos sexos y su estructura floral es una mezcla de las dos anteriores (Fig. 1 E, F), pero presenta numerosas desviaciones en una misma planta, pueden aparecer flores masculinas, que en este caso se llaman estériles, femeninas, o distintas variantes de hermafroditas (Chan, 2009). Su expresión sexual es el resultado de complejas interacciones genotipo-ambiente que generan muchas modificaciones de tipos florales. Sin embargo, a efectos prácticos se agrupan en cuatro categorías; las hermafroditas elongatas normales; hermafroditas que evolucionan a esterilidad femenina; hermafroditas que generan carpeloidía y hermafroditas que generan pentandría (Bouzo & Favaro, 2014; Medina, 1989; Nakasone & Paull, 2004).



Figura 1: Comportamiento floral. Distintos tipos de flores de papaya (*Carica papaya* L.): flores (A) y frutos masculinos (B). Flores (C) y frutos (D) femeninos. Flores (E) y frutos (F) hermafroditas.

### 1.7.1. Elongata normal o perfecta

Son las flores hermafroditas típicas con un ovario cilíndrico y sin ninguna deformación aparente (Fig. 2 A). Desarrolla frutos cilíndricos y piriformes con mayor espesor de pulpa en relación al espesor de cavidad ovariana (Fig. 2 B) (Chan Tai *et al.*, 2003). Los frutos provenientes de flores femeninas, en cambio son redondeados, siendo priorizados comercialmente las plantas hermafroditas. Esta diferencia es más notoria en papayas del grupo Solo, mientras que las frutas del grupo Formosa se comercializan por igual independientemente de su forma redondeada o cilíndrica (Chan, 2009; Páres *et al.*, 2002).



Figura 2: Comportamiento floral de papaya (*Carica papaya* L.). Elongata normal o perfecta. Flores (A) y frutos (B) de la variedad Rubí INCAPER 511.

### 1.7.2. Esterilidad femenina

La esterilidad femenina se da por el aborto del pistilo. También se las conoce como flores trompetillas por la apariencia que presentan (Fig. 3 A), luego de su aparición se produce un aborto y en ese sector de la planta se observa la ausencia de frutos (Fig. 3 B). Las condiciones agroclimáticas que los predisponen son, por lo general, períodos cálidos y baja humedad relativa, especialmente cuando la temperatura supera los 35° C durante los 40 días previos a la antesis (Chan, 2009; Nakasone & Paull, 2004; Vásquez García *et al.*, 2010).

### 1.7.3. Carpeloidía

Se da cuando aparecen frutos deformes y sin aptitud comercial denominados carpeloides o cara de gato (Fig. 4 B); existen diversos grados y tipos de carpeloidía (Fig. 4 D) (De Lima Alves *et al.*, 2003). A pesar de presentar una alta heredabilidad ( $h^2 = 82\%$ ) (Chan, 2009), el rápido crecimiento vegetativo predispone a la aparición de estos frutos, pero fundamentalmente favorecen su formación las temperaturas menores a 17 °C durante la floración, o 40 días antes de la antesis. Además, el exceso de humedad y de nitrógeno en el suelo aumenta su expresión (Nakasone & Paull 2004). Las flores presentan de 6-9 estambres adheridos a la pared del ovario a partir del cual se genera la deformación del fruto (Fig. 4 A) (Chan, 2009).



Figura 3: Comportamiento floral de papaya (*Carica papaya* L.). Esterilidad femenina. Flores estériles (A) Planta de papaya variedad “Maradol Roja” con esterilidad femenina y aborto de frutos (B).

### 1.7.4. Pentandría

La pentandría presenta flores semejantes a la flor femenina en tamaño y aspecto externo, con la diferencia que los estambres que se alternan con los pétalos ocasionan la deformación del fruto cuando los filamentos se adhieren a la pared del ovario, generando en

los frutos cinco surcos longitudinales bien pronunciados con carpelos abultados (Fig. 4 C y E) (Chan, 2009; Páres *et al.*, 2002; Santamaría Basulto *et al.*, 2015).



Figura 4: Comportamiento floral de papaya (*Carica papaya* L.). Carpeloidía y pentandría. Flor (A), fruto carpeloide (B) y Fruto pentándrico(C). Planta de papaya variedad "Maradol Roja" con carpeloidía (D) y planta variedad "Maradol Roja" con pentandría (E).

## 1.8. Panorama varietal

Dado que la papaya se reproduce por semilla son muchas las variedades conocidas y aparecen continuamente otras nuevas; en cada zona de cultivo existen sus propias variedades mejor adaptadas a sus condiciones climatológicas (Bouzo & Favaro, 2014).

De acuerdo al tamaño de sus frutos la podemos clasificar en dos grandes grupos:

- GRUPO SOLO: Constituida por variedades mejor trabajadas genéticamente y son las más difundidas a nivel mundial por la mejor aptitud para el consumo en fresco. Tienen tamaño de fruto más pequeño, de 300 a 650 gramos. Dentro de este grupo tenemos la variedades "Sunrise Solo", "Sunset", "Golden", entre otras (Mayer & Roncatto, 2004). En Brasil, uno de los principales países productores de papaya, el mayor porcentaje de los cultivos comerciales se realiza con variedades del grupo Solo, que fueron introducidas en 1972 (Carvalho, 2015; Ruggiero *et al.*, 2011).

- GRUPO FORMOSA: Son las variedades de fruta más grandes y de forma más alargada, llegando a pesar más de cuatro kilos y hasta casi 40 cm de longitud (Carvalho, 2015).

En nuestra zona las variedades más difundidas son las del grupo Formosa, por lo general con más aptitud para el mercado de la industria, como es el caso de la "Maradol Roja" (de origen cubano). Es una variedad precoz de porte bajo y entrenudos cortos (Bouzo & Favaro, 2014). La fructificación se inicia a los 50 cm sobre el nivel del suelo, y el peso promedio de los frutos es de 1,5 a 2,6 kilos, con una pulpa de color salmón, firme y consistente. Tiene un alto potencial productivo que en la zona llegó a las 130 t ha<sup>-1</sup> (Armella & Aguirre, 2015; Posada Péres *et al.*, 2010).

Dentro del grupo Solo está la variedad "Sunrise Solo", que se originó a través del cruzamiento de la línea 9 y Kariya, y a partir de esta surgen "Sunrise Solo Bs" (SSBs), "Sunrise Solo Aliança" (SSA), "Sunrise Solo Sy" (SSSy), "Sunrise Solo Canaân" (SSC). Son variedades de fruto más pequeño y excelente calidad organolépticas, con mejor aptitud para el mercado fresco. Son genotipos de portes altos y productivos. Los frutos tienen un peso medio de 450 gramos. El color de la pulpa es rojo-anaranjado, la piel lisa y firme. Los frutos hermafroditas son piriformes. La altura de inserción de las primeras flores está entre 70 y 80 cm en relación al suelo y comienza la recolección a los 9-10 meses de la plantación, con una producción en torno a las 45 t ha<sup>-1</sup> en el primer año y 39 t ha<sup>-1</sup> en el segundo año (Rodríguez Pastor *et al.*, 2010).

"Grampola" (GP), fue lanzada al mercado brasilero en 1988 como una variedad superadora (Ruggiero *et al.*, 2011). "Golden THB" (GTHB) fue lanzada al mercado en 2004, obtenida por

selección masal a partir de la variedad Golden (Ruggiero *et al.*, 2011). El fruto tiene textura firme, pulpa anaranjada y peso de 450 a 520 gramos, presenta alta productividad y un porte más bajo. Esta variedad es ampliamente aceptada en mercados norteamericanos y europeos debido a su excelente apariencia y delicioso sabor (Carvalho, 2015; Costa & Pacova, 2003; Fabi *et al.*, 2009).

“Eksotika” (Ek) es una variedad de origen malayo, procedente del cruzamiento entre un cultivar nativo “Subang” y Sunrise Solo. Es productiva, con 20-30 t ha<sup>-1</sup> en el primer año y 30-40 t ha<sup>-1</sup> en el segundo año. Sus frutos tienen peso promedio es de 600 a 800 gramos, con pulpa de color rojo-anaranjado. La altura del primer fruto oscila entre los 60-80 cm sobre el nivel de suelo (Chan *et al.*, 1994).

“Rubí INCAPER 511” (RI511), es una variedad obtenida en Brasil a partir de poblaciones segregadas, resultado de las autofecundaciones del híbrido Tainung 01. Produce frutos alargados de color verde oscuro, con un peso medio de 1470 gramos con pulpa de color rojo-anaranjado, con un contenido de sólidos solubles de 10,2 °Brix. Las plantas son de gran vigor, con altura media a los 8 meses después de trasplante de 1,46 metros y la altura de la primera flor a los 88 centímetros (Cattaneo *et al.*, 2010).

## **1.9. Fenología y los factores ambientales**

Los factores ambientales como la luz, temperatura, humedad relativa, viento, y el suelo con sus características químicas y físicas, influyen directamente en la productividad del cultivo de la papaya. La comprensión de los factores ambientales y su interacción con los procesos fisiológicos en cada etapa fenológica proporciona una base científica para el desarrollo de estrategias de manejo del cultivo, para optimizar el uso de los insumos disponibles y mejorar la productividad y calidad el cultivo (Campostrini & Glenn, 2007).

### **1.9.1. Temperatura y Unidades de Calor (UC)**

La temperatura es el principal factor ambiental que condiciona el establecimiento del cultivo de papaya, y tiene una influencia directa en su crecimiento y desarrollo (Chan, 2009). Debido a su origen tropical las plantas de papaya crecen más rápido en regiones cálidas, y presentan mayor cantidad de frutos y de mejor calidad que en las regiones más frías (Sippel *et al.*, 1989). El rango de temperatura óptimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo está entre 22 y 26 °C (Campostrini & Glenn, 2007; Terra de Almeida *et al.*, 2003a), o entre 21 a 31 °C según Nakasone & Paull (2004). Con temperaturas inferiores el crecimiento es lento,

se inhibe el desarrollo de las flores y la maduración de la fruta se retrasa. Temperaturas de 12 a 14 °C por varias horas a la noche afectan seriamente la producción (Nakasone & Paull, 2004). Por el contrario, con temperaturas muy altas, tanto diurnas como nocturnas (36/28 °C), las plantas crecen rápidamente y agotan sus reservas; también se afecta la viabilidad del polen por lo que se produce aborto de flores y frutos. Además, los frutos que cuajan maduran rápidamente y con poco tamaño (Allan *et al.*, 1987). A temperaturas de 0 °C se presentan fuertes daños follaje; a -2 °C los frutos se dañan considerablemente y a -4 °C la planta muere (Vázquez García *et al.*, 2008).

Las plantas requieren una cierta cantidad de calor para desarrollarse, lo que se expresa en unidades de calor (UC) o grados-día (°D). Estos parámetros combinan el tiempo y la temperatura para estimar las fases fenológicas de un organismo (Rodríguez Caicedo *et al.*, 2012; Roltsch *et al.*, 1999). Existe una correlación positiva entre la acumulación de unidades calor (UC) y el desarrollo de las plantas de papaya, lo que explica la variación del ciclo del cultivo de acuerdo a la fecha de siembra (Vázquez García *et al.*, 2008). Para cuantificar la relación entre la temperatura y el crecimiento de las plantas de papaya se utiliza la ecuación citada por Terra de Almeida *et al.* (2003a);  $GD = T_{med} - T_b$ , donde  $T_{med}$  es temperatura media en el día y  $T_b$  es la temperatura base de referencia para el cultivo.

Cada cultivo presenta una temperatura base por debajo de la cual la planta no se desarrolla, y si lo hace, esto ocurre en una escala muy reducida. En el caso de papaya la temperatura base se considera de 15 °C (Terra de Almeida *et al.*, 2003a).

## **1.10. Prácticas de manejo más importante del cultivo**

### **1.10.1. Establecimiento de los almácigos**

El método de propagación más difundido en la papaya es el sexual mediante semillas (García Dean *et al.*, 2011; Zulhisyam *et al.*, 2013). Las semillas se clasifican en ortodoxas y recalcitrantes en función de su comportamiento durante el almacenamiento (Flores *et al.*, 2016), Presentando las semillas de papaya un comportamiento intermedio, ya que posee un período de viabilidad de 6 a 12 meses bajo condiciones ambientales, y se prolonga a varios años cuando se conserva al 6 % de humedad y 0 °C (Ellis *et al.*, 1991; Hong *et al.*, 1996; Medina, 1989). La papaya tienen una germinación lenta y des uniforme y además presenta en su cubierta seminal inhibidores de la germinación, por lo que se debe realizar tratamientos pre-germinativos antes de la siembra (Bhattacharya & Khuspe, 2001; Gil & Miranda, 2005; Zanotti *et al.*, 2014).

Existen diversos tratamientos pregerminativos usados en papaya, que mejoran la uniformidad y velocidad de germinación. Pueden ser de origen físico, como la remoción de la sarcotesta (Sandoval Paixão, 2012); o de origen químico, como es el tratamiento con hormonas (giberelinas y etileno) (Zanotti *et al.*, 2014), inmersión en agua caliente, hipoclorito de sodio (NaOCl), o nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) (Tokuhisa *et al.*, 2007a). También se recomienda el uso de diversos sustratos que mejoran las condiciones de germinación como es el caso del uso de biofertilizantes y bioreguladores; estiércol, humus, y otros sustratos formulados comercialmente (Constantino *et al.*, 2010; Mendonça *et al.*, 2008; Yamanishi *et al.*, 2004).

### **1.10.2. Trasplante**

La preparación del terreno implica un laboreo profundo teniendo en cuenta que las raíces pueden llegar a explorar hasta un metro de profundidad, es importante considerar la permeabilidad del suelo ya que la papaya es una especie sensible a enfermedades de raíz y tallo, y cuando hay problemas de encharcamiento es recomendable realizar camellones de 25 cm o más de altura (Vásquez García *et al.*, 2010).

En zonas subtropicales, la mejor época para realizar el trasplante es en agosto y septiembre ya que en esta temporada se tiene la ventaja que las mejores condiciones de temperatura y precipitaciones coinciden con las etapas fenológicas del cultivo de floración y amarre de frutos. En consecuencia, se obtienen mayores rendimientos por unidad de superficie. Si se planta en los sucesivos meses primaverales y de verano, se demora la cosecha ya que el cultivo presenta una tasa de desarrollo muy lenta en los meses de junio y julio, debido a la baja acumulación de unidades calor. En estos casos, el ciclo de trasplante a inicio de cosecha se puede alargar hasta 15 meses en la zona subtropical de Salta y Jujuy.

### **1.10.3. Densidad de plantación**

El cultivo de papaya se adapta perfectamente a altas densidades de plantación. La elección del marco de plantación adecuado, en general depende de la superficie del cultivo, la intensidad de uso del suelo, disponibilidad de mano de obra, disponibilidad de maquinaria y equipos mecánicos para el control de malezas, plagas y enfermedades y cosecha. En la zona de producción de Salta y Jujuy se usan densidades de plantación que van desde las 1.666 a 2.222 plantas ha<sup>-1</sup> (Aguirre & Fernández Vera, 1996).

#### 1.10.4. Sexado

El sexado consiste en seleccionar las plantas hermafroditas y eliminar las plantas femeninas, las masculinas, y aquellas fuera de tipo e improductivas. Esta labor se realiza después de los 50 días del trasplante, cuando la planta inicia la floración y el primer botón floral alcanza 0.5 – 1 cm (inicio de floración). En este estado es factible determinar el sexo de la flor de cada planta. Para realizar el sexado es necesario establecer de dos a tres plantas por hoyo, lo cual se sugiere hacerlo a una distancia de 20 cm. entre plantas y con ello evitar la competencia (Peres Martelleto, 2007; Vásquez García *et al.*, 2010).

#### 1.10.5. Cosecha

La madurez fisiológica se completa cuando el fruto termina de crecer, visualmente ese estado se detecta cuando la fruta cambia del color verde oscuro al verde amarillento. La cosecha comercial se realiza cuando los frutos muestran manchas amarillo-anaranjadas en la punta, a fin de que puedan soportar el transporte a los centros de consumo. La madurez de consumo de la papaya “Maradol Roja” se alcanza entre los 13 y 15 días después de la cosecha comercial en condiciones de almacenamiento de  $23 \pm 1$  °C y 75 % de humedad relativa. Presenta los siguientes parámetros: valores del ángulo del tono de la cáscara entre 70 y 80°, contenido de sólidos solubles totales entre 10 y 11,5 °Brix, y firmeza de la pulpa de 4,7 a 6,9 N (Vásquez García *et al.*, 2010; Santamaría Basulto *et al.*, 2009a; Santamaría Basulto *et al.*, 2009b)

Santamaría Basulto *et al.* (2009a) elaboraron una guía para determinar visualmente la madurez de la papaya, variedad “Maradol Roja”. Estos estándares tiene valores objetivos de color de cáscara y pulpa, firmeza de la pulpa y contenido de sólidos solubles totales de los frutos verdes y de seis estados de maduración. El estado uno puede ser usado como indicador del estado de madurez fisiológica, los estados 1 y 2 pueden ser usados como índices de cosecha para mercados que requieren envíos a larga distancia; el estado 3 puede ser utilizado como índice de cosecha para mercados cercanos (Fig. 5).

En condiciones subtropicales, el descenso de las temperaturas durante el invierno puede disminuir la calidad de los frutos, demorar considerablemente el crecimiento y la maduración, por lo que normalmente presentan colores menos intensos y menor contenidos de azúcares, entre un 10 y 12 % menos, que en los meses más cálidos. Además, pueden aparecer problemas fúngicos (Allan, 2007; Peres Martelleto *et al.*, 2007).

Las lesiones foliares y de fruto causadas por el hongo *Asperisporium caricae* (Speg.) Maulbl es una de las enfermedades más comunes en el cultivo (Armella *et al.*, 2013), generando en casos de ataques severos intensa defoliación, disminución de la calidad comercial de los frutos, y facilita el desarrollo de infecciones pos-cosecha (Vivas *et al.*, 2012). La severidad de la enfermedad está directamente relacionada con el período de lluvias en coincidencia con bajas temperaturas (Campos Dianese *et al.*, 2008).

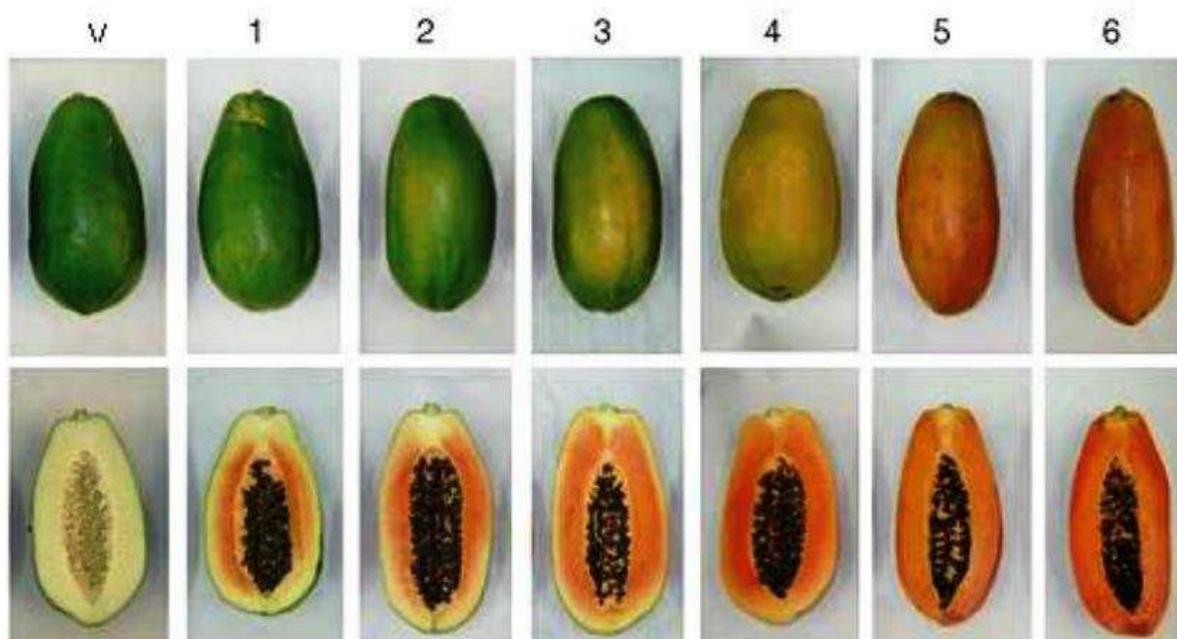


Figura 5: Estados de madurez de papaya variedad "Maradol Roja", que indican el color de la cáscara y la pulpa. V. Frutos verdes sin franja amarilla; 1. Frutos verde claro con una ligera franja amarilla en la pulpa; 2. Frutos verdes con una franja amarilla bien definida; 3. Uno o más franjas anaranjadas; 4. Frutos con cáscara anaranjada con algunas áreas verdes; 5. Frutos de color anaranjado característico de la variedad; 6. Frutos de color similar al estado 5 pero más intenso (Santamaría Basulto *et al.*, 2009a).

### 1.11. Justificación

Este cultivo tropical está tomando interés en el sector productivo del NOA como una alternativa a las producciones tradicionales (Aguirre, 2016). Las limitantes para su expansión son la escasa disponibilidad de material genético y la utilización exclusiva de variedades del grupo Formosa, predominantemente "Maradol Roja" (Aguirre & Armella, 2012; Molina *et al.*, 2014). La introducción y evaluación de nuevos genotipos de alto valor genético permitirá contar con material evaluado y adaptado a la zona, disminuyendo los riesgos que implica la explotación mono varietal o de materiales desconocidos, frente a factores bióticos y

abióticos (Dantas *et al.*, 2015). Esto favorecerá a los productores, quienes podrán diversificar su producción y acceder a nuevos mercados regionales, nacionales o internacionales, más exigentes en calidad y disponibilidad del producto. Además, el estudio fenotípico de nuevas variedades generará información de base para el desarrollo de futuros programas de mejoramiento.

## **2. Hipótesis**

Los nuevos genotipos introducidos de papaya presentan un comportamiento agronómico diferente a la variedad “Maradol roja” en las condiciones edafoclimáticas de la zona subtropical de Salta y Jujuy, lo que permitirá diversificar el panorama varietal actual.

## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivo general**

- ✓ Seleccionar los mejores genotipos de papaya evaluados bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona subtropical de Salta y Jujuy.

### **3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Evaluar el comportamiento durante la germinación y el crecimiento inicial (etapa de vivero) de las distintas variedades.
- ✓ Estudiar el comportamiento vegetativo desde plantación a sexado.
- ✓ Determinar el tiempo requerido por las distintas variedades para alcanzar la floración, fructificación y cosecha.
- ✓ Cuantificar la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y abortos de frutos.
- ✓ Determinar rendimiento y calidad externa e interna de los frutos.
- ✓ Establecer las relaciones existentes entre ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y abortos con las condiciones meteorológicas.

#### 4. Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental de Cultivos Tropicales Yuto del INTA (EECTY) (23°38'S, 64°27'O, 319 msnm), en el departamento de Ledesma, provincia de Jujuy, República Argentina.

Se trabajó con nueve genotipos de papaya, siete del grupo Solo: "Sunrise Solo Bs" (SSBs), "Sunrise Solo Aliança" (SSA), "Sunrise Solo Sy" (SSSy), "Sunrise Solo Canaân" (SSC), "Grampola" (GP), "Golden THB" (GTHB) y "Eksotica" (Ek), pertenecientes a la empresa "Rubisco Sementes", de Espírito Santo, Brasil, y un del grupo Formosa, "Rubí INCAPER 511" (RI511), proveniente del Instituto INCAPER, Espírito Santo, Brasil. Como testigo se utilizó la variedad "Maradol Roja" (MR), del grupo "Formosa" y de origen cubano, que actualmente es la más difundida en la zona de estudio.

Las semillas fueron provistas en bolsas de plásticos cerradas herméticamente, sin presencia de exotesta, con fecha de cosecha entre 90 y 100 días antes de la siembra del ensayo.

La siembra se realizó, el 17 de septiembre de 2012, en tubetes modelo T115 de 115 cm<sup>3</sup> de volumen y se utilizó como sustrato una formulación especial para frutales, denominado "grow mix permium" de la empresa Terrafertil. Se colocó una semilla por tubete a 1 cm de profundidad. Previo a la siembra, la semilla fue sometida a un tratamiento para eliminar los inhibidores de la germinación de la testa, que consistió en remojar la semilla en agua tibia, de pH neutro, durante 48 horas (Bhattacharya & Khuspe, 2001; Lange, 1961; Tokuhisa *et al.*, 2007a). El agua se cambió cada 6 horas para su oxigenación. Durante la etapa de germinación, emergencia y crecimiento de las plantas antes del trasplante, fueron acondicionadas bajo cobertura de polietileno sin cerramiento lateral y con cobertura de malla de sombreo al 30 %.

El suelo de la parcela donde se estableció el ensayo presentó textura franco arenosa (FaA), 2,46% de materia orgánica, pH 7,15 y no presentó nematodos de importancia agrícola. Se utilizó riego por goteo complementario utilizando cintas con goteros de 2 l h<sup>-1</sup> distribuidos cada 0,5 metros. El cálculo de la lámina de riego se hizo en función de la evapotranspiración potencial promedio del mes de máxima demanda y el coeficiente de desarrollo estacional (Kc) del cultivo (Ferreira Espada *et al.*, 2007; Vásquez García *et al.*, 2010).

En el acondicionamiento del suelo para la plantación se aplicó metolacoloro (Dual) como herbicida pre-emergente y fosfato diamónico (18-46-00) como fertilizante de base, 10 gramos por planta.

La plantación se estableció sobre camellones de 1 m de ancho por 0,3 m de alto, en un marco de plantación de 3 x 1,5 m (2222 pl ha<sup>-1</sup>). En cada hoyo se trasplantó tres plantas para posteriormente realizar el sexado, dejando la planta hermafrodita más vigorosa (Fig.6).

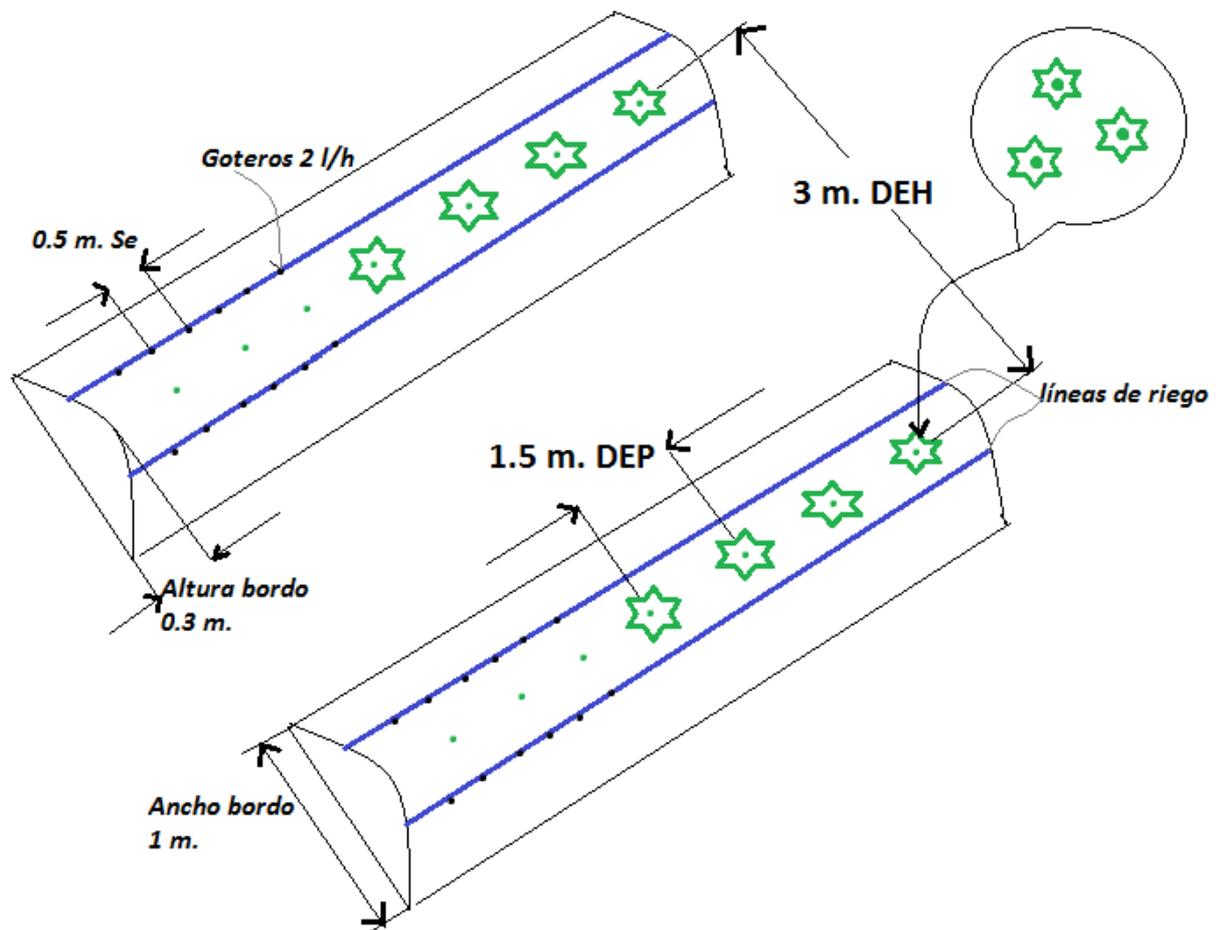


Figura 6: **Esquema experimental** de la plantación del ensayo de nueve variedades de papaya establecido en la EECT INTA Yuto, Jujuy

La cosecha se realizó cuando los frutos se alcanzaron el estado de madurez N° 5 (Santamaría Basulto *et al.*, 2009a).

Para el registro de las condiciones meteorológicas se utilizó una estación tipo Davis Vantage 2 del EECT INTA Yuto. Se registraron temperaturas medias, máximas y mínimas; precipitaciones; evapotranspiración potencial y humedad relativa.

#### **4.1. Objetivo específico 1: Evaluar la germinación y el crecimiento durante la etapa de vivero de las distintas variedades.**

En la etapa de vivero se midió el porcentaje de germinación, para lo cual se planteó un diseño en bloques completos al azar de 3 repeticiones para cada variedad. La unidad experimental estuvo conformada por 30 semillas y las evaluaciones se realizaron cada quince días, y consistió en contar el número de plántulas emergidas sobre el total.

Al terminar esta etapa, aproximadamente a los 45 días desde la siembra, previo al trasplante se midió la altura de la plántula, el diámetro del tallo en la base del mismo, el número de hojas totalmente expandidas, y el número de días reales desde la siembra a trasplante.

#### **4.2. Objetivo específico 2. Estudiar el comportamiento vegetativo desde plantación a sexado.**

Durante períodos regulares de 30 a 40 días se registró el número de hojas emitidas entre observaciones, considerando aquellas con el limbo totalmente expandido; diámetro basal del tronco tomado a los 15 cm del suelo.

En el momento del sexado, que ocurrió en diferentes momentos según la variedad, se realizó las determinaciones mencionadas previamente, y además se registró la altura de inserción del primer botón floral en relación al nivel del suelo.

#### **4.3. Objetivo específico 3. Determinar el tiempo requerido por las distintas variedades para alcanzar la floración, fructificación y cosecha.**

Se asume que el sexado representa el momento de inicio de la etapa reproductiva, por lo que se registró el tiempo transcurrido desde la plantación hasta el sexado. Además, se registró el inicio de fructificación, determinado por el cuajado del primer fruto, y el inicio de la cosecha, cuando el primer fruto llegó a la madurez comercial. En el inicio de fructificación se midió la altura de inserción del primer fruto en relación al nivel del suelo.

Para ampliar el estudio fenológico del cultivo se calcularon las unidades calor (UC) o sumas térmicas para cada una de las etapas fenológicas de las diferentes variedades con el uso de la formula citada por Terra de Almeida *et al.* (2003a) y Roltsch *et al.* (1999).

#### **4.4. Objetivo específico 4. Cuantificar la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y aborto de frutos.**

Se hizo el conteo de flores normales y flores estaminadas. Para facilitar las observaciones en cada fecha de recuento se marcó la hoja que presentó el menor botón floral visible, con un alfiler inserto en su peciolo. Se registró la permanencia o el aborto de cada flor/fruto individualmente.

Con posterioridad al cuajado, después de la caída de los restos florales, cuando el fruto presentó aproximadamente 3 centímetros de longitud, se hizo el conteo de los frutos normales, carpeloides y pentándricos.

#### **4.5. Objetivo específico 5. Establecer las relaciones existentes entre la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y abortos con las condiciones meteorológicas durante el ensayo.**

A modo de identificar la posible influencia de los factores climáticos con la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y abortos, se realizó un análisis de correlación de Pearson con la temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa media, mínima y máxima, y las precipitaciones correspondientes a cada periodo.

