

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA Y DEL MEDI
NATUTRAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Estudio del comportamiento agronómico del cultivo de la pitahaya en condiciones de clima mediterráneo.

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural

Curso académico: 2019-2020

Autor: Salvador Magraner Mifsud

Tutor/a: Carmina Reig Valor

Cotutor/a: Manuel Agustí Fonfría

Título: Estudio del comportamiento agronómico del cultivo de la pitahaya en condiciones de clima mediterráneo.

Resumen:

Las pitahayas son un grupo de plantas perennes de tipo arbustivo originarias de Centroamérica que se desarrollan óptimamente en climas tropicales o subtropicales húmedos y trepando sobre una estructura de soporte, ya que no tienen un tronco rígido que realice esa función. Debido a la rusticidad y al fruto que producen, está empezando a aparecer interés por su cultivo en nuestro país. Aunque se está intentando en varias zonas de España, la mayoría de explotaciones se sitúan en las provincias de Málaga y Granada.

Debido a la poca información sobre el material vegetal existente y a su heterogeneidad, uno de los principales problemas actualmente es elegir las variedades adecuadas en función de las condiciones edafoclimáticas de la zona.

En este trabajo se realizó un seguimiento de cinco variedades en una explotación propia de un año de edad, situada en el municipio de Tavernes de la Valldigna (Valencia), el cual inició en enero de 2020 y finalizó en noviembre de 2020. Los parámetros evaluados fueron el desarrollo vegetativo, la floración, el cuajado, el desarrollo del fruto y la maduración, haciendo mayor énfasis sobre diversos aspectos de la floración, debido a su peculiaridad.

El objeto de este estudio es conocer como se comportan las cinco variedades y cuales se adaptan mejor en esas condiciones de cultivo.

Palabras clave: pitahaya, desarrollo vegetativo, floración, cuajado, variedades

Abstract:

Pitahayas are a group of shrub-like perennials native to Central America that develop optimally in humid tropical or subtropical climates and climbing on a support structure, because they don't have a rigid trunk that performs that function. Because of their rusticity and the fruit that they produce, interest in its cultivation in our country is beginning to appear. Although it is being attempted in several areas of Spain, most farms are located in the provinces of Malaga and Granada.

Due to the little information about the existing plant material and its heterogeneity, one of the main problems currently is to choose the right varieties based on the edaphoclimatic conditions of the area.

In this work, five varieties were monitored on a one-year-old farm, located in the municipality of Tavernes de la Valldigna (Valencia), which began in January 2020 and ended in November 2020. The parameters evaluated were vegetative development, flowering, curdling, fruit development and maturation, emphasizing various aspects of flowering, due to its peculiarity. The purpose of this study is to know how the five varieties behave and which are best suited in these growing conditions.

Key words: pitahaya, vegetative development, flowering, curdled, varieties

Autor del TFG: D. Salvador Magraner Mifsud

Tutor/a académico: Prof. Dña Carmina Reig Valor

Cotutor: D. Manuel Agustí Fonfría

Valencia, noviembre de 2020

AGRADECIMIENTOS

Para empezar, agradecer a Carmina Reig Valor y a Manuel Agustí Fonfría por permitirme realizar este proyecto, por el tiempo empleado y su labor en la realización del mismo, sin la cuál éste no hubiera sido posible y por enseñarme valores profesionales muy útiles de cara al futuro.

En segundo lugar, agradecer a Amparo Martínez-Fuentes por su amabilidad y tiempo dedicado en la realización del proyecto.

Finalmente, me gustaría dar un agradecimiento especial a mi familia y amigos por el apoyo incondicional que he recibido tanto en la realización de este proyecto como en la idea de este cultivo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE	13
1.2. CICLO VEGETATIVO	15
1.3. NECESIDADES DEL CULTIVO.....	16
1.3.1. Requerimientos edáficos.....	16
1.3.2. Requerimientos climáticos.....	17
1.3.2.1. Temperatura.....	17
1.3.2.2. Iluminación.....	17
1.3.2.3. Necesidades hídricas.....	18
1.3.2.4. Viento.....	20
1.3.3. Requerimientos nutricionales.....	20
1.4. PRINCIPALES PROBLEMAS AGRONÓMICOS	21
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
2.1. MATERIAL VEGETAL	23
2.2. DETERMINACIONES ANALÍTICAS	26
2.2.1. Evaluación de la brotación y desarrollo vegetativo.....	27
2.2.2. Caracterización de la floración.....	27
2.2.3. Evaluación de la polinización y el cuajado.....	28
2.2.4. Evaluación del desarrollo del fruto.....	28
2.2.5. Maduración	29
2.2.6. Análisis estadístico.....	30
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
3.1. EVALUACIÓN DE LA BROTACIÓN Y DESARROLLO VEGETATIVO	31
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FLORACIÓN.....	37
3.2.1. Determinación del intervalo desde botón floral a antesis	41
3.2.1.1. Diferencias del intervalo botón floral-antesis de cada variedad en función de la orientación de las plantas.....	43
3.2.2. Evaluación del grado del solape entre la antesis de las distintas variedades en cada ola de floración.....	45

3.2.2.1.	Diferencias del solape de la antesis de las variedades estudiadas en función de la ubicación (norte-sur) de las flores en cada oleada de floración	49
3.3.	EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN Y EL CUAJADO	51
3.4.	EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DEL FRUTO	53
3.5.	MADURACIÓN	56
4.	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	59

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Aspecto, y color de los tallos, del fruto maduro y del fruto recién cuajado de <i>H. costaricensis</i>	13
Foto 2. Aspecto y color del tallo y de dos frutos maduros de <i>S. megalanthus</i>	14
Foto 3. Aspecto del tallo y del fruto de una planta del género <i>Stenocereus</i>	14
Foto 4. Flores recién polinizadas, frutos cuajados, en desarrollo y maduros al mismo tiempo en una planta de <i>H. undatus</i>	15
Foto 5. Quemadura de tallo de <i>H. hybridum</i> empezando a pudrirse producida por la incidencia de radiación solar directa.	18
Foto 6. Diferencia de color entre tallos de <i>H. undatus</i> expuestos a radiación solar directa y tallos bajo malla de sombreado	18
Foto 7. Pudrición acuosa en la base del tallo de <i>H. undatus</i> ocasionada por el exceso de humedad del suelo.	19
Foto 8. Detalle de una flor de <i>H. undatus</i> polinizada manualmente.....	22
Foto 9. Estructura de soporte formada por dos mallas metálicas apoyadas y disposición de las plantas sobre la estructura de soporte. Poda de formación basada en dejar solamente el tronco principal apoyado sobre la malla metálica hasta el metro de altura	24
Foto 10. Poda de formación y sistema de soporte basado en dos alturas/pisos de producción. Disposición del acolchado artificial.	25
Foto 11. Balanza de precisión digital utilizada.....	29
Foto 12. Refractómetro manual utilizado.	29
Foto 13. Aspecto que presentan los cladiodos de las distintas variedades de pitahaya estudiadas al final de su crecimiento. (1: <i>Hybridum</i> ; 2: <i>Undatus</i> ; 3: <i>JC02</i> ; 4: <i>JC01</i> ; 5: <i>Megalanthus</i>).	34
Foto 14. Detalle de las diferencias en el desarrollo vegetativo entre el conjunto de plantas de la explotación orientadas hacia la cara Norte y hacia la cara Sur.	37
Foto 15. Aspecto de las flores de pitahaya tras su polinización (A: Flor recién polinizada; B: Flor 24 h después de su polinización; C: Flor 48 h después de su polinización).	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las plantas de las distintas variedades dentro de la explotación. Cada punto es una planta.	23
Figura 2. Localización de las plantas seleccionadas de las distintas variedades en la explotación.....	26
Figura 3. Evaluación de la tasa de crecimiento semanal de los brotes de las distintas variedades expresada en cm. Cada barra indica la media de la tasa de crecimiento de un brote durante 5 semanas y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.	31
Figura 4. Evaluación semanal del número de brotes ≥ 20 cm con crecimiento activo de las distintas variedades. Cada barra indica la media del número de brotes por planta ≥ 20 cm con crecimiento activo, de 5 mediciones por planta y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.	32
Figura 5. Diámetro de los cladodios de las distintas variedades al final del crecimiento. Cada barra indica la media del diámetro de dos cladodios por planta y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.	33
Figura 6. Evaluación de la tasa de crecimiento semanal de los brotes de las distintas variedades expresada en cm, en plantas orientadas al Norte y al Sur de la plantación. Cada barra indica la media de la tasa de crecimiento semanal de 2 o 3 mediciones de un brote y para 5 repeticiones. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.	35
Figura 7. Evaluación del número de brotes ≥ 20 cm con crecimiento activo de las distintas variedades, en plantas orientadas al Norte y al Sur de la plantación. Cada barra indica la media del número de brotes ≥ 20 cm con crecimiento activo, de 2 o 3 mediciones por orientación y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.	36
Figura 8. Diámetro de los cladodios de las distintas variedades al final del crecimiento, en plantas orientadas al Norte y al Sur de la plantación Cada barra indica la media del	

diámetro de dos cladodios por planta y para 2 o 3 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.....	36
Figura 9. Intensidad de floración de las cuatro olas de floración expresada en número de flores diarias en antesis-registrada a lo largo de todo el período de floración de todas las variedades.	38
Figura 10. Detalle de las flores en antesis de cuatro variedades de pitahaya.	40
Figura 11. Aspecto de los botones florales de cuatro variedades de pitahaya.....	42
Figura 12. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en función de la orientación, norte y sur, de las plantas de la variedad Undatus. Cada barra es el valor de la media de los intervalos de todas las flores de 2 o 3 plantas de cada orientación y para cada ola de floración. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas para cada ola de floración indican significación estadística ($P \leq 0,05$).	44
Figura 13. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en función de la orientación, norte y sur, de las plantas de la variedad Hybridum. Cada barra es el valor de la media de los intervalos de todas las flores de 2 o 3 plantas de cada orientación y para cada ola de floración. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas para cada ola de floración indican significación estadística ($P \leq 0,05$).	44
Figura 14. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en función de la orientación, norte y sur, de las plantas de la variedad JC02. Cada barra es el valor de la media de los intervalos de todas las flores de 2 o 3 plantas de cada orientación y para cada ola de floración. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas para cada ola de floración indican significación estadística ($P \leq 0,05$).	45
Figura 15. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la primera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.	46

Figura 16. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la segunda ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.	46
Figura 17. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la tercera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.	47
Figura 18. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la cuarta ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.	48
Figura 19. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la primera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad en cada orientación.	49
Figura 20. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la segunda ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad.	50
Figura 21. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la tercera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad.	50
Figura 22. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la cuarta ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad.	50
Figura 23. Aspecto de los frutos recién cuajados de distintas variedades de pitahaya a los 10 días de ser polinizadas las flores.	53
Figura 24. Detalle del aspecto externo de los frutos en desarrollo de distintas variedades de pitahaya.	55
Figura 25. Color, forma y aspecto externo como interno de cuatro frutos de cuatro variedades de pitahaya.	57
Figura 26. Evaluación del contenido en sólidos solubles totales (° Brix) de los frutos de las variedades estudiadas. Cada barra indica la media de los ° Brix de 6 frutos de una variedad.	

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar. 58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de flores de cada ola de floración, flores de cada ola de floración respecto al conjunto de la floración expresado % flores de cada variedad y en cada ola de floración respecto al resto de variedades expresado en %	39
Tabla 2. Número de flores de cada variedad en cada ola de floración y para cada orientación (Sur/Norte) de las plantas de la plantación y su porcentaje respecto al número de flores de la variedad en cada ola de floración.	41
Tabla 3. Evaluación de los intervalos de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis de la flor de cada variedad y para las distintas olas de floración. Cada valor es la media de los intervalos de todas las flores de 5 plantas cada variedad y para cada ola de floración. Letras minúsculas distintas para cada columna y mayúsculas para cada fila indican significación estadística ($P \leq 0,05$).	42
Tabla 4. Porcentaje de cuajado de las distintas variedades tras la polinización cruzada entre ellas de manera manual. Cada valor es la media de 5 flores.	51
Tabla 5. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la antesis hasta la recolección entre las distintas variedades y para cada ola de floración. Cada valor es la media de los intervalos transcurridos por 6 frutos de cada variedad en cada ola de floración. Letras minúsculas distintas en la misma columna y mayúsculas en la misma fila indican significación estadística ($P \leq 0,05$) entre olas de floración y entre variedades, respectivamente.	53
Tabla 6. Influencia de la calidad del polen en el peso medio del fruto de las distintas variedades. Cada valor es la media del peso en gramos de todos los frutos de una variedad polinizados con polen de otra variedad. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$).	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE

Las pitahayas son un grupo de plantas perennes de tipo arbustivo originarias de Centroamérica, que normalmente crecen trepando sobre diferentes tipos de estructuras, ya que no tienen un tronco rígido que realice la función de soporte.

Taxonómicamente pertenecen a la Familia Cactaceae. Esta familia botánica está compuesta por 120 géneros aproximadamente. Según los distintos tipos de pitahayas, estas se dividen en tres géneros: *Hylocereus* (pitahaya roja), *Selenicereus* (pitahaya amarilla) y *Stenocereus* (Pitahayas rojas y amarillas).

Las especies del género *Hylocereus* son trepadoras y sus tallos son verde oscuro brillante y tienen los bordes de las aristas entre las areolas convexos. Su fruto, indehisciente y sin espinas, presenta unas brácteas verdes muy desarrolladas, mientras que la pulpa puede ser roja o blanca dependiendo de las especies. La mayoría de las especies cultivadas en el mundo pertenecen a este género. Las más importantes son: *H. undatus*, *H. hybridum*, *H. guatemalensis*, *H. polyrhizus*, *H. costaricensis*, *H. purpusii* y *H. triangularis*.



Foto 1. Aspecto, y color de los tallos, del fruto maduro y del fruto recién cuajado de *H. costaricensis*.