#### **4.6. Objetivo específico 6. Determinar rendimiento y calidad externa e interna de los frutos.**

Las evaluaciones se realizaron a partir de los frutos normales. En cada cosecha se eligió al azar tres frutos por planta y se midió el peso de cada fruto; el diámetro longitudinal y ecuatorial de los mismos, para lo cual se usó una balanza digital tipo Systel de 0,05-30 kg. y un calibre tipo Vernier-Inox de 0-300 mm, respectivamente. Se determinó también la firmeza de pulpa con un penetrómetro manual Fruit Pressure Tester Mod. FT 327 (3-27 lbs) con la punta de 1 cm<sup>2</sup> de sección. De igual forma se evaluó el color del epicarpio (cáscara) y endocarpio (pulpa) de cada fruta, a través de la carta de colores RSH "The Royal Horticultural Society"; y como valoración final a la calidad externa de cada fruto se evaluó el grado de daño causado por *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. a través de la escala diagramática presentada por Vivas *et al.* (2009).

Para evaluar la calidad interna se procesó individualmente la pulpa de los tres frutos y se determinó sólidos solubles totales (SST), en grados brix, a través de un refractómetro digital, Atago (modelo N-20; Atago, Bellevue, Washington, EE.UU.).

#### 4.7. Diseño Experimental

Se planteó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones compuestas, cada unidad experimental estuvo conformada por 6 plantas en dos hileras de cada variedad, y las evaluaciones se realizan sobre las dos plantas centrales. La parcela experimental presentó una bordura compuesta por dos hileras de plantas de la variedad control (Fig. 7).

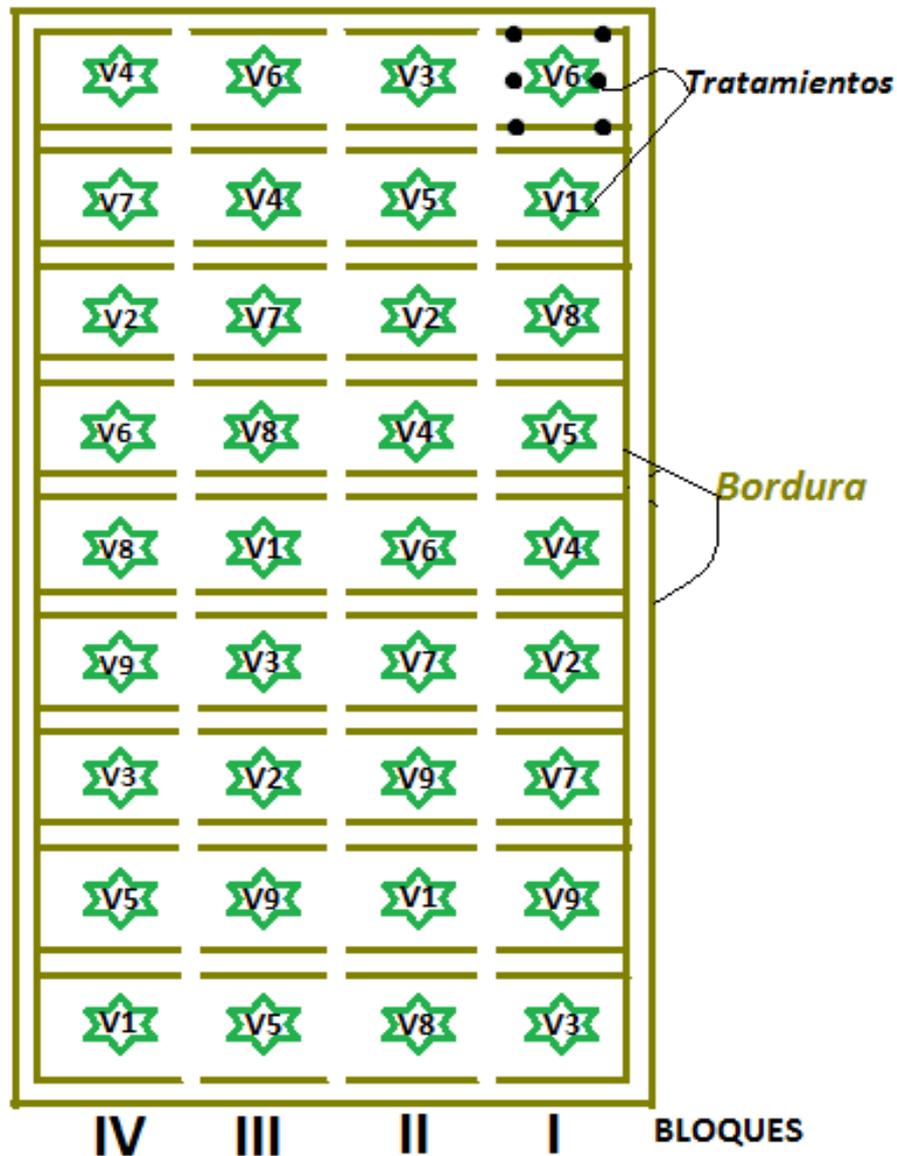


Figura 7: **Esquema experimental** del ensayo de nueve variedades de papaya establecido en la EECT INTA Yuto, Jujuy.

## 5. Resultados

### 5.1. Germinación y crecimiento durante la etapa de vivero.

#### 5.1.1. Germinación

A los 15 días desde la siembra se observaron diferencias altamente significativas en el porcentaje de germinación, la variedad GTHB alcanzó un valor del 48,87 % y la variedad testigo MR, no había germinado aun (Fig. 8).

A los 30 días desde la siembra, el porcentaje de germinación se igualó no mostrando diferencias entre las nueve variedades evaluadas, superando en todos los casos el 70 % (Fig. 8).

Al final de la etapa de vivero, a los 45 días desde la siembra, volvieron a aparecer las diferencias entre los porcentaje de germinación de los diferentes genotipos; SSC tuvo el mayor porcentaje (98,9 %) y GTHB el menor valor (76,67 %). “Maradol Roja” presentó el 80 % de plantas germinadas (Fig. 8).

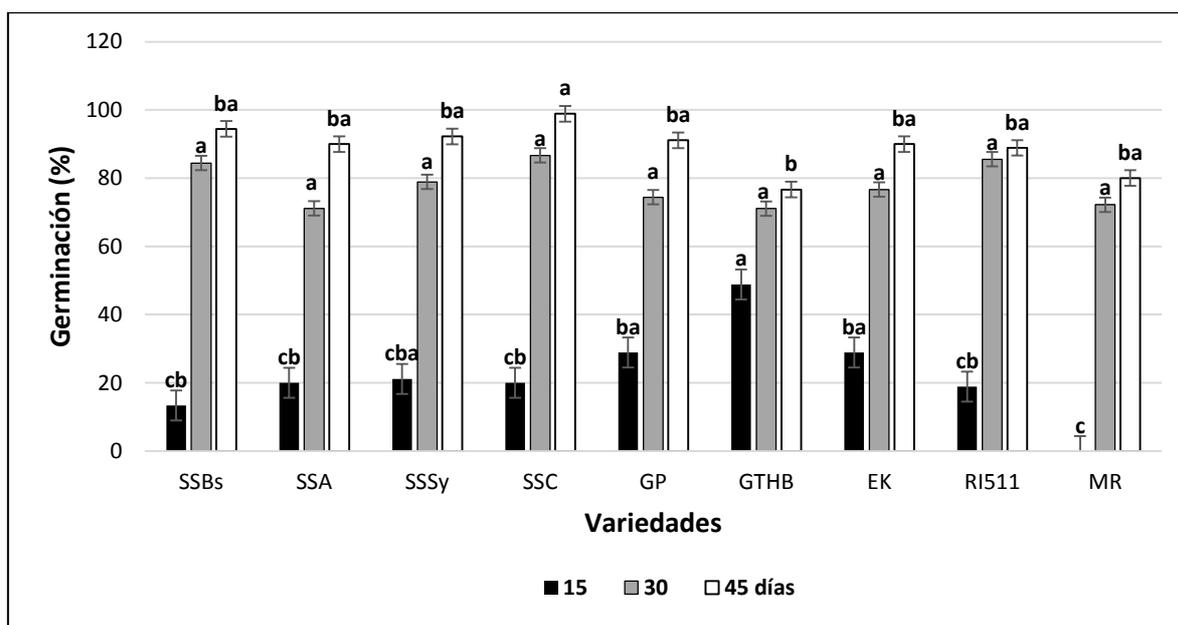


Figura 8: Evolución del porcentaje de la germinación a los 15, 30 y 45 días de la siembra de las diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ), en barras de igual color. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

#### 5.1.2. Altura de la planta, diámetro basal del tronco y número de hojas.

Al final de la etapa de vivero existieron diferencias entre las variedades respecto a la altura, el diámetro basal del tronco y el número de hojas de los plantines. La variedad RI511 fue la que presentó mayor altura de plántula (29,25 cm), diámetro de tallo (9 mm) y número de hojas (7) mientras que la variedad usada como testigo (MR) presentó la menor altura (15,96 cm), aunque no fue la de menor diámetro de tronco (5,8 mm), ni número de hojas (6). La variedad GTHB fue la que presentó los valores más bajos de diámetro de tallo (5,4 mm) y número de hojas (5) (Fig. 9 y 10).

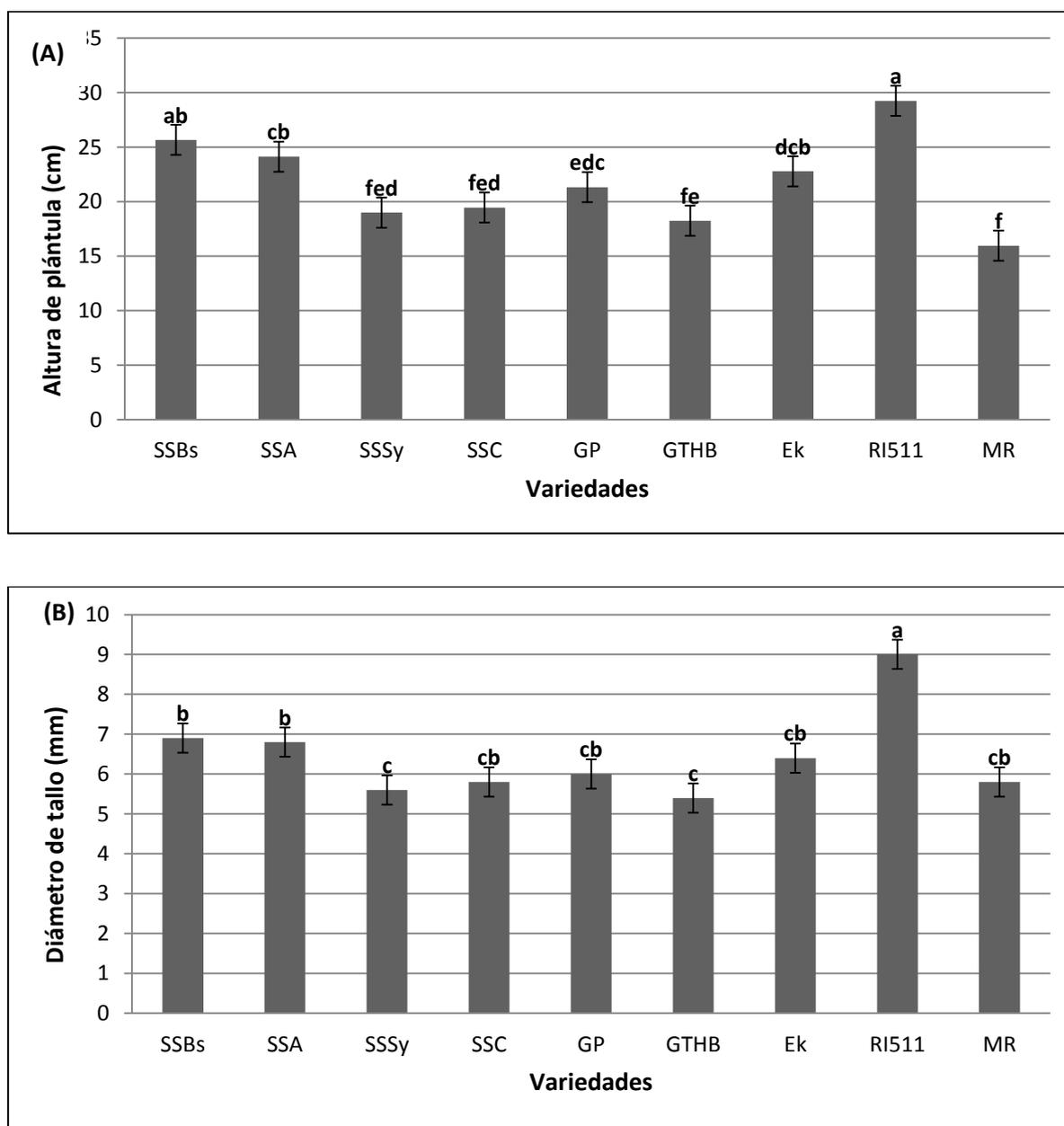


Figura 9: Altura de la plántula (A) y diámetro basal del tronco (B) antes del trasplante para diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre las columnas muestran diferencias altamente significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades: Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

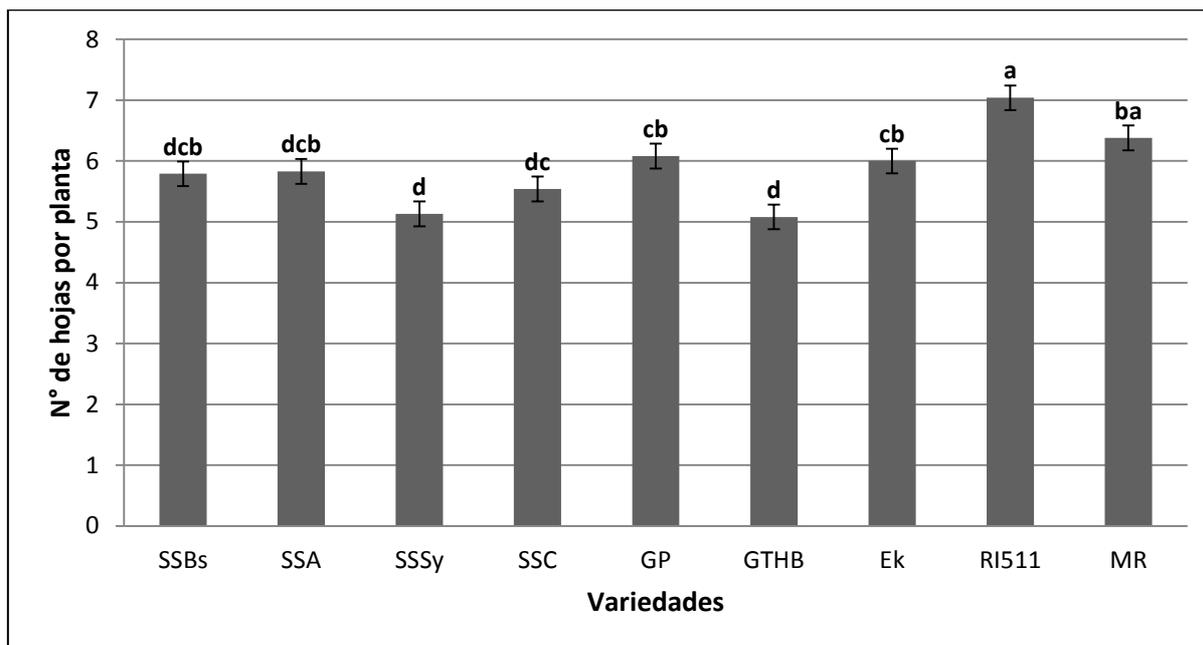


Figura 10: Número de hojas por planta antes del trasplante para diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre las columnas muestran diferencias altamente significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades: Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

## 5.2. Fenología y comportamiento vegetativo desde la plantación

### 5.2.1. Número de días al sexado y a la fructificación

Las plantas comenzaron a florecer a partir de los 60 días después del trasplante mostrando diferencias altamente significativas entre las variedades. MR, la variedad utilizada como testigo, fue la que floreció primero, a los 64 días en promedio; luego SSBs (72 días) y RI511 (75 días). Por otro lado, la que más tardó en florecer fue la variedad GTHB, que lo hizo a los 109 días del trasplante (Fig. 11).

La variedad testigo MR dio su primer fruto a los 100 días, en promedio, después del trasplante, mostrando diferencias significativas con el resto de las variedades que fructificaron a partir de los 140 días después del trasplante (Fig. 11).

### 5.2.2. Comportamiento vegetativo al sexado

Al momento del sexado las variedades evaluadas mostraron diferencias altamente significativas entre los caracteres de número de hojas, altura de la primera flor y diámetro basal del tallo. No se observaron diferencias entre las variedades con respecto al número de lóbulos de la hoja que contiene la primera flor, cuyo valor fue entre 9 y 10. MR fue la

variedad que presentó el menor número de hojas promedio (12), altura a la primera flor (49,63 cm) y diámetro basal de tronco (3,85 cm); SSA, en el otro extremo, fue la variedad que tuvo mayor altura a la primera flor (120,38 cm) y diámetro basal del tronco (7,03 cm). GTHB, en cambio fue la variedad que presentó el mayor número de hojas promedio (22) (Tabla 1).

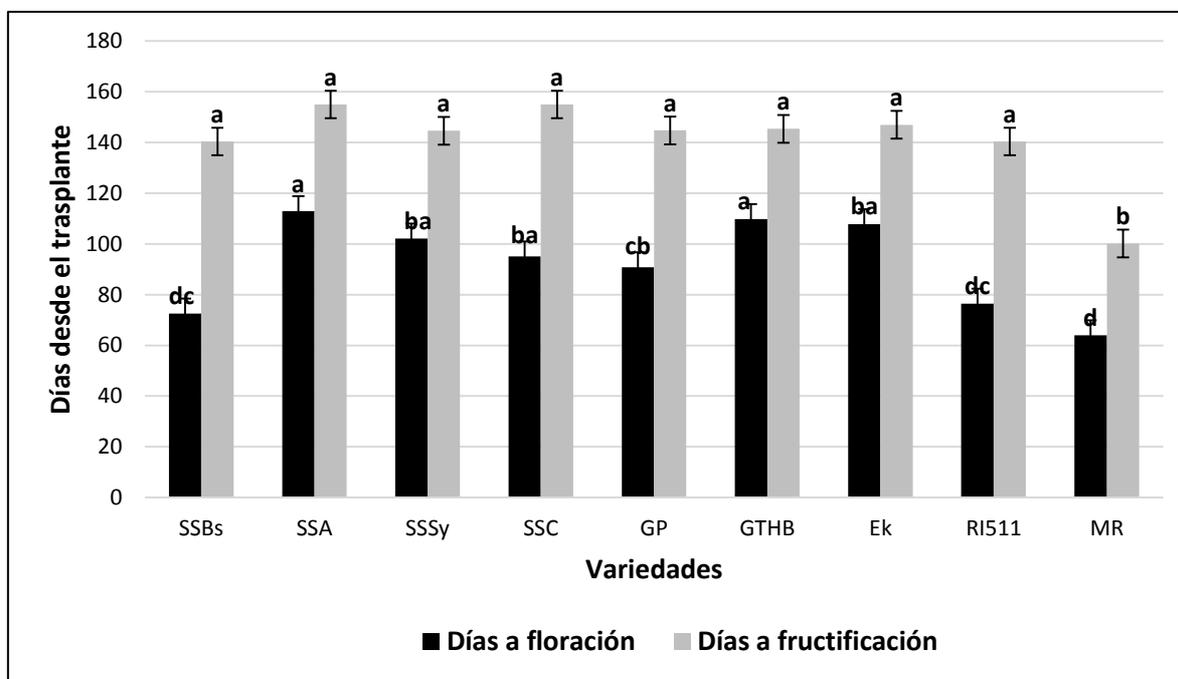


Figura 11: Número de días promedio desde el trasplante al sexado y al cuajado del primer fruto en diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

Se pudo corroborar una relación positiva entre los días a floración con el número de hojas ( $p=0,0025$ ) (Fig. 12) y con la altura a la primera flor ( $p=0,0018$ ) (Fig. 13 A). Las plantas emitieron en promedio casi dos hojas adicionales por cada diez días de diferencia en la duración de la etapa vegetativa, y la altura a la primera flor se incrementó en un centímetro por cada día de retraso en la floración de la variedad. En cambio, existió una baja relación entre los días a floración y el diámetro basal del tronco ( $p=0,1633$ ) al momento de la floración de cada variedad (Fig. 13 B).

### 5.2.3. Comportamiento vegetativo al momento de la fructificación

Al inicio de la fructificación se observaron diferencias altamente significativas entre las variedades de papaya en las variables números de hojas de la planta, altura al primer fruto

(APFr), diámetro basal del tronco (DBT), y en el número de lóbulos de la hojas del primer fruto (NLH<sub>f</sub>). MR fue la variedad que presentó el menor número de hojas (18), APFr (61,38 cm) y DBT (5,86 cm), pero tuvo el mayor NLH<sub>f</sub> (11). En el otro extremo, RI511 fue la que presentó la mayor APFr (139,13 cm) y DBT (9,86 cm). Además, fue unas de las variedades que tuvo mayor número de hojas (29), junto a SSBs (34). El menor NLH<sub>f</sub> (9,25) lo tuvo la variedad GP (Tabla 2).

Tabla 1: Valores promedios de número de hojas, altura de la primer flor (APF), diámetro basal del tronco (DBT) y número de lóbulos de la hoja con la primera flor (NLH), de diferentes variedades de papaya.

Variedades	Número de hojas	APF (cm)	DBT (cm)	NLH
Sunrise Solo Bs	15,50 <b>dc</b>	85,50 <b>d</b>	4,68 <b>dcb</b>	9,63 <b>a</b>
Sunrise Solo Aliança	20,50 <b>ba</b>	120,38 <b>a</b>	7,03 <b>a</b>	9,63 <b>a</b>
Sunrise Solo Sy	20,63 <b>ba</b>	100,06 <b>dcb</b>	5,13 <b>dcb</b>	9,00 <b>a</b>
Sunrise Solo Canaân	16,00 <b>dcb</b>	89,88 <b>dc</b>	4,33 <b>dcb</b>	9,00 <b>a</b>
Grampola	14,25 <b>dc</b>	84,00 <b>d</b>	4,12 <b>dc</b>	9,25 <b>a</b>
Golden THB	22,25 <b>a</b>	106,56 <b>cba</b>	4,55 <b>dcb</b>	9,25 <b>a</b>
Eksotica	17,63 <b>cba</b>	110,75 <b>ba</b>	5,49 <b>cb</b>	9,50 <b>a</b>
Rubí INCAPER 511	13,63 <b>dc</b>	91,94 <b>dcb</b>	5,68 <b>ba</b>	10,00 <b>a</b>
Maradol Roja	11,88 <b>d</b>	49,63 <b>e</b>	3,85 <b>d</b>	9,00 <b>a</b>

Valores medios con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes por el test de Tukey ( $p > 0,05$ ).

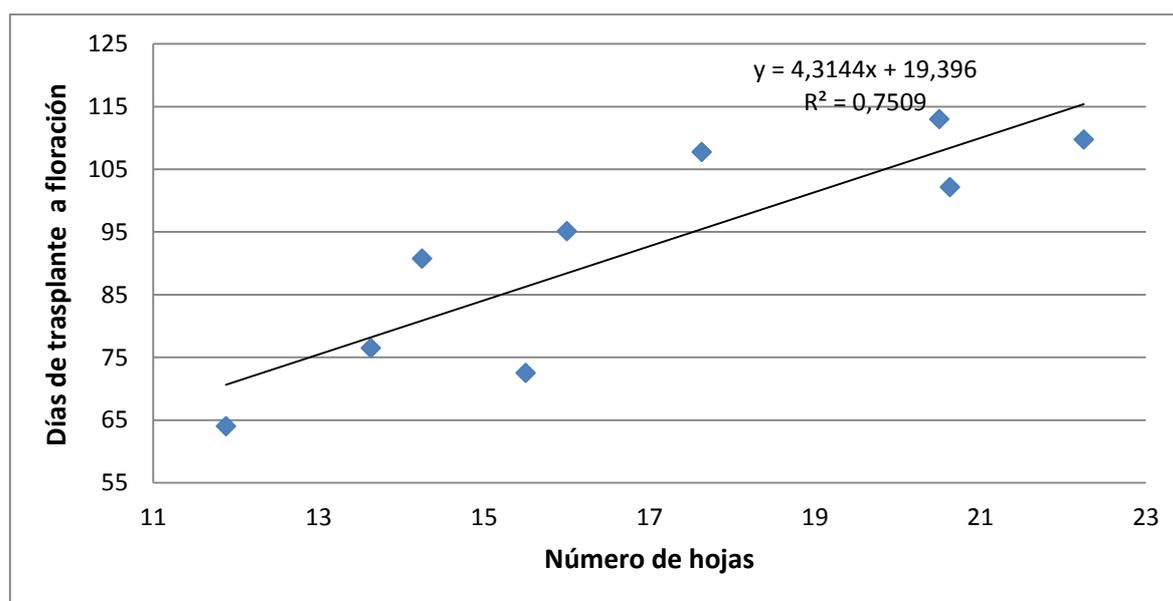


Figura 12: Relación entre número de días desde el trasplante a floración de cada variedad y el número de hojas de la planta al momento de sexado en las nueve variedades de papaya evaluadas.

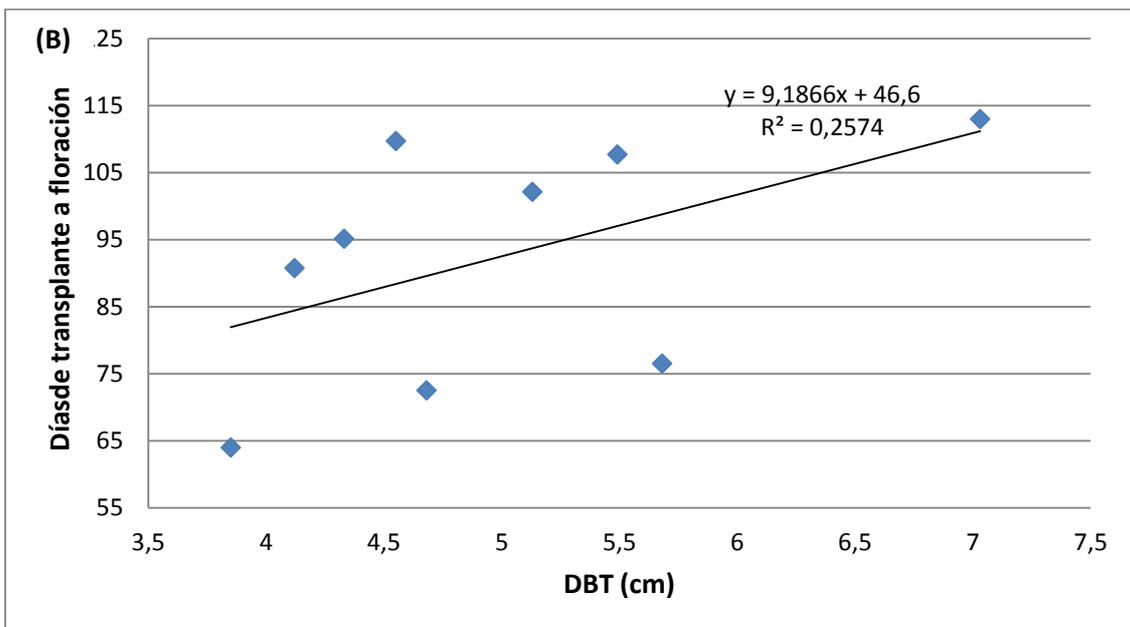
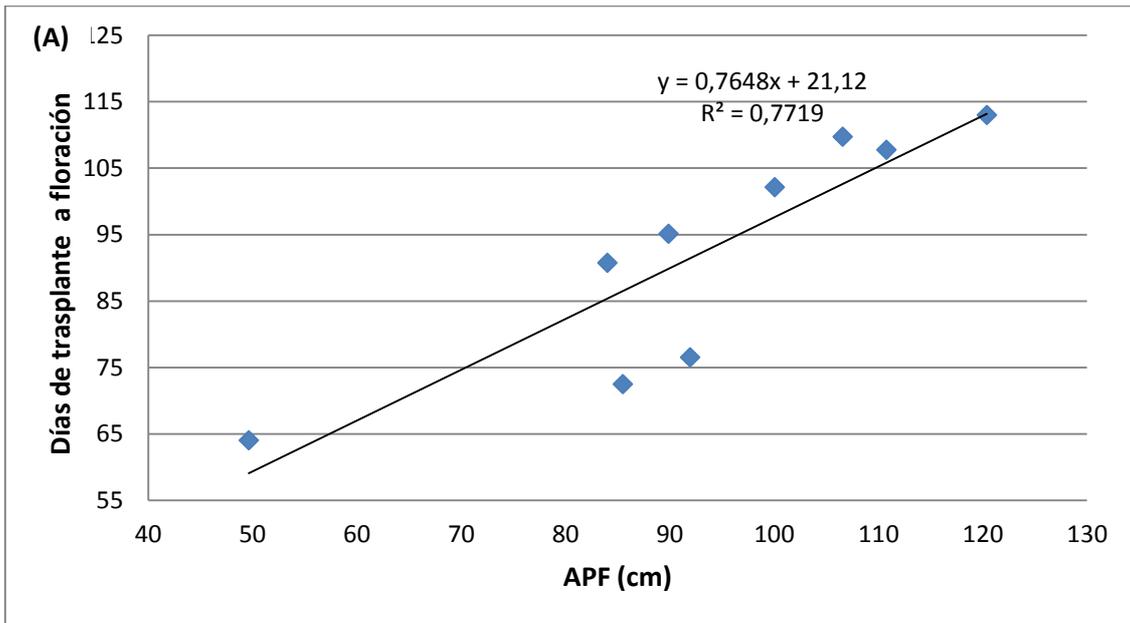


Figura 13: Relación entre número de días desde el trasplante a floración de cada variedad y la altura de la primera flor (APF) **(A)**, el diámetro basal del tronco (DBT) **(B)** al momento de sexado en nueve variedades de papaya evaluadas.

Para el caso de la fructificación, a través del modelo de regresión lineal se pudo comprobar una relación positiva entre los días a fructificación con la altura al primer fruto ( $p=0,0041$ ) (Fig. 14), aunque esta relación estuvo muy condicionada por el comportamiento del testigo. La relación no fue significativa entre el número de días a fructificación con el número de hojas ( $p=0,1763$ ) (Fig. 15 A) y el diámetro basal del tronco ( $p=0,3146$ ) al momento de fructificación de cada variedad (Fig. 15 B).

Tabla 2: Valores promedios de número de hojas, altura del primer fruto (APFr), diámetro basal del tronco (DBT) y número de lóbulos de la hoja con el primer fruto (NLH<sub>f</sub>), al momento del cuajado del primer fruto en diferentes variedades de papaya.

Variedades	Número de hojas	APFr (cm)	DBT (cm)	NLH <sub>f</sub>
Sunrise Solo Bs	33,63 a	127,13 ba	9,09 ba	10,50 ba
Sunrise Solo Aliança	25,88 b	132,88 ba	9,54 a	9,25 b
Sunrise Solo Sy	26,13 b	120,75 ba	7,31 cb	9,50 b
Sunrise Solo Canaân	23,50 cb	113,50 b	7,09 c	9,75 ba
Grampola	24,00 cb	118,44 ba	6,53 c	9,25 b
Golden THB	25,38 cb	116,56 b	5,94 c	9,50 b
Eksotika	26,38 b	131,88 ba	7,41 cb	9,50 b
Rubí INCAPER 511	28,75 ba	139,13 a	9,86 a	10,00 ba
Maradol Roja	18,25 c	61,38 c	5,86 c	11,00 a

Valores medios con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes por el test de Tukey ( $p > 0,05$ ).

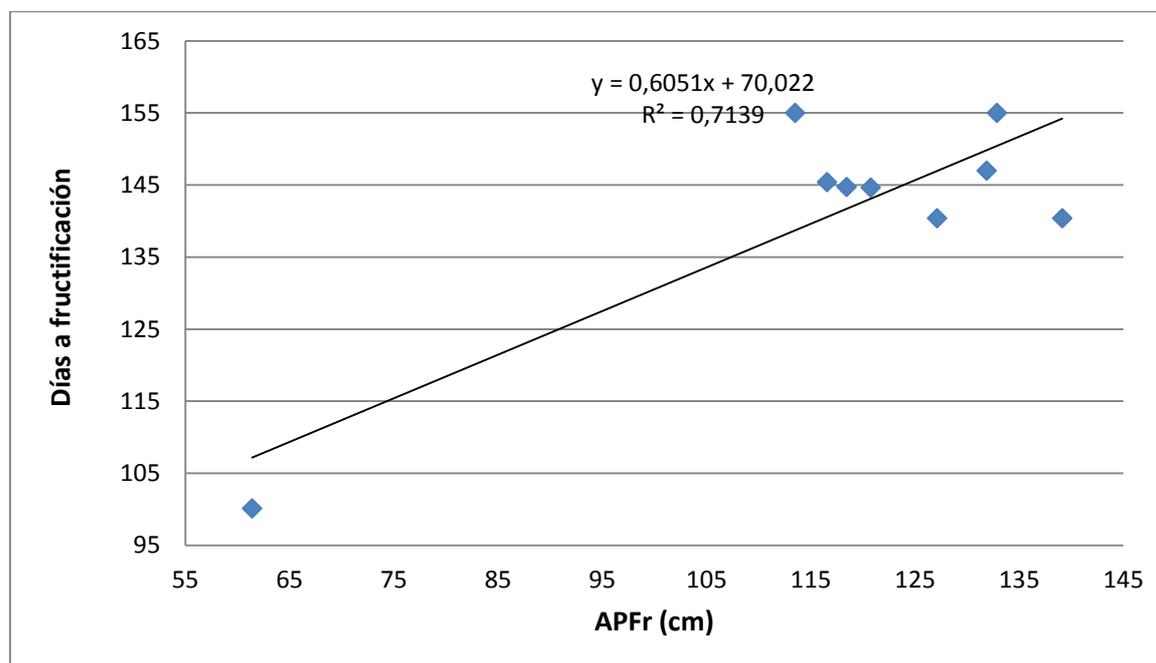


Figura 14: Relación entre número de días desde el trasplante a fructificación, de cada variedad con la altura al primer fruto (APFr), al momento del cuajado del primer fruto de nueve variedades de papaya evaluadas.

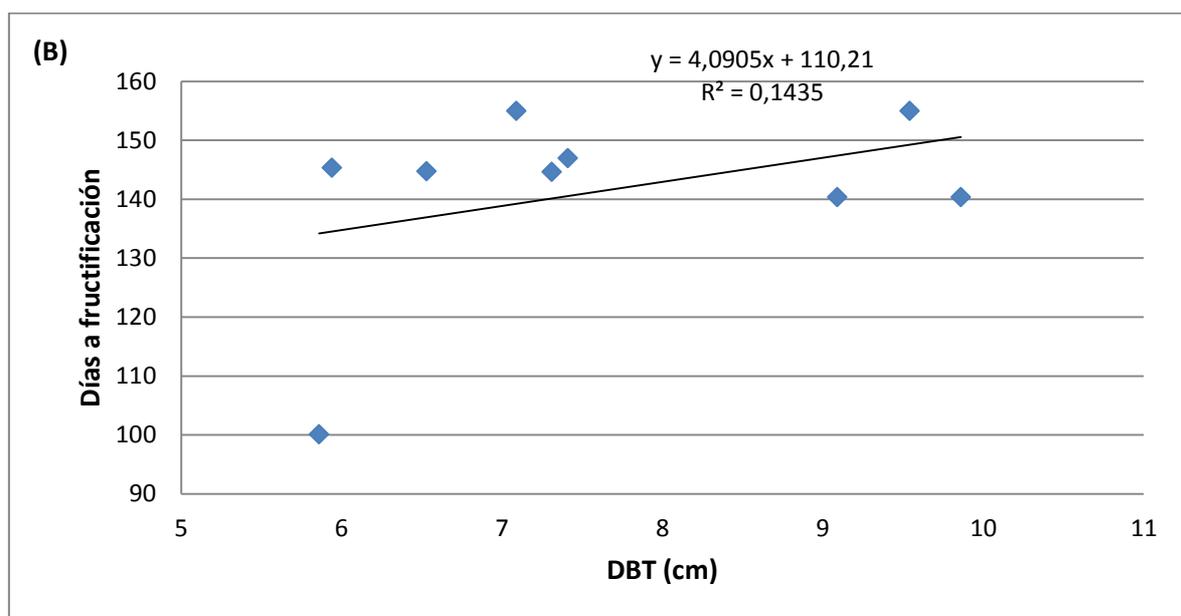
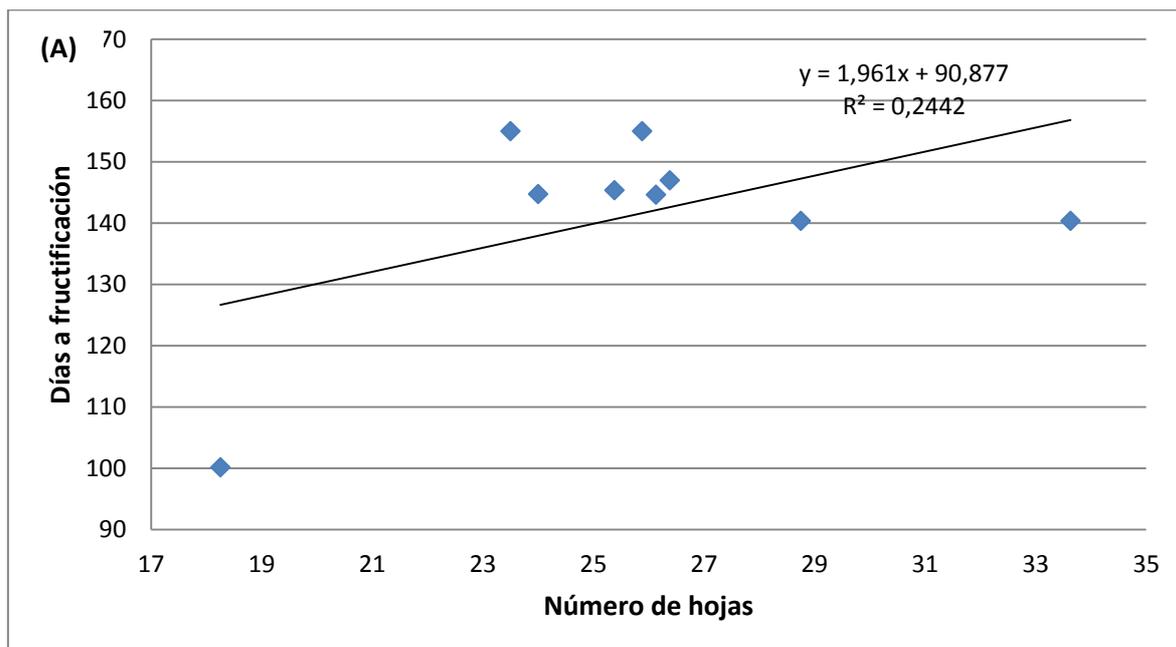


Figura 15: Relación entre número de días desde el trasplante a fructificación, de cada variedad con el número de hojas de la planta (A) y el diámetro basal del tronco (DBT) (B), al momento del cuajado del primer fruto de nueve variedades de papaya evaluadas.

### 5.3. Sumas térmicas expresadas en unidades calor (UC)

En cuanto a la acumulación de UC la variedad SSA y MR se diferenciaron significativamente de resto de variedades. En MR la cosecha se alcanzó a los 376 días con una acumulación de 4051 UC, mientras que en la variedad SSA sus primeros frutos se cosecharon a los 433 días con una acumulación de 4540 UC desde la siembra. El resto de las variedades llegaron

a la cosecha con una acumulación térmica intermedia, entre 4435 y 4483 UC (Tabla 3). Todas las variedades fueron trasplantadas a los 60 días posteriores a la siembra, con una acumulación de 579 UC en la etapa de vivero (Tabla 3).

En el periodo de trasplante a floración hubo diferencias significativas entre las variedades evaluadas. MR fue la primera en florecer con una acumulación de 776 UC, le siguen SSBs con 881, RI511 con 938 UC, mientras que el resto de las variedades necesitó acumular entre 1100 a 1300 UC. La variedad que más tardó en florecer (SSA) necesitó acumular 1356 UC (Tabla 3).

En la acumulación de UC de floración a fructificación también se encontraron diferencias significativas entre las variedades. GTHB necesitó acumular 291 UC, MR en cambio requirió 442 UC, aunque ambas tuvieron la misma duración en días en esa etapa fenológica (36 días). SSBs fue la variedad que más tardó (68 días) en fructificar desde floración y acumuló 701 UC (Tabla 3).

En la etapa de fructificación a cosecha, SSBs y GP fueron las variedades que mostraron diferencias significativas del resto, necesitando acumular 2297 y 2258 UC, respectivamente. El resto de variedades estuvieron comprendidas entre estos valores extremos (Tabla 3).

Tabla 3: Sumas térmicas expresadas en unidades calor (UC) y en días de cada una de las etapas fenológicas de las nueve variedades de papaya evaluadas.

Variedades	Etapas fenológicas							
	Trasplante-floración		Floración-Fructificación		Fructificación-Cosecha		Siembra-cosecha	
	UC	Días	UC	Días	UC	*Días	UC	Días
<b>SSBs</b>	881 <b>d</b>	73 <b>cd</b>	701 <b>a</b>	68 <b>a</b>	2297 <b>a</b>	222 <b>a</b>	4459 <b>b</b>	422 <b>a</b>
<b>SSA</b>	1356 <b>a</b>	113 <b>a</b>	337 <b>dc</b>	42 <b>cd</b>	2266 <b>ba</b>	218 <b>a</b>	4540 <b>a</b>	433 <b>a</b>
<b>SSSy</b>	1244 <b>b</b>	102 <b>ba</b>	378 <b>c</b>	43 <b>cd</b>	2281 <b>ba</b>	220 <b>a</b>	4483 <b>b</b>	425 <b>a</b>
<b>SSC</b>	1178 <b>c</b>	95 <b>ba</b>	443 <b>b</b>	60 <b>ba</b>	2251 <b>ba</b>	216 <b>a</b>	4453 <b>b</b>	431 <b>a</b>
<b>GP</b>	1125 <b>c</b>	91 <b>cb</b>	497 <b>b</b>	54 <b>cba</b>	2237 <b>b</b>	214 <b>a</b>	4439 <b>b</b>	418 <b>a</b>
<b>GTHB</b>	1330 <b>a</b>	110 <b>a</b>	291 <b>d</b>	36 <b>c</b>	<i>s/d</i>	<i>s/d</i>	<i>s/d</i>	<i>s/d</i>
<b>Ek</b>	1304 <b>a</b>	108 <b>ba</b>	338 <b>dc</b>	39 <b>c</b>	2258 <b>ba</b>	217 <b>a</b>	4481 <b>b</b>	424 <b>a</b>
<b>RI511</b>	938 <b>d</b>	77 <b>dc</b>	644 <b>a</b>	64 <b>a</b>	2273 <b>ba</b>	219 <b>a</b>	4435 <b>b</b>	420 <b>a</b>
<b>MR</b>	776 <b>e</b>	64 <b>d</b>	442 <b>b</b>	36 <b>c</b>	2251 <b>ba</b>	216 <b>a</b>	4051 <b>c</b>	376 <b>b</b>

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según el test de tukey. \*Número de días considerados desde la brotación de octubre, luego de las heladas; s/d: sin datos. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

#### 5.4. Número de hojas

MR fue la variedad que presentó el mayor número de hojas emitidas en el periodo evaluado (101), sin diferenciarse de SSBs (91), RI511 (90). MR tuvo un promedio de 10 hojas por planta en cada observación, de un total de 10 observaciones por año. GTHB, SSSy, SSA, SSC y Ek fueron las variedades que menor número de hojas emitieron, con un promedio de 8 hojas en cada medición (Fig. 16).

Por lo general todas las variedades disminuyeron el número de hojas emitidas desde enero a julio. Luego, en los meses de primavera-verano la emisión de hojas fue en aumento a partir del mes de octubre (Fig. 17).

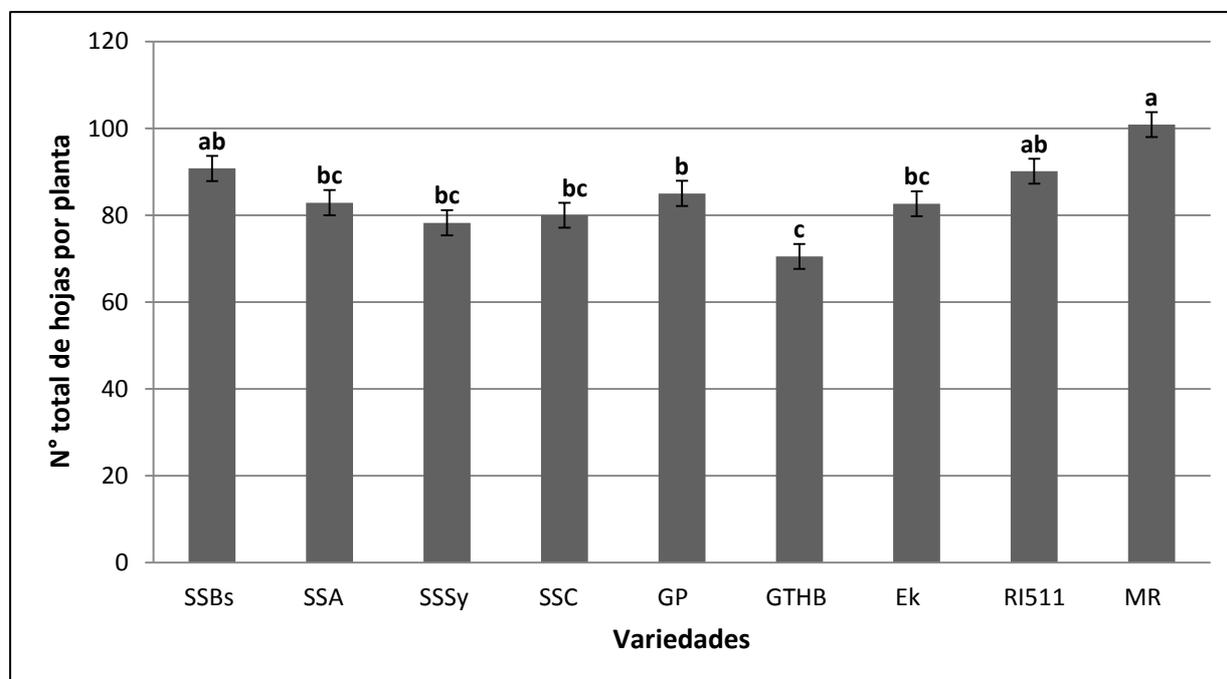


Figura 16: Número total de hojas por planta, emitidas desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento, en diferentes variedades de papaya. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

#### 5.5. Floración, cuajado y aborto de frutos

Es importante aclarar que durante el período de agosto a septiembre no se tomaron datos debido a que las plantas fueron afectadas por una helada a fines de julio. La variedad GTHB fue la más afectada, produciéndose la muerte de las plantas.

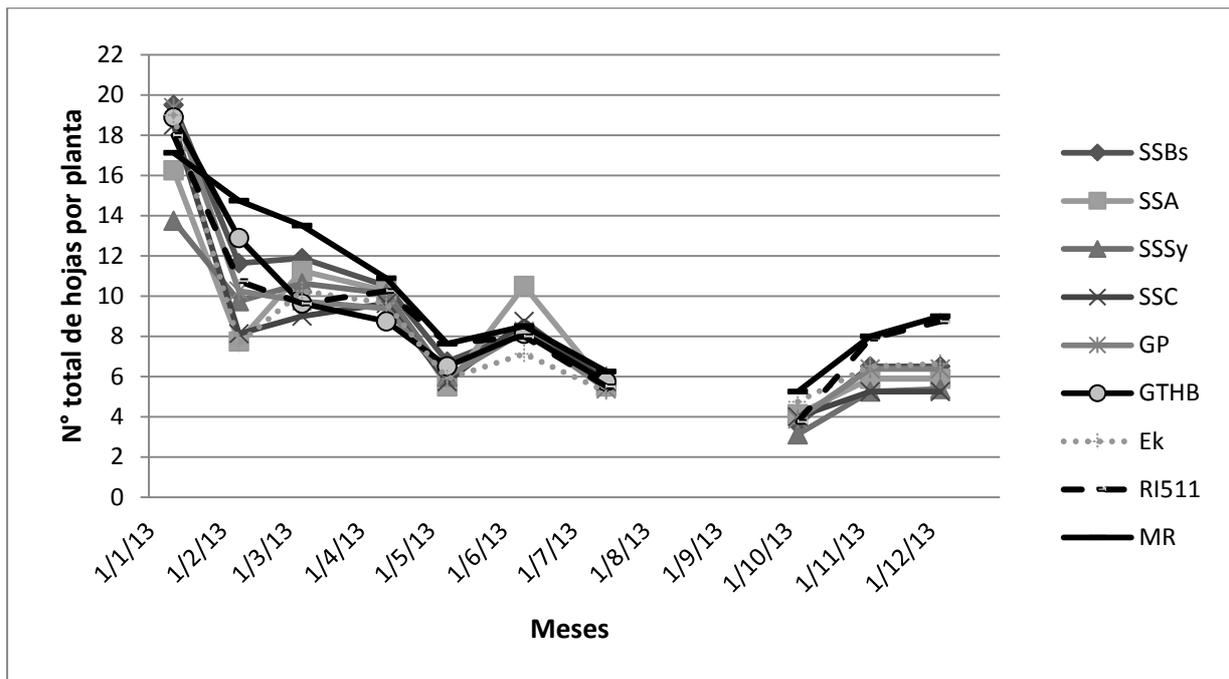


Figura 17: Distribución de la cantidad de hojas emitidas por planta desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento, en diferentes variedades de papaya. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

### 5.5.1. Flores normales y estériles

El mayor número de flores totales (flores estériles más normales) por planta en todo el período evaluado lo presentó la variedad testigo MR (108) que mostro diferencias significativas respecto al resto. RI511 (86), SSBs (77) y GP (68) también se destacaron mostrando diferencias significativas sobre las otras variedades evaluadas; por último GTHB (41) fue la variedad que produjo la menor cantidad de flores (Fig. 18 A).

En cuanto a la producción de flores normales durante la estación de crecimiento todas las variedades presentaron dos picos de formación de flores en los meses de marzo y abril, seguido de una caída brusca en el mes de mayo. Se puede observar una marcada diferencia en el número de flores normales de la variedad testigo (MR) y la variedad GTHB hasta julio, mes último de evaluación de esta variedad. También se observó que en el mes de octubre todas las variedades evaluadas produjeron un bajo número de flores normales, con un leve ascenso en los meses sucesivos, destacándose la variedad RI511 (Fig. 18 B).

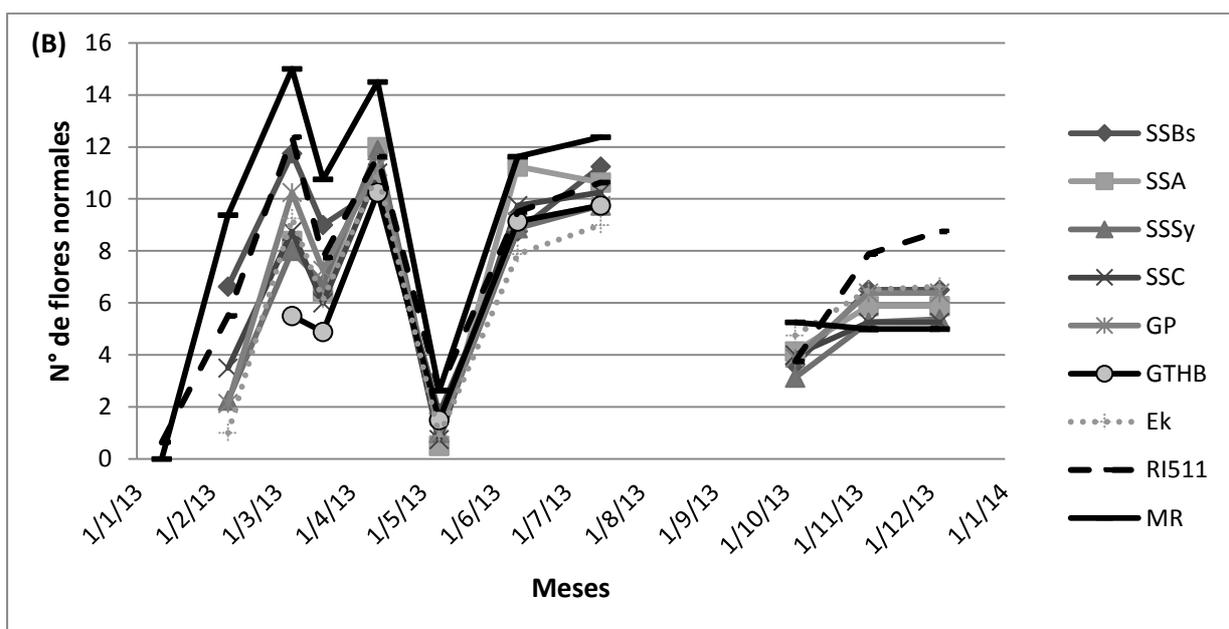
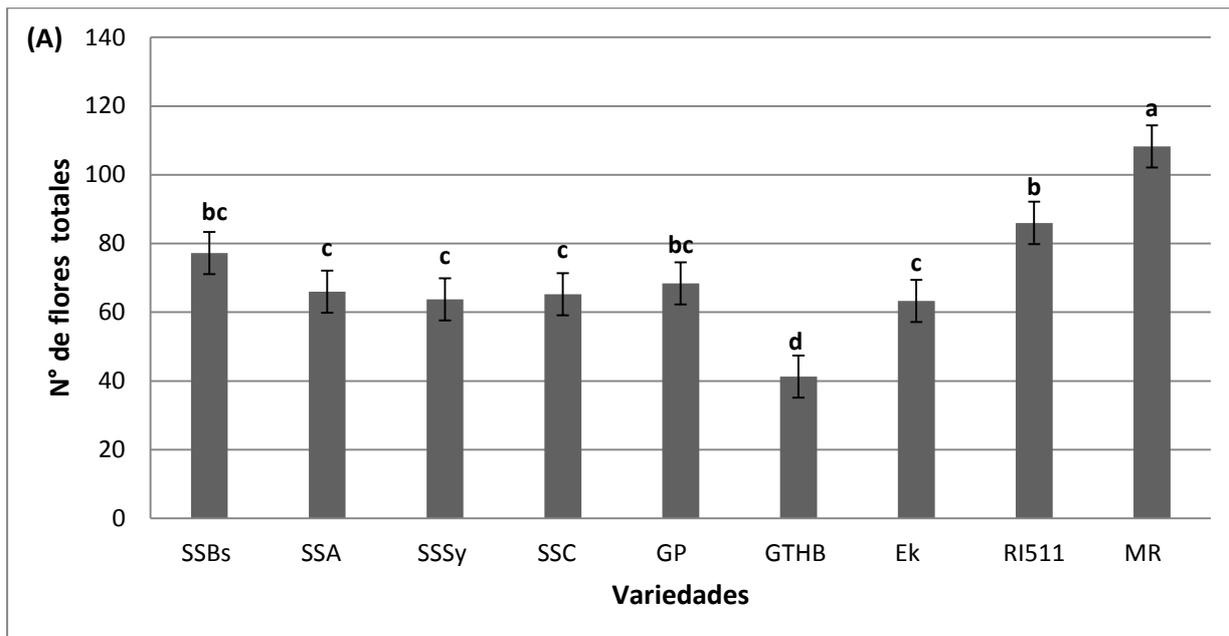


Figura 18: Número de flores totales por planta (flores normales más estériles) (A) y número de flores normales por planta y por período (B) en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

Se encontró una relación positiva ( $p < 0.0001$ ) entre el número total de hojas emitidas y el número de flores totales (Fig. 19).

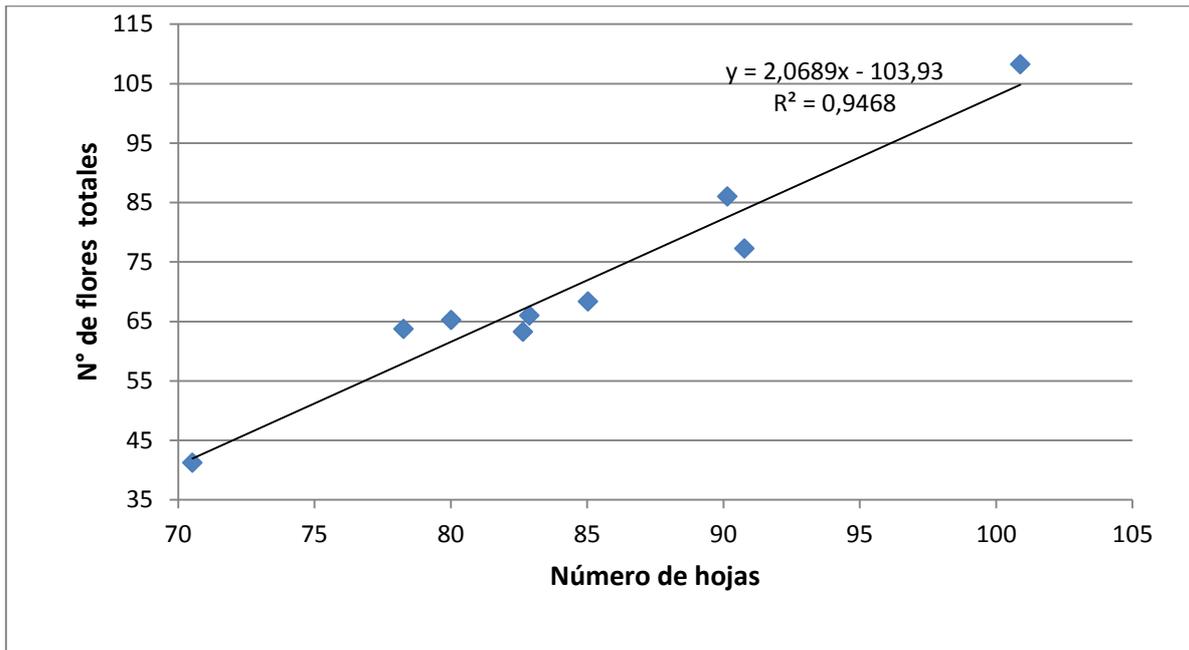


Figura 19: Relación entre el número total de hojas y el número de flores totales emitidas por planta en diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

La variedad MR fue la que presentó el mayor número de flores estériles femeninas totales por planta (17), seguida de RI511 (5), mostrando diferencias entre sí y con el resto de las variedades. El resto de variedades presentaron menos de 2 flores totales por planta (Fig. 20 A).

En cuanto a la evolución de la proporción de flores estériles durante la estación de crecimiento, las variedades tuvieron un comportamiento muy heterogéneo, pero siempre se mantuvieron por debajo del 15 % a excepción de MR que presentó dos momentos del año en que llegaron al 50 % de formación de flores estériles, en enero y diciembre. RI511 tuvo un pico de producción de flores estériles en marzo (15 %). En el otro extremo, Sunrise Solo Sy no presentaron esterilidad femenina hasta octubre, momento en que alcanzaron valores del 10 % que se mantuvo hasta diciembre inclusive. En el caso de la variedad GP, mostró dos picos leves en marzo y octubre. Ek se destacó por no tener flores estériles durante todo el periodo evaluado a excepción de febrero (Fig. 20 B).

### 5.5.2. Frutos normales, carpeloides y pentándricos

SSA, RI511 y SSBs, fueron las variedades que presentaron el mayor número de frutos normales totales por planta durante el periodo evaluado. Ek y GTHB, por el contrario, fueron las que presentaron menor cantidad de frutos normales (Fig. 21 A).

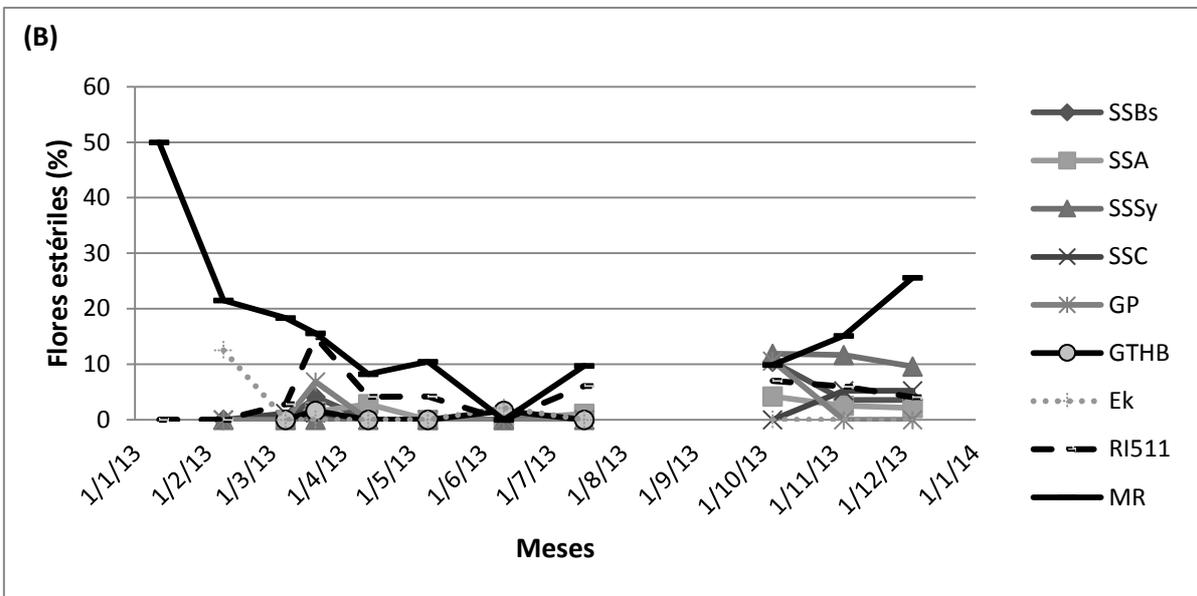
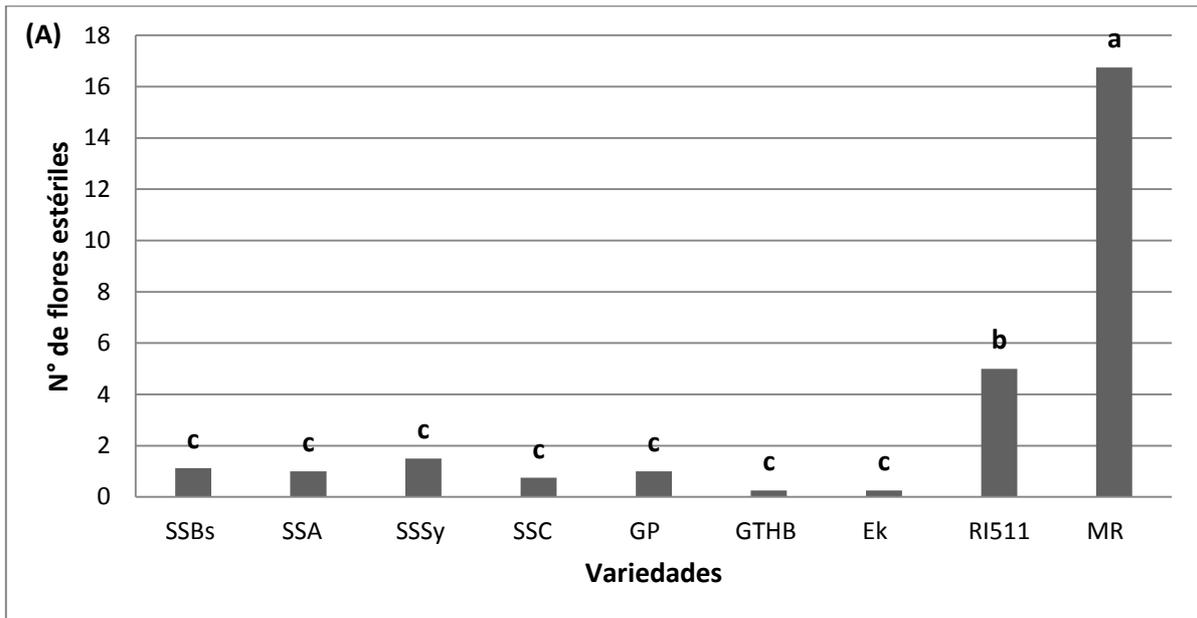


Figura 20: Número de flores estériles por planta (A) y evolución de la proporción de flores estériles por planta (B) en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daños por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR). Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ )

Con respecto a su evolución del número de frutos normales durante la etapa de crecimiento, por lo general las curvas siguieron la misma tendencia, mostrando dos picos de producción de frutos normales, en mayo y diciembre. Ek se mantuvo siempre por debajo de los 8 frutos por período. MR comenzó a fructificar en febrero y llegó a formar 9 frutos por planta en el mes de mayo, y apenas un fruto en junio. Ek y SSSy comenzaron a fructificar en marzo y el resto de variedades en abril. Después de las bajas temperaturas registradas en julio, las

plantas comenzaron a cuajar frutos nuevamente en octubre, todas por debajo de los 5 frutos por planta y por período. Este valor se llegó a triplicar en diciembre principalmente para la variedad SSA (Fig. 21 B). SSBs fue la única variedad que no presentó caídas en la formación de frutos durante el mes de junio, respecto a la medición anterior.