Las especies del género *Selenicereus* también son trepadoras, y su fruto es indehisciente, amarillo y presenta numerosas espinas. Sus cladodios son de color verde

opaco y los bordes de las aristas entre las areolas cóncavos. La especie con mayor importancia dentro de este género es *S. megalanthus*, la cuál se cultiva mucho en Centroamérica.



Foto 2. Aspecto y color del tallo y de dos frutos maduros de *S. megalanthus*.

Las especies del género *Stenocereus* no presentan hábito trepador y su fruto es dehiscente, más pequeño y presenta espinas. Dependiendo de las especies, la piel puede ser verde o roja en su estado de maduración. Presenta tallos columnares con espinas.



Foto 3. Aspecto del tallo y del fruto de una planta del género *Stenocereus*.

1.2. CICLO VEGETATIVO

La fenología de la pitahaya depende mucho de las condiciones climáticas, concretamente de la temperatura nocturna y diurna, del fotoperiodo, de la radiación solar y de la precipitación:

Es una planta de día largo que florece en verano, y pueden ocurrir entre cuatro y siete ciclos de floración en un periodo de 8 meses, dependiendo de las condiciones climáticas (Pushpakumara et al., 2005). Así, la precipitación y las altas temperaturas promueven la floración, por lo que dependiendo del año pueden registrarse de cuatro a seis ciclos de floración que se solapan (Cálix de Dios et al., 2005) El crecimiento vegetativo tiene lugar entre los ciclos de floración.

Por ello, en una misma planta pueden coincidir varias fases de desarrollo: frutos maduros, frutos en desarrollo, flores a punto de abrirse, flores en antesis y yemas florales recién formadas. (Barbeau, 1997).



Foto 4. Flores recién polinizadas, frutos cuajados, en desarrollo y maduros al mismo tiempo en una planta de *H. undatus*.

Desde la aparición del botón floral hasta la apertura de la flor transcurren, aproximadamente, 20 días. Las flores se abren por la noche a las 20:00 horas y se cierran a las 10-11 de la mañana. Dado que la mayoría de las especies-clones son autoincompatibles, éstas requieren de agentes externos que realicen la polinización cruzada, pero dado que sólo abren en una sola noche, se necesita de agentes que sean altamente efectivos en la polinización. Aunque las hormigas y las abejas participan en estas acciones, su eficiencia es muy baja. Tras la polinización el fruto tarda entre 30 y 45 días en madurar. Son frutos no climatéricos por lo que deben recolectarse muy cerca de las características que exige el mercado.

1.3. NECESIDADES DEL CULTIVO

Son plantas muy resistentes a condiciones climáticas desfavorables como las altas temperaturas, sequía, suelo pobre, etc. Esto es debido a las adaptaciones estructurales que estas plantas han ido realizando con el tiempo. Una de las principales causas de esta resistencia se debe al Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM) que poseen, el cual influye en la actividad de los estomas, que se abren por la noche para absorber el CO₂ y se cierran durante el día. Además, presentan un tallo especializado en la acumulación de agua, una superficie foliar reducida o prácticamente nula, y el recubrimiento de la mayoría de sus órganos por sustancias cerosas (Marenco; Lopes, 2011).

1.3.1. Requerimientos edáficos

Debido a su rusticidad, la pitahaya es una planta que se adapta y crece en suelos pobres, secos y pedregosos; por lo que se puede cultivar en la mayoría de ellos. No obstante, prefiere suelos con textura franco-arenosa, ricos en materia orgánica y con un pH ligeramente ácido.

A pesar de su elevada adaptación edáfica, hay dos factores del suelo limitantes en su desarrollo:

- El escaso drenaje y, en consecuencia, la tendencia a encharcamientos, debido a su sensibilidad a los ataques fúngicos,

- La salinidad; la cual le produce una toxicidad iónica, que le provoca la desecación de las raíces.

1.3.2. Requerimientos climáticos.

1.3.2.1. Temperatura

La pitahaya prefiere climas tropicales y subtropicales húmedos, con precipitaciones elevadas y donde la temperatura no fluctúa de forma apreciable a lo largo del año y está libre de heladas. Sin embargo, también se puede desarrollar en climas áridos. Esta planta se desarrolla adecuadamente con temperaturas comprendidas entre 16 y 25°C, aunque resiste temperaturas de hasta 45°C. No obstante, temperaturas superiores a los 38°C pueden originar daños por quemaduras y dificultar el cuajado de las flores.

No tolera las bajas temperaturas y cuando éstas bajan de 4°C empiezan a aparecer los primeros daños en forma de lesiones redondas en los tallos que se recuperan rápidamente cuando la temperatura aumenta (Mizrahi y Nerd, 1999).

Cuando la temperatura desciende por debajo de los -4°C los daños son irreversibles y la planta muere. En las zonas donde las temperaturas mínimas descienden de los 10°C se ralentiza el crecimiento de la planta y, consecuentemente la producción.

1.3.2.2. Iluminación

En su lugar de origen esta planta crece en lugares sombreados. La exposición prolongada a la radiación solar directa produce quemaduras en las vainas que pueden acabar pudriéndose, por lo que es conveniente que su exposición, tanto a la luz natural como a la artificial, sea parcial, es decir, con un sombreado comprendido entre el 30% y el 60%, dependiendo de las condiciones climáticas y de las especies.



Foto 5. Quemadura de tallo de *H. hybridum* empezando a pudrirse producida por la incidencia de radiación solar directa.

No obstante, la falta de luminosidad influye negativamente en la floración que se ve reducida y, como consecuencia disminuye la cosecha.



Foto 6. Diferencia de color entre tallos de *H. undatus* expuestos a radiación solar directa y tallos bajo malla de sombreo

1.3.2.3. Necesidades hídricas.

Se trata de una planta que se adapta a un amplio ámbito de precipitaciones aunque existen más problemas fitosanitarios y menor

producción en zonas de elevado índice pluviométrico. Por ser una cactácea tolera largos periodos de sequía pero no acumulaciones de agua. Durante la floración requiere lluvias, aunque una alta precipitación causa la caída de las flores. Es más, para estimular la formación de yemas florales se requiere de un periodo seco mínimo de un mes.



Foto 7. Pudrición acuosa en la base del tallo de *H. undatus* ocasionada por el exceso de humedad del suelo.

Aunque no requiere cantidades abundantes de agua, no se conocen con exactitud sus necesidades hídricas, las cuales dependen marcadamente de la zona de cultivo.

Estudios de la Universidad de Wageningen, (Holanda), Nicaragua, México e Israel recomiendan precipitaciones del orden de los 600 a 1300 mm/año. Sin embargo, otros países como Guatemala (Cabrera, 1999), indican que este cultivo requiere de 700 a 2500mm anuales dependiendo de los cultivares.

Existe una amplia variabilidad en cuanto a las necesidades hídricas de la especie debido, fundamentalmente, a las diferencias en las condiciones climáticas de la zona, al tipo de suelo, y a las condiciones de manejo (tipo de riego, presencia o no de cubiertas vegetales, mallas anti-hierba, sombreo, etc.).

1.3.2.4. Viento.

Estas plantas, debido a su rusticidad, soportan fuertes vientos. En su lugar de origen, en diversas épocas de el año puede haber fuertes vientos o huracanes que pueden ocasionar daños a las estructuras sobre las que se soportan y, en consecuencia, se dañan las plantas. Además, en la época de floración, fuertes vientos acompañados de bajas humedades relativas afectan al proceso de fecundación y cuajado, ya que disminuye la receptividad del estigma y la viabilidad del polen.

1.3.3. Requerimientos nutricionales.

Tampoco se conocen con claridad las necesidades nutricionales de esta planta. No obstante, hay evidencias de que la pitahaya aumenta su rendimiento con la fertilización especialmente con la de los 3 macronutrientes principales. Entre las investigaciones desarrolladas se ha determinado que tiene altas exigencias de potasio (K), medias de nitrógeno (N) y bajas de fosforo (P), y que responde muy bien a aportes de materia orgánica.

Las aportaciones de N estimulan, por una parte, el desarrollo vegetativo, ayudando a acortar la fase juvenil y, por otra, aumentan el porcentaje de flores cuajadas. El P estimula la floración y fructificación. Y el K el cuál se absorbe de manera muy rápida, aumenta el espesor de la corteza de los cladodios (López & Guido, 2002).

Además de la importancia de las cantidades y elementos minerales que hay que aportar, resulta imprescindible saber como fraccionarlos, es decir, que se ajusten en la mayor medida a sus exigencias, las cuales vendrán marcadas por el ciclo fenológico.

En este sentido, como en la mayoría de los cultivos, la pitahaya presenta mayores exigencias nutricionales al inicio de la floración y durante el cuajado, siendo el K, el elemento mineral más demandado.

En Canarias se han obtenido excelentes resultados aplicando una concentración de 0,150 g abono por cada litro de agua de riego mediante un equilibrio N - P₂O₅ - K₂O - CaO de 1 - 0,22 - 1,50 - 0,40.

1.4. PRINCIPALES PROBLEMAS AGRONÓMICOS

Uno de los principales problemas de este cultivo es que, su taxonomía no se conoce con precisión y con ello, sus especies y variedades. Esto hace que, debido a la heterogeneidad genética, en muchas plantaciones existan grandes diferencias entre las plantas que se ven reflejadas en la producción y calidad de sus frutos.

Esto dificulta su comercialización y el manejo agronómico del cultivo incrementando directamente los costes de cultivo.

Otro problema importante es que la mayoría de los cultivares son autoincompatibles. Esto, junto a que la flor está abierta una sola noche, supone hacer la polinización cruzada de forma manual por la noche o de madrugada. En su lugar de origen esta práctica no es necesaria, ya que las flores son polinizadas por murciélagos. En algunas zonas de cultivo determinadas tampoco es necesario realizar la polinización manual ya que en las primeras horas de la mañana las abejas empiezan a polinizar. No obstante, en la mayoría de los casos, estos frutos no cuajan o si lo hacen se quedan pequeños. La razón de esto es, por una parte, que las abejas inician su actividad con la salida del sol y, por otra, que la receptividad del estigma es menor a medida que avanza la mañana, habiendo un corto periodo en el que las abejas pueden polinizar. Por lo tanto, para obtener una elevada producción y que ésta sea de calidad, se requiere abundante mano de obra para realizar la polinización manual.



Foto 8. Detalle de una flor de *H. undatus* polinizada manualmente.

La producción en este cultivo, a diferencia de lo que ocurre en la mayoría de los frutales en los que está concentrada en un periodo corto de tiempo, va desde junio hasta enero, como consecuencia de sus floraciones escalonadas abarcando, por tanto, un periodo de 6-7 meses en los que se requiere mano de obra continua para la polinización, recolección, envasado, etc. Por otra parte, para poder atender a una demanda continua de frutos es necesario disponer de cámaras de refrigeración para su continua.

Su sensibilidad a la radiación directa hace que cuando se cultiva al aire libre sufra daños en los cladodios y su floración es baja. Esto hace que se aconseje su cultivo bajo sombrero como se ha explicado anteriormente, con el incremento que esto supone en los costes de cultivo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. MATERIAL VEGETAL

El experimento se ha llevado a cabo en una plantación de pitahaya de un año de edad situada en Tavernes de la Valldigna (Valencia, España, 39° 4' 0.01" N, 0° 16' 0.01" W). La plantación se encontraba dentro de un invernadero tipo túnel de 32 metros de largo y 5,5 metros de ancho, cubierto con una malla de un 40% de sombreado de color verde que se complementa con plástico de 800 galgas solamente durante el invierno.

Las plantas de cinco variedades distintas, *Hylocereus undatus*, *H. hybridum*, *JC01*, *JC02* y *Selinicereus Megalanthus*, se disponían en dos líneas a lo largo del mismo sobre una estructura de soporte formada por dos mallas metálicas unidas a 2,25 metros de altura y separadas 1,20 metros en la parte inferior. El marco de plantación era de 1,20 metros de separación entre líneas y 0,7 m de separación entre plantas de la misma línea, estando las líneas orientadas en dirección este-oeste, de modo que los tallos situados en la zona sur de la estructura de soporte recibieron más horas de sol que los de la zona norte.

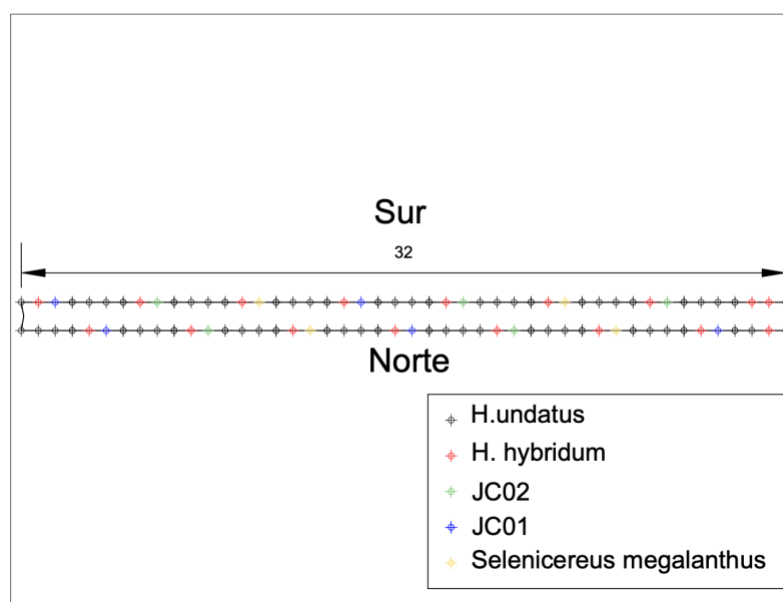


Figura 1. Distribución de las plantas de las distintas variedades dentro de la explotación. Cada punto es una planta.

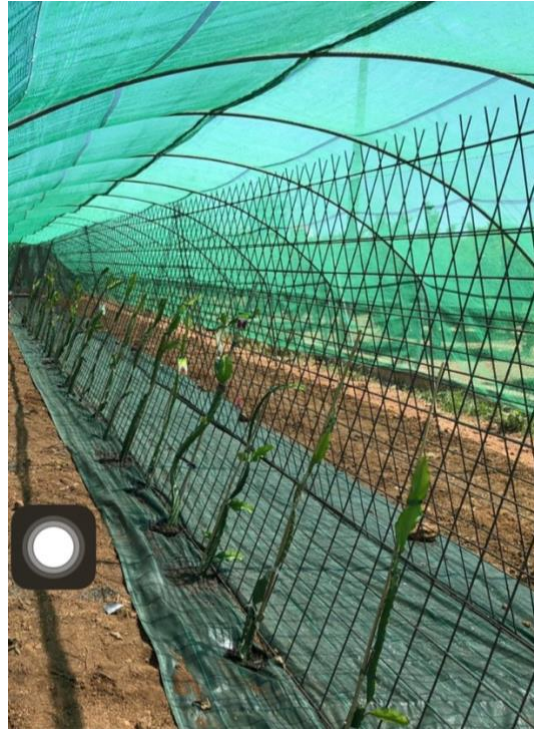


Foto 9. Estructura de soporte formada por dos mallas metálicas apoyadas y disposición de las plantas sobre la estructura de soporte. Poda de formación basada en dejar solamente el tronco principal apoyado sobre la malla metálica hasta el metro de altura

El cultivar *Hylocereus undatus*, más conocido como Undatus, presenta un crecimiento muy rápido y sus tallos son gruesos con pequeñas espinas. El período de floración de esta variedad en el sur de Tenerife abarca desde junio hasta octubre (Méndez y Coello, 2016). Sus frutos son ovoides, de piel roja con brácteas largas de color verde y pulpa blanca.

El cultivar *Hylocereus hybridum*, más conocido cómo Hybridum presenta un crecimiento muy rápido y continuo. Su periodo de floración en el sur de Tenerife va desde mayo-junio hasta octubre-noviembre (Méndez y Coello, 2016). Sus cladodios son gruesos con pequeñas espinas y de color verde oscuro. Es muy productivo y sus frutos son de forma ovoide, de piel roja con brácteas cortas de color verde y de pulpa roja.

El cultivar JC02 (*Hylocereus Undatus Var.*) presenta un crecimiento rápido y sus cladodios son de tamaño medio-grosos con pequeñas espinas. En el sur de Tenerife florece desde mayo-junio hasta octubre y es muy productivo, siendo los frutos de forma ovoide,

con la piel roja y brácteas verdes cortas, mientras que la pulpa es de color rojo oscuro (Méndez y Coello, 2016).

El cultivar JC01 (*Hylocereus sp.*), tiene un crecimiento vegetativo rápido, pero sus tallos son de tamaño medio-finos con espinas muy pequeñas en las areolas. Su periodo de floración abarca desde abril-mayo hasta octubre (Méndez y Coello, 2016). Sus frutos son de forma redonda, de piel roja con brácteas verdes largas y su pulpa es de color violáceo.

El cultivar *Selenicereus megalanthus*, más conocido cómo Megalanthus, tiene tallos finos y largos con grandes espinas. Su desarrollo vegetativo es lento y en Canarias florece desde septiembre hasta noviembre. Los frutos que produce son de piel rugosa amarilla con espinas y de pulpa blanca.

Las plantas se plantaron en mayo de 2019 con poco más de un metro de altura y la poda de formación consistió en dejar solamente el tronco principal apoyado sobre la malla metálica hasta el metro de altura (Foto 9), a partir del cual la superficie productiva se distribuyó en dos alturas, unos brazos que colgaban desde el metro de altura hasta casi el suelo y otros desde el extremo de la estructura de soporte hasta poco más de 1 metro de altura (Foto 10).



Foto 10. Poda de formación y sistema de soporte basado en dos alturas/pisos de producción. Disposición del acolchado artificial.

La explotación presentaba un acolchado artificial verde de dos metros de ancho que cubría la zona interna de la estructura de soporte y sobresalía 40 centímetros a cada lado de las filas, dejando las calles libres (Foto 10).

Por lo que respecta al tipo de riego, se utilizó riego localizado por goteo con un lateral por cada fila de plantas, siendo la separación entre emisores de 50 centímetros y el caudal del emisor de. Los laterales estaban situados por debajo del acolchado y separados 20-30 centímetros de la base de las plantas. El suelo presentaba una textura franco-arenosa (U.S.D.A.), un contenido en materia orgánica oxidable del 1,31% y un pH de 8,2.

2.2. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

En primer lugar, los parámetros de crecimiento vegetativo, de la floración, cuajado, desarrollo y maduración del fruto se evaluaron en 5 plantas de cada variedad menos en *Megalanthus* que fueron cuatro. Como se puede observar en la Figura 2, las plantas fueron elegidas de manera que su distribución fuera uniforme con el objetivo de considerar las diferentes condiciones de temperatura y luz dentro del invernadero.

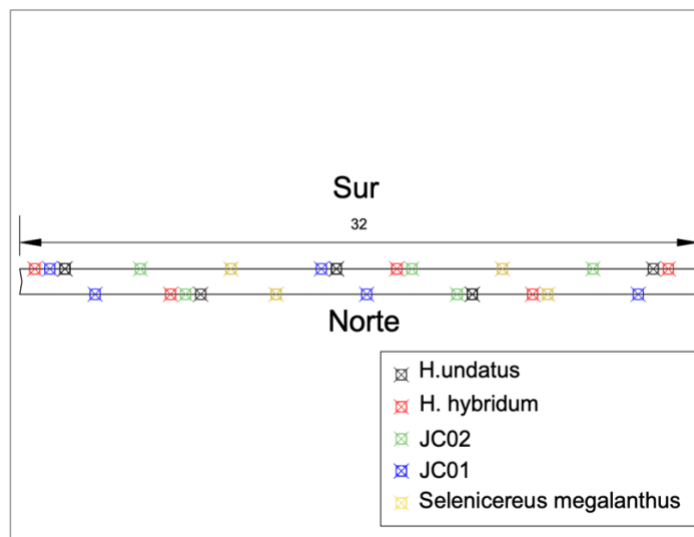


Figura 2. Localización de las plantas seleccionadas de las distintas variedades en la explotación.

2.2.1. Evaluación de la brotación y desarrollo vegetativo.

Semanalmente durante cinco semanas en invierno, se midió en cada una de las plantas seleccionadas el número de brotes de más de 20 cm con crecimiento activo y la tasa de crecimiento semanal de un brote elegido al azar.

También se midió el diámetro de dos de los tallos o cladodios de cada una de estas plantas. Una primera medida se hizo en invierno y la otra en otoño.

Además, en todos estos parámetros se analizaron las posibles diferencias entre los resultados obtenidos en la zona sur y la zona norte de la explotación.

Para realizar estas mediciones se utilizó una cinta métrica de 2,5 metros de largo.

2.2.2. Caracterización de la floración.

En primer lugar, se anotó diariamente durante todo el periodo de floración, el número de flores que llegaban a la fase de antesis de cada variedad y su ubicación (sur/norte).

Una vez contabilizadas todas las flores del conjunto de las plantas estudiadas, se agruparon dependiendo de la fecha de antesis en oleadas de floración y se contabilizó el número de oleadas floraciones, su intensidad y su distribución en el tiempo. Lo mismo se realizó para cada variedad en particular.

Complementariamente, se midió en cada variedad y a lo largo de todo el periodo de floración, el tiempo transcurrido desde la aparición del botón floral (5-7 mm de diámetro) hasta la antesis de la flor. Además, se evaluó el grado de solapamiento entre la antesis de las distintas variedades con el fin de caracterizar el período de floración de las mismas.

Por último, se analizó en todos estos parámetros las posibles diferencias entre la zona sur y la zona norte.

2.2.3. Evaluación de la polinización y el cuajado.

Independientemente del grado de solape de la antesis de las distintas variedades, se evaluó el porcentaje de cuajado de cada variedad al realizar polinización cruzada manual con el resto de variedades.

Para recoger el polen, en primer lugar, se agitaron los estambres de las flores con la mano produciendo la caída del polen sobre los pétalos de la flor. Posteriormente, con un pincel se recogió el polen en un vaso de cristal y finalmente se polinizó las flores depositando cuidadosamente con el pincel el polen en los estigmas de las flores.

2.2.4. Evaluación del desarrollo del fruto.

Anotando el día en el que cada flor llegaba a la fase de antesis y el día en que se recolectaba el fruto de todas las flores de las plantas estudiadas, se evaluó en cada una de las variedades, el tiempo transcurrido desde la antesis de las flores hasta la recolección del fruto durante todo el período de floración.

Además, se midió la calidad del polen, es decir, el peso de los frutos de cada una de las variedades al ser polinizadas manualmente con el resto de variedades (independientemente del grado de solape de la antesis de las distintas variedades). Para ello se empleó una balanza de precisión digital y los frutos se pesaron sin los restos florales y con el menor trozo de cladodio posible.



Foto 11. Balanza de precisión digital utilizada.

2.2.5. Maduración

Para evaluar el grado de maduración interna del fruto, se seleccionaron aleatoriamente 6 frutos de cada variedad cuando habían adquirido las características externas de madurez y se midió el contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), con la ayuda de un refractómetro manual correctamente calibrado. Como muestra se utilizó una gota de zumo de la parte central de la fruta.



Foto 12. Refractómetro manual utilizado.

2.2.6. Análisis estadístico.

A los datos obtenidos se les aplicó el análisis de la varianza con un nivel de confianza ($P \leq 0.05$). Para la separación de medias se aplicó el test LSD utilizando el programa informático StatGraphics.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. EVALUACIÓN DE LA BROTAÇÃO Y DESARROLLO VEGETATIVO

La tasa de crecimiento semanal de los nuevos brotes difirió significativamente en función de la variedad. Así, la variedad JC01 fue la que mayor tasa de crecimiento presentó con cerca de 8 cm de media a la semana, a la que le siguió Hybridum con 6,9 cm de la que no difirió significativamente (Figura 15). El resto de variedades crecieron a un ritmo menor y muy similar entre sí, con 5,7 cm para Undatus, 4,8 cm para Megalanthus y 4,6 cm para JC02, las cuáles únicamente difirieron significativamente con la variedad JC01 (Figura 3).

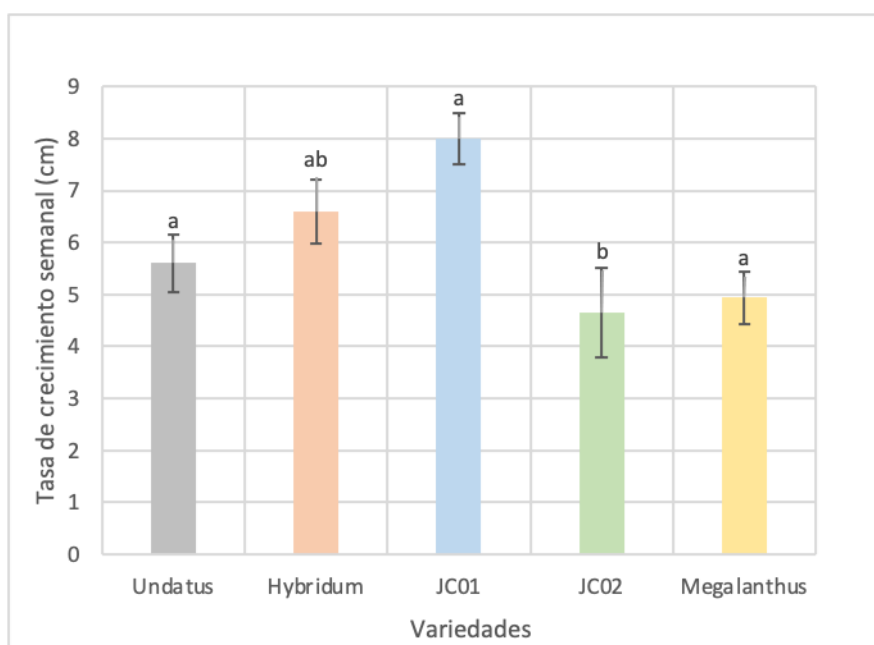


Figura 3. Evaluación de la tasa de crecimiento semanal de los brotes de las distintas variedades expresada en cm. Cada barra indica la media de la tasa de crecimiento de un brote durante 5 semanas y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

Merece la pena destacar la amplia variabilidad observada entre plantas de la misma variedad en cuanto al número de nuevos brotes, así como en el ritmo de crecimiento de éstos que se puede ver reflejado en el valor de los errores estándar que presentan las

figuras. Es más, la amplia heterogeneidad en el comportamiento de las plantas de una misma variedad hace que, en aquellas cuya brotación sea mayor y, con ello, el número de nuevos brotes, éstos presenten un menor ritmo de crecimiento y, por tanto, su longitud sea menor, y viceversa.

La brotación y, con ello, el número de nuevos brotes con crecimiento activo emitidos semanalmente por cada planta varió marcadamente en función de la variedad. Así, mientras Undatus e Hybridum presentaron una brotación muy similar con 7,6 y 7 nuevos brotes por término medio, la brotación del resto de variedades estudiadas fue significativamente menor, con aproximadamente la mitad de éstos para JC01 (3,1) y 1,1 y 0,7 para Megalanthus y JC02, respectivamente (Figura 4). En este caso, presentando diferencias estadísticamente significativas sólo JC01 respecto de las otras dos.