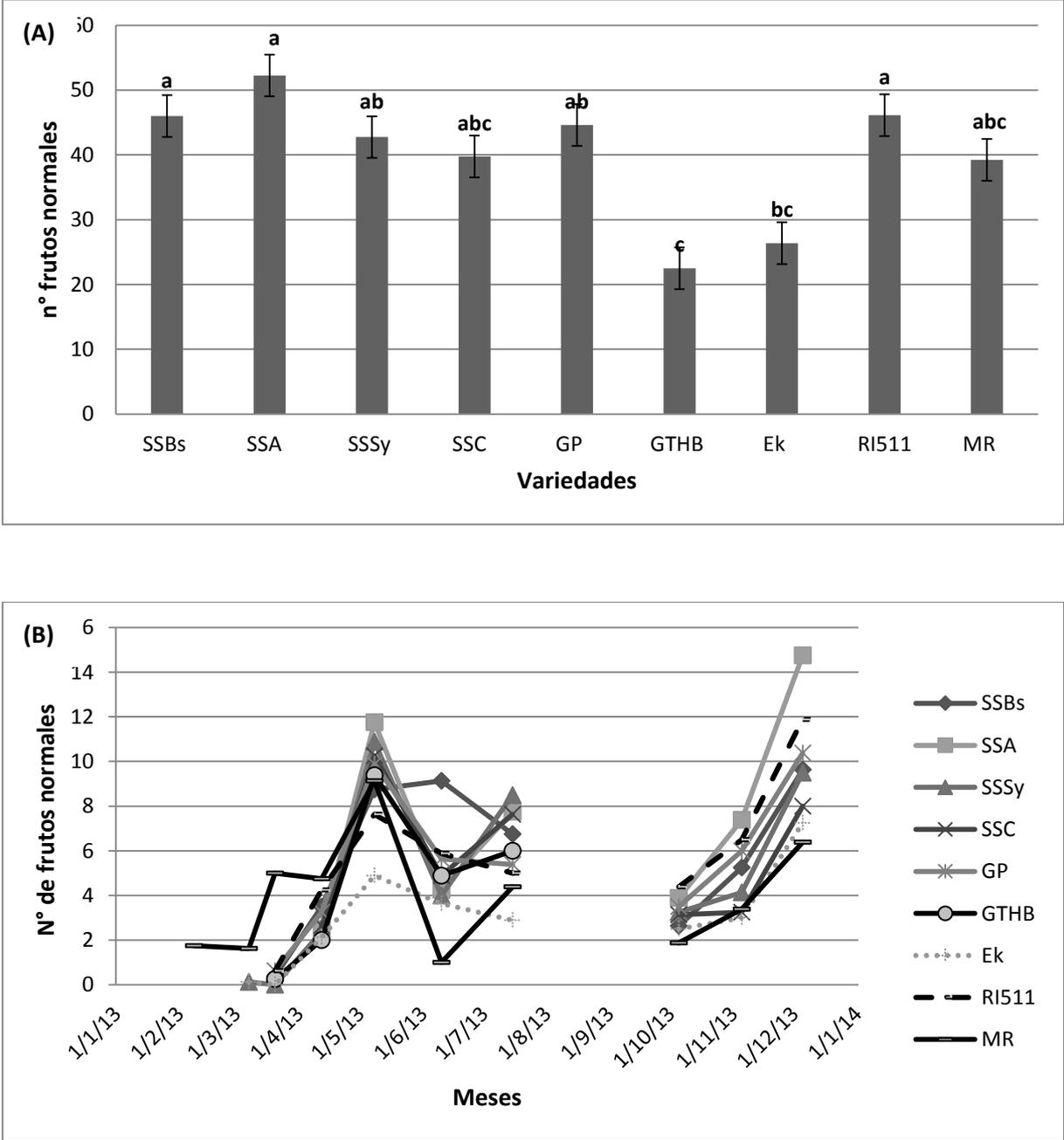


Figura 21: Número de frutos normales totales por planta (A) y evolución del cuajado de frutos normales en cada período (B) para diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daño por helada. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

El mayor número de frutos carpeloides totales por planta durante el año evaluado lo mostraron las variedades SSSy (8,6), Ek (8,5), SSBs (7,0) y GP (6,5). En el otro extremo, GTHB (0,5) fue la variedad que mostró el menor número de frutos carpeloides. MR (3,5), mostró un comportamiento intermedio junto a las variedades RI511 (3,8), SSA (3,0) y SSC (4,1) (Fig. 22).

La variedad Ek tuvo un pico de cuajado de frutos carpeloides en mayo, con la formación de 4 frutos por planta; en la primavera tuvo un comportamiento intermedio con respecto al resto de las variedades. La variedad SSSy manifestó tres picos de cuajado de frutos carpeloides en junio, octubre y diciembre. MR tuvo relativamente baja formación de frutos carpeloides, llegando a formar como máximo un fruto por planta en abril y octubre (Fig. 23).

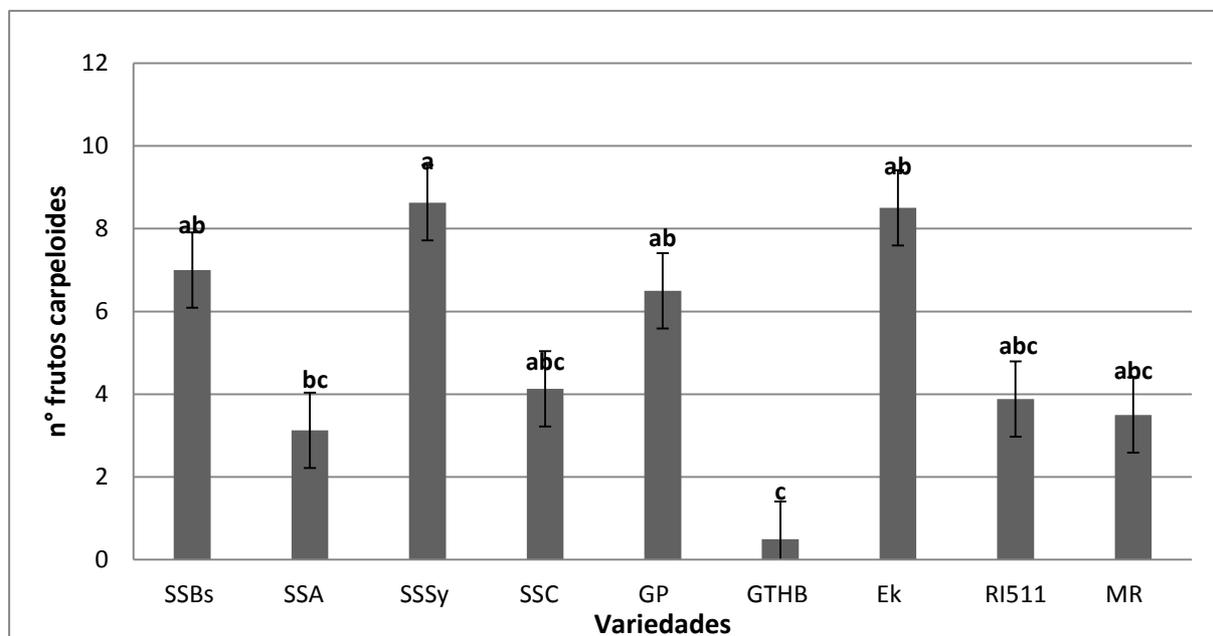


Figura 22: Número de frutos carpeloides por planta en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaã (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

Las variedades que presentaron mayor número de frutos pentándricos fueron SSBs (7,1) y SSSy (6,7), que mostraron diferencias significativas sobre MR (2,4), SSA (0,5), GTHB (0,4) y RI511 (0,4), que presentaron los valores más bajos. Ek (6,2), GP (3,9), SSC (3,4) y mostraron valores intermedios entre ambos grupos. (Fig. 24 A).

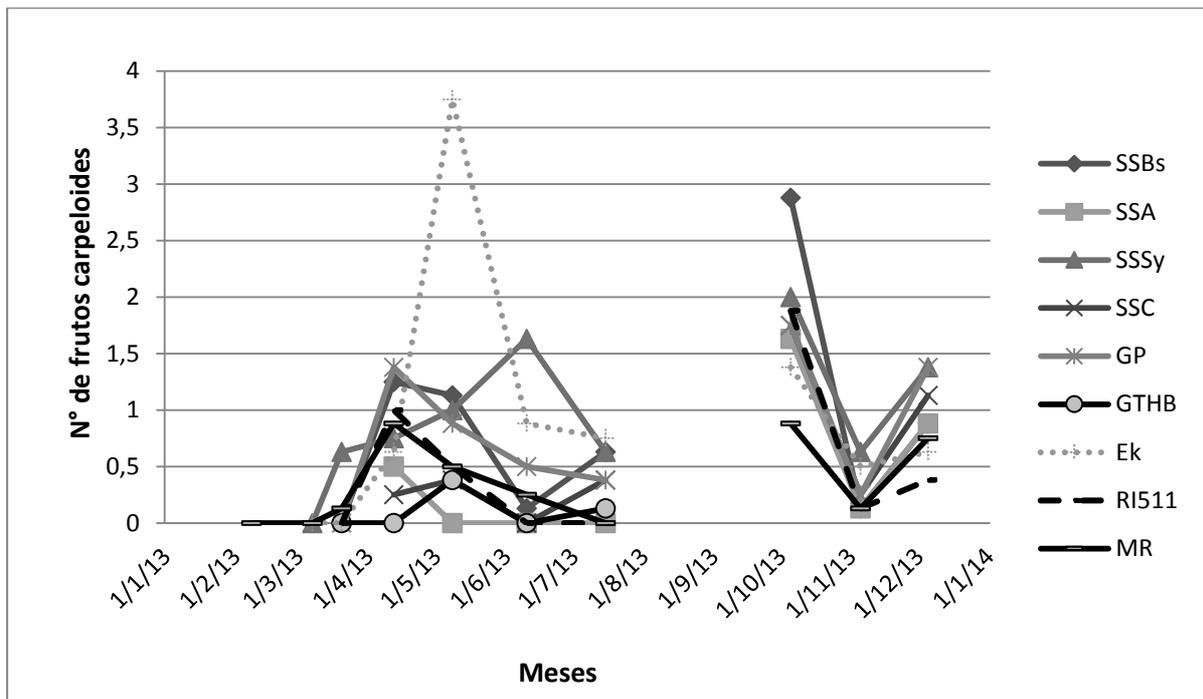


Figura 23: Numero de frutos carpeloides y evolución del cuajado durante la estación de crecimiento en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daños por heladas. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

Los frutos pentándricos comenzaron a aparecer durante el mes de marzo y se mantuvieron por debajo de 1,5 frutos por planta hasta octubre, momento en que alcanzaron los 2,5 frutos por planta en algunas variedades como SSBs y SSSy. Ek y GP le siguieron en importancia. MR tuvo un comportamiento intermedio con respecto al resto de las variedades. SSA, GTHB y RI511 desarrollaron frutos pentándricos por debajo de 0,5 en promedio por planta (Fig. 24 B).

### 5.5.3. Proporción relativa de frutos normales, carpeloides y pentándricos.

Las variedades que mayor proporción de frutos normales tuvieron fueron GTHB, SSA, MR y RI511, superando el 90 % del total de frutos por planta. En el otro extremo, las que tuvieron la menor proporción de frutos normales fueron Ek (59,7 %) y SSSy (71,5 %); por ende estas variedades tuvieron la mayor proporción de frutos deformes (carpeloides y pentándricos), 40,3 y 28,5 %, respectivamente (Fig. 25).

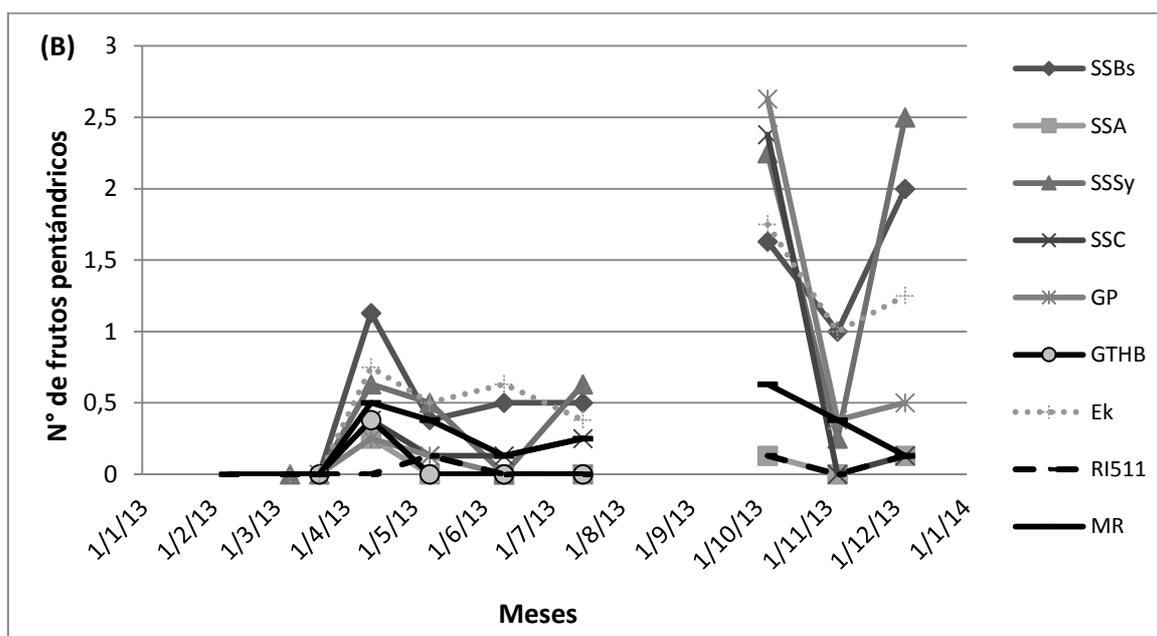
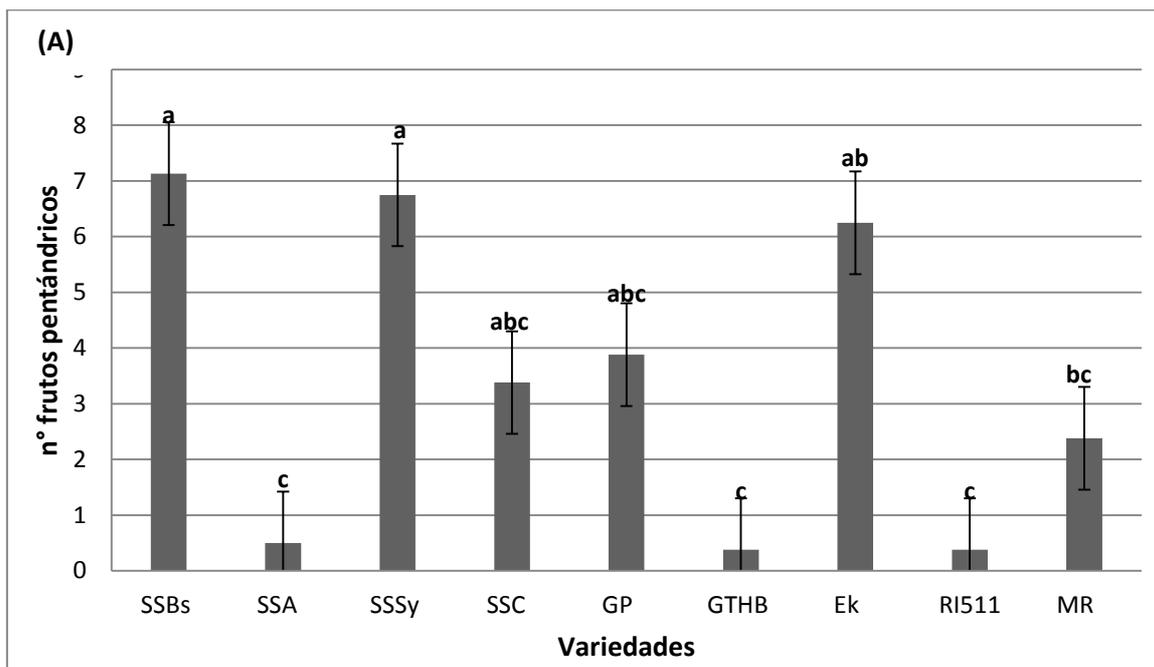


Figura 24: Número de frutos pentándricos por planta (A) y evolución de su cuajado durante la estación de crecimiento (B) en diferentes variedades de papaya, desde el inicio de la floración y durante la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por daño por heladas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

En general todas las variedades tuvieron una alta proporción de frutos normales (+60 %) durante los primeros meses, a excepción de SSSy, ya que en marzo todos los frutos cuajados fueron deformes. En octubre, en cambio, la proporción de frutos normales

disminuyó notablemente en todas las variedades y se debió al aumento de la formación de frutos carpeloides y pentándricos (Fig. 26 y 27).

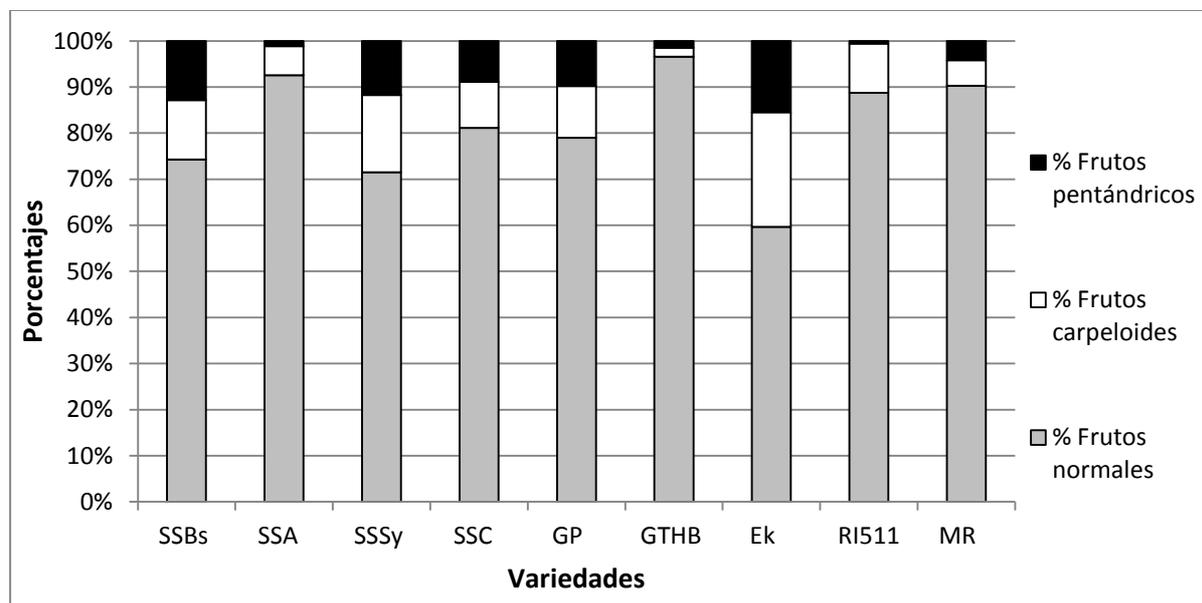


Figura 25: Porcentaje anual de frutos normales, carpeloides y pentándricos en relación al total de frutos producidos por distintas variedades de papaya. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

RI511 tuvo una producción de frutos normales superior al 80 % durante casi todo el año evaluado, salvo en octubre que bajó casi al 60 %, y aumentó la formación de frutos carpeloides (Fig. 26 A y B).

GTHB tuvo alta proporción de frutos normales hasta julio, mes último de evaluación para esta variedad (Fig. 26 A). SSA también presentó un alto porcentaje de frutos normales durante casi todo el periodo evaluado, salvo en octubre que bajó dicha proporción y se debió al aumento de frutos carpeloides (Fig. 25 A y B). MR tuvo variaciones en la proporción de los diferentes tipos de frutos durante todo el periodo evaluado, mostrando en junio y octubre un porcentaje de frutos carpeloides superior al 25 % (Fig. 25 y 26). En SSBs, SSC, GP y Ek, la formación de frutos carpeloides y pentándricos durante el mes de octubre sumaron más del 50 % de los frutos totales (Fig. 26 A y 27).

#### 5.5.4. Abortos

El mayor número de abortos totales por planta se dio en las variedades MR (49), RI511 (40) y SSBs (38), mientras que la variedad que presentó menor cantidad de abortos fue GTHB (7) (Fig. 28 A).

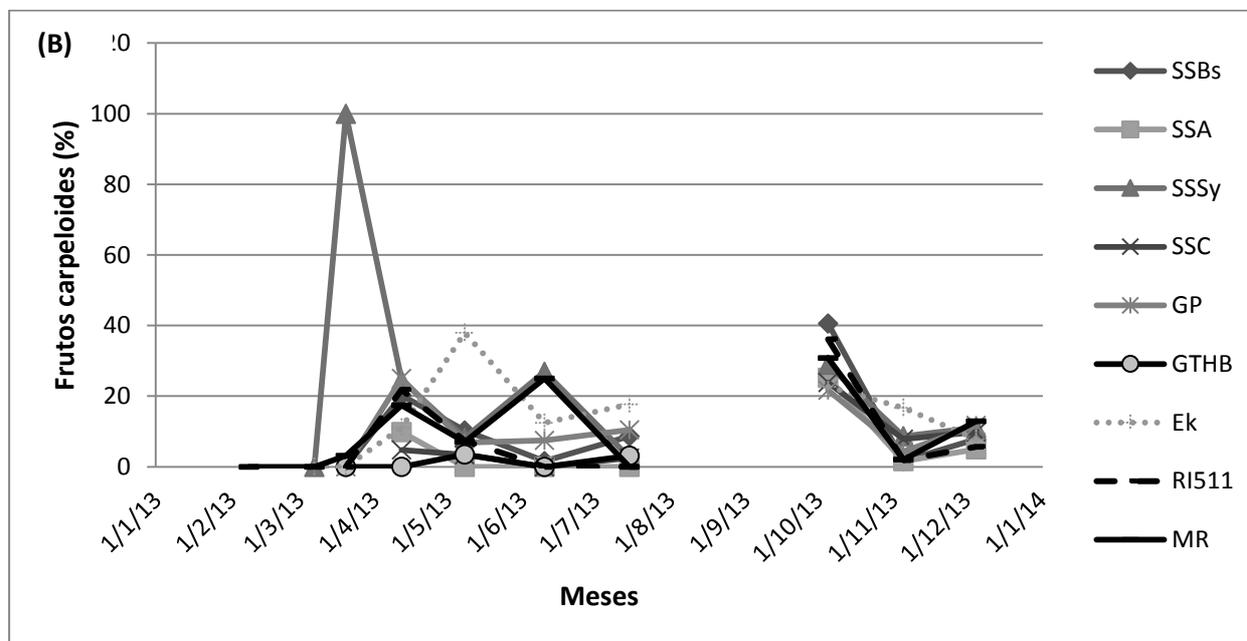
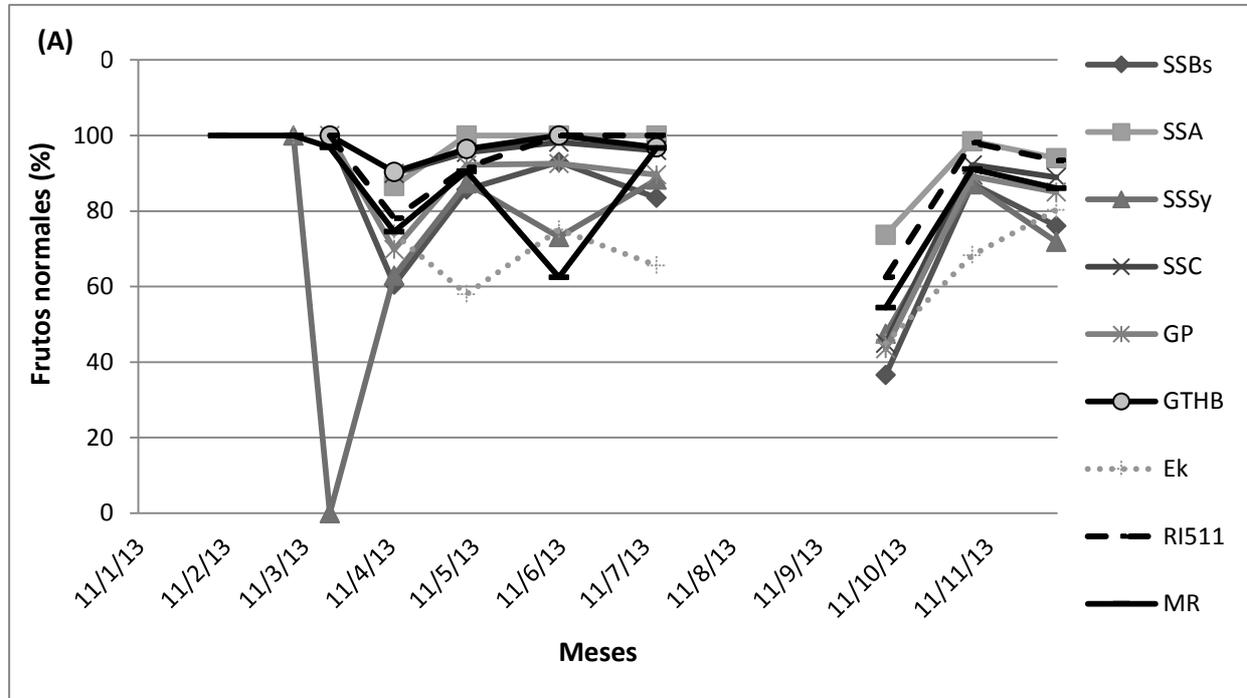


Figura 26: Porcentaje de frutos normales (A) y frutos carpeloides (B) en relación al total de frutos cuajados por planta en cada período de la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

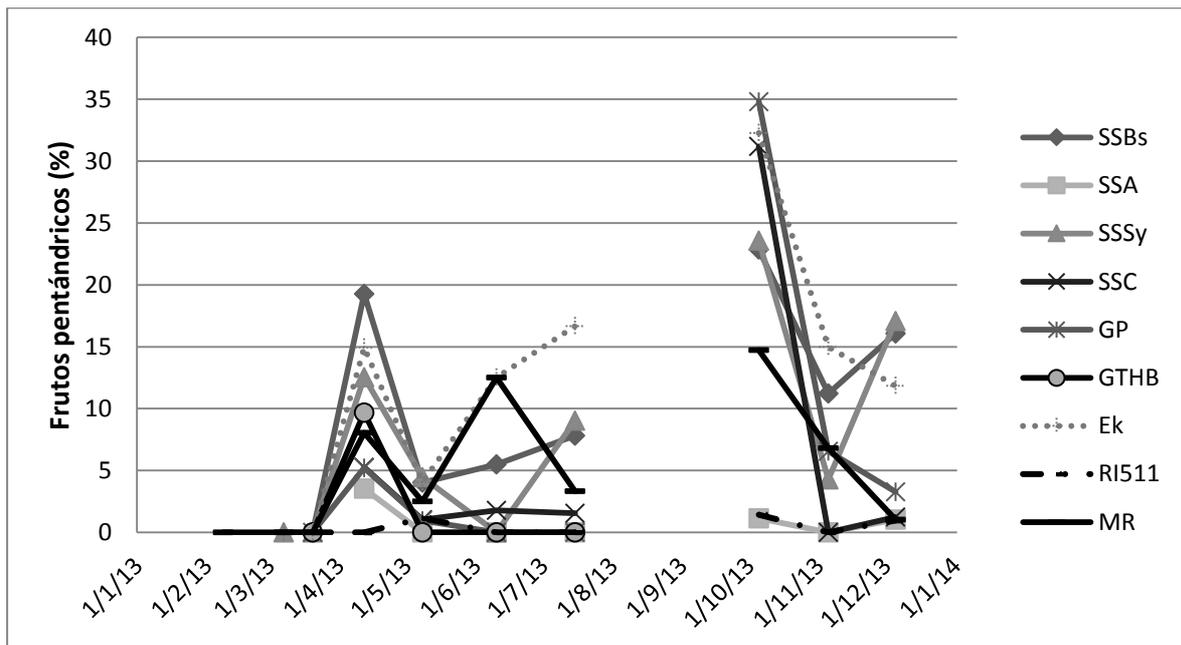


Figura 27: Porcentaje de frutos pentándricos en relación al total de frutos cuajados por planta en cada período de la estación de crecimiento. Agosto y septiembre sin datos por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaán (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

En cuanto a la distribución del porcentaje de abortos durante la etapa de crecimiento, las variedades se comportaron de manera muy heterogénea. Al inicio de la evaluación se presentaron los mayores picos de abortos, alcanzando valores superiores al 40 % en algunas variedades. A partir de abril y hasta julio se observaron valores relativamente estables, salvo en MR donde la proporción de abortos se incrementó nuevamente y de manera sostenida (Fig. 28 B).

En octubre, luego del período de bajas temperaturas invernales, la proporción de abortos fue baja, pero aumentó en los meses sucesivos, hasta alcanzar nuevamente valores del 40 % (Fig. 28 B).

SSA y SSC mantuvieron una baja proporción de abortos, menor al 15 %, durante todo el periodo evaluado. GTHB también siempre se mantuvo por debajo de las otras variedades hasta julio, mes último de evaluación para esta variedad (Fig. 28 B).

### 5.5.5. Relaciones existentes entre parámetros vegetativos y reproductivos con el aborto

Se encontró una relación positiva ( $p=0,0167$ ) entre la cantidad de flores estériles y la proporción de abortos (Fig. 29). En la variedad MR un 32 % de sus flores fueron estériles, lo que explica la alta proporción de abortos de esta variedad.