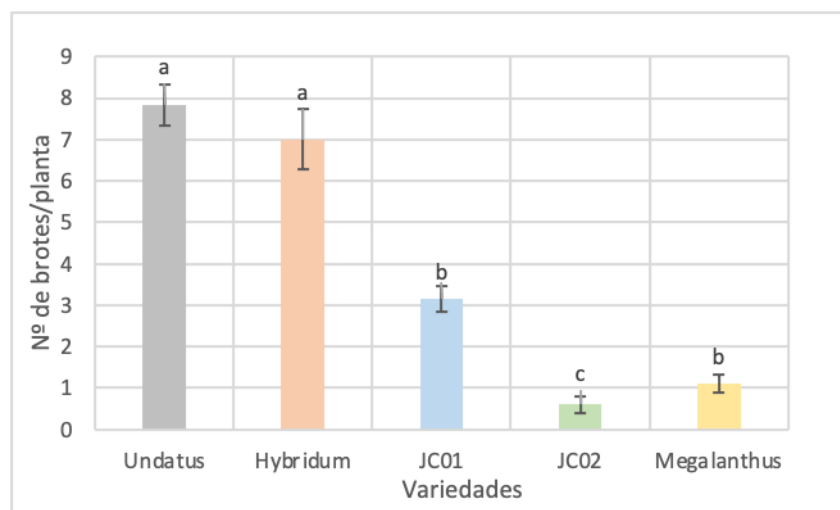


Figura 4. Evaluación semanal del número de brotes ≥ 20 cm con crecimiento activo de las distintas variedades. Cada barra indica la media del número de brotes por planta ≥ 20 cm con crecimiento activo, de 5 mediciones por planta y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.

Estas diferencias encontradas en el hábito de brotación entre las distintas variedades refleja la importancia que el componente genético tiene en la respuesta de las plantas.

Sin embargo, estas diferencias se acortaron al evaluar el diámetro o grosor de los cladodios de los nuevos brotes. En este caso, al igual que con el número de brotes, Hybridum y Undatus mostraron un comportamiento similar y sus cladodios fueron significativamente más gruesos que los del resto de variedades (Figura 5). Concretamente sus diámetros fueron de 15,2 y 13,2 cm, respectivamente, respecto los de Megalanthus (10,3), JC02 (10,1) y JC01 (8,8), que no difirieron estadísticamente entre sí (Figura 17).

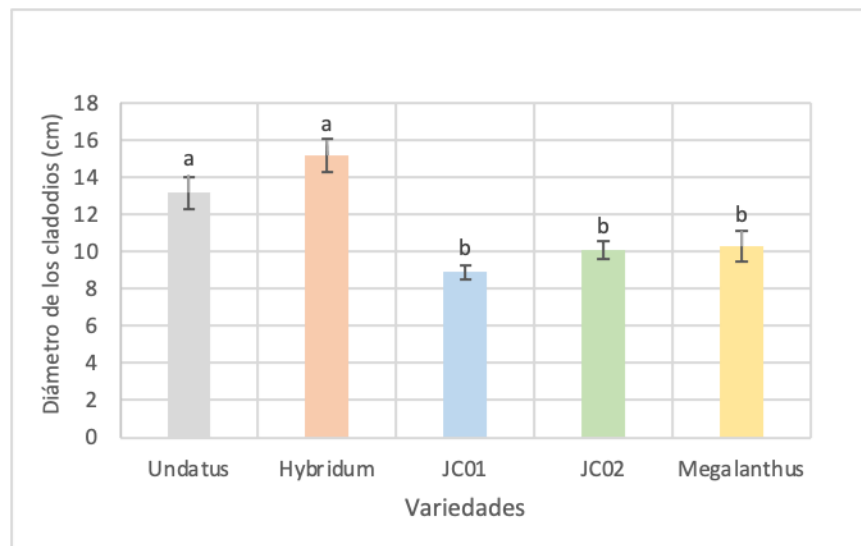


Figura 5. Diámetro de los cladodios de las distintas variedades al final del crecimiento. Cada barra indica la media del diámetro de dos cladodios por planta y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.

Estas diferencias observadas en el grosor de los cladodios afectó, en definitiva, a la forma y aspecto de los tallos y que caracteriza a cada una de las variedades, tal como se observa en la Foto 13.

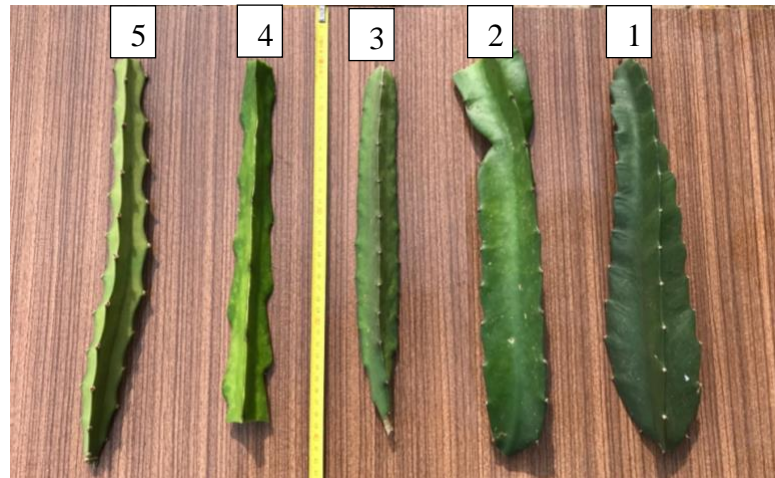


Foto 13. Aspecto que presentan los cladiodos de las distintas variedades de pitahaya estudiadas al final de su crecimiento. (1: Hybridum; 2: Undatus; 3: JC02; 4: JC01; 5: Megalanthus).

Estos resultados, junto a los observados anteriormente, atribuyen un mayor vigor a las variedades Hybridum y Undatus que, por una parte, emitieron mayor número de brotes y, por otra, éstos fueron a su vez más gruesos y presentaron una alta tasa de crecimiento longitudinal.

Este mayor crecimiento vegetativo en general, se tradujo en una mayor superficie de tallos productivos por un menor periodo de tiempo.

Complementariamente se evaluaron los mismos parámetros de desarrollo vegetativo que anteriormente, en plantas de las mismas variedades orientadas hacia la cara sur y la cara norte de la plantación. La tasa de crecimiento semanal de los brotes no se vió significativamente alterada por la orientación de las plantas en ninguna de las variedades estudiadas. Así, por ejemplo, si bien la tasa de crecimiento semanal en las plantas de las variedades Undatus, Hybridum y JC01 orientadas hacia el norte fue ligeramente superior que la de las orientadas al sur, en las variedades JC02 y Megalanthus fue al revés. Pero en ningún caso, se alcanzó la significación estadística (Figura 6).

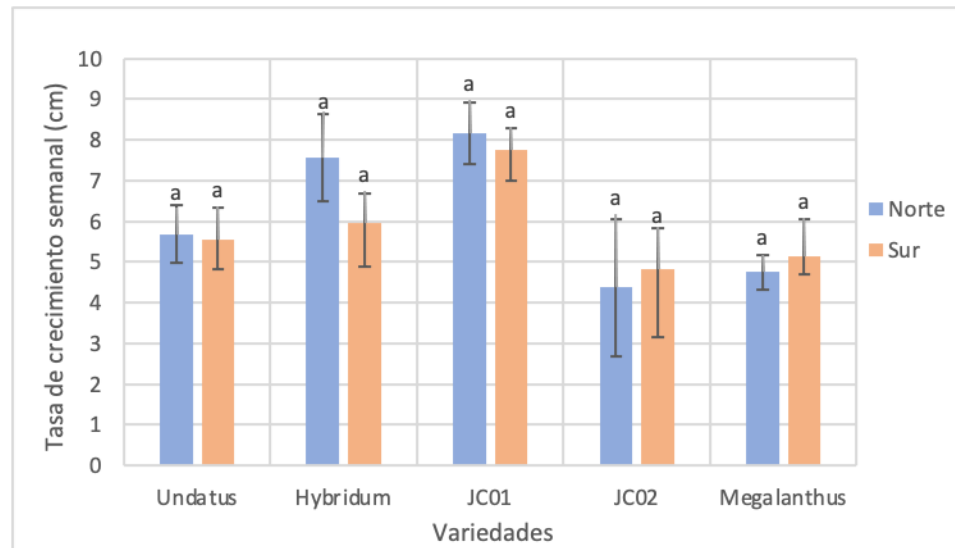


Figura 6. Evaluación de la tasa de crecimiento semanal de los brotes de las distintas variedades expresada en cm, en plantas orientadas al Norte y al Sur de la plantación. Cada barra indica la media de la tasa de crecimiento semanal de 2 o 3 mediciones de un brote y para 5 repeticiones. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.

Sin embargo, la brotación si que se vio alterada por la orientación de las plantas de todas las variedades aunque no en todas se alcanzó la significación estadística. En este caso y en todas las variedades, excepto en Megalanthus, el número de nuevos brotes emitidos fue mayor en las plantas orientadas al Norte que en las orientadas al Sur (Figura 7), aunque solamente para Undatus estas diferencias fueron estadísticamente significativas, con 9 y 7 brotes respectivamente.

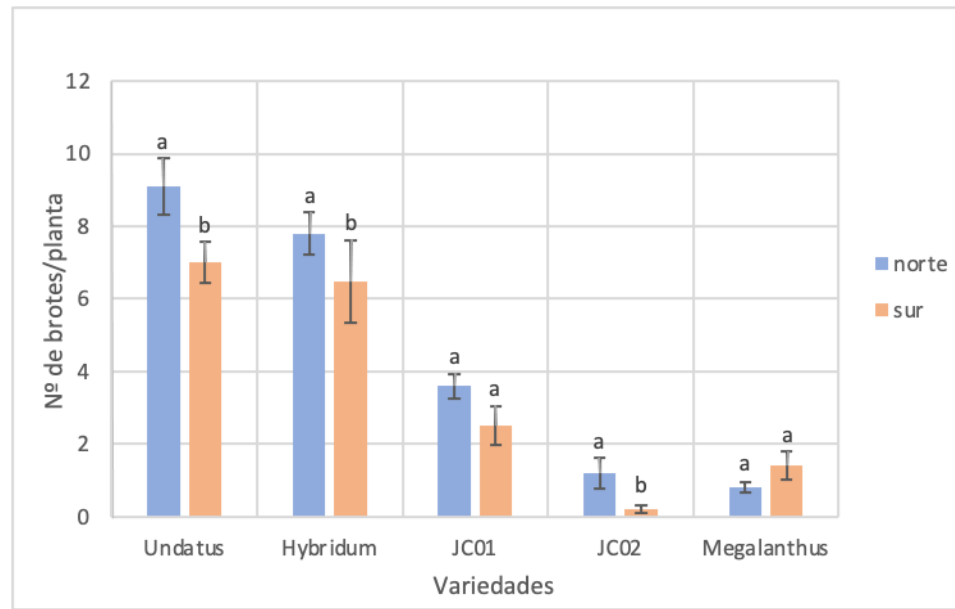


Figura 7. Evaluación del número de brotes ≥ 20 cm con crecimiento activo de las distintas variedades, en plantas orientadas al Norte y al Sur de la plantación. Cada barra indica la media del número de brotes ≥ 20 cm con crecimiento activo, de 2 o 3 mediciones por orientación y para 5 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.

Finalmente, el diámetro de los cladodios tampoco se vio significativamente modificado por la orientación de las plantas en ninguna de las variedades estudiadas (Figura 8).

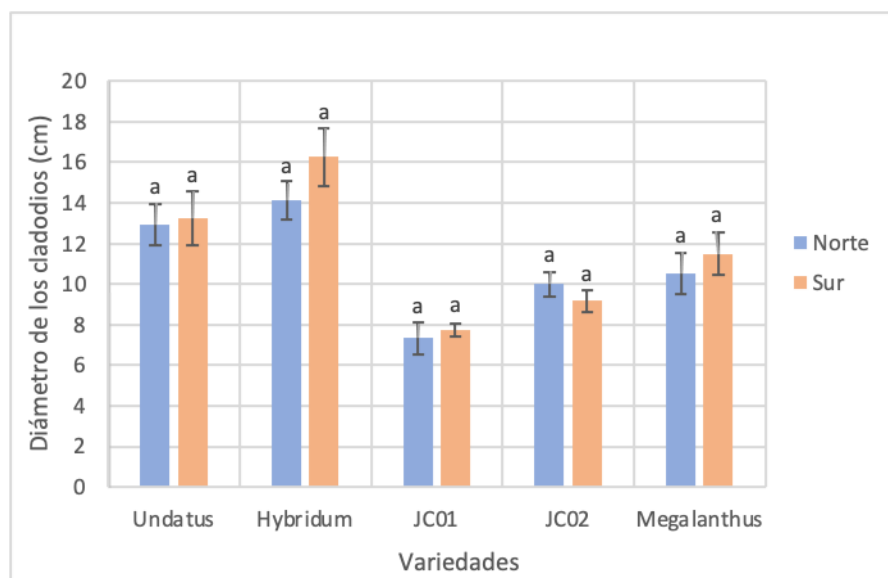


Figura 8. Diámetro de los cladodios de las distintas variedades al final del crecimiento, en plantas orientadas al Norte y al Sur de la plantación. Cada barra indica la media del diámetro de dos cladodios por planta y para 2 o 3 repeticiones de cada variedad. Letras distintas indican significación estadística $p \leq 0,05$. Las barras verticales indican el error estándar.

Así, por ejemplo, el diámetro de los cladodios de las plantas de *Hybridum* orientadas al Sur fue ligeramente superior que el de las orientadas al Norte pero sin llegar a la significación. Sin embargo, el número de nuevos brotes, así como su longitud lo fue inferior (Figs. 6 y 7). Esta tendencia se repitió prácticamente en el resto de las variedades a excepción de *Megalanthus* que presentó mayor desarrollo en general, en las plantas orientadas al Sur.

Con todo ello y, de manera generalizada, el desarrollo de las plantas en la cara Norte de la plantación fue mayor que en la cara Sur para la mayoría de las variedades estudiadas (Foto 14), excepto para *Megalanthus*.



Foto 14. Detalle de las diferencias en el desarrollo vegetativo entre el conjunto de plantas de la explotación orientadas hacia la cara Norte y hacia la cara Sur.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FLORACIÓN.

Al analizar la floración de todas las variedades en su conjunto, se observaron cuatro olas de floración, separadas aproximadamente 1 mes (Figura 9).

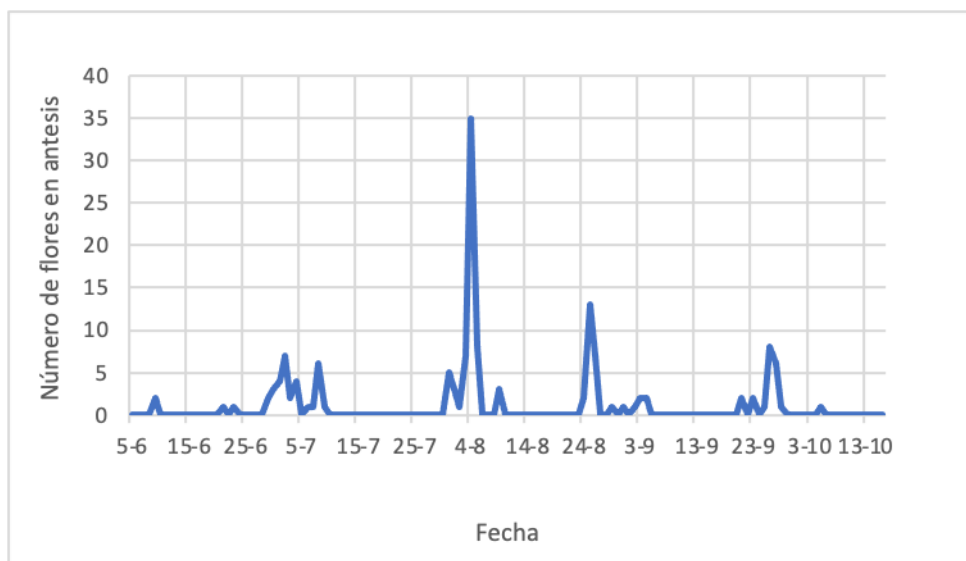


Figura 9. Intensidad de floración de las cuatro olas de floración expresada en número de flores diarias en antesis-registrada a lo largo de todo el período de floración de todas las variedades.

La primera ola de floración, con un total de 31 flores en antesis repartidas entre las cinco variedades estudiadas, se inició el 29 de junio y finalizó el 9 de julio. La segunda se inició, aproximadamente 20 días más tarde (31 de julio), y se prolongó hasta el 9 de agosto. Esta fue la más importante ya que presentó el mayor número de flores en antesis, con un total de 62. La tercera, con un total de 29 flores, tuvo lugar desde el 24 de agosto hasta el 4 de septiembre. Finalmente, la cuarta ola abarcó desde el 23 de septiembre hasta el 5 de octubre y fue la menos importante cuantitativamente, ya que sólo registró un total de 21 flores en antesis (Figura 9).

No obstante, al analizar independientemente cada una de las variedades, no todas presentaron el mismo comportamiento en la floración en cuanto al número de olas registradas durante este periodo (Tabla 1). Concretamente, las variedades Hybridum y Undatus si que realizaron las cuatro olas de floración registradas en la Figura 23, mientras que JC02 y JC01 realizaron cuatro y dos olas, respectivamente. Finalmente, la variedad Megalanthus no floreció (Tabla 1). En términos cuantitativos, la variedad que más flores produjo durante todo el periodo de floración fue Hybridum con un total de 60 flores, que representó el 42% del conjunto de todas las flores de todas las variedades. Le siguió en importancia Undatus con un 38,5% y finalmente, con menor importancia, JC02 con un 15,4% y JC01 con apenas un 4,2% (Tabla1). Estas marcadas diferencias de Hybridum

respecto al resto de variedades fueron más acusadas durante la primera y la tercera ola de floración que en el resto.

Tabla 1. Número de flores de cada ola de floración, flores de cada ola de floración respecto al conjunto de la floración expresado % flores de cada variedad y en cada ola de floración respecto al resto de variedades expresado en %.

	Nº de flores	% respecto al conjunto de floraciones	Variedades	% respecto al resto de variedades
Primera ola de floración	31	21,7	Hybridum	51,6
			Undatus	6,5
			JC02	32,3
			JC01	9,7
Segunda ola de floración	62	43,4	Hybridum	25,8
			Undatus	59,7
			JC02	9,7
			JC01	4,8
Tercera ola de floración	29	20,3	Hybridum	69,0
			Undatus	24,1
			JC02	6,9
			JC01	-
Cuarta ola de floración	21	14,6	Hybridum	38,1
			Undatus	42,9
			JC02	19,1
			JC01	-

Por otra parte, en cada una de las olas de floración, la variedad Hybridum fue la más precoz y, por tanto, sus flores iniciaron antes la antesis. Además, fue la que presentó un comportamiento más regular en cuanto a la producción de flores y su reparto a lo largo del periodo de floración.

La variedad Undatus fue la segunda que más flores produjo debido a su contribución en la segunda ola de floración de principios de agosto, que representó el 67,3% de todas sus flores (Tabla 1). La antesis del 94,7% de sus flores fue más tarde que la de Hybridum, teniendo lugar desde principios de agosto hasta finales de septiembre.

La variedad JC02 produjo flores prácticamente durante todo el periodo de floración, pero en cantidades pequeñas, mientras que JC01 solamente tuvo dos olas de floración cuya antesis se produjo a principios de julio y a principios de agosto (Tabla 1).

El aspecto de las flores en antesis de las cuatro variedades que florecieron fue muy similar (Figura 10).

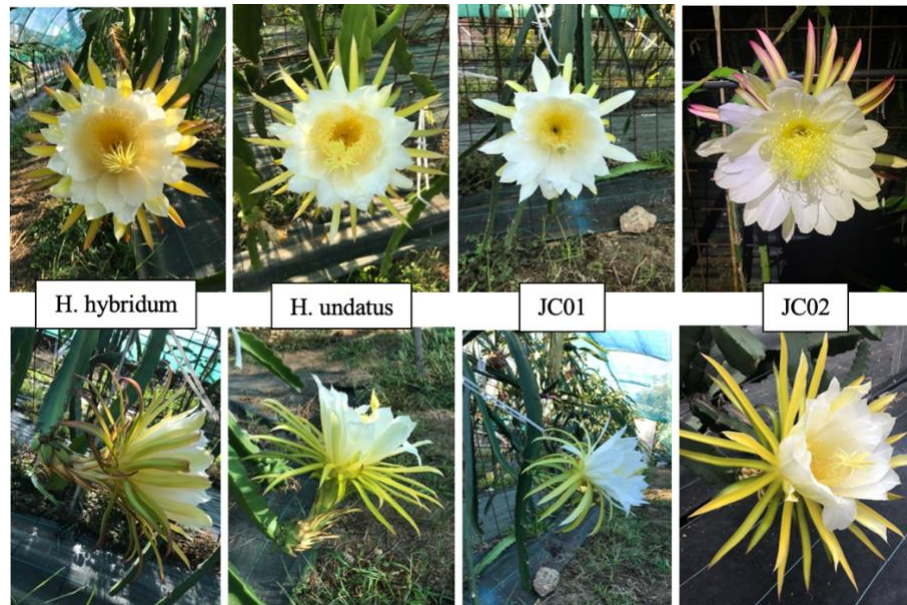


Figura 10. Detalle de las flores en antesis de cuatro variedades de pitahaya.

Paralelamente, al estudiar el comportamiento floracional de las distintas variedades cultivadas en la zona sur y en la zona norte de cultivo, no se observaron diferencias significativas en la precocidad de la antesis de las flores en ninguna de las cuatro variedades.

En cuanto a la distribución de las flores en las plantas orientadas al sur y al norte de la plantación, apenas se encontraron diferencias. Así, la variedad Undatus presentó prácticamente el 50% de sus flores en antesis, indistintamente, de la orientación de las plantas y de la ola de floración (Tabla 2). Algo parecido le ocurrió a Hybridum que tampoco presentó diferencias claras, aunque sí hubo un ligero mayor porcentaje de flores en antesis en la cara norte (54,7%) que en la sur (45,3%). En cuanto a JC02 presentó casi un 20% más de flores en antesis en la zona sur (59,1%) que en la zona norte (40,9%), pero sólo en su primera ola de floración. Finalmente, JC01 sí que presentó diferencias notables en cuanto a la apertura de sus flores en función de la orientación de las plantas, estando el 100% de las flores abiertas en la zona sur y habiéndose caído todas en la zona norte (Tabla 2).

Tabla 2. Número de flores de cada variedad en cada ola de floración y para cada orientación (Sur/Norte) de las plantas de la plantación y su porcentaje respecto al número de flores de la variedad en cada ola de floración.

	Variedades	Orientación	Nº de flores	% respecto a la orientación
Primera ola de floración	Hybridum	Sur	6	37,5
		Norte	10	62,5
	Undatus	Sur	1	50
		Norte	1	50
	JC02	Sur	7	70
		Norte	3	30
JC01	Sur	3	100	
	Norte	0	0	
Segunda ola de floración	Hybridum	Sur	7	43,75
		Norte	9	56,25
	Undatus	Sur	20	54,05
		Norte	17	45,95
	JC02	Sur	3	50
		Norte	3	50
JC01	Sur	3	100	
	Norte	0	0	
Tercera ola de floración	Hybridum	Sur	12	60
		Norte	8	40
	Undatus	Sur	4	57,14
		Norte	3	42,86
	JC02	Sur	1	50
		Norte	1	50
JC01	Sur	-	-	
	Norte	-	-	
Cuarta ola de floración	Hybridum	Sur	3	37,5
		Norte	5	62,5
	Undatus	Sur	3	33,33
		Norte	6	66,67
	JC02	Sur	2	50
		Norte	2	50
JC01	Sur	0	-	
	Norte	0	-	

Estos resultados resaltan que, en estas condiciones de cultivo, la variedad Hybridum es la que más flores produjo seguida de la variedad Undatus. Esto coincide con lo observado en Tenerife en esta misma especie (Méndez y Coello, 2016). Sin embargo, en este caso, la variedad JC01 produjo más flores que la JC02, a diferencia de lo observado en nuestro estudio. También se encontraron diferencias en cuanto al número de olas de floración que en Tenerife fue de 6 para Hybridum, 5 para Undatus 4 para JC02 y 6 para JC01 mientras que en nuestro caso fue de 4, 4, 3 y 2 respectivamente. Es decir, todas las variedades, en general realizaron un menor número de olas de floración en las condiciones de cultivo de nuestra zona.

3.2.1. Determinación del intervalo desde botón floral a antesis

El intervalo de tiempo transcurrido desde que aparecieron los botones florales hasta que éstos llegaron a su antesis no fue el mismo para todas las variedades ni durante todo el

periodo de floración. En la figura de abajo se muestra el aspecto que mostraron los botones florales de cada una de las variedades estudiadas.

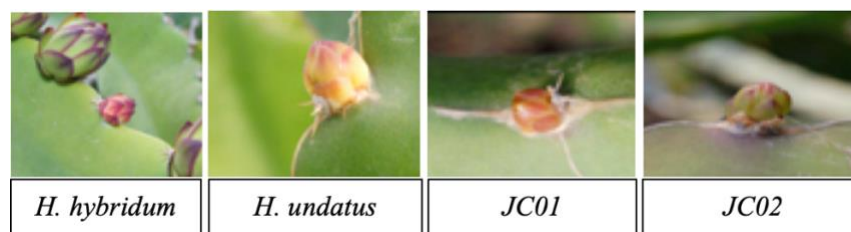


Figura 11. Aspecto de los botones florales de cuatro variedades de pitahaya.

El intervalo de tiempo transcurrido desde el estado de botón floral hasta la antesis varió en función de la ola de floración en todas las variedades estudiadas (Tabla 3). Sin embargo, la evolución fue la misma en todas las variedades de manera que aquellas que presentaron más de 3 olas de floración, Undatus, Hybridum y JC02, presentaron un mayor intervalo de tiempo en la primera y última ola de floración y uno menor en la tercera que apenas difirió de la segunda (Tabla 3). La variedad JC01 como sólo realizó dos olas de floración, el mayor intervalo se alcanzó en la primera ola y el menor en la segunda, difiriendo ambos significativamente (Tabla 3).

Tabla 3. Evaluación de los intervalos de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis de la flor de cada variedad y para las distintas olas de floración. Cada valor es la media de los intervalos de todas las flores de 5 plantas cada variedad y para cada ola de floración. Letras minúsculas para cada columna y mayúsculas para cada fila indican significación estadística ($P \leq 0,05$).

Olas de floración	Variedades			
	Undatus	Hybridum	JC01	JC02
Primera ola	23,5 aA	22,1 aA	25 aA	24,2 aA
Segunda ola	18 bB	18,9 bB	19,3 bB	19,8 bB
Tercera ola	17,9 bB	17 bB	-	17,5 bB
Cuarta ola	21,7 aA	22,1 aA	-	21,8 aA

Así, Undatus presentó el mayor intervalo botón-antesis en la primera ola de floración con 23,5 días pero sin diferir significativamente del obtenido en la cuarta ola que fue de 21,7. El menor intervalo lo registró en la tercera ola (17,8 días), aunque éste fue prácticamente igual al de la segunda (17,9 días) (Tabla 3).

El comportamiento de Hybridum y JC02 fue muy similar al de Undatus que sólo difirieron en que los intervalos botón-antesis de la segunda y la tercera ola de floración fueron más amplios con casi dos días de diferencia para la primera y casi tres para la segunda (Tabla 3).

La variedad JC01 si que registró diferencias significativas en los intervalos botón-antesis de sus dos únicas olas de floración, siendo mayor el de la primera.

A la vista de estos resultados podríamos deducir que este parámetro podría estar relacionado con la temperatura. De manera que a medida que aumentaba la temperatura, se acortaba este intervalo de tiempo de floración en todas las variedades. De hecho, las flores que se desarrollaron durante el mes más cálido (agosto) que se correspondieron con la tercera ola, fueron las que menos tardaron en llegar a la antesis.

3.2.1.1. Diferencias del intervalo botón floral-antesis de cada variedad en función de la orientación de las plantas.

Las diferencias en el intervalo de tiempo transcurrido entre la aparición del botón floral y su antesis, en función de la orientación de las plantas hacia el sur o hacia el norte, fueron inexistentes para todas las variedades y en todas las olas de su floración (Figuras. 12, 13 Y 14). En el caso de la variedad JC01 como todas las flores aparecieron en la cara sur de la plantación, no se pudieron analizar estas posibles diferencias.