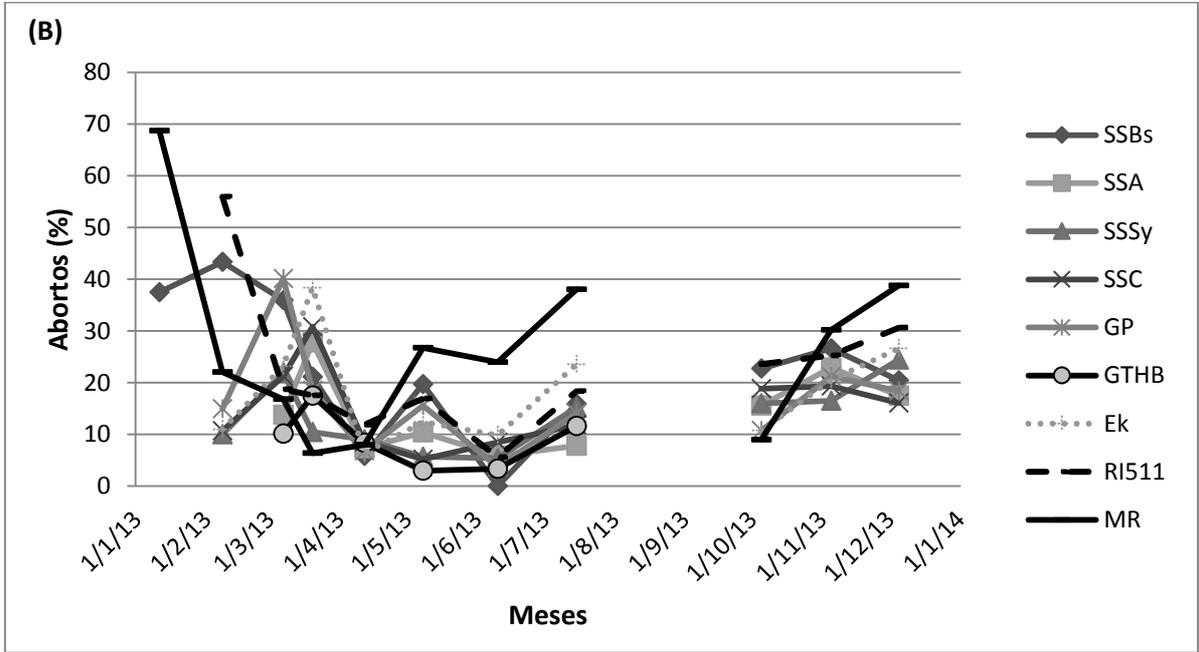
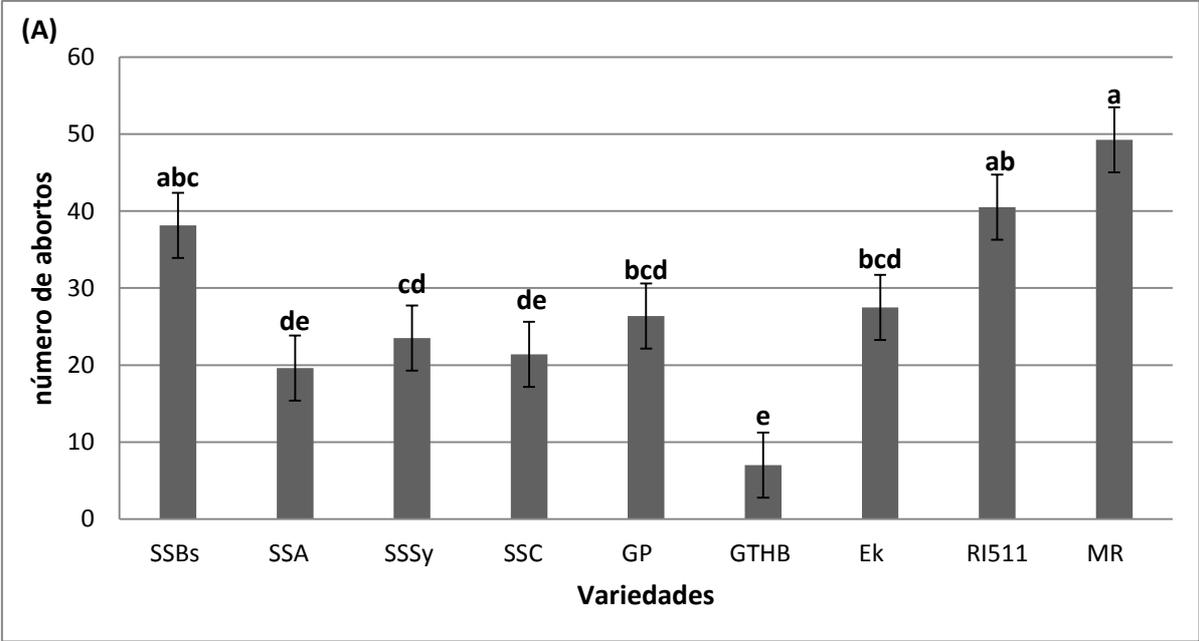


Figura 28: Número de abortos por planta (A) y su evolución durante la estación de crecimiento (B) en diferentes variedades de papaya. Agosto y septiembre sin datos por helada. Variedades Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaán (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR). Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ )

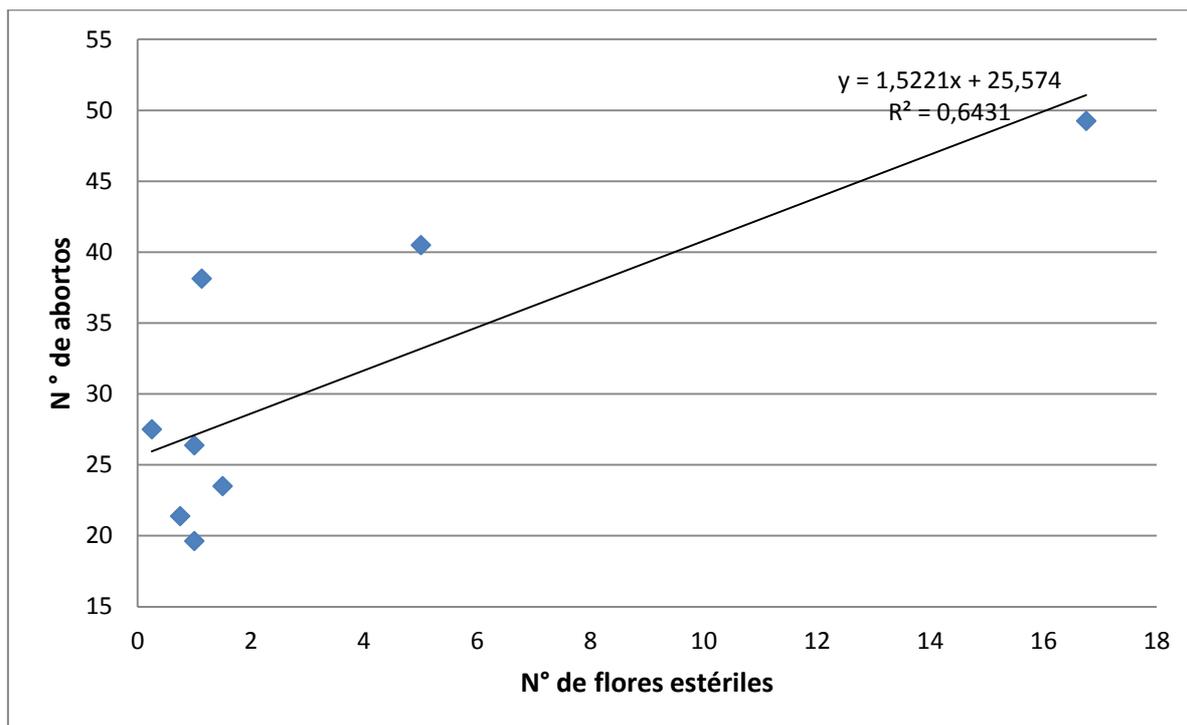


Figura 29: Relación entre el número de abortos y el número de flores estériles en plantas de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaán (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

## 5.6. Relaciones existentes entre ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y abortos con las condiciones meteorológicas

### 5.6.1. Esterilidad femenina y abortos

Se encontró que la esterilidad femenina y los abortos tuvieron una correlación positiva con la temperatura al momento de la floración. En cambio, se encontró una relación significativa entre la humedad relativa ocurrida uno y dos meses antes de la floración con la proporción de flores estériles (Tabla 4 y 5). Para el caso de los abortos la humedad relativa no estuvo relacionada (Tabla 5). Las precipitaciones no tuvieron influencia sobre estas dos variables analizadas (Tabla 4 y 5).

Se observó en la variedad Maradol que al aumentar la temperatura aumentó la esterilidad de flores femeninas (Fig. 30 A).

La relación inversa entre esterilidad femenina y humedad relativa se observó en la variedad SSSy, fundamentalmente cuando la humedad bajó del 60 % (Fig. 30 B).

Tabla 4: Coeficientes correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de flores estériles en nueve variedades de papaya.

Variables	Condiciones meteorológicas respecto a la floración		
	En el momento	Un mes antes	Dos meses antes
Temperatura media	0,24*	0,13	-0,05
Temperatura máxima	0,24*	0,16	-0,04
Temperatura mínima	0,23*	0,08	-0,08
Humedad relativa	-0,19	-0,24*	-0,24*
Humedad relativa mínima	-0,17	-0,24*	-0,22*
Humedad relativa máxima	-0,19	-0,23*	-0,24*
Precipitaciones	-0,19	0,07	-0,01

\*p-valor significativo al 5 % de probabilidad (n=96)

Tabla 5: Coeficientes de correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de abortos en nueve variedades de papaya.

Variables	Condiciones meteorológicas respecto a la floración		
	En el momento	Un mes antes	Dos meses antes
Temperatura media	0,24*	0,16	-0,01
Temperatura máxima	0,25*	0,18	-0,02
Temperatura mínima	0,25*	0,12	-0,01
Humedad relativa	-0,17	-0,16	-0,12
Humedad relativa mínima	-0,16	-0,16	-0,06
Humedad relativa máxima	-0,14	-0,16	-0,16
Precipitaciones	-0,18	0,07	-0,07

\*p-valor significativo al 5 % de probabilidad (n=96)

Los abortos fueron aumentando a medida que aumentaba la temperatura máxima como es en el caso de la variedad Sunrise Solo Bs (Fig. 31).

### 5.6.2. Carpeloidía

La ocurrencia de carpeloidía se correlacionó mayormente con las condiciones meteorológicas ocurridas uno y dos meses antes del cuajado de los frutos, y en todos los casos se dio una correlación negativa (Tabla 6).

En la variedad Ek el mayor porcentaje de frutos carpeloides se dio con temperaturas mínimas por debajo de 17 °C registradas un mes antes del cuajado de los frutos (Fig. 32 A).

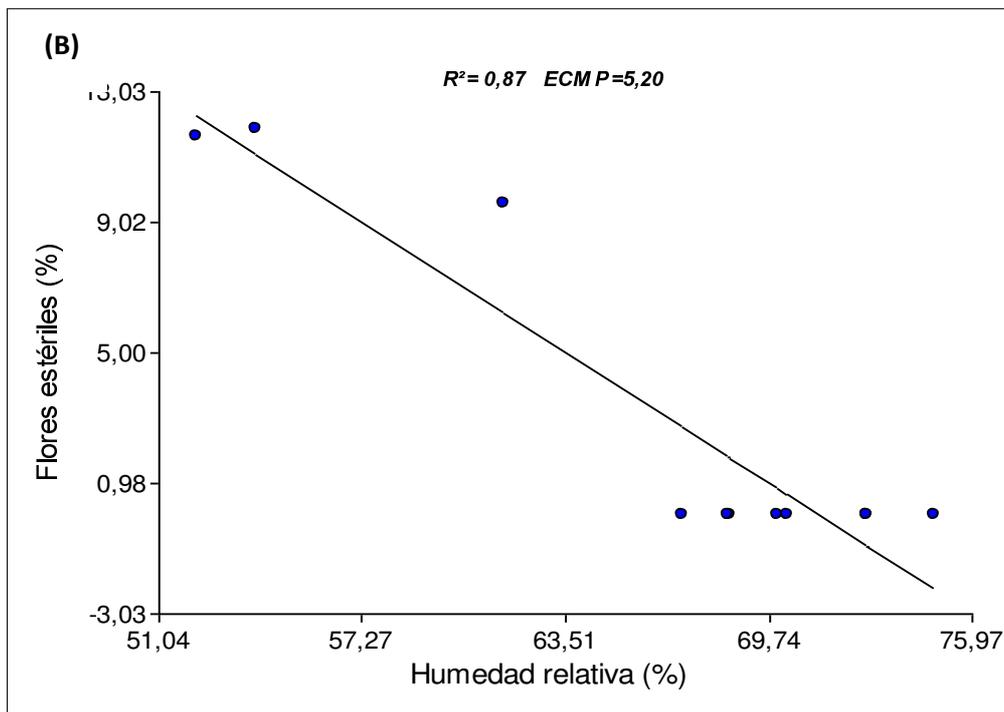
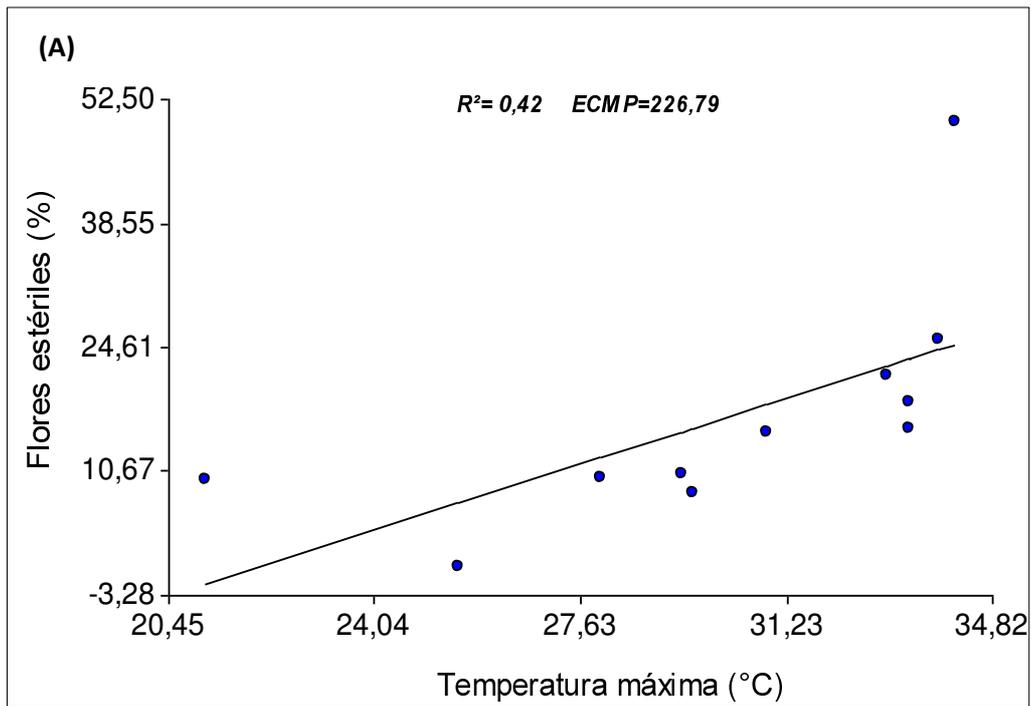


Figura 30: **(A)** Relación entre la temperatura máxima, tomada en la floración y el porcentaje de flores estériles para la variedad Maradol Roja ( $p=0,0360$ ). **(B)** Relación entre la humedad relativa, tomada un mes antes de la floración y el porcentaje de flores estériles y para la variedad Sunrise Solo Sy ( $p=0.0001$ ).

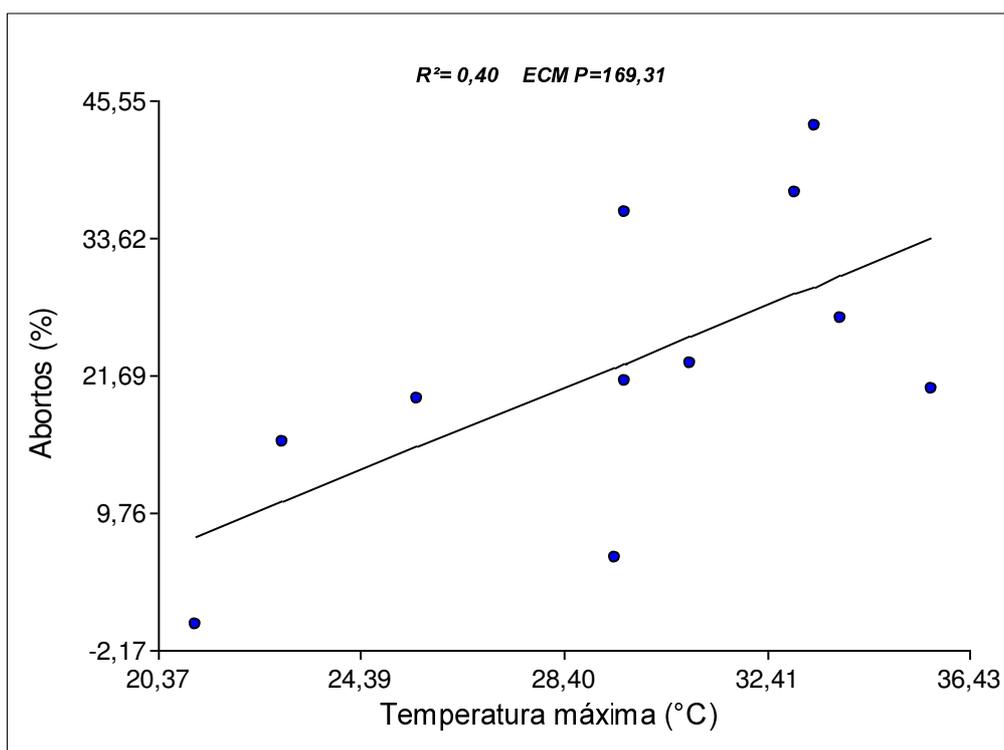


Figura 31: Relación entre la temperatura máxima, tomada en la floración y el porcentaje de abortos para variedad Sunrise Solo Bs ( $\rho=0,0440$ ).

Tabla 6: Coeficientes correlación lineal (r) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de carpeloidía en nueve variedades de papaya.

Variables	Condiciones meteorológicas respecto a la fructificación		
	En el momento	Un mes antes	Dos meses antes
Temperatura media	-0,11	-0,32*	-0,48*
Temperatura máxima	-0,06	-0,26*	-0,39*
Temperatura mínima	-0,19	-0,41*	-0,52*
Humedad relativa	-0,39*	-0,38*	-0,25*
Humedad relativa mínima	-0,34*	-0,32*	-0,27*
Humedad relativa máxima	-0,43*	-0,44*	-0,24*
Precipitaciones	-0,34*	-0,47*	-0,41*

\*p-valor significativo al 5 % de probabilidad (n=96).

Las precipitaciones (Fig. 32 B) y la humedad relativa (Fig. 33), también mostraron influencia en la formación de frutos carpeloides. A modo de ejemplo, se muestra esta relación inversa para las variedades Ek y SSC.

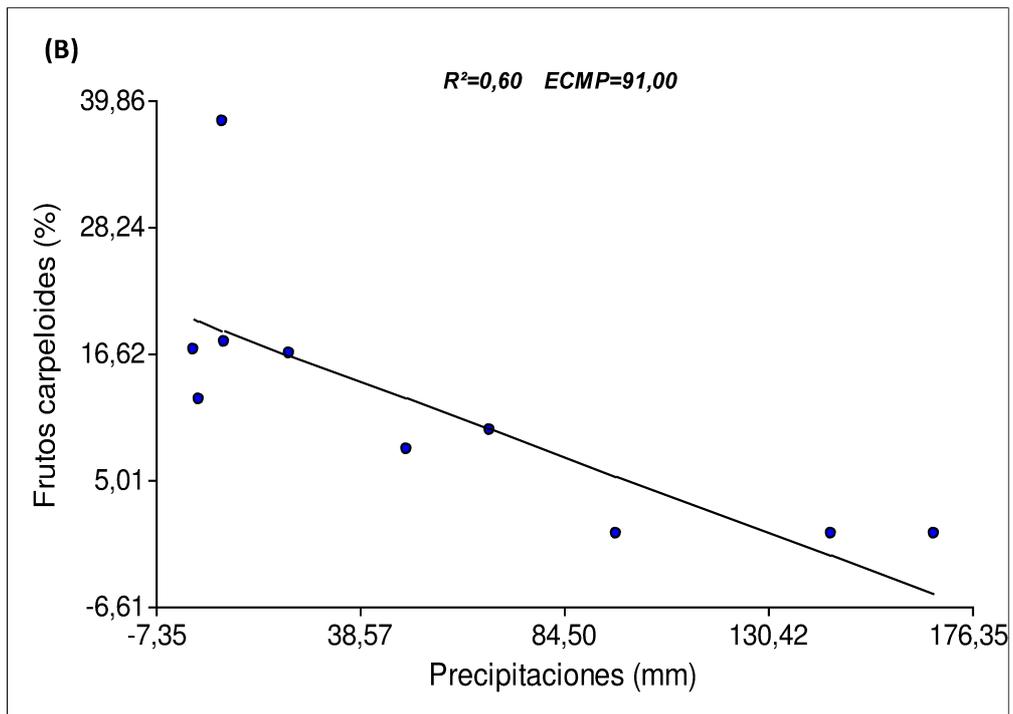
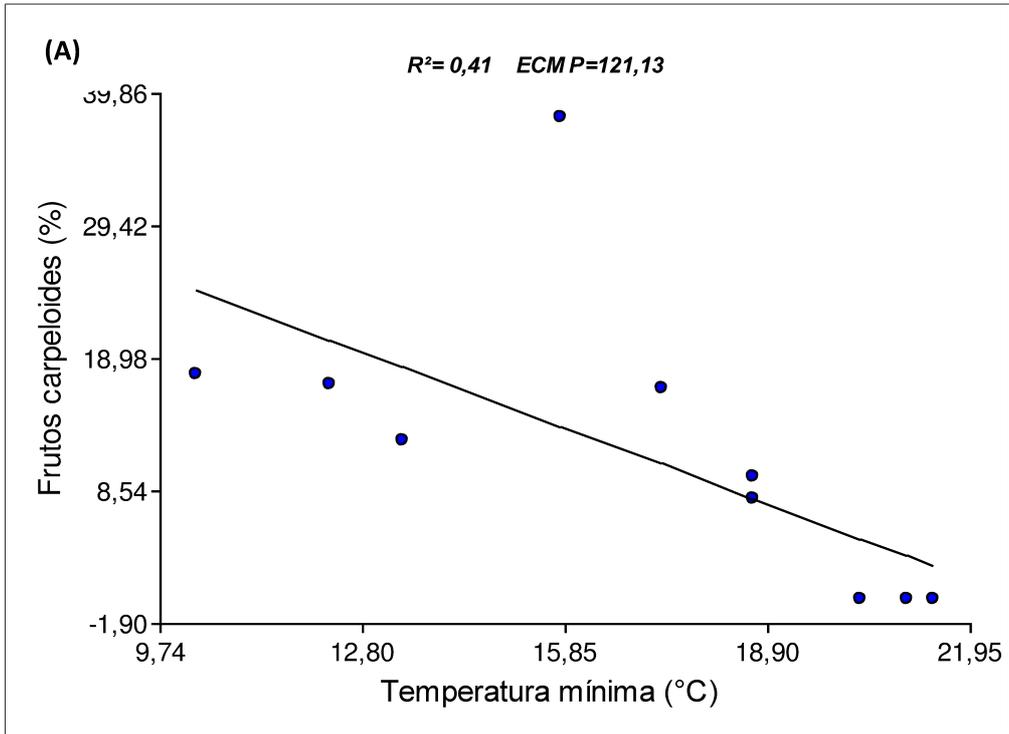


Figura 32: Relación entre la temperatura mínima un mes antes del cuajado de los frutos y el porcentaje de frutos carpeloides **(A)** de la variedad Eksotica, ( $p=0,0333$ ). Relación entre el porcentaje de frutos carpeloides y las precipitaciones **(B)** para la variedad Eksotica ( $p=0,0002$ ).

### 5.6.3. Pentandría

La ocurrencia de frutos pentándricos se correlacionó con las condiciones meteorológicas ocurridas uno y dos meses antes del cuajado de los frutos, y en todos los casos se dio una correlación negativa (Tabla 7).

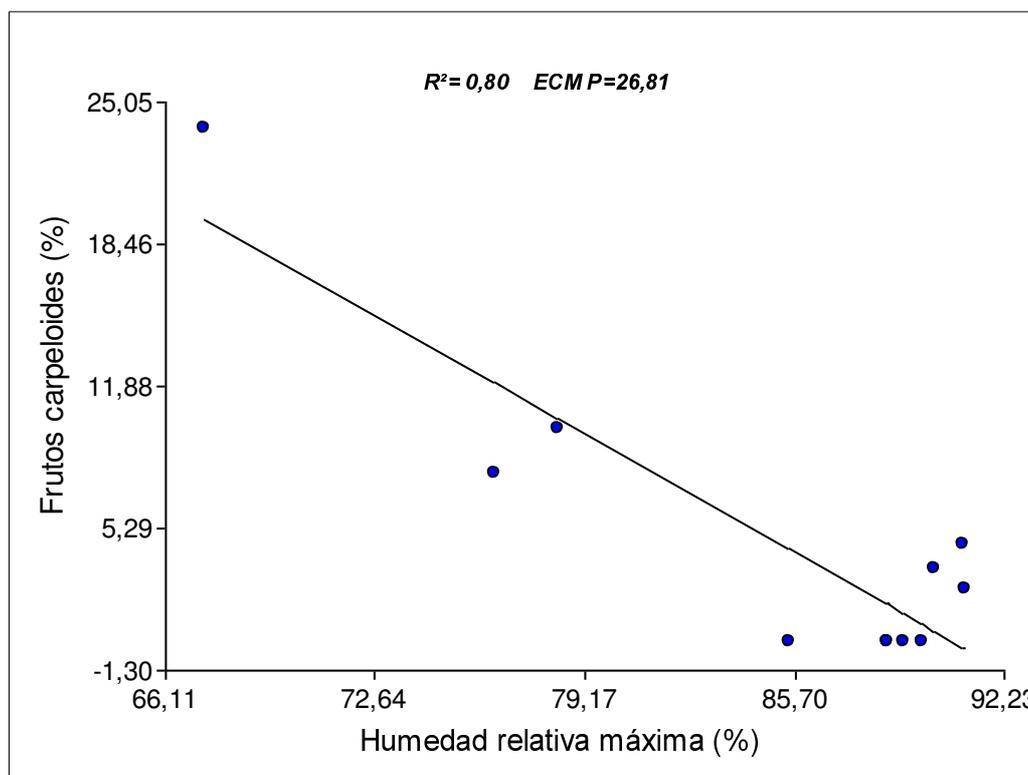


Figura 33: Relación entre el porcentaje de frutos carpeloides y la humedad relativa para la variedad Sunrise Solo Canaân ( $p=0,0053$ ).

Tabla 7: Coeficientes de correlación lineal ( $r$ ) de Pearson entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de pentandría en nueve variedades de papaya.

Variables	Condiciones meteorológicas respecto a la fructificación		
	En el momento	Un mes antes	Dos meses antes
Temperatura media	0,01	-0,29*	-0,52*
Temperatura máxima	0,05	-0,29*	-0,43*
Temperatura mínima	0,08	-0,39*	-0,57*
Humedad relativa	-0,49*	-0,45*	-0,37*
Humedad relativa mínima	-0,45*	-0,37*	-0,39*
Humedad relativa máxima	-0,53*	-0,52*	-0,37*
Precipitaciones	-0,23*	0,40*	-0,44*

\* $p$ -valor significativo al 5 % de probabilidad ( $n=96$ ).

Se destaca la relación entre temperaturas mínimas y frutos pentándricos para la variedad Ek, una de las que mayor porcentaje de frutos de este tipo presentó (Fig. 34).

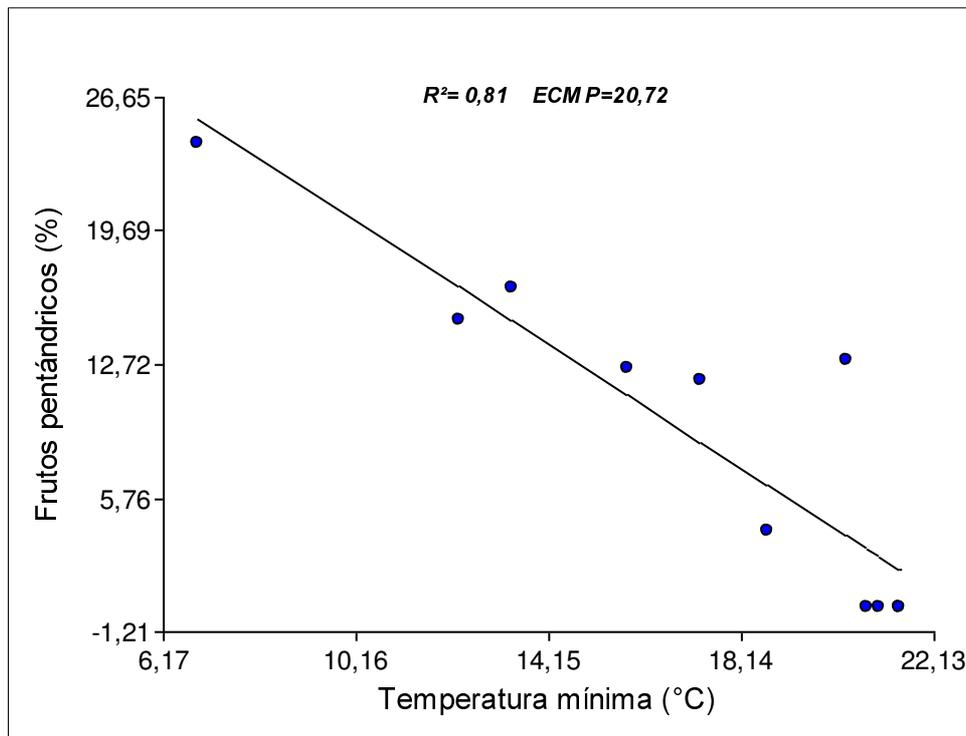


Figura 34: Relación entre la temperatura mínima un mes antes del cuajado de los frutos y el porcentaje de frutos pentándricos para la variedad Eksotica ( $p=0,0042$ ).

También se presenta la relación observada entre la ocurrencia de frutos pentándricos con las precipitaciones (Fig. 35 A) y la humedad relativa máxima (Fig. 35 B). A medida que aumentó la humedad relativa del ambiente y las precipitaciones, disminuyó la formación de frutos pentándricos. Se muestra como ejemplo la variedad Ek.

### 5.7. Rendimiento y calidad externa e interna de los frutos.

La variedad que mayor rendimiento de fruto presentó fue MR con  $46 \text{ kg planta}^{-1}$ , le siguió la variedad RI511 con  $42 \text{ kg planta}^{-1}$ . El rendimiento de las variedades restantes fue de apenas el 30 % en relación al alcanzado por el control, en todos los casos por debajo de los  $19 \text{ kg planta}^{-1}$  (Fig. 36).

El rendimiento presentó una relación positiva con el número de flores totales (Fig. 37) y con la producción de hojas de la planta (Fig. 38).

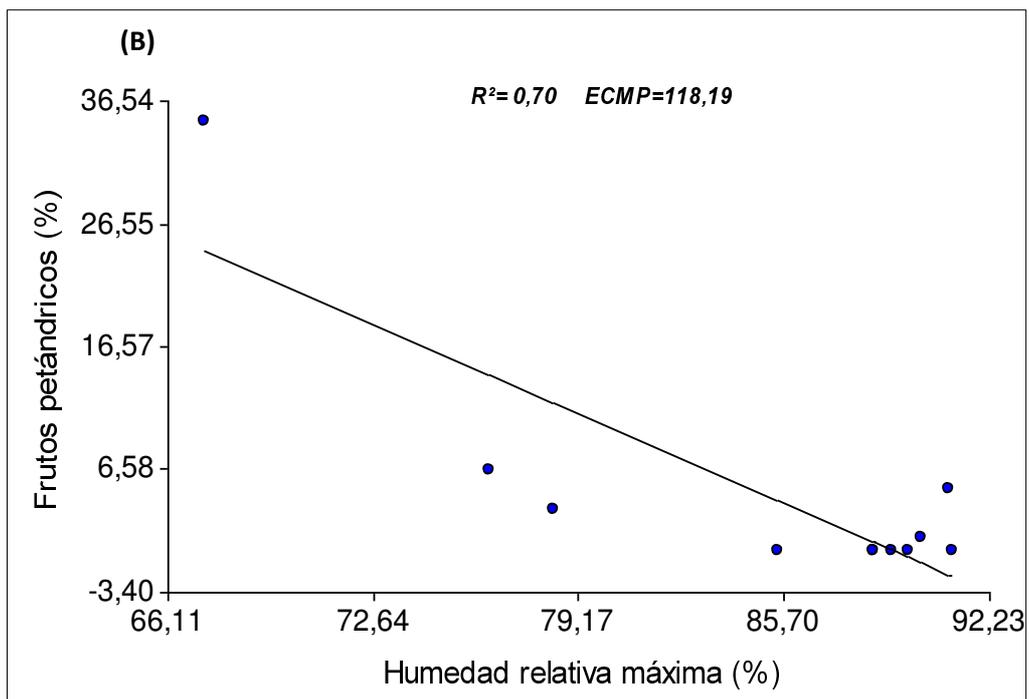
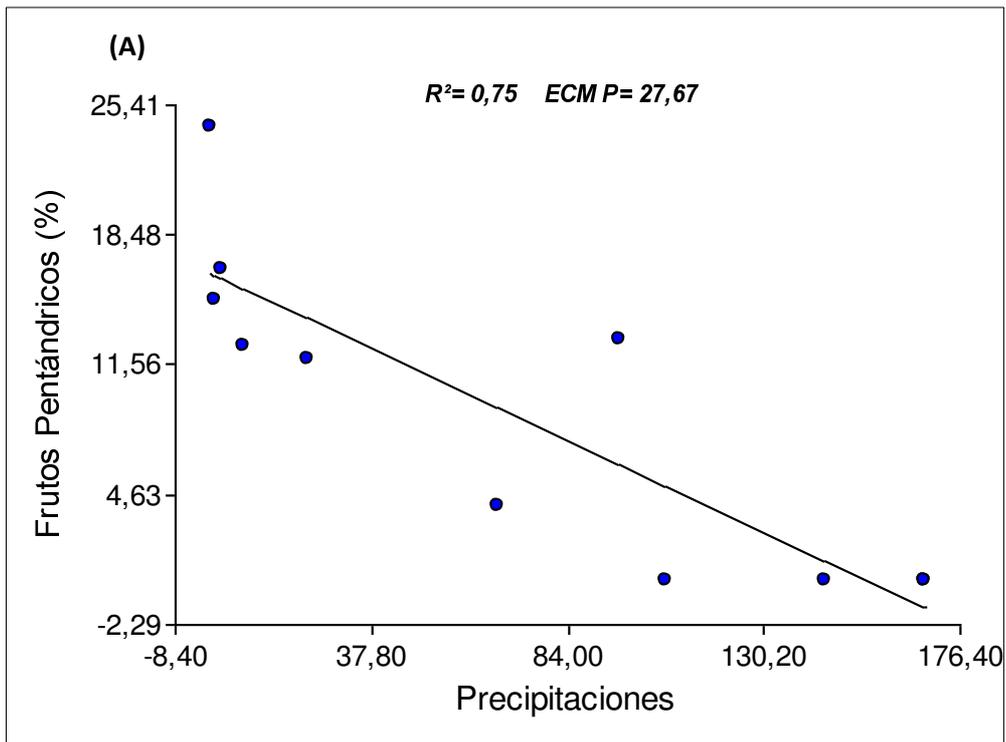


Figura 35: Relación entre las precipitaciones **(A)** ( $p=0,0006$ ) y la humedad relativa máxima **(B)** ( $p=0,0014$ ) con el porcentaje de frutos pentándricos para la variedad Eksotica.

### 5.7.1. Peso medio del fruto

El peso medio de los frutos difirió significativamente ( $p < 0,0001$ ) entre las variedades, entre años y meses evaluados, también fue significativa la interacción variedad por año ( $p < 0,0001$ ) y variedad por mes ( $p = 0,0001$ ).

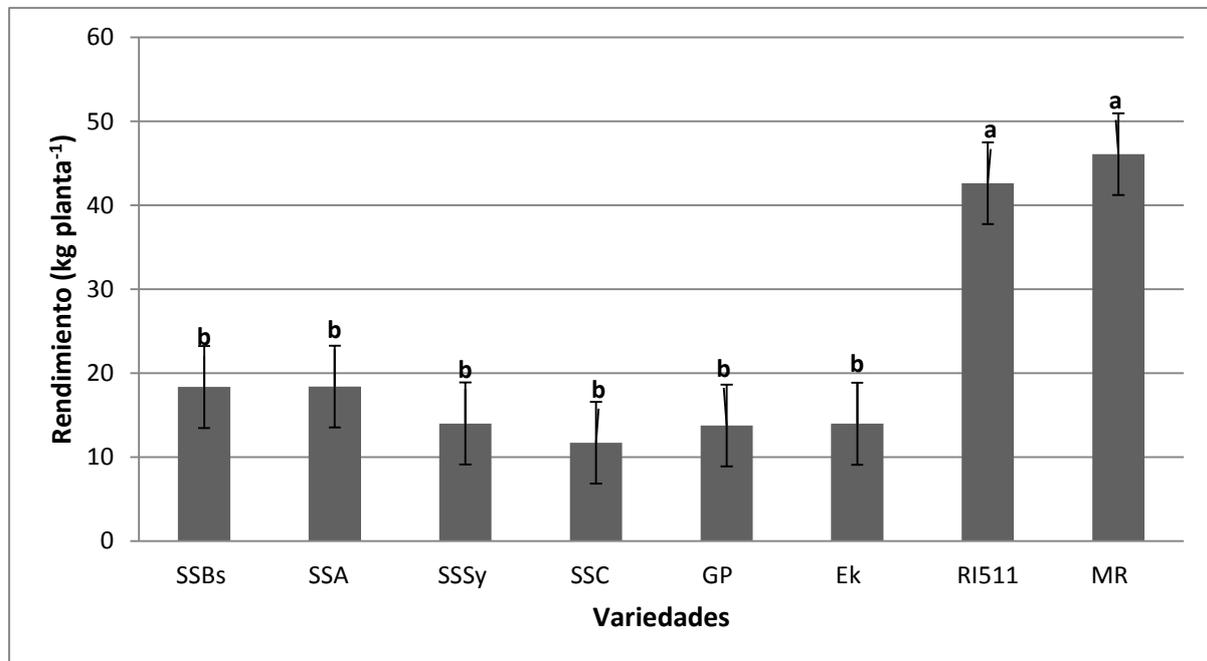


Figura 36: Rendimiento (kg planta<sup>-1</sup>) de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

MR fue la variedad que tuvo el mayor peso medio de fruto, con 1174 gramos, le siguió RI511 con 924 g fruto<sup>-1</sup> y Ek con 530 g fruto<sup>-1</sup>. El resto de las variedades evaluadas obtuvieron un peso promedio por debajo de los 400 g fruto<sup>-1</sup> (Fig. 39).

En el año 2013 las plantas tuvieron menor peso promedio de frutos en comparación con los años 2014 y 2015 (Fig. 40). El peso promedio de los frutos fue mayor en las cosechas efectuadas durante los meses de abril y octubre, y menor en los meses de julio y septiembre (Fig. 41).

En general las variedades presentaron pesos de frutos homogéneos durante los meses y años de evaluación. La interacción variedad por año y variedad por mes de cosecha, se explicó básicamente por el comportamiento de las variedades Ek y RI511. En el caso de RI511 el peso medio de los frutos en marzo de 2015 duplicó al obtenido en junio de 2013.

En el caso de Eksotica, el peso medio de los frutos tendió a aumentar en las sucesivas cosechas (Fig. 42).

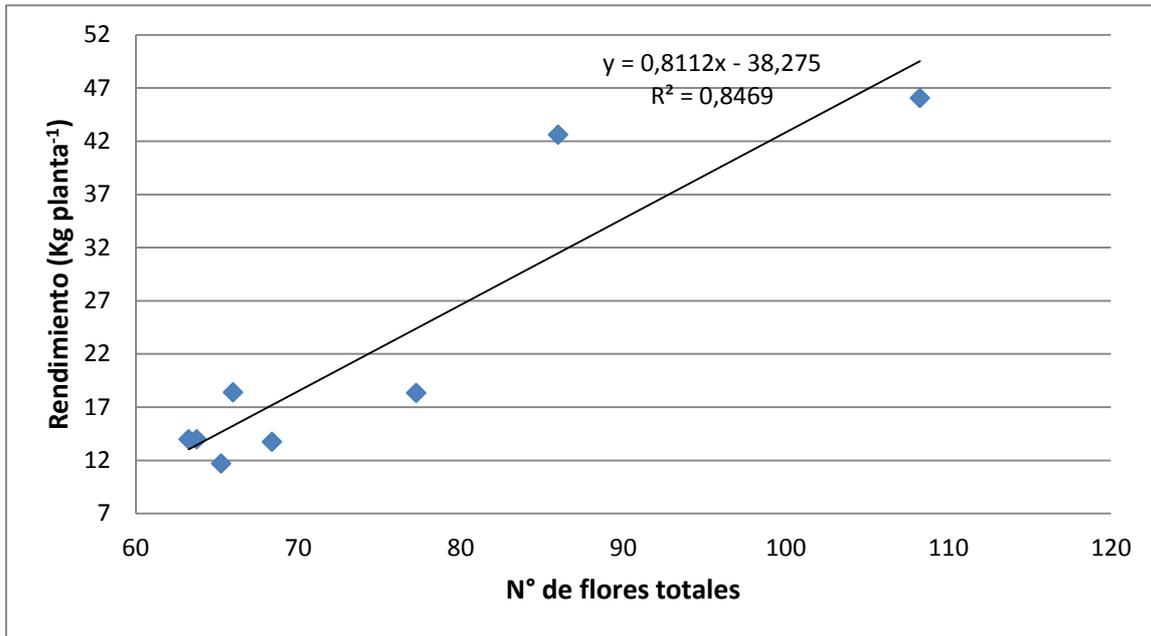


Figura 37: Relación entre el número de flores totales y el rendimiento (kg planta<sup>-1</sup>) (p=0,0012) de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

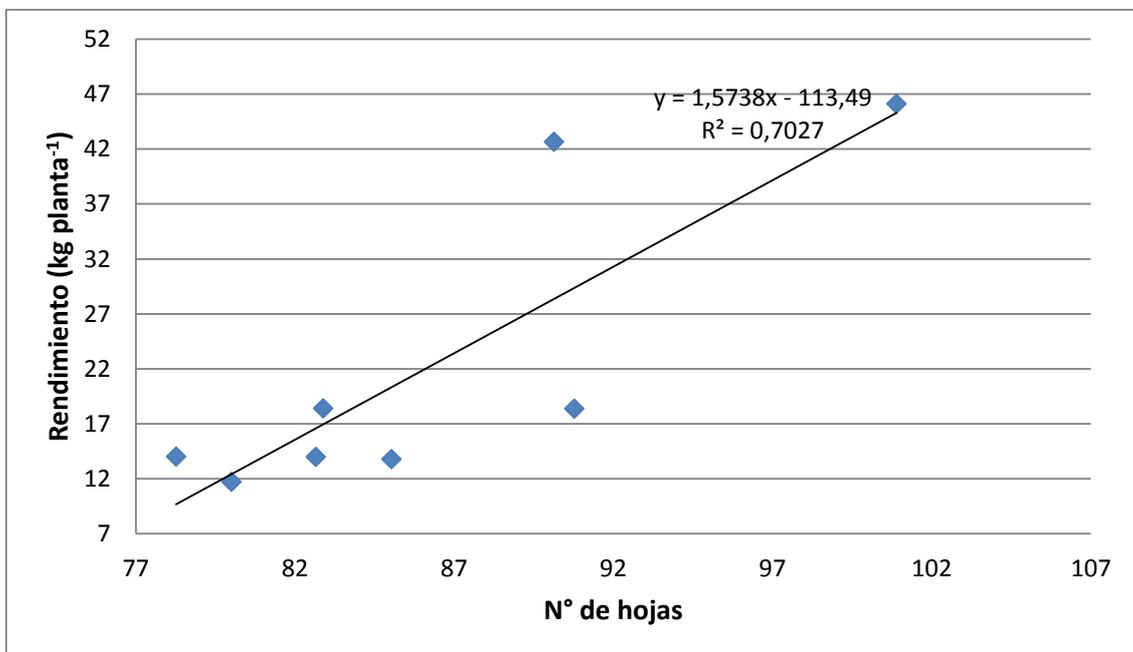


Figura 38: Relación entre el número de hojas y el rendimiento (kg planta<sup>-1</sup>) (p=0,0093) de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

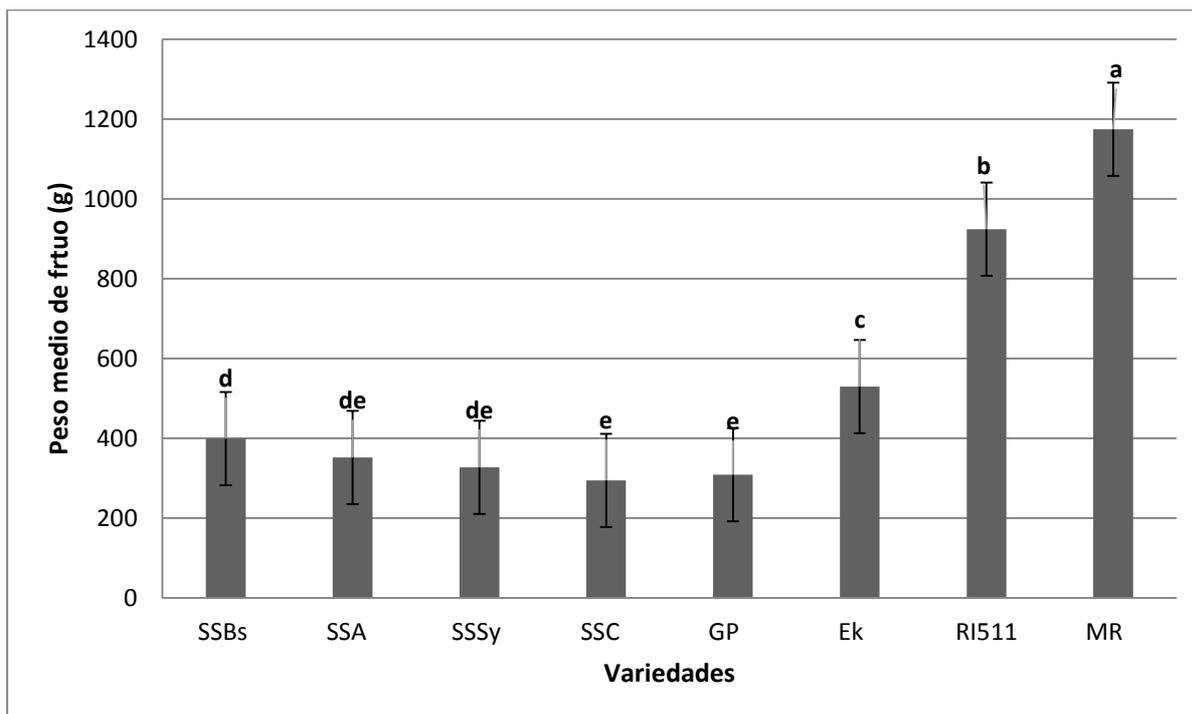


Figura 39: Peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

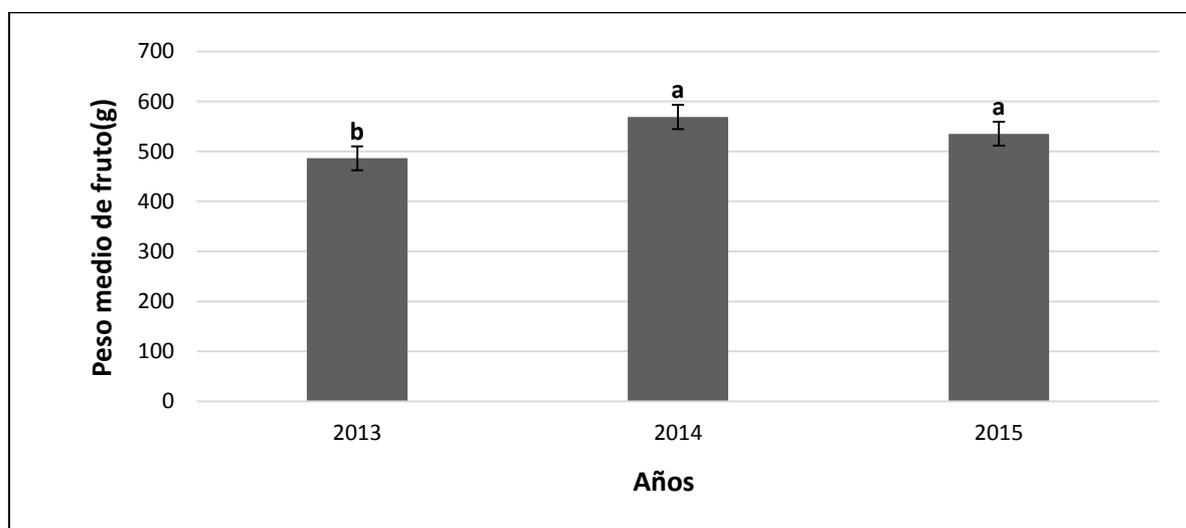


Figura 40: Influencia del año sobre el peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

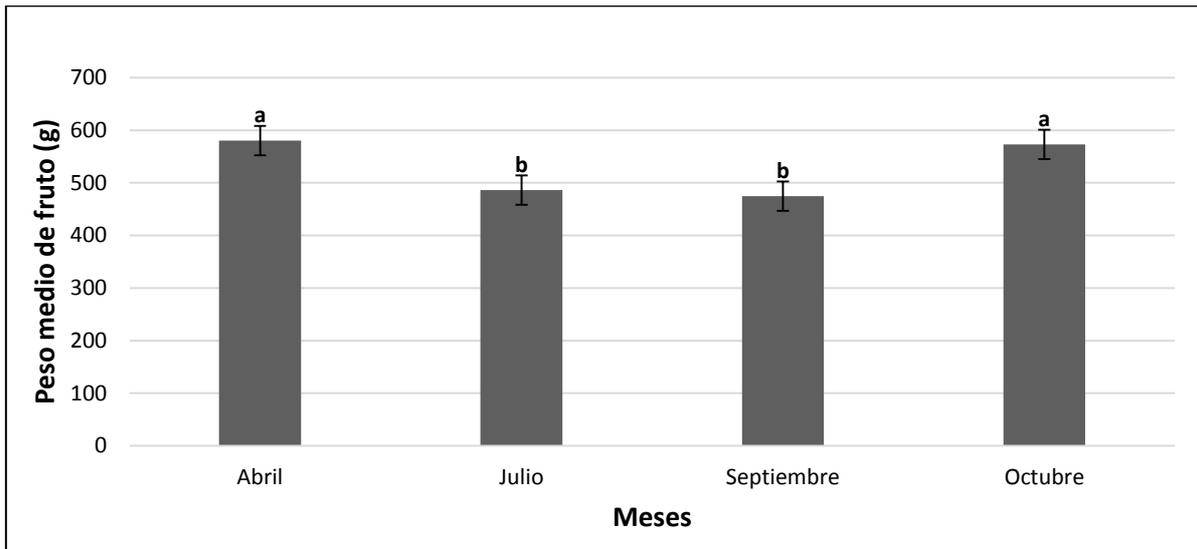


Figura 41: Influencia del momento de cosecha sobre el peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

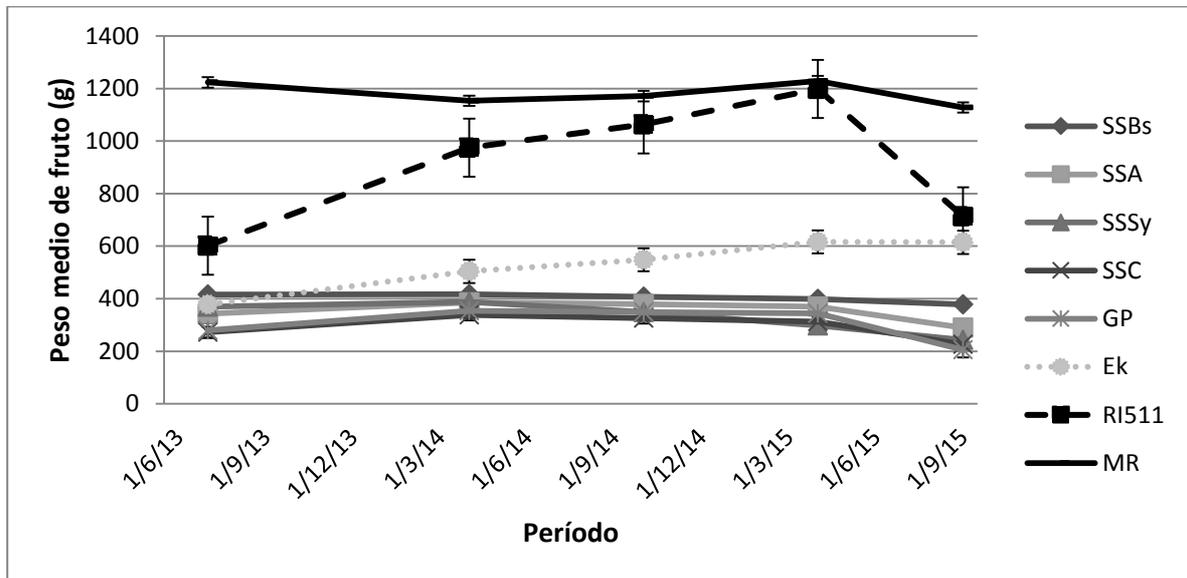


Figura 42: Evolución del peso medio de los frutos de diferentes variedades de papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

### 5.7.2. Características morfométricas de los frutos

Las variedades presentaron diámetros de frutos promedios desde 7 a 11 cm. MR (10,8 cm) y RI511 (9,9 cm) fueron las variedades que presentaron el mayor diámetro de fruto (Fig. 43 A).

La variedad que mayor longitud de fruto alcanzó fue RI511 (22 cm), le siguió MR (19,4 cm). El resto de las variedades evaluadas presentaron valores por debajo de los 14 cm, conformando un grupo estadístico homogéneo (Fig. 43 B).

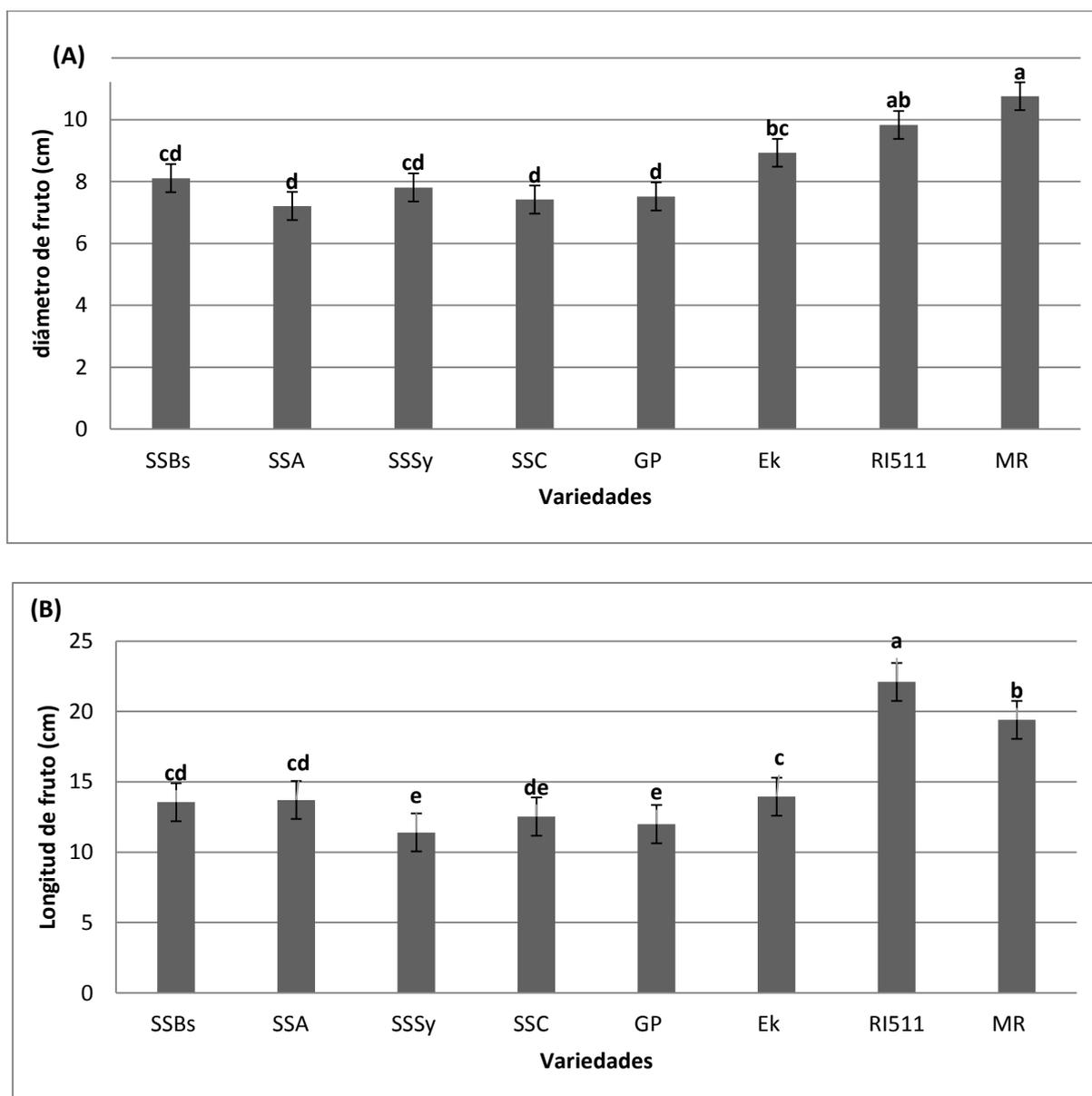


Figura 43: Diámetro (A) y longitud de los frutos (B) de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

### 5.7.3. Espesor de la pulpa de los frutos

El mayor espesor de pulpa lo tuvo la variedad MR con un valor promedio de 2,72 cm, le siguió RI511 (2,37 cm), mientras que el menor espesor de pulpa correspondió a la variedad SSSy (1,7 mm) (Fig. 44).

Se observó una relación positiva ( $p=0,0005$ ,  $r^2=0,88$ ) entre el espesor de pulpa y el peso medio de fruto (Fig. 45).

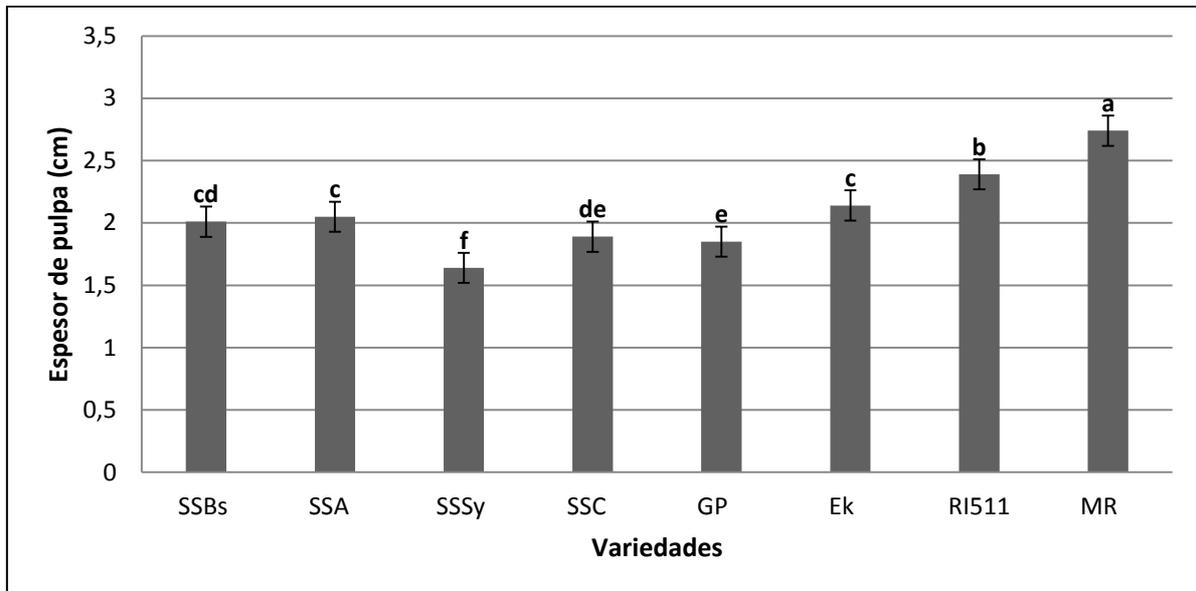


Figura 44: Espesor de pulpa de los frutos de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaã (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

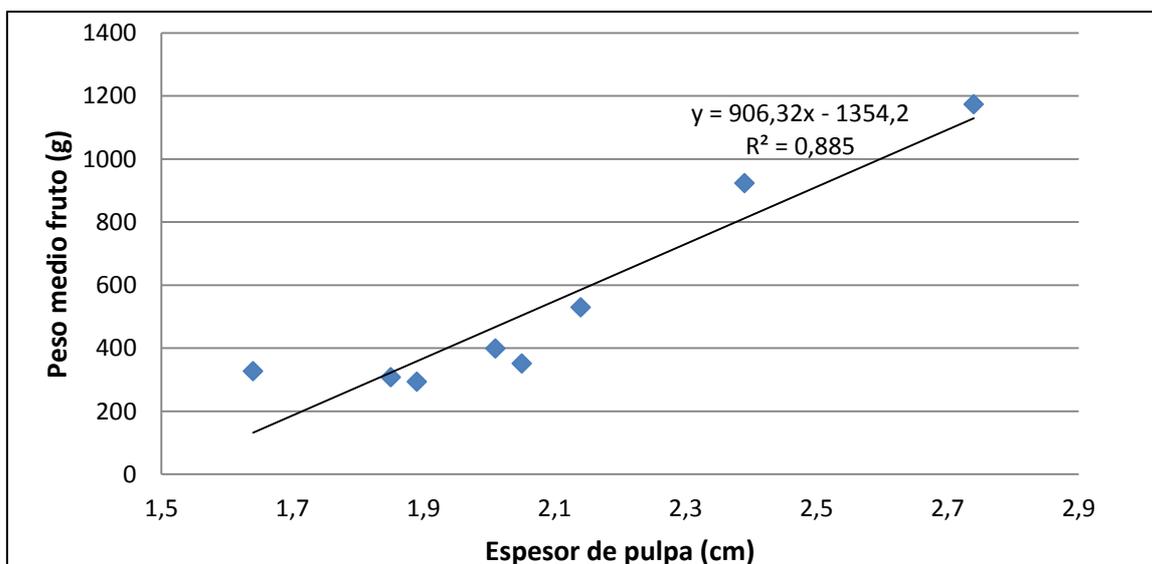


Figura 45: Relación entre el espesor de pulpa y el peso medio de fruto de diferentes variedades de Papaya. Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaã (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

#### 5.7.4. Calidad de los frutos

##### 5.7.4.1. Color

Las nueve variedades evaluadas presentaron colores muy similares, todas estuvieron dentro de tonalidades amarillos y anaranjadas (Tabla 8).

Tabla 8: Color de la cáscara y la pulpa de los frutos de nueve variedades de Papaya.

Variedades	cáscara (epicarpio)		pulpa (endocarpio)	
	Color	Carta de colores*	Color	Carta de colores*
Sunrise Solo Bs	Naranja	24A	Naranja	25A
Sunrise Solo Aliança	Naranja	24B	Naranja	25B
Sunrise Solo Sy	Amarillo-naranja	17A	Naranja	25A
Sunrise Solo Canaân	Naranja brillante	24A	Naranja	25A
Grampola	Naranja	21A	Naranja	24A
Golden THB	s/n	s/n	s/n	s/n
Eksotica	Naranja	23A	Naranja	24A
Rubí INCAPER 511	Naranja	25B	Naranja	25C
Maradol Roja	Naranja	25B	Naranja	24B

\*Corresponde al grupo amarillo - naranja

##### 5.7.4.2. Sólidos solubles totales

SSSy fue la variedad que se diferenció por presentar la mayor cantidad de sólidos solubles totales, con 12 °Brix; le siguieron GP y SSC con valores mayores 11 °Brix. El resto de las variedades presentaron valores por debajo de los 11 °Brix. MR y RI511 presentaron los valores más bajos (Fig. 46).

##### 5.7.4.3. Firmeza de pulpa

En cuanto a la firmeza de la pulpa al momento de cosecha, no se observaron diferencias entre las variedades evaluadas y presentaron valores entre 7,63 y 9,61 Lbs cm<sup>-2</sup> (Fig. 47).

##### 5.7.4.4. Sensibilidad a viruela (*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl)

Los frutos de la variedad RI511 fueron los que tuvieron el mayor grado de severidad de daño de *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl., con un grado de 7,4 que corresponde al 15 % de la superficie del fruto afectada. Le siguió en importancia MR (5,5) y Ek (4,6). En el otro extremo, las variedades que presentaron menor grado de severidad de la enfermedad fueron SSSy y SSC, grado 2, que corresponde al 0,3 % de la superficie del fruto afectada (Fig. 48).