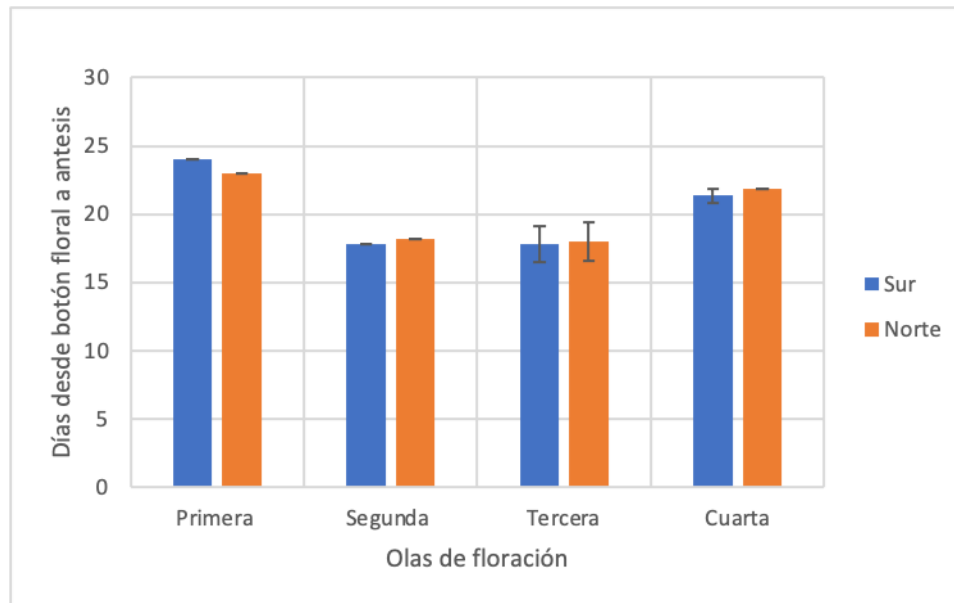


Figura 12. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en función de la orientación, norte y sur, de las plantas de la variedad Undatus. Cada barra es el valor de la media de los intervalos de todas las flores de 2 o 3 plantas de cada orientación y para cada ola de floración. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas para cada ola de floración indican significación estadística ($P \leq 0,05$).

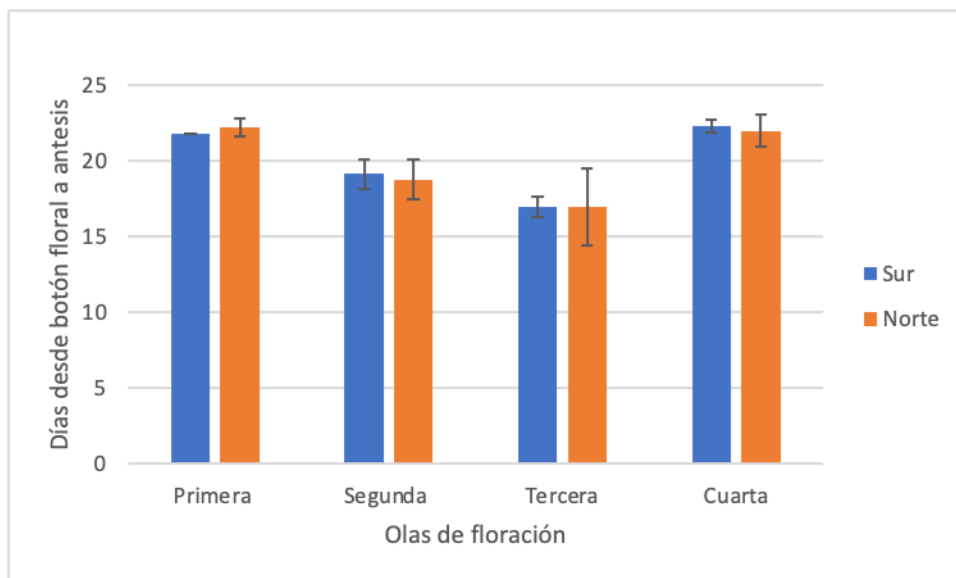


Figura 13. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en función de la orientación, norte y sur, de las plantas de la variedad Hybridum. Cada barra es el valor de la media de los intervalos de todas las flores de 2 o 3 plantas de cada orientación y para cada ola de floración. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas para cada ola de floración indican significación estadística ($P \leq 0,05$).

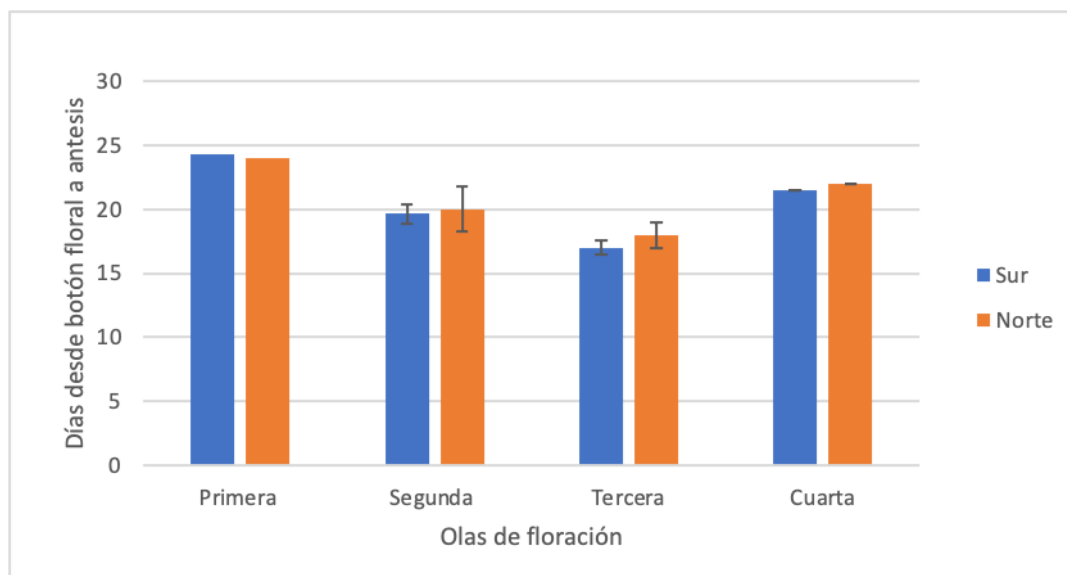


Figura 14. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en función de la orientación, norte y sur, de las plantas de la variedad JC02. Cada barra es el valor de la media de los intervalos de todas las flores de 2 o 3 plantas de cada orientación y para cada ola de floración. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas para cada ola de floración indican significación estadística ($P \leq 0,05$).

El hecho de que el intervalo de tiempo transcurrido entre la aparición del botón floral y la antesis de la flor no se viera afectado por la orientación de las plantas, en ninguna de las variedades, apoyaría la hipótesis de que este fenómeno podría estar controlado por las temperaturas, ya que, aunque en la zona sur hay más horas del sol que en la norte, la temperatura es la misma.

3.2.2. Evaluación del grado del solape entre la antesis de las distintas variedades en cada ola de floración

Durante la primera ola de floración el grado de solape entre Hybridum y Undatus fue nulo y sólo la primera presentó un solape muy reducido con JC02 mientras que la segunda lo hizo con JC02 y JC01 (Figura 15). El hecho de que el grado de solape de Hybridum fuese tan reducido respecto al resto de variedades de debió a su precocidad en la antesis. Esto supondría un serio inconveniente en la polinización de esta variedad y, por tanto, de la producción en esta ola de floración.

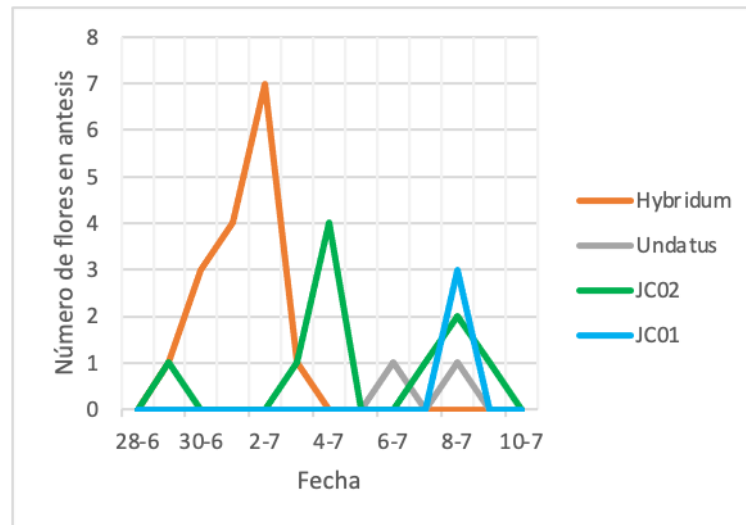


Figura 15. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la primera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.

En la segunda ola de floración el comportamiento fue distinto. En este caso si que hubo solape entre la antesis de todas las variedades, quedando solamente 3 flores de JC02 del 9 de agosto muy separadas de la antesis del resto y, por tanto, sin posibilidad de solape (Figura 16).

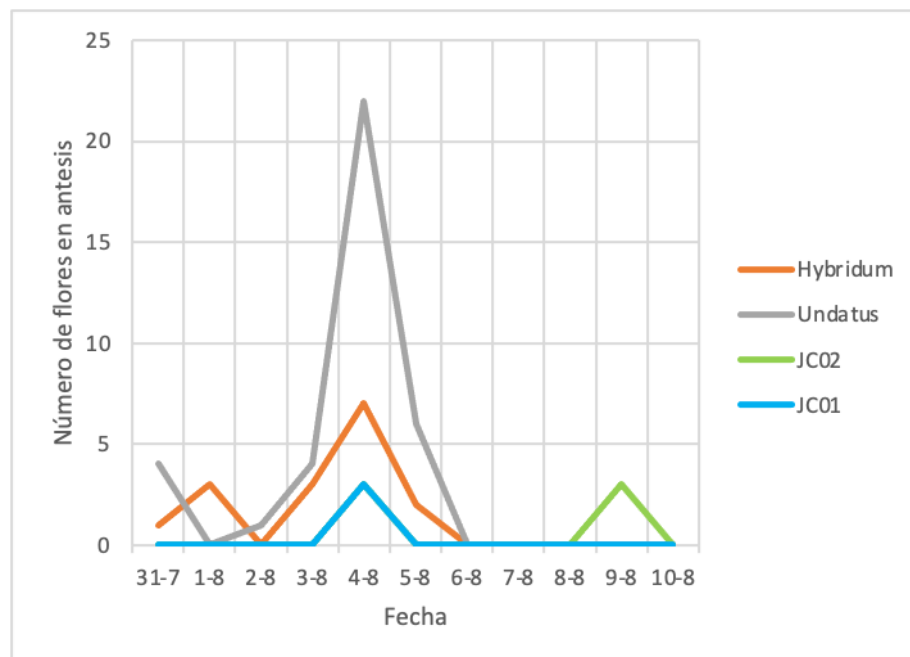


Figura 16. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la segunda ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.

En la tercera ola de floración, la antesis de Hybridum se solapó con la de Undatus y JC02, quedando solamente un número muy reducido de flores pertenecientes al 24 y 31 de agosto y 2 de septiembre, sin posibilidad de solape. Prácticamente todos los días en los que se producía la antesis de flores de Undatus se producía la de Hybridum (Figura 17)

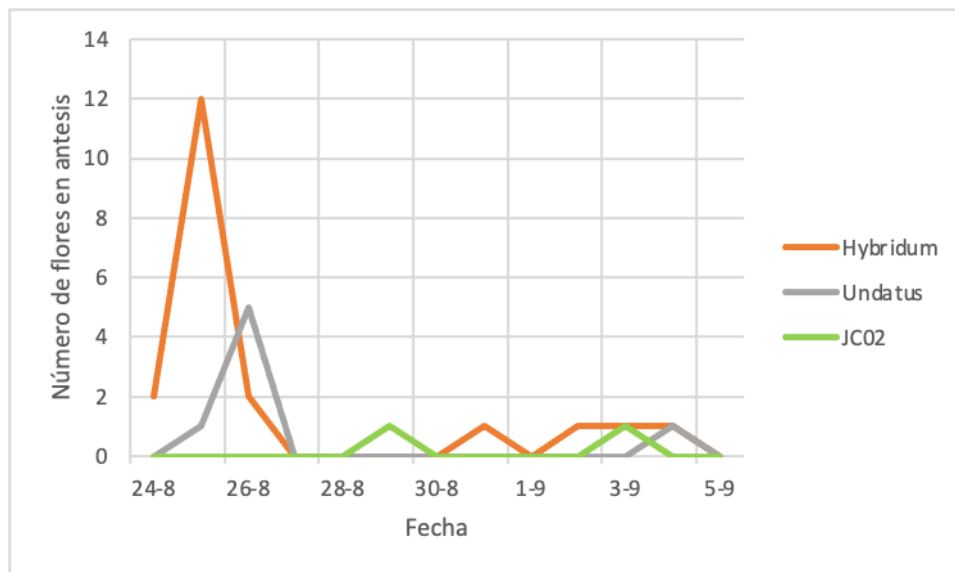


Figura 17. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la tercera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.

Por último, en la cuarta ola de floración, todas las variedades tuvieron parte de su periodo de antesis solapado entre ellas. Solamente la antesis de una flor de Hybridum día 5 de octubre se quedó sin posibilidad de solape por separarse mucho del resto de variedades. También en esta variedad la antesis de dos de sus flores correspondientes al se quedaron sin posibilidad 21 de septiembre polinización cruzada por ser las primeras de esta ola (Figura 18).