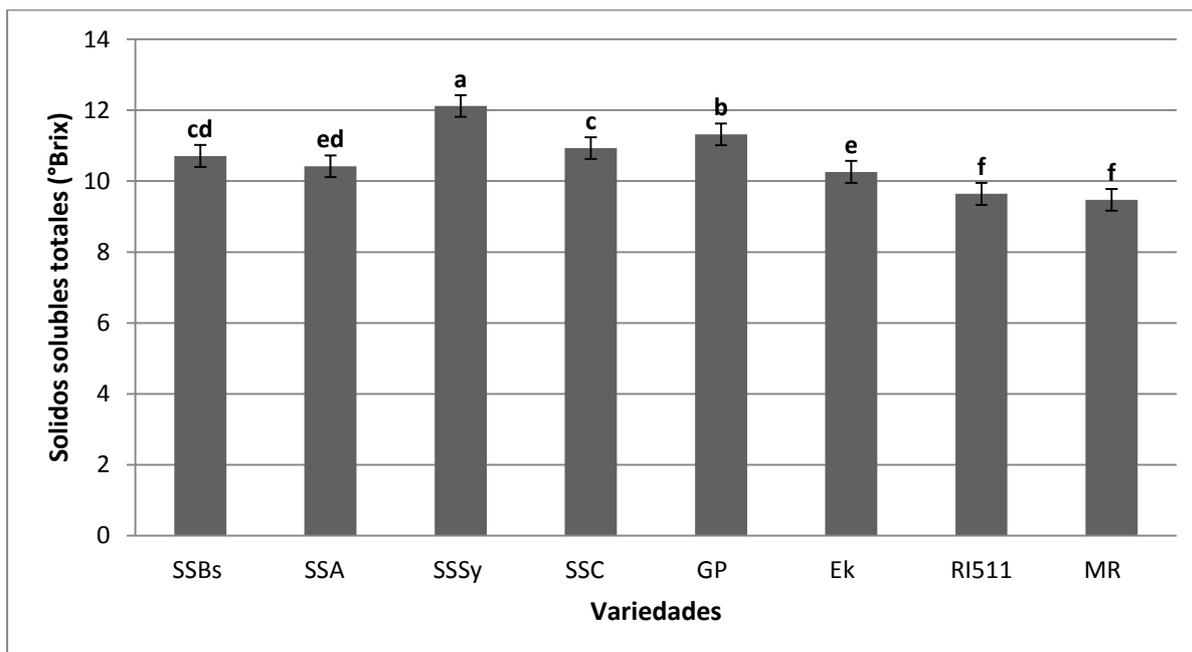


Figura 46: Contenido de sólidos solubles totales en frutos de diferentes variedades de papaya evaluadas. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

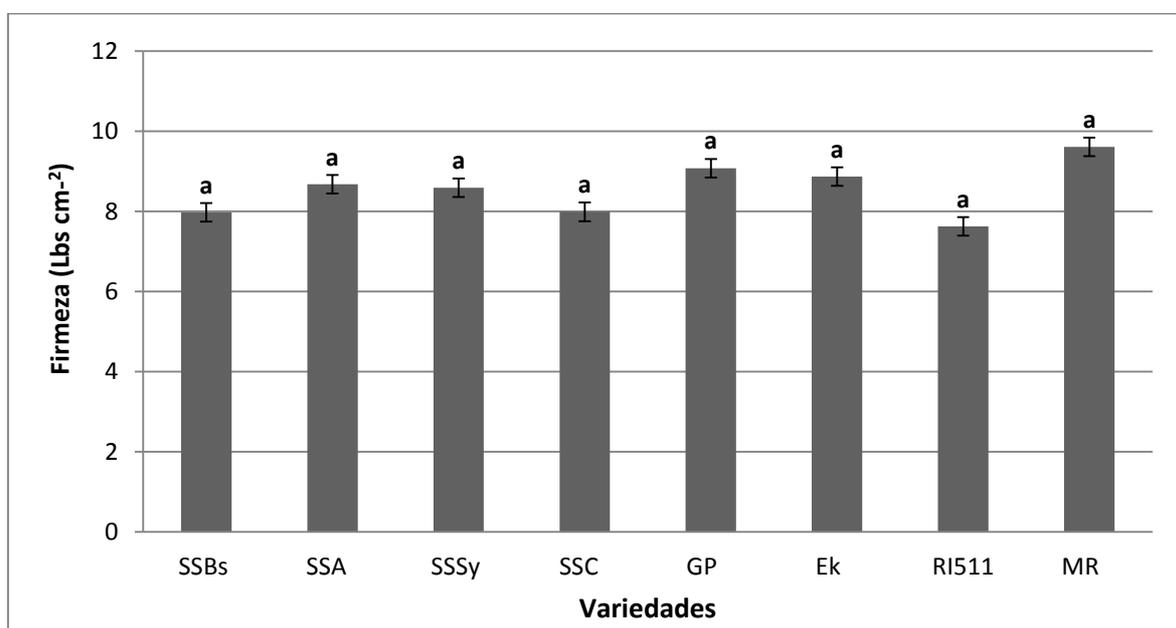


Figura 47: Resistencia a la penetración de la pulpa de los frutos de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

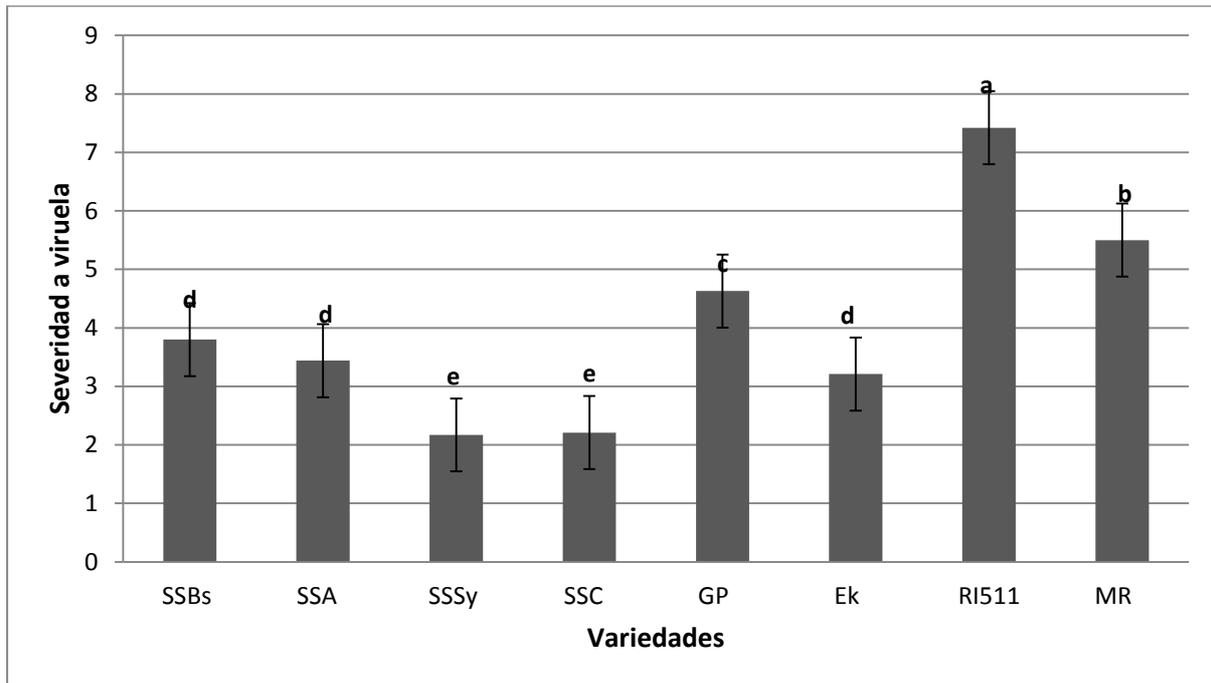


Figura 48: Severidad de daño de viruela causado por *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. sobre la superficie de la corteza de los frutos de diferentes variedades de papaya. Letras diferentes sobre la columna indican diferencias significativas por el test de Tukey ( $p < 0.05$ ). Cada grado corresponde a un porcentaje de superficie de fruto afectada: 1 (0,1%), 2 (0,3%), 3 (0,6%), 4 (1,2%), 5 (2,5%), 6 (5%), 7 (10%) y 8 (20%). Variedades: Sunrise Solo Bs (SSBs), Sunrise Solo Aliança (SSA), Sunrise Solo Sy (SSSy), Sunrise Solo Canaân (SSC), Grampola (GP), Golden THB (GTHB), Eksotica (Ek), Rubí INCAPER 511 (RI511) y Maradol Roja (MR).

## 6. Discusión

El cultivo de la papaya se propaga de diferentes maneras, vegetativamente a través de estacas o injertos (Allan, 2007), aunque la forma más utilizada es la propagación por semillas (Bouzo & Favaro, 2014), ya sea por siembra directa o trasplante al sitio definitivo, practica muy difundida en las grandes zonas productoras de papaya de Brasil (Da Costa *et al.*, 2003). La siembra directa de la semilla en el campo no es recomendable por los elevados costos que representa la utilización de una mayor cantidad de semilla, los problemas de germinación y establecimiento del cultivo, y el mayor uso de mano de obra (Arango & Román, 2000). De todos modos, existen zonas agroecológicamente muy aptas para el cultivo donde se hace siembra directa (Jimenez Días, 2002). En estos casos se usan semillas producidas por el propio productor, lo que resulta ser más económico.

El uso de semillas para la propagación también tiene sus desventajas, siendo la principal la heterogeneidad del cultivo como resultado de la polinización abierta (Bhattacharya & Khuspe, 2001).

La germinación en papaya es lenta, des uniforme, y con mucha variabilidad entre los genotipos (Tokuhisa *et al.*, 2007b), características que la hacen poco competitiva con las malezas. Esta situación es agravada en zonas subtropicales, donde las temperaturas bajas dificultan aún más la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas, lo que justifica la tecnología del vivero y trasplante (Arango & Roman, 2000).

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la calidad de la semilla, la germinación ocurre entre los 5 y 8 días después de la siembra. Luego, entre los 15 y 20 días emergen las plántulas y alcanzan el estado de dos hojas verdaderas (Arango & Roman, 2000; Jiménez *et al.*, 2014). En el ensayo correspondiente a esta tesis, la variabilidad fue evidente al inicio de la germinación. A modo de ejemplo, MR no había germinado a los 15 días de la siembra mientras que GTHB ya había superado el 48 % de germinación. Sin embargo, al final de la evaluación (45 días) estas diferencias entre las variedades no fueron tan notorias ya que todas alcanzaron valores superiores al 80 % de germinación a excepción de GTHB, que paradójicamente se caracterizó por una rápida y alta germinación inicial. En general, la disminución de la velocidad de germinación y el crecimiento inicial de las plántulas, puede estar relacionada con el deterioro de la semilla (Flores *et al.*, 2013).

En el caso específico de la papaya, la germinación está influenciada por múltiples factores entre los intrínsecos de la semilla, como es el bajo período de viabilidad, la acción de compuestos fenólicos (Zanotti *et al.*, 2014), la presencia de cubierta mucilaginosa denominada exotesta que cubre externamente a las semillas y puede ocasionar dormición física (Constantino *et al.*, 2010; Lange, 1961; Sandoval Paixão, 2012), y el estado de

madurez del fruto al momento de la cosecha (Zanotti *et al.*, 2014). Los factores externos donde tiene lugar la germinación también tienen una gran influencia sobre este proceso, como son la temperatura, humedad del ambiente, y composición del sustrato (Yamanishi *et al.*, 2004). Aunque estos factores no se evaluaron en respuesta a cada variedad, las semillas fueron cosechadas y manipuladas adecuadamente, siendo sembradas antes de los seis a ocho meses en los que esta especie conserva una adecuada calidad fisiológica bajo condiciones de extracción y almacenamiento adecuadas (García Dean *et al.*, 2011; Romero Rodríguez *et al.*, 2013)".

La velocidad de germinación mejora con los tratamientos pre-germinativos con hormonas y alternancia de temperaturas (Constantino *et al.*, 2010), aunque existen otros tratamientos pre-germinativos para acelerar el proceso, el más usado por los productores es el remojo de las semillas con agua tibia (Salvador Figueroa *et al.*, 2005; Tokuhisa *et al.*, 2007a).

Para realizar el trasplante es importante conocer el estado de las plántulas, tales como su altura, y diámetro basal de tallo. Plantas de mayor altura y vigor mejoran el establecimiento en el sitio definitivo y conducen a un mayor rendimiento potencial de los cultivos (Días Oliveira *et al.*, 2013; Migliaccio *et al.*, 2010). Desde la etapa de vivero ya se diferenciaron estas características entre las variedades, lo que puede estar relacionado con el tiempo de germinación y/o con las características genéticas de cada variedad (Constantino *et al.*, 2010). Entre los 30 a 45 días después de la siembra, las plántulas logran una altura de 15 a 20 cm a partir de su base (Arango & Roman, 2000), con un diámetro de tallo de 5-10 mm, lo que indica que ya están en condiciones de ser trasplantadas al sitio definitivo (Aguirre & Fernández Vera, 1996). A los 60 días, momento en que se trasplantó el ensayo correspondiente a esta tesis, las plantas de menor altura, como es el caso de MR, alcanzaban los 16 cm, mientras que las más altas, correspondientes a la variedad RI511, casi duplicaban ese valor (29 cm). Esta última variedad que se caracteriza por su excelente vigor (Cattaneo *et al.*, 2010), también presentó el mayor diámetro de tallo (9 cm) y número de hojas (7) al momento del trasplante. En cambio, MR es caracterizada como una variedad enana (Posadas Pérez *et al.*, 2010), y mostró desde la etapa de vivero una marcada diferencia en altura de planta con respecto a las otras variedades.

Con la aparición de la primera flor se determina el inicio del periodo reproductivo de la papaya. En general, cuanto antes aparezca la primera flor antes se va cosechar el primer fruto (Alonso Esquivel *et al.*, 2009), por lo que resulta fundamental en la caracterización de

una variedad determinar el inicio de floración y fructificación. MR es una variedad muy precoz (Posada Pérez *et al.*, 2010), que en el presente ensayo alcanzó el inicio de la floración a los dos meses después del trasplante.

La posibilidad de determinar el sexo de las variedades MR, SSBs y RI511, antes de los 75 días refleja la precocidad de estas tres variedades. En variedades del grupo Solo, por lo general el sexado se realiza entre los 90 y 120 días después del trasplante (Perez Martelleto, 2007). SSA, SSSy, SSC, GP, GTHB y Ek florecieron entre los 80 y 113 días después del trasplante.

Sin embargo la precocidad de SSBs y RI511 no se vio reflejada en el inicio de la fructificación ya que cuajaron el primer fruto a partir de los 140 días después del trasplante, al igual que las otras variedades. La excepción fue MR, variedad que continuó manifestando su precocidad en la fructificación. El retraso de la fructificación de SSBs y RI511 se puede explicar por el alto porcentaje abortos de flores en los primeros meses, a diferencia de la variedad testigo, que si bien también tuvo un alto porcentaje inicial de abortos, fue solo por un mes.

Para la caracterización de los genotipos es fundamental evaluar el número de hojas, la altura de la planta a la primera flor, la altura del primer fruto y el diámetro basal del tallo, siendo estos parámetros los primeros indicadores del comportamiento de la planta en los trabajos de mejoramiento genético (Alonso Esquivel *et al.*, 2008b).

El tiempo a floración está relacionado con la altura de **inserción de la primera flor** por lo que las variedades que más tardan en florecer tienen mayor altura de la primera flor. La misma relación se da en el caso del tiempo a fructificación y altura del primer fruto. Además estos caracteres tienen una correlación positiva con la altura total de la planta (Alonso Esquivel *et al.*, 2009), asociación que es importante contemplar en la caracterización de genotipos, lo que resulta funcional como indicador auxiliar en los trabajos de mejoramiento (David Marin *et al.*, 2006b).

La obtención de variedades de menor altura de inserción de la primera flor, con portes más pequeños, es positivo y de gran importancia económica ya que facilita la cosecha del segundo año, disminuyen el costo de mano de obra, permite una mayor duración de la cosecha, lo que unido a una fructificación precoz y vigor de la planta, resultan caracteres de interés dentro de las perspectivas del mejoramiento de la papaya (Alonso Esquivel *et al.*, 2009; Alonso Esquivel *et al.*, 2008c; David Marin *et al.*, 2006a; Filho Da Silva, 2006). La menor altura de la planta es desventajosa en pocas situaciones, como por ejemplo en zonas

con mayores precipitaciones, donde las salpicaduras a los frutos favorecen la proliferación de hongos como por ejemplo *Phytophthora sp.*, lo que ocasiona pudriciones de los mismos (Alcantara Jiménez *et al.*, 2010).

MR y GP, las variedades de menor altura a la primera flor presentaron valores similares a los observados para la variedad MR en Cuba (45-46 cm) (Alonso Esquivel *et al.*, 2009; Alonso Esquivel *et al.*, 2008c) y en México (Vásquez García *et al.*, 2010). También hubo coincidencia en el caso de las variedades Baixinho de Santa Amalia y BH-65 (Alonso Esquivel *et al.*, 2008b).

El **número de hojas a la floración** es otro indicador de productividad y crecimiento vegetativo (Alonso Esquivel *et al.*, 2009). El tiempo a floración también estuvo relacionado con el número de hojas, las plantas emitieron en promedio casi dos hojas adicionales por cada diez días de diferencia en la duración de la etapa vegetativa de cada variedad. Las variedades que florecieron antes presentaron menor número de hojas, en floración, como es el caso de la variedad MR, mientras que las variedades del grupo Solo resultaron ser menos precoces; por ejemplo, en evaluaciones realizadas en Brasil, la primera flor apareció después de la hoja número 30 a 35 (De Lima Alves, 2003).

El **número de hojas producidas** por año también es otro indicador importante de la capacidad de crecimiento vegetativo y de productividad en plantas de papayas, ya que luego de la aparición de la primera flor en la axila de cada nueva hoja se diferenciará al menos una flor (Alonso Esquivel *et al.*, 2009; Alonso Esquivel *et al.*, 2008c) por lo que a mayor número de hojas mayor cantidad de flores, y por lo tanto de frutos potenciales. MR fue la variedad que presentó el mayor número de hojas en el periodo evaluado, con valores similares a la variedad Baixinho de Santa Amalia evaluada en Cuba (Alonso Esquivel *et al.*, 2008b), con un promedio de 10 hojas por mes. El resto de variedades no llegaron a emitir las 100 hojas por año que se busca en la selección de genotipos de alta productividad (Alonso Esquivel *et al.*, 2008b). Seguramente se debe a que en los meses de bajas temperaturas de los climas subtropicales y templados las plantas no emitieron hojas (Allan *et al.*, 1987). De todas maneras los valores coinciden con las evaluaciones realizadas en las Islas Canarias en los meses más cálidos y en Hawái en los meses más fríos (Rodríguez Pastor *et al.*, 2010). En Queensland, Australia, las plantas de papaya produjeron 2,5 hojas por semana en los meses de mayor temperatura (Allan, 2002).

Desde el trasplante y hasta enero las plantas presentaron un importante crecimiento vegetativo y de emisión de hojas. Luego, y hasta julio, en general todas las variedades disminuyeron el número de hojas emitidas por periodo, lo cual se explica por el efecto de la

disminución paulatina de las temperaturas (Allan *et al.*, 1987; Rodríguez Pastor *et al.*, 2010), que llegaron incluso a detener el crecimiento de las plantas en pleno invierno.

El número de lóbulos de hojas al inicio de floración y fructificación son indicadores indirectos de área foliar de las hojas, Peres Martelleto (2007) determinó que Baxinho Santa Amalia florece en la axila de una hoja de 11 lóbulos.

El **diámetro basal del tallo** no estuvo relacionado con el tiempo a floración ni fructificación, y seguramente tiene una relación con el comportamiento genético de cada variedad. Sin embargo, este indicador se relaciona con el vigor de la planta y con la productividad (Alonso Esquivel *et al.*, 2009). Las plantas con mayor diámetro de los tallos son seleccionadas ya que resultan ser más resistentes al trasplante, además permite a la planta soportar un mayor número de frutos o situaciones climáticas más adversas como por ejemplo el viento. (Ide *et al.*, 2009; Sá *et al.*, 2013).

Los factores ambientales son condicionantes en el crecimiento y desarrollo del cultivo, y pueden afectar intensamente la productividad y fisiología de la papaya (Campostrini & Glenn, 2007; DaMatta, 2007;). La temperatura está íntimamente relacionada con la fenología de las plantas, y es posible relacionar y cuantificar la misma a través de las sumas térmicas expresadas en UC (Migliaccio *et al.*, 2010; Thakur *et al.*, 2010; Vázquez García *et al.*, 2008). Existe una relación positiva entre el crecimiento, la fenología, y la acumulación de calor (Terra de Almeida *et al.*, 2003a). MR se destacó por requerir una menor acumulación de calor para cumplir su ciclo fenológico total mientras que SSA la que más sumas térmicas necesitó. También se encontraron diferencias en las etapas fenológicas, dependiendo de la época del año, y esa diferencia se vio más marcada en la etapa de trasplante a floración, donde MR también se destacó por ser la variedad que requirió acumular menos unidades calor. En esta misma variedad plantada en la Planicie de Huasteca (México), la duración de la etapa comprendida desde la siembra hasta la madurez fisiológica de los frutos requirió de 3.328 UC y la tasa de acumulación diaria de unidades calor ( $UC\ d^{-1}$ ) aumentó de 4,8  $UC\ d^{-1}$  con una temperatura media de 15,7 ° C a 12,5  $UC\ d^{-1}$  cuando la temperatura media aumentó a 23,9 ° C (Vázquez García *et al.*, 2008). En la presente tesis MR acumuló 4.051 UC desde siembra a cosecha, lo que representa un 21 % más respecto de las observaciones realizadas en Huasteca.

Las variedades SSBs y RI511 fueron precoces al florecer, pero sin embargo no mostraron grandes diferencias con el resto de variedades en el tiempo a cosecha, valores que concuerdan con los evaluados por Rodríguez Pastor *et al.* (2010), en Tenerife.

Como se mencionó en la introducción la papaya es una especie que presenta cierta complejidad en la expresión sexual, principalmente en las plantas hermafroditas, además esta expresión se ve afectada con las condiciones climáticas (Mirafuentes Hernández & Santamaría Basulto, 2014; Bouzo & Favaro, 2014). En este tipo de plantas resulta preciso cuantificar la ocurrencia de esterilidad femenina, carpeloidía, pentandría y el aborto de frutos a la hora de describir una variedad de papaya (Filho Da Silva, 2006) y conocer su comportamiento frente a las condiciones ambientales de la zona donde está implantada. Esta información proporciona una base científica para el desarrollo de estrategias de manejo que permite optimizar el rendimiento y la calidad de fruta (Campostrini & Glenn, 2007). Al ser un cultivo de origen tropical, su fisiología de crecimiento se ve afectada en las condiciones ambientales de un clima subtropical (Allan, 2002).

Si bien la expresión sexual de cada planta es una condición genética, las plantas hermafroditas exhiben cambios de sexos cuando se presentan temperaturas extremas (Nakasone & Paull, 2004). En cambio, las plantas diclinas (árboles femeninos) presentan mejor adaptación a las bajas temperaturas (< 20°C) (Chan, 2009). La formación de flores con la parte femenina no funcional (esterilidad femenina) se da cuando se registran temperaturas mayores a 35°C (Terra da Almeida *et al.*, 2003b), y también se comprobó que aumenta su severidad cuando estas temperaturas se registran 40 días antes de la antesis y están acompañadas por condiciones de baja humedad relativa (Nakasone & Paull, 2004). Esta relación pudo ser observada en las variedades evaluadas en este ensayo y se demostró en el análisis de correlación. Este efecto fue notorio en el caso de la variedad testigo (MR) que presentó el mayor porcentaje de flores estériles, las que aumentaron en términos relativos al ascender la temperatura por encima de 35 °C, y además descender la humedad relativa por debajo del 60 %, como se dio con la variedad “Improved Sunrise Solo 72/12” en la região Norte Fluminense de Brasil (Terra da Almeida *et al.*, 2003b). El estrés hídrico moderado a severo en la plantas de papaya pueden no sólo reducir el desarrollo de los cultivos al inhibir el crecimiento de los tallos y la emisión de hojas, sino también estimular la producción de flores estériles (Lima *et al.*, 2016).

Las variedades introducidas, del grupo Solo, manifestaron mayor estabilidad en cuanto a su expresión sexual, en comparación con las del grupo Formosa (MR y RI511), que presentaron mayor esterilidad femenina. Estas últimas variedades también fueron las que

tuvieron el mayor número de flores totales y el mayor número de hojas emitidas. El crecimiento de la planta y la emisión de hojas está directamente relacionado con la formación de flores y por lo tanto con la producción de frutos (Alonso Esquivel *et al.*, 2008b). Además esta relación podría explicar la brusca caída en el número de flores que se dio en mayo y que coincidió con la disminución en el número de hojas emitidas.

Del total de flores que produjo cada planta durante todo el periodo de evaluación, entre el 15 y el 29 % abortaron, según la variedad. Los abortos en las plantas de papaya se determinan por la ausencia de flor/fruto en la axila de cada hoja y tienen múltiples causas, dependiendo si se trata de aborto de flores normales, flores estériles, frutos normales o frutos deformes (Peres Martelleto, 2007). En el presente trabajo se pudo corroborar que los abortos están relacionados principalmente con la esterilidad femenina (ver Fig. 29 A), ósea que las variedades que tuvieron mayor cantidad de flores estériles fueron las que también tuvieron mayores abortos, como es el caso de MR, donde el 32 % de los abortos fue a causa de la esterilidad femenina. Las variedades que exhibieron el mayor número de abortos también fueron las que tuvieron mayor crecimiento y número de hoja, quizás debido a una mayor disponibilidad de fotoasimilados para el crecimiento vegetativo (Moura Silva *et al.*, 2011; Duarte & Piel, 2010). Además, como se comentó anteriormente, la esterilidad femenina estuvo relacionada con las temperaturas elevadas. Con la información disponible no es posible determinar si las temperaturas elevadas afectan el cuajado de los frutos lo cual favorece el crecimiento vegetativo; o a la inversa, estimulan el crecimiento vegetativo perjudicando indirectamente el cuajado de los frutos. De todas maneras la esterilidad femenina no tuvo una influencia significativa en el rendimiento final, ya que la variedad testigo MR fue la de mayor rendimiento de frutos por planta, a pesar de presentar la mayor cantidad y proporción relativa de flores estériles. La misma relación se dio en la variedad RI511. Otro factor común entre estas dos variedades fue el alto peso medio de los frutos, factor que influyó decisivamente en el rendimiento final por planta.

En el rendimiento final de frutos sólo se considera el número de frutos normales y el peso medio de estos frutos (Allan, 2007). Muchos factores influyen en el peso final del fruto, entre ellos se mencionan las condiciones agroclimáticas que pueden afectar la viabilidad del polen (Allan *et al.*, 1987), el manejo agronómico del cultivo, edad de la planta, entre otras (Campostrini & Glenn, 2007; Rodríguez Cabello *et al.*, 2014), pero como todas estas características fueron comunes durante el ensayo, la diferencia entre las variedades se atribuye principalmente a su composición genética (David Marin *et al.*, 2006b). MR y RI511 son variedades que corresponden al grupo Formosa, las que se caracterizan por tener frutos de gran tamaño. En cambio, las variedades del grupo Solo presentan un menor peso medio de frutos, que va desde 300 a 650 gramos (Carvalho, 2015).

La disminución del número de flores en el mes de mayo, relacionada con el crecimiento de la planta (Alonso Esquivel *et al.*, 2008c) se ve reflejada luego en el mes de junio, donde se observa una disminución significativa en el número de frutos normales que se dio en casi todas las variedades, a excepción de SSBs. También se observó una disminución del número de frutos normales y el aumento de frutos deformes en octubre, que fue en aumento en los sucesivos meses. Este fenómeno tal vez se deba al estrés y detención del crecimiento que sufrieron las plantas que fueron afectadas por las bajas temperaturas en el mes de julio.

La carpeloidía y la pentandría también afectaron considerablemente el rendimiento final, como se dio en la variedad Ek que se caracterizó por presentar la mayor cantidad de frutos no comerciables o deformes (carpeloides y pentándricos). Cabe destacar que esta variedad presentó el mayor peso medio de frutos dentro de las variedades del grupo Solo. La variedad SSA y SSBs tuvieron el mayor número de frutos normales, menor cantidad de frutos deformes y el mayor rendimiento de frutos dentro de las variedades del grupo Solo. Las variedades que presentaron el mayor rendimiento de fruto (MR y RI511) estuvieron entre las de menor número de frutos deformes.

En cuanto a la carpeloidia, el comportamiento de los diferentes genotipos fue muy heterogéneo, no siguieron un patrón común y se destacaron cuatro variedades del grupo Solo con el mayor número de frutos carpeloides. En cambio, las variedades del grupo Formosa tuvieron un comportamiento intermedio. Cuando se correlacionó con las condiciones meteorológicas se encontró que algunas variedades tuvieron mayor porcentaje de frutos carpeloides cuando se registraron temperaturas menores a 15 °C, un mes antes de su cuajado. Esta relación se dio fundamentalmente en la variedad Ek, que fue la que mayor número de estos frutos produjo. La carpeloidía se expresa en plantas hermafroditas, y en algunos genotipos más que en otros. Tiene mayor incidencia cuando se registran temperaturas menores a 17 °C y mayores a 35 °C (Mirafuentes Hernández & Santamaría Basulto, 2014; Santamaria Basulto *et al.*, 2015), y su severidad aumenta cuando las bajas temperaturas se registran 40 días antes de la antesis, agravado por la confluencia de situaciones de exceso de humedad y alta fertilización nitrogenada (Nakasone & Paull, 2004).

Los frutos pentándricos, al igual que los carpeloides también provienen de plantas con flores hermafroditas, que tienen la apariencia de una flor femenina (Santamaria Basulto *et al.*, 2015). Sin embargo, estas flores cuentan con 5 estambres, que al estar adheridos al ovario, marcan unos pronunciados surcos, que se hacen más notorios con el crecimiento del fruto y le da la característica del fruto pentádrico (Cancela Ramos *et al.*, 2010). Su formación estuvo relacionada con la carpeloidia, ya que se expresaron con condiciones ambientales

similares y con el mismo comportamiento entre los genotipos evaluados. Las variedades que presentaron la mayor cantidad de frutos carpeloides también fueron las que presentaron el mayor número de frutos pentándricos.

Las condiciones climáticas y principalmente la temperatura, son factores condicionantes en el crecimiento del cultivo de papaya (Allan, 2007; Migliaccio *et al.*, 2010). Temperaturas nocturnas por debajo de los 12°C puede causar reversión sexual en flores masculinas, las que bajo estas condiciones desarrollan un ovario y dan frutos (Allan, 1987). En las flores hermafroditas, el desarrollo del ovario se da por la transformación de sus estambres en carpelos, los que originan frutos carpeloides (Ronse De Craene *et al.*, 2011). Este comportamiento es más notorio en condiciones ambientales subtropicales, en donde las estaciones y la amplitud térmica son más marcadas (Allan, 2002).

Las precipitaciones y la humedad relativa (Migliaccio *et al.*, 2010) se suman a los múltiples factores que influyen en la expresión sexual de la papaya, que resulta finalmente de la interacción genotipo ambiente (Bouzo & Favaro, 2014). En la variedad Ek se observó que el porcentaje de frutos carpeloides aumenta cuando disminuyen las precipitaciones. En la variedad SSC se dio también la misma relación, con mayor porcentaje de frutos carpeloides a medida que disminuye el porcentaje de humedad relativa. Este efecto es inverso a lo descrito por Nakasone & Paull (2004) en Hawái.

El intervalo desde la plantación a inicio de recolección de los frutos en las condiciones de ensayo fue de 10,5 a 12,4 meses entre la variedad más precoz (MR) y la más tardía (SSA).

La primera cosecha se realizó a los 8,4 meses después del trasplante. Cuando ocurrió la helada, los frutos se encontraban próximos a la madurez, en algunas variedades (MR, RI511 y SSBs) se observó cambios en la coloración de la pulpa y cascara. La segunda cosecha se realizó entre los 17 y 18 meses después del trasplante, 9 meses después de la helada. A partir de esta cosecha se realizaron las evaluaciones de calidad de fruta. Bajo condiciones tropicales las variedades precoces como Maradol roja pueden ser cosechadas a los 8 meses (Vásquez García *et al.*, 2010), mientras que en condiciones subtropicales puede tardar hasta los 14 meses (Rodríguez Pastor *et al.*, 2010).

Todas las variedades evaluadas tuvieron un peso medio adecuado para la comercialización, de acuerdo con las normas CODEX STAN 183-1993 de la FAO (Codex Alimentarius, 1993).

El peso medio varió en tres años de cosecha, el mayor peso se obtuvo durante el segundo año de cosecha (2014). En el primer año el peso de los frutos fue significativamente menor,

aunque es importante aclarar que la mayoría de las variedades fueron cosechadas antes de llegar a la madurez de sus frutos debido a la ocurrencia de la helada.

Por lo general las variedades tuvieron un peso medio de fruto homogéneo en las diferentes cosechas, a diferencia de las variedades RI511 y Ek, cuyo peso medio de fruto aumentó desde la primera cosecha hasta abril/2015. Los frutos que crecen durante el invierno tienen mayor peso debido a que su crecimiento es más lento. En climas subtropicales, en invierno no hay cuajado de frutos, y los frutos que cuajan antes del registro de bajas temperaturas pueden tardar hasta 90 días más, en comparación a condiciones normales, en llegar a la madurez. Además, suelen presentar menor contenido de sólidos solubles totales (Allan, 2007; Nakasone & Paull 2004; Rodríguez Pastor *et al.*, 2010). Temperaturas extremas pueden afectar negativamente el peso final del fruto.

Las variedades MR y RI511 fueron las que presentaron el mayor rendimiento en kilos de frutos por planta en el período evaluado, con valores significativamente menores a los valores obtenidos por otros autores con la variedad Maradol en Cuba (Alonso Esquivel *et al.*, 2009; Rodríguez Cabello *et al.*, 2014), o con la variedad RI511 en Brasil (Cattaneo *et al.*, 2010). Pero el rendimiento de estas dos variedades se asemejan a los híbridos H5 y H7 evaluados en Santa Fe por Céccoli *et al.* (2013).

Las características morfométricas del fruto se comportaron de forma similar al peso medio del fruto de cada variedad, a acepción de RI511 que tuvo frutos más alargados que el resto de las variedades.

En cuanto a calidad de fruta es importante destacar a las variedades SSSy y SSC. La primera presenta los valores más altos de sólidos solubles totales (SST), por lo que presenta un gran potencial para ser evaluada para el mercado en fresco. La segunda se caracteriza por poseer frutos con brillo en su cáscara que le da una apariencia particular de fruta encerada. Además ambas variedades presentaron el menor grado de severidad a la viruela (*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl), problemática fitosanitaria que crece en los últimos años en la región del noroeste Argentino (Armella *et al.*, 2013). Las variedades que mayores rendimientos presentaron fueron las que menor calidad de fruta mostraron, especialmente en el contenido de azúcares y la severidad a la viruela, tal como afirma Fischer (2000) la calidad y productividad, en la mayoría de los casos no se correlacionan positivamente.

El estudio de la firmeza de la pulpa es uno de los parámetro de calidad que resultan fundamentales de contemplar a la hora de comercializar los frutos de papaya, de modo de evitar los problemas en la poscosecha (Ide *et al.*, 2009). Todas las variedades se

comportaron de forma similar, y presentaron valores relativamente altos de firmeza, que van de los 7,63 a 9,61 Lbs cm<sup>-2</sup> (Rodríguez Pastor *et al.*, 2010).

## 7. Conclusiones:

-La germinación presentó gran variabilidad en el inicio del proceso, aunque finalmente todas las variedades tuvieron un alto porcentaje de germinación y el trasplante se realizó a los 60 días.

-Rubí INCAPER 511 fue la variedad que mayor desarrollo de planta (altura, diámetro basal del tallo y número de hojas) presentó en la etapa de vivero y en la etapa vegetativa.

-Maradol Roja, Sunrise Solo Bs y Rubí INCAPER 511, resultaron ser las variedades más precoces, florecieron entre los 64 y 75 días después del trasplante. Maradol Roja cuajó su primer fruto a los 100 días después del trasplante mientras que el resto de las variedades lo hicieron después de los 140 días.

-Se encontró una relación positiva entre la altura a la primera flor y los días a la floración de cada variedad. La misma relación se dio con los días a fructificación. Maradol Roja tuvo la menor altura de inserción de la primera flor y del primer fruto, siendo también la más precoz.

-El número de hojas de la planta de papaya fue un indicador muy importante del crecimiento vegetativo y de la producción de flores y frutos.