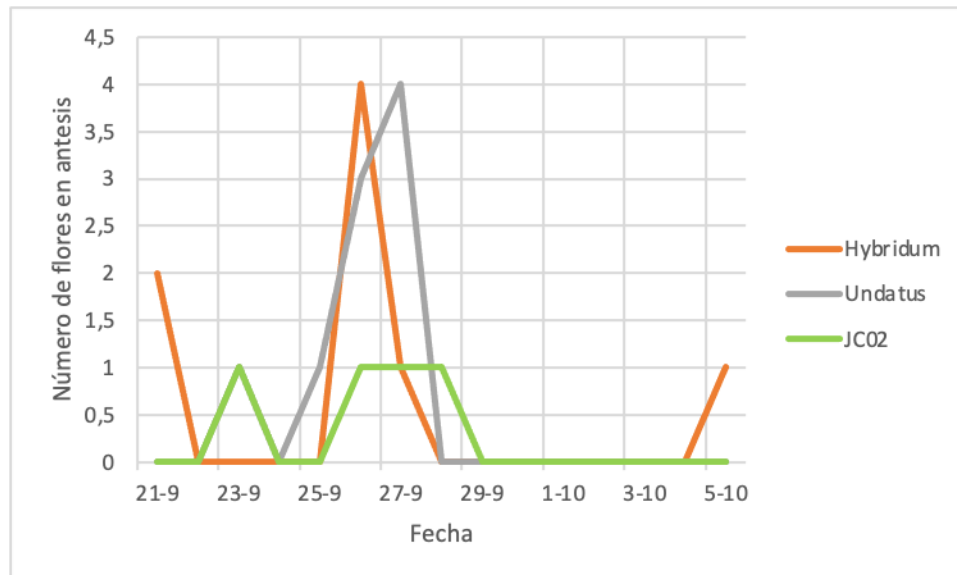


Figura 18. Grado de solape de la antesis de las distintas variedades estudiado durante la cuarta ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis para cada una de las variedades.

Como consecuencia de la juvenilidad de la plantación, apenas 1 año, todas las variedades no realizaron el mismo número de floraciones, por lo que no pudo haber solape de la antesis de ciertas variedades en ciertas oleadas de floración. Concretamente en la tercera y en la cuarta no hubo flores de JC01. Por lo tanto, de las variedades que florecieron, la JC01 fue la que menos solape tuvo en su antesis con el resto.

Por otro lado, cuando las cuatro variedades florecieron, se observó que su antesis se dio en un intervalo de tiempo muy corto, aproximadamente de diez días. No obstante, debido a la poca cantidad de datos, alguna flor de alguna variedad entró en antesis sin haber flores de otras variedades esos mismos días, pero si pocos días antes/después. Esto en grandes explotaciones no ocurriría, ya que, el intervalo de tiempo en el que se produce la antesis de las cuatro variedades es muy corto, de modo que habría prácticamente todos los días flores en antesis de más de una variedad. Además, en caso de no haber flores de dos variedades distintas en un mismo día, el polen recolectado se puede guardar refrigerado y ser utilizado durante 1-2 días disminuyendo su potencial con el paso del tiempo.

A la vista de nuestros resultados, en una explotación joven, de apenas un año, en la que se cultivan estas variedades, las tres variedades que mayor grado de solape tuvieron

fueron Undatus, Hybridum y JC02. Como *JC01* solamente realizó dos floraciones y su número de flores fue reducido, su solape fue mucho menor, mientras que *Megalanthus* no floreció.

3.2.2.1. Diferencias del solape de la antesis de las variedades estudiadas en función de la ubicación (norte-sur) de las flores en cada oleada de floración

Tampoco se encontraron diferencias claras de solape entre la antesis de las variedades en las distintas olas de floración en función de la orientación de las plantas (Figuras. 19, 20, 21 Y 22). Tan sólo en la primera ola de floración, como *JC01* sólo floreció en tallos orientados hacia el Sur, se encontró un mayor grado de solape entre las distintas variedades, especialmente entre las flores abiertas a principios de julio (Figura 19).

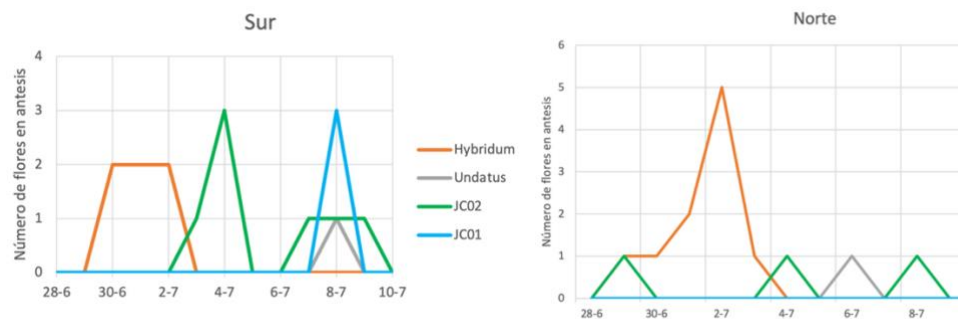


Figura 19. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la primera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad en cada orientación.

Tampoco se encontraron grandes diferencias en el resto de olas de floración en cuanto al grado de solape de las distintas variedades en función de la orientación de las plantas (Figuras 20, 21 Y 22)

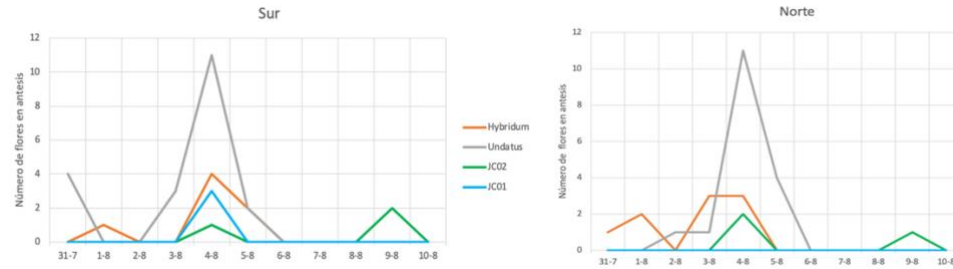


Figura 20. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la segunda ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad.

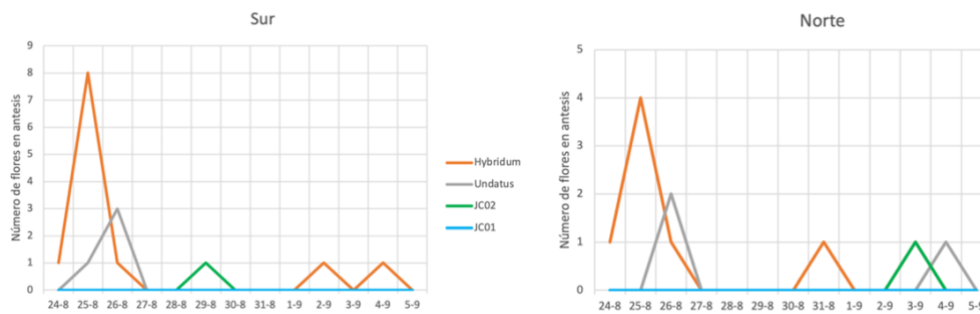


Figura 21. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la tercera ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad.

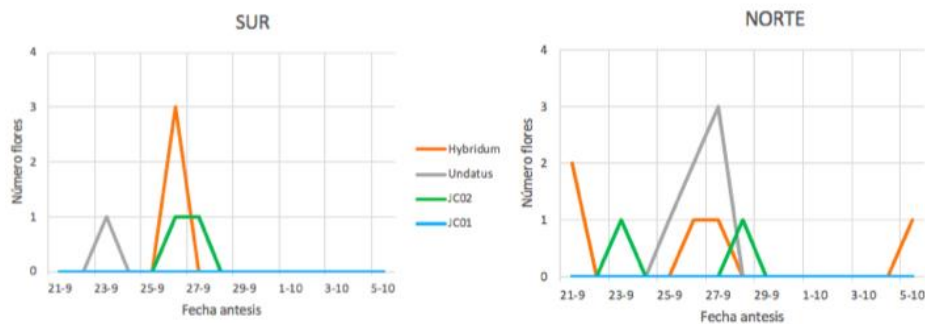


Figura 22. Influencia de la orientación de las plantas, Norte y Sur, en el grado de solape de la antesis de las distintas variedades durante la cuarta ola de floración. Cada línea indica el número diario de flores en antesis de todas las plantas de una variedad.

3.3. EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN Y EL CUAJADO

La polinización cruzada entre variedades realizada de manera manual y, por tanto, independientemente de la existencia de solape entre ellas, consiguió el cuajado en el 100% de los casos (Tabla 4).

Cuando las flores en antesis de Undatus se polinizaron manualmente con polen de Hybridum, JC02 y JC01, el cuajado fue del 100%. Lo mismo ocurrió cuando las flores de Hybridum se polinizaron manualmente con polen de Undatus y JC02 (Tabla 4). Este comportamiento se repitió en todos los cruces realizados y, por tanto, en los realizados en las otras 2 variedades estudiadas, JC01 y JC02 (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de cuajado de las distintas variedades tras la polinización cruzada entre ellas de manera manual. Cada valor es la media de 3 flores.

	♀□			
♂□	H. undatus	H. hybridum	JC02	JC01
H. undatus	-	100%	100%	100%
H. hybridum	100%	-	100%	-
JC02	100%	100%	-	100%
JC01	100%	-	100%	-

Inmediatamente después del cierre de la flor y, por tanto, tras su polinización, la flor adquiere un aspecto decaído y empieza el proceso de descomposición de las partes florales (Foto 15). No obstante, la base de la flor se mantiene verde durante unos 3-5 días y finalmente amarillea.

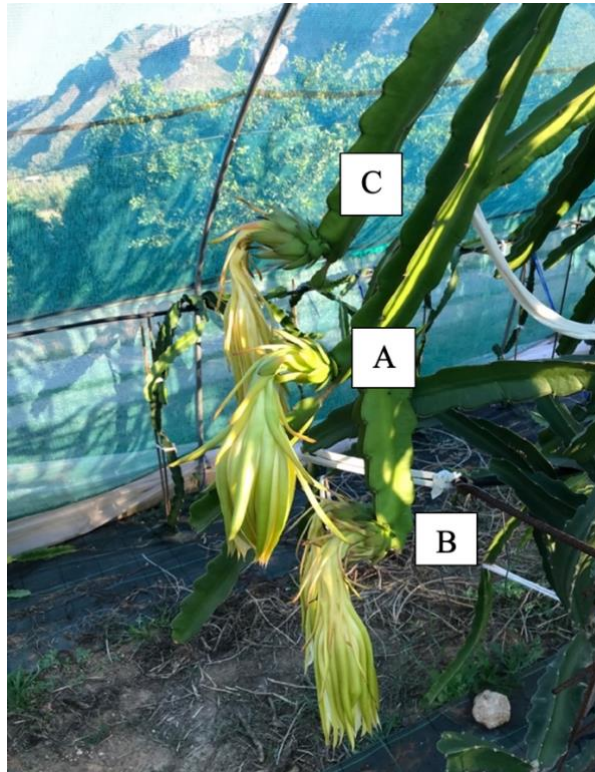


Foto 15. Aspecto de las flores de pitahaya tras su polinización (A: Flor recién polinizada; B: Flor 24 h después de su polinización; C: Flor 48 h después de su polinización).

Con el transcurso del tiempo, la flor polinizada sufre diversos cambios morfológicos hasta convertirse en fruto en desarrollo. Así se indica en la Figura 23 para cada una de las variedades estudiadas.



Figura 23. Aspecto de los frutos recién cuajados de distintas variedades de pitahaya a los 10 días de ser polinizadas las flores.

3.4. EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DEL FRUTO

El tiempo transcurrido desde la antesis de las flores hasta la recolección de los frutos maduros no fue el mismo para todas las variedades estudiadas ni en las distintas olas de floración (Tabla 5).

Tabla 5. Evaluación del intervalo de tiempo transcurrido en días desde la antesis hasta la recolección entre las distintas variedades y para cada ola de floración. Cada valor es la media de los intervalos transcurridos por 6 frutos de cada variedad en cada ola de floración. Letras minúsculas distintas en la misma columna y mayúsculas en la misma fila indican significación estadística ($P \leq 0,05$) entre olas de floración y entre variedades, respectivamente.

	Hybridum	Undatus	JC01	JC02
Primera oleada	30,7 aA	35,5 aA	37,3 aA	36,7 aA
Segunda oleada	30,2 aA	30 aA	33 bA	36,6 aB
Tercera oleada	37,1 bA	36,6 aA	-	41 aA
Cuarta oleada	53,8 cA	57,2 bA	-	61,5 bB

Concretamente, en Hybridum y JC02 el mayor intervalo de tiempo entre la antesis y la recolección de los frutos se alcanzó en la cuarta ola de floración con 53,8 y 61,5 días, respectivamente, mientras que el menor valor se obtuvo para las dos variedades en la segunda ola de floración, con 30,2 y 36,7 días respectivamente (Tabla 5). En ninguno de los casos se alcanzó la significación estadística al comparar las olas de floración entre ambas variedades.

El intervalo antesis-recolección de Undatus se comportó de forma parecida, a las dos variedades anteriores, registrando el menor valor para la segunda ola de floración con 30 días y el mayor para la cuarta con 57,2 días (Tabla 5). En este caso si que se alcanzó la significación estadística entre el intervalo de ambas olas de floración.

Finalmente, en la variedad JC01, el mayor intervalo se alcanzó en su primera ola de floración y el menor en su segunda, con 37,3 y 33 días respectivamente, alcanzándose la significación estadística entre ambas (Tabla 5).

Estos resultados refuerzan la idea del papel que la temperatura tiene en estos procesos fisiológicos de manera que cuanto menores son estos intervalos antesis-recolección mas cálido fue el periodo en el que transcurrió. Además, el mayor intervalo para Undatus, Hybridum y JC02, fue el de la cuarta ola de floración debido a que estos frutos se desarrollaron durante los meses de octubre y noviembre que fueron los más fríos de todo el período de floración.