-Los primeros frutos fueron cosechados a los 10 meses después del trasplante y la segunda cosecha se realizó entre los 9 y 10 meses después de las heladas de julio. Entre la variedad más precoz (Maradol Roja) y la más tardía (Sunrise Solo Alianza), acumularon 4.051 unidades de calor (UC) y 4.540 UC, respectivamente.

Las variedades Rubí INCAPER 511 y Maradol Roja tuvieron mayor esterilidad femenina. La esterilidad femenina y los abortos estuvieron relacionados. En Maradol Roja, el 32 % de los abortos fue a causa de la esterilidad femenina. De todas maneras, la esterilidad femenina no tuvo influencia significativa en el rendimiento final.

-Temperaturas mayores a 35°C, combinadas con humedad relativa baja (menor al 60%), predispuso la aparición de flores estériles.

-La carpeloidía y pentandría tuvieron mayor incidencia cuando se registraron temperaturas menores a los 15 °C, fundamentalmente 30 días antes del cuajado de los frutos. Las variedades que presentaron la mayor cantidad de frutos deformes (carpeloides y pentándricos) fueron SSSy y Ek.

-Las variedades SSSy y SSC presentaron la mejor calidad de fruta (SST, color y tolerancia a *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.)

-Resulta difícil comparar el rendimiento de fruto entre las variedades del grupo Solo y las del grupo Formosa, por la gran diferencia del peso de sus frutos, factor decisivo en el rendimiento final por planta.

-De las ocho variedades introducidas, siete lograron crecer, desarrollarse y producir frutos aunque los rendimientos no fueron los esperados al compararlas con el testigo. La variedad GTHB fue severamente afectada por las bajas temperaturas del invierno, no sobreviviendo ninguna planta a dicho evento.

-Con esta tesis se pudo conocer las variedades del grupo Solo y sentar un primer antecedente para la zona Noroeste del país. Además, se avanzó en el entendimiento del comportamiento fenológico de la especie, la fisiología de la floración y producción de frutos, y su estrecha relación con las condiciones agroclimáticas de la zona, lo cual permitirá mejorar la aplicación de las prácticas culturales del cultivo.

-Ampliar la disponibilidad de variedades con frutos de mejor calidad interna y externa, mayor contenidos de azúcares (SST), aunque con menor tamaño de fruto, permitirá diversificar la oferta y acceder o explorar nuevos mercados para la venta de fruta fresca.

## 8. Bibliografía

1. **Aguirre, C. M.** 2016. Gacetilla de frutas y hortalizas del convenio INTA-CMCBA.
2. **Aguirre, C. M. & Armella, C.** 2012. Papaya (*Carica papaya* L.). Producción intensiva de papaya. Hoja técnica de INTA.
3. **Aguirre, C. M. & Fernández Vera, B.** 1996. El sabor de la papaya. Campo y tecnología. 26, p 26-27.
4. **Alcántara Jiménez, J. A.; Hernández Castro, E.; Ayvar Serna, S.; Nava, A. D. & Brito Guadarrama, T.** 2010. Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) de Tuxpan, Guerrero, México. Rev. Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 1(1), p 35-46.
5. **Alonso Esquivel, M.; Tornet Quintana, Y.; Ramos Ramírez, R.; Farrés, E. & Rodríguez Martínez, D.** 2009. Evaluación de dos híbridos de papaya introducidos en Cuba. Agronomía Costarricense 33(2), p 267-274.
6. **Alonso Esquivel, M.; Tornet Quintana, Y.; Ramos Ramírez, R.; Farrés Armenteros, E.; Aranguren González, M. & Rodríguez Martínez, D.** 2008a. Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. Agricultura Técnica en México 34(3), p 333-339.
7. **Alonso Esquivel, M.; Tornet Quintana, Y.; Ramos Ramírez, R.; Farrés, E.; Castro, J. & Rodríguez Pastor, M. C.** 2008b. Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. Cultivos Tropicales, 29(2), p 59-64.
8. **Allan, P.** 2007. Phenology and production of *Carica papaya* Honey Gold under cool subtropical conditions. ISHS Acta Horticulturae 740, p 217-224.
9. **Allan, P.** 2002. *Carica papaya* responses under cool subtropical growth conditions. ISHS Acta Hort. 575, p 757-763.
10. **Allan, P.; Mc Chlery, J. & Biggs, D.** 1987. Environmental effects on clonal female and male *Carica papaya* L. plants. Scientia Horticulturae 32, p 221-232.
11. **Annegowda, H. V. & Bhat, R.** 2015. Composition of Papaya Fruit and Papaya Cultivars. In: Simmonds, M. & Preedy, V. (Eds). Nutritional Composition of Fruit Cultivars. Academic press, 21 p 497–516. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00021-0>
12. **Antunes Carvalho, F. & Renner, S. S.** 2012. A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. Molecular Phylogenetics and Evolution 65, p 46–53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2012.05.019>.

13. **Arango, W. L. V. & Roman, H. A. C.** 2000. Establecimiento. In: El Cultivo de la Papaya en los llanos orientales de Colombia. Arango, W. L. V. (ed). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. p 8-12.
14. **Armella, C. M. & Aguirre, C. M.** 2015. Comportamiento productivo y parámetros de crecimiento de tres materiales de papaya (*Carica papaya* L.) en condiciones ambientales de Yuto, Jujuy. Horticultura Argentina 34(85), 80p. Disponible en: <http://www.horticulturaar.com.ar/>
15. **Armella, C.; Rueda, E.; Flores, C.; Aguirre, C. & Gariglio, N.** 2013. Evaluación de la Expresión de *Asperisporium caricae* (Speg.) Maulbl en Variedades de papaya (*Carica papaya* L.) en la provincia de Jujuy. Horticultura Argentina. 32(79), 157p. Disponible en: <http://www.horticulturaar.com.ar/>
16. **Arroyo, A. R.** 2004. Diagnóstico productivo del departamento de Orán. INTA Yuto. Jujuy, Argentina 11 p.
17. **Aryal, R. & Ming, R.** 2014. Sex determination in flowering plants: papaya as a model system. Review: Plant Science 217-218, p 56-62. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.10.018>
18. **Bhattacharya, J. & Khuspe, S. S.** 2001. In vitro and in vivo germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. Scientia Horticulturae 91, 39-49.
19. **Bianchi, A. R.; Yáñez, C. E. & Acuña, L. R.** 2005. Base de datos mensuales de precipitaciones del Noroeste argentino. EEA INTA Salta y Santiago del Estero. 41 p.
20. **Bouzo, C. A. & Favaro, J. C.** 2014. Papaya o Mamón. In: Gariglio, N. F.; Bouzo, C. A. & Travadelo, M. R. (Eds). Cultivos Frutales y Ornamentales. Ediciones UNL. Santa Fe, Argentina, p 147-164.
21. **Buitrago, L. G.** 1999. Clima de La provincia de Jujuy. FCA-UNJu. Jujuy. 39 p.
22. **Campos Dianese, A.; Bassay Blum, L. E.; Barbosa Dutra, J.; Ferreira Lopes, L.; Coelho Sena, M. & Ferreira de Freitas, L.** 2008. Avaliação do efeito de fosfitos na redução da varíola (*Asperisporium caricae*) do mamoeiro (*Carica papaya*). Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal 30(3), p 834-837.
23. **Campostrini, E. & Glenn, D. M.** 2007. Ecophysiology of papaya: a review. Braz. J. Plant Physiol. 19(4), p 413-424.
24. **Cancela Ramos, H. C.; Gonzaga Pereira, M.; Filho da Silva, F.; Pio Viana, A. & Antônio Ferregueti, G.** 2010. Seasonal and genetic influences on sex expression in a backcrossed segregating papaya population. Crop Breeding and Applied Biotechnology 11(2), p 97-105. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cbab/v11n2/01.pdf>

25. **Carvalho, E. M. L.** 2015. Novos genótipos de mamoeiro com adaptação ao recôncavo e extremo Sul Baiano. Msc. Tesis. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas. Bahia. Brasil.p 102.
26. **Cattaneo, L. F.; Costa, A. F. S.; Serrano, L. A. L.; Costa, A. N.; Fanton, C. J. & Bravim, A. J. B.** 2010. 'Rubi INCAPER 511': Primeira variedade de mamão do grupo Formosa para o Espírito Santo. Vitória, ES: INCAPER (Série Documentos) 187, 6 p.
27. **Céccoli, G.; Panigo, E. S.; Gariglio, N.; Favaro, J. C. & Bouzo, C. A.** 2013. Fruit yield and growth parameters of several *Carica papaya* L. genotypes in a temperate climate. *Rev. FCA UNCUYO* 45(2), p 299-310.
28. **Ceverio, R.; Brieva, S. & Iriarte, L.** 2010. Guía para identificar oportunidades de mercado para productos agroalimentarios no tradicionales. INTA Balcarce. 58 p.
29. **Chan, Y. K.** 2009. Breeding Papaya (*Carica papaya* L.). In: Jain, S. M.; Priyadarshan, P. M. (eds.). Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species. Springer. Kuala Lumpur, Malaysia, p 121-159.
30. **Chan, Y. K.; Uthai, N.; Wisnu, B.; Koay, S. H. & Espino, R. C.** 1994. Commercial papaya cultivars in Asean. In: Rohani, M. D. Y. Papaya. Malasia: Ed. Food Technology Research Center. p 5-17.
31. **Chan Tai, C.; Yen, C. R.; Chang, L. S.; Hsiao, C. H. & Ko, T. S.** 2003. All hermaphrodite progeny are derived by self-pollinating the sunrise papaya mutant. *Plant Breeding* 122, p 431-434.
32. **Codex Alimentarius.** 1993. International Food Standards. OMS. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
33. **Constantino, M.; Gómez Álvarez, R.; Álvarez Solís, J. D., Pat Fernández, J. & Espín, G.** 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya* L. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 12(2), p 103-115.
34. **Costa, A. F. S. & Pacova, B. E. V.** 2003. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D. S.; Costa, A. F. S. (eds). A cultura do mamão: tecnologia e produção. Vitória-ES-Brasil: INCAPER, p. 59-102.
35. **Da Costa, A. F. S.; Nogueira da Costa, A.; Dos Santos, F. A. M.; Carraretto Barro, F. & Zuffo, V. J.** 2003. Plantio, Formação e manejo da cultura. In: Martins, D. S.; Costa, A. F. S. (eds). A cultura do mamão: tecnologia e produção. Vitória-ES-Brasil: INCAPER, p. 127-159.
36. **DaMatta, F. M.** 2007. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4):239-244.
37. **Dantas, J. L. L.; Lucena, R. S. & Vilas Boas, S. A.** 2015. Avaliação agrônômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal.* 37(1), p. 138-148.

38. **David Marin, S. L.; Gonzaga Pereira, M.; Do Amaral Júnior, A. T.; Peres Martelleto, L. A. & Ide, C. D.** 2006a. Partial diallel to evaluate the combining ability for economically important traits of papaya. *Sci. Agric.* 63(6), p 540-546.
39. **David Marin, S. L.; Gonzaga Pereira, M.; Do Amaral Júnior, A. T.; Peres Martelleto, L. A. & Ide, C. D.** 2006b. Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of 'Solo' and 'Formosa' parents. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6, p 24-29.
40. **De Lima Alves, F.; Vieira Pacova, B. E. & De Oliveira Galveas, P. A.** 2003. Seleção de plantas matrizes de mamão, grupo solo, para produção de sementes. In: Dos Santos-Martins, D.; Da Costa, A. de C. (eds). *A cultura do mamoeiro tecnologias de produção*. INCAPER-CNPq-MAPeA, Vitória, ES, Brasil. p 105-114.
41. **Deputy, J. C.; Ming R.; Ma, H.; Liu, Z.; Fitch M. M. M.; Wang M.; Manshardt, R. & Stiles, J. I.** 2002. Molecular markers for sex determination in papaya (*Carica papaya* L.). *Theor Appl Genet* 106, p 107–111. Disponible en: DOI 10.1007/s00122-002-0995-0/
42. **Duarte, T. da S. & Peil, R. M.** 2010 Relações fonte: Dreno e crescimento vegetativo do meloeiro 2010 *Hortic. Bras.*, 28(3), p 271-276.
43. **Dias Oliviera, L.; Medici Oliviera, L.; Vasconcellos Da Silva; M. A.; De Carvalho, D. F. & Pimentel, C.** 2013. Papaya seedlings growth using a low-cost, automatic watering controller. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 35 (2) p 527-535.
44. **FAOSTAT. Dirección de Estadística.** 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: [http://faostat3.fao.org/browse/Q/\\*/S](http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/S).
45. **Fabi, J. P.; Lajolo, F. M. & Oliveira do Nascimento J. R.** 2009. Cloning and characterization of transcripts differentially expressed in the pulp of ripening papaya. *Scientia Horticulturae* 121, p 159-165.
46. **Ferreyra Espada, R.; Sellés van Sch., G.; Gil M., P.; Barrera M., C.; Maldonado B., P. & Celedón A., J.** 2007. Manejo del riego en palto. In: Ferreyra Espada, R.; Sellés van Sch., G. (Eds). *Manejo del suelo y riego en palto*. Boletín INA 160, p 27-90.
47. **Filho da Silva, F.** 2006. Abordagem clássica e molecular do melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.). Tesis Doctorado em Protecção vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF Campos dos Goytacazes-RJ-Brasil. 133 p.
48. **Fischer, G.** 2000. Efectos de las condiciones em precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Revista Comalfi*, 27 (1-2), p 39-50. <https://www.researchgate.net/publication/257363725>.

49. **Flores, P.; Poggi, D; García, S. M.; Catraro, M. & Gariglio, N.** 2016. Effects of Pre-Stratification Storage Conditions on Black Walnut Seed Post-Stratification Germination Capacity. *International Journal of Fruit Science*, 12 p. DOI:10.1080/15538362.2016.1214662.
50. **Flores, P. C.; Poggi, D; García, S. M.; Catraro, M. & Gariglio, N. F.** 2013. Fruit Pulp of *Juglans nigra* Affects Seed Germination and Root Growth. *Seed Technology*, 35 (1), p 61-73.
51. **Galindo Estrella, T.; Hernández Gutiérrez, R.; Mateos Días, J.; Sandoval Fbian, G.; Chel Guerrero, L.; Rodríguez Buenfil, I. & Gallegos Tintoré, S.** 2008. Proteolytic activity in enzymatic extracts from *Carica papaya* L cv. Maradol harvest by-products. *Process Biochemistry* 44, p 77-82
52. **García Dean, J. C.; Vázquez Badillo; M. E.; Torres Tapia, M. A.; Dávila Cabello; S. I.; Sánchez Aspeytia, D.** 2011 Extraction methods in golden type papaya seed and relationship with longevity. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2 (2) p. 281-288.
53. **Gil, A. I. & Miranda, D.** 2005. Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana* 23(2), 217-222.
54. **Ellis, R. H.; Hong, T. D & Roberts, E. H.** 1991. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. *Seed Science Research*. Short communication, p 69-72.
55. **Hong, T. D.; Linington, S.; Ellis, R. H.** 1996. Seed Storage Behaviour: a Compendium. *Handbooks for Genebanks: No. 4*. International Plant Genetic Resources Institute Rome. p 115.
56. **Ide, C. D.; Gonzaga Pereira; M.; Pio Viana, A. & Santana Pereira, T. N.** 2009. Use of testers for combining and selection of papaya hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 9, p 60-66.
57. **Jayavalli, R.; Balamohana, T. N.; Manivannanb, N. & Govindarajb M.** 2011. Breaking the intergeneric hybridization barrier in *Carica papaya* and *Vasconcellea cauliflora*. *Scientia Horticulturae* 130, p 787-794.
58. **Jimenez Días, J. A.** 2002. Manual practico para el cultivo de papaya Hawaiana. EARTH. 1º ed. Guánico, Limon, Costa Rica, 108 p.
59. **Jiménez, V. M.; Mora Newcomer, E. & Gutiérrez Soto, M. V.** 2014. Biology of the Papaya plant. In: Ming, R. & Moore, P. H. (eds), *Genetics and Genomics of Papaya, Plant Genetics and Genomics: Crops and Models* 10. Springer Science+Business Media, New York, p 17-33.

60. **Lange, A. H.** 1961. Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. Botanical vol. gazette 122(4), p 305-311.
61. **Leyva López, N.; Heredia, J. B.; Contreras Angulo, L. A.; Muy Rangel, M. D.; Campos Saucedo, J. P. & Lizarraga, I. G.** 2011. Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L.) var. Maradol fresca cortada. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2(1), p 1-15.
62. **Lima, R. S. N.; Garcia-Tejero, I.; Lopes, T.S.; Costa, J.M.; Vaz, M.; Duran-Zuazo, V. H.; Chaves, M.; Glenn, D. M. & Campostrini, E.** 2016. Linking thermal imaging to physiological indicators in *Carica papaya* L. different watering regimes. Agricultural Water Management 164, p 148-157. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.017>.
63. **Liu, Z.; Moore, P. H.; Ma, H.; Ackerman, C. M.; Ragiba, M.; Yu, Q.; Pearl, H. M.; Kim, M. S.; Charlton, J. W.; Stiles, J. I.; Zee, F. T.; Paterson, A. H. & Ming, R.** 2004. A primitive Y chromosome in papaya marks incipient sex chromosome evolution. Nature 427(22), p 348-352.
64. **Mayer, A. N. & Roncatto, G.** 2004. Variedades e seleção de plantas matrizes de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Toda fruta. Disponible en: <http://www.todafruta.com.br/>.
65. **Medina, J. C.** 1989. 2° Ed. Cultura. En: Medina, J. C. (ed). Series frutas tropicais N°7. ITAL, Campinas, Brasil. 157 p.
66. **Mendonça, V.; Medeiros de Araújo, W. B.; Medeiros Paula, Y. C.; Dantas Alencar, R.; Valente de Medeiros, E.; Rocha de Araújo, R.; Queiroz de Medeiros, P. V.** 2008. Esterco caprino na formulação de substratos como alternativa para a produção de mudas de mamoeiro. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura 54 th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture Vitória-ES-Brasil. p 1-6.
67. **Migliaccio, K. W.; Schaffer, B.; Crane, J. H. & Dvies, F. S.** 2010. Plantresponse to evapotranspiration and soil wáter sensor irrigation scheduling methods for papaya production in south Florida. Agricultural Water Management 97, p 1452-1460.
68. **Ming, R.; Hou, S.; Feng, Y.; Yu, Q.; Dionne-Laporte, A.; Saw, J. H.; Senin, P.; Wang, W.; Ly, B. V.; Lewis, K. L. T.; Salzberg, S. L.; Feng, L.; Jones, M. R.; Skelton, R L.; Murray, J. E.; Chen, C.; Qian, W.; Shen, J.; Du, P.; Eustice, M.; Tong, E.; Tang, H.; Lyons, E.; Paull, R. E.; Michael, T. P.; Wall, K.; Rice, K. W.; Albert, H.; Wang, M.L.; Zhu, Y. J.; Schatz, M.; Nagarajan, N.; Acob, R. A.; Guan, P.; Blas, A.; Wai, C. M.; Ackerman, C. M.; Ren, Y.; Liu, C.; Wang, J.; Wang; J.; Na, J. K.; Shakirov, E. V.; Haas, B.; Thimmapuram, J.; Nelson, D.; Wang, X.; Bowers, J. E.; Gschwend, A. R.; Delcher, A. L.; Singh R.; Suzuki, J. Y.; Tripathi,**

- S.; Neupane, K.; Wei, H.; Irikura, B.; Paidi, M.; Jiang, N.; Zhang, W.; Presting, G.; Windsor, A.; Navajas-Pérez, R.; Torres, M. J.; Feltus, F. A.; Porter, B.; Li, Y.; Burroughs, A. M.; Ming-Cheng L.; Liu, L.; Christopher, D. A, Mount, S. M.; Moore, P. H.; Sugimura, T.; Jiang, J.; Schuler, M. A.; Friedman, V., Mitchell-Olds, T.; Shippen, D. E.; Pamphilis, C. W.; Palmer, J. D.; Freeling, M.; Paterson, A. H.; Gonsalves, D.; Wang, L. & Alam, M. 2008. The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Carica papaya* Linnaeus). *Nature* 451, p 991-996. Disponible en: doi:10.1038/nature06856.
69. **Ming, R.; Yu, Q. & Moore, P. H.** 2007. Sex determination in papaya. *Review. Seminars in Cell & Developmental Biology* 18, p 401–408.
70. **Mirafuentes Hernández, F & Santamaría Basulto, F.** 2014. MSXJ, hybrid of papaya without carpellody for southeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 7* p. 1297-1301.
71. **Molina, N. A.; Acuña, L. & Marmelicz, L.** 2014. Costo de producción y rentabilidad del mamón en la provincia de Misiones. *EEA INTA Bella Vista*. 19 p.
72. **Moura Silva; D.; Dos Santos, K. Duarte, M. M.** 2011. Eficiência fotoquímica em folhas do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden durante o estágio reprodutivo e caracterização da ontogenia dos frutos. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, v. 33, n. 4, p. 1066-1073.
73. **Nakasone, H. Y. & Paull, R. E.** 2004. Papaya. In: Nakasone, H. Y. & Paull, R. E. (eds) *Tropical Fruits*. CAB International. New York, USA, p 239-391.
74. **Páres, J.; Basso, C. & Jáuregui, D.** 2002. Momento de antensis, dehiscencia de anteras y receptividad estigmática em flores de lechosa (*Carica papaya* L.) cv. Cartagena Amarilla. *Bioagro* 14(1), p 17-24.
75. **Peralta, M. & Liverotti, O.** 2012. Comercialización de Ananá, Mango y Papaya en el Mercado Central de Buenos Aires 2003-2011. *Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA – Corporación del Mercado Central de Buenos Aires*. 10 p. Disponible en: <http://www.mercadocentral.gob.ar/gacetilla/gacetilla19.pdf>.
76. **Peres Martelleto, L. A.** 2007. Desenvolvimento do ciclo e desempenho agrônômico do mamoeiro sob cultivo orgânico em ambiente protegido. *Doc. Tesis Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Curso de Pós-graduação em Fitotecnia. Rio de Janeiro, Brasil*.
77. **Peres-Martelleto, L. A.; Duarte-Ribeiro, R. De L.; Sudo-Martelleto, M.; Da Silva-Vasconcellos, M. A.; David Marin; S. L. & Ballesteiro Pereira, M.** 2008. Cultivo orgânico do mamoeiro 'Baixinho de Santa Amália' em diferentes ambientes de proteção. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal* 30(3), p 662-666.

78. **Posada Pérez, L.; Gómez Kosky, R.; Pérez Ponce, J.; Reyes Vega, M.; Montenegro, N. O.** 2010 Development of new papaya (*Carica papaya* L.) hibrid IBP 42-99. *Interciencia* 35 (6), p 461-465.
79. **Rodríguez Cabello, J.; Díaz Hernández, Y.; Pérez González, A.; Cruz, Z.; Cruz, Z. N. & Rodríguez Hernández, P.** 2014. Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya* L.) de Cuba. *Cultivos Tropicales* 35(3), p 36-44.
80. **Rodríguez Caicedo, D.; Cotes Torres, J. M. & Cure, J. R.** 2012. Comparison of eight degree-days estimation methods in four agroecological regions in Colombia. *Bragantia, Campinas* 71(2), p 299-307.
81. **Roltsch, W. J.; Zalom, F. G.; Strawn, A. J.; Strand, J. F. & Pitcairn, M. J.** 1999. Evaluation of several degree-day estimation methods in California climates. *Int. J. Biometeorol.* 42, p 169-176.
82. **Rodríguez Pastor, M. C.; Lobo Rodrigo, M. G. & Suárez Sánchez, C. L.** 2010. Comportamiento de los cultivares de papaya Sunset, Sunrise y de los genotipos Baixinho de Santa Amalia y BH – 65 en la zona Sur de la Isla de Tenerife. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal* 32(4), p 1105-1115.
83. **Romero Rodríguez, J. A.; Mejía Contreras, J. A.; Carballo Carballo, A.; López Jiménez, A.; Rangel Lucio, J. A. & Ávila Reséndiz, C.** 2013. Chemical scarification of papaya seed. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.4 Núm.6 p. 947-954.
84. **Ronse De Craene, L.; Trehin, C.; Morel, P. & Negrutiu, L.** 2011. Carpeloidy in flower evolution and diversification: a comparative study in *Carica papaya* and *Arabidopsis thaliana*. *Annals of Botany* 107, p 1453–1463.
85. **Ruggiero, C.; David Marin, S. L. & Durigan J. F.** 2011. Mamão, uma história de sucesso. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal, Volume Especial E.*, p 76-82.
86. **Sá, F. V.; Brito, M. E.; De Melo, A. S.; Neto, P. A.; Fernandes, P. D. & Ferreira, I. B.** 2013. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17(10), p 1047–1054.
87. **Salvador Figueroa, M; Adriano-Anaya, M.de L.; Becerra-Ortiz, C.** 2005. Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya var. Maradol. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): p 27-30.
88. **Sandoval Paixão, M. V.** 2012. Frações orgânicas e mineral na produção de mudas de mamoeiro cv. THB. Universidade Federal do Espírito Santo Centro Universitário Norte do Espírito Santo. MsC Tesis. Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical. São Mateus, ES, Brasil, 50p.
89. **Santamaría Basulto, F.; Mirafuentes Hernández, F. & Azpeitia Morales, A.** 2015. BS y BS-2, variedades de papaya con resistencia a altas temperaturas. Folleto

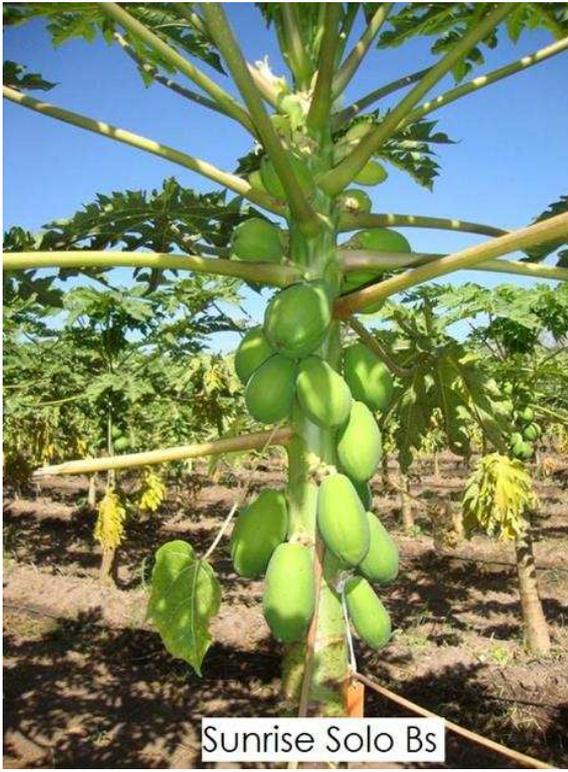
- técnico N: 19. Centro de investigación regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá - Mérida, Yucatán, México, p19.
90. **Santamaría Basulto, F.; Sauri Duch, E.; Espadas y Gil, F.; Díaz Plaza, R.; Larqué Saavedra, A. & Santamaría, J. M.** 2009a. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. *Interciencia* 34(8), p 583-588.
  91. **Santamaría Basulto, F.; Díaz Plaza, R.; Sauri Duch, E.; Espadas y Gil, F.; Santamaría Fernández, J. M.; Larqué Saavedra, A.** 2009b. Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica en México* 35(3), p 347-353.
  92. **Sippel, A. D.; Claassens N. J. F. & Holtzhouse; L. C.** 1989. Floral differentiation and development in *Carica papaya* cultivar 'Sunrise Solo'. *Scientia Horticulturae* 40, p 23-33.
  93. **Sudha, R.; Balamohanb, T. N.; Soorianathasundaramc, K.; Manivannand, N. & Rabindrane, R.** 2013. Evaluation of F2 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L.) for resistance to papaya ringspot virus (PRSV). *Scientia Horticulturae* 158, p 68–74.
  94. **Terra de Almeida, F.; Bernardo, S.; Fernandes de Sousa, E; David Marin, S. L. & Grippa, S.** 2003a. Growth and yield of papaya under irrigation. *Scientia Agricola* 60(3), p 419-424.
  95. **Terra de Almeida, F.; Sales Marinho, C.; Fernandes de Souza, E. & Grippa, S.** 2003b. Expressão sexual do mamoeiro sob diferentes lâminas de irrigação na região norte fluminense. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal* 25(3), p 383-385.
  96. **Thakur, P.; Kumar, S.; Malik, J. A.; Bergerb, J. D. & Nayyar, H.** 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview Review. *Environmental and Experimental Botany* 67, p 429–443.
  97. **Tokuhisa, D.; Dias, D. C. F. S.; Alvarenga, E. M.; Dias, L. A. S. & Marin, S. L. D.** 2007a. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes* 29(1), p 131-139. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n1/18.pdf>.
  98. **Tokuhisa, D.; Dias, D. C. F. S.; Alvarenga, E. M.; Hilst, P. C. & Demuner, A. J.** 2007b. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes* 29(3), p 180-188. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n3/a22v29n3.pdf>
  99. **Vásquez García, E.; Mata Vázquez, H.; Ariza Flores, R. & Santamaría Basulto, F.** 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya maradol en la Planicie Huasteca. Iniaf. Villa Cuauhtémoc. México. 130 p.

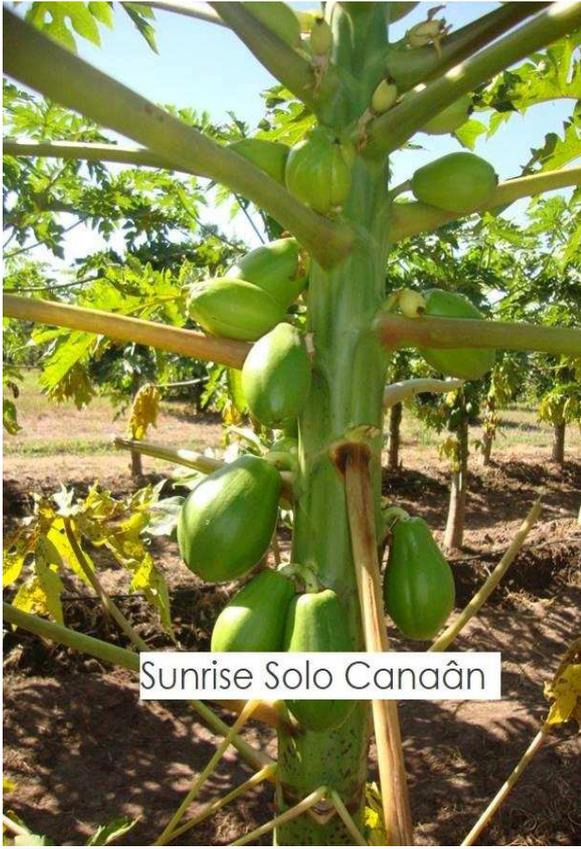
100. **Vázquez García, E.; Román Avendaño, E. E. & Ariza Flores, R.** 2008. Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tamaulipas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3), p 45–48.
101. **Vij, T. & Prashar, Y.** 2015. A review on medicinal properties of *Carica papaya* Linn. *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 5(1), p 1-6.
102. **Vivas, M.; Da Silveira, S. F.; Cardoso, D. L.; Pereira, M. G.; Dias dos Santos, P.H. & Ferregueti, G. A.** 2012. Capacidade combinatória e heterose para resistência a pintapreta em mamoeiro por meio de análise dialélica. *Tropical Plant Pathology* 37(5), 326-332.
103. **Vivas, M.; Pessanha da Silva-Terra, C. E.; Da Silveira, S. F.; Venturim Fontes; R. & Gonzaga Pereira, M.** 2009. Escala diagramática para avaliação da severidade da pinta-preta em frutos de mamoeiro. *Summa Phytopathol Botucatu* 36(2), p 161-163.
104. **Wester, P. J.** 1908. The correlation of flower- and fruit-structure in *Carica Papaya*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 35(3), p 141-146. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2479258>.
105. **Yamanishi, K. O.; Rodrigues Fagundes, G.; Machado, J. A. & De Vincenzo Valone, G.** 2004. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubacao de mudas de mamoeiro. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal* 26(2), p 276-279.
106. **Zanotti, R. F.; Fernandes dos Santos Dias, D. C.; Barros, R. S.; Junio da Silva L. & Coelho Sekita, M.** 2014. Germination of "Solo" papaya seeds treated with plant hormones. *J. Seed Sci.* 36(1), p 94-99.
107. **Zulhisyam, A. K.; Chuah T. S.; Ahmad A. I.; Azwanida, N. N.; Shazani, S. & Jamaludin, M. H.** 2013. Effect of storage temperature and seed moisture contents on papaya (*Carica papaya* L.) seed viability and germination. *Journal of Sustainability Science and Management* 8(1), p 87-92.

**Anexo I:**

**Variedades de papaya (*Carica papaya* L.) evaluadas en la EECT INTA Yuto - El Bananal, Jujuy, Argentina.**







<http://www.agrapapaya.com/es/productos/?prod=>