El aspecto del fruto en desarrollo se muestra con detalle en La Figura 24 cuya forma y color fue similar en todas las variedades estudiadas

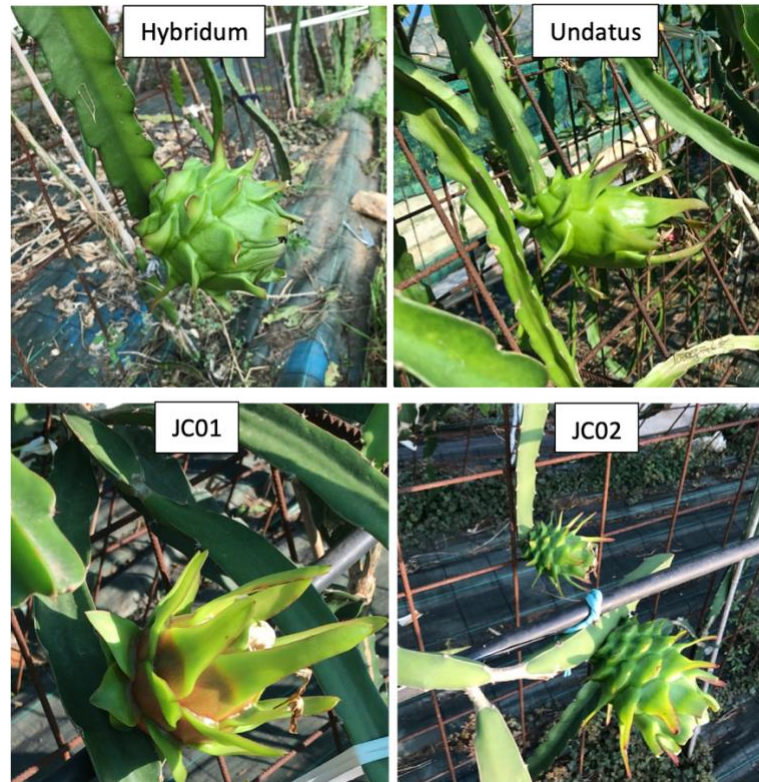


Figura 24. Detalle del aspecto externo de los frutos en desarrollo de distintas variedades de pitahaya.

Como la realización de la polinización manual cruzada es prácticamente imprescindible en este cultivo, y, por tanto, el calibre se ve estrechamente influido por el éxito de ésta de manera que cuantas más semillas tiene un fruto mayor calibre alcanza.

En este sentido, al analizar la calidad del polen de las distintas variedades se observó que los frutos de mayor peso dependiendo de la variedad se originaron por distintos donadores de polen.

Concretamente para Undatus el fruto de mayor peso (518g) se obtuvo cuando el polen provino de JC01, mientras que el de menor (296,1g) fue cuando provino de Hybridum, alcanzándose la significación estadística.

Para Hybridum, el polen de mayor calidad fue el de Undatus que consiguió el fruto más grande (361 g), y el de menor el de JC02 (322,1 g). Hay que puntualizar que esta variedad no se pudo polinizar con JC01 y viceversa debido a la poca cantidad de flores y de solape en la antesis. Los frutos de JC02 con mayor calibre fueron los que fueron polinizados con polen de JC01 (396 g) y los menores los que se polinizaron con Undatus

(288,1 g). Por último, para JC01 el polen de mayor calidad fue el de JC02 (501 g) y el de menor el de Undatus (366 g).

Tabla 6. Influencia de la calidad del polen en el peso medio del fruto de las distintas variedades. Cada valor es la media del peso en gramos de todos los frutos de una variedad polinizados con polen de otra variedad. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$).

Variedad polinizadora	Variedad polinizada				
	Undatus	Hybridum	JC01	JC02	Megalanthus
Undatus	-	361 (a)	366 (a)	288,1 (b)	-
Hybridum	296,1 (a)	-	-	382,5 (a)	-
JC01	518 (b)	-	-	396 (ab)	-
JC02	299,5 (a)	322,1 (a)	501 (a)	-	-
Megalanthus	-	-	-	-	-

Estos resultados son muy parecidos a lo obtenidos en Tenerife en estas variedades (Méndez y Coello, 2016). Sin embargo, en este caso el polen de mejor calidad para la variedad Undatus fue el de Hybridum a diferencia de lo observado en nuestro estudio. Además, en Canarias las diferencias entre la calidad del polen las distintas variedades para la variedad JC02 fue nula, mientras que en este caso el de Undatus fue significativamente inferior al de Hybridum.

3.5. MADURACIÓN

Como explican Agustí et al., (2015): “La maduración es el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que experimenta un fruto cuando completa su crecimiento”. Esta fase de su desarrollo incluye procesos como la pérdida de firmeza, la coloración del pericarpio, el descenso en el contenido en almidón, el aumento de la concentración de azúcares y la disminución de la concentración de ácidos. Una vez esta fase está completada, se produce la disminución de su turgencia, el aumento de su sensibilidad a las condiciones del medio, la pérdida del control metabólico y se inicia su senescencia (Agustí et al., 2005).

Como se puede deducir, el proceso de la maduración no será el mismo para todos los frutos, y, dependiendo de su comportamiento fisiológico, se pueden dividir en dos grupos (Agustí et al.):

- a) **Frutos climatéricos:** se caracterizan por acumular almidón durante su crecimiento y hidrolizarlo en la maduración hasta monosacáridos, glucosa y fructosa mayoritariamente. Como este proceso requiere una gran cantidad de energía, se produce un aumento de la respiración que viene precedido por un aumento en la concentración activa de etileno en los espacios intercelulares del mesocarpio.
- b) **Frutos no climatéricos:** se caracterizan por acumular monosacáridos durante su crecimiento de forma directa. Así, durante la maduración no se producen aumentos significativos de su tasa respiratoria y esto hace que los cambios que se producen sean menos intensos, más lentos y no estén relacionados con la síntesis de etileno.

Así pues, las pitahayas pertenecen al grupo de frutos no climatéricos. Esta condición junto a que el fruto de la pitahaya no tiene un sabor muy intenso, hacen que sea importantísimo recolectar la fruta en el estado óptimo de maduración.

Complementariamente, en este estudio se ha podido observar que el intervalo de tiempo desde que se produce el cambio de color hasta que el fruto adquiere las características externas de fruto maduro depende de las condiciones climáticas, disminuyendo con el aumento de las temperaturas.

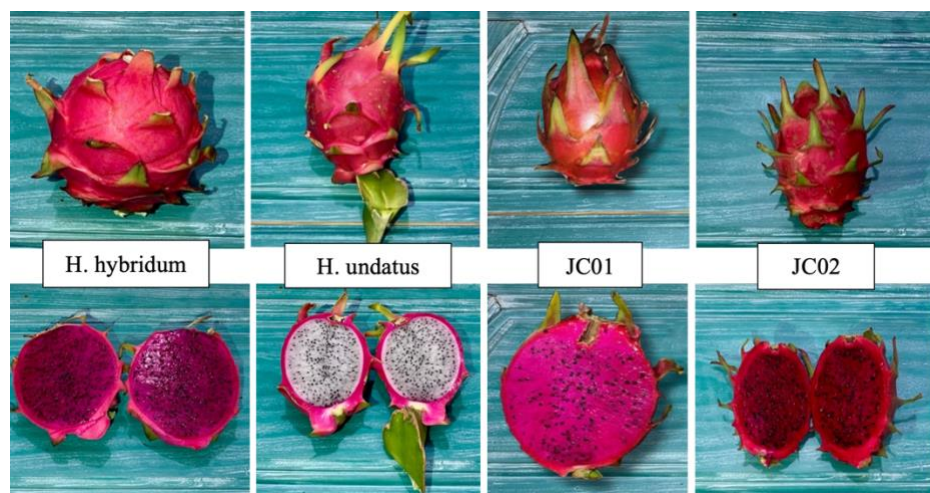


Figura 25. Color, forma y aspecto externo como interno de cuatro frutos de cuatro variedades de pitahaya.

Además, el contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos no fue el mismo en todas las variedades estudiadas (Figura 26).

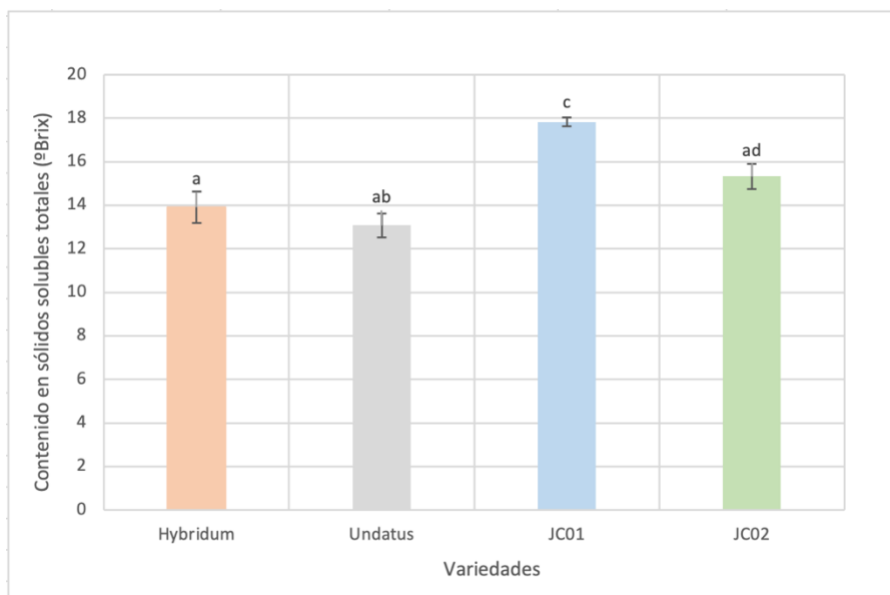


Figura 26. Evaluación del contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de las variedades estudiadas. Cada barra indica la media de los °Brix de 6 frutos de una variedad. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

Como muestra la Figura 26, la variedad que presentó un contenido en °Brix estadísticamente superior al del resto de variedades fue la JC01, con una media de 17,8 °Brix, mientras que la que menor contenido en °Brix presentó fue la Undatus (13,1 °Brix). Para JC02 la media fue de 15,3, mientras que para Hybridum de 13,9. Entre Undatus y JC02 hubo diferencias estadísticamente significativas.

En resumen, sería interesante conocer con mayor exactitud como se desarrolla y la velocidad del proceso de la maduración interna de cada variedad, porque cuanto más tiempo permanece el fruto en el árbol una vez ha se ha producido el cambio de color (CC), mayor contenido de sólidos solubles tiene, pero disminuye su atractivo externo debido a que empiezan a secarse las brácteas. De modo que conocer el punto de equilibrio entre estos dos parámetros permitiría saber cuál es el momento óptimo de recolección.

4. BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍ FONFRÍA, M. (2012). *Citricultura*. Ed. Mundi-Prensa Libros. Madrid. 422 pp.

HUACHI, L., YUGSI, E., PAREDES, M. F., CORONEL, D., VERDUGO, K. Y COBA SANTAMARÍA, P. (2015). Desarrollo de la pitahaya (Cereus SP.) en Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2): 50-58. Recuperado en 10 de noviembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4760/476047267005>

INFOAGRO. *El cultivo de la Pitahaya*. Recuperado en 5 de octubre de 2020, de https://infoagro.com/documentos/el_cultivo_pitahaya.asp

KONDO, T., MARTÍNEZ, M., MEDINA, J., REBOLLEDO, A., CARDOZO, C., TORO, J., DURÁN, A., LABRADOR, N., QUINTERO, E., IMBACHI, K., DELGADO, A., MANRIQUE, M., MURCIA, N., ROJAS, A., OROZCO, M. Y MUÑOZ, D. (2013). *Manual técnico: Tecnología para el manejo de pitaya amarilla Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia*. Ed. Corpoica. Valle del Cauca, Colombia. 96 pp.

MARTÍNEZ RUIZ, E. R., TIJERINA CHÁVEZ, L., BECERRIL ROMÁN, A. E., REBOLLEDO MARTÍNEZ, A., VELASCO CRUZ, C. Y DEL ÁNGEL PÉREZ, A. L. (2017). Fenología y constante térmica de la pitahaya (Hylocereus undatus Haw. Britt. & Rose). *AGROProductividad*, 10(9): 3-8. Recuperado en 3 de octubre de 2020, de <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/182/144>

MATEO BOX (Coord.), J.M. (2005). *Prontuario de agricultura. Cultivos agrícolas*. Ed.

Mundi-Prensa. Madrid. 940 pp.

MÉNDEZ HERNÁNDEZ, C. Y COELLO TORRES, Á. (2016). *El cultivo de la pitaya*. Ed.

Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Área de Agricultura, Ganadería y Pesca. Cabildo de Tenerife. Tenerife. 50 pp.

MONTESINOS CRUZ, J., RODRÍGUEZ LARRAMENDI, L., ORTIZ PÉREZ, R., FONSECA

FLORES, M., RUÍZ HERRERA, G. Y GUEVARA HERNÁNDEZ, F. (2015). Pitahaya (Hylocereus spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36(1): 67-76. Recuperado en 3 de octubre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500007&lng=es&tlng=es.

OIRSA (2000). *Manual técnico buenas prácticas de cultivo en pitahaya*. Recuperado en 7 de

agosto de 2020, de <http://www.cultivopapaya.org/wp-content/uploads/manualpithaya.pdf>

OSUNA ENCISO, T. *et al.* (2016). Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de

pitahaya (Hylocereus undatus (How.) Britton and Rose) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia*, 50(1): 61-78. Recuperado en 7 de agosto de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000100061&script=sci_arttext

- PROAÑO BASTIDAS, S. C. (2013). *Estudio de exportación de la pitahaya ecuatoriana hacia el mercado europeo*. Trabajo de grado previo a la obtención de la licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 77 pp.
- RAMOS ESTAY, J. G. (2018). *Polinización natural y artificial en el cultivo de pitaya*. Trabajo de fin de máster. Universidad de Almería. 16 pp.
- SÁNCHEZ HERRERA, J. H. (2018). Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas de inducción floral en el rendimiento del cultivo de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), en el Distrito Churuja, Amazonas – 2017. Tesis doctoral. Universidad Nacional “Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas”. 95 pp.
- SILVA, A. *et al.* (2015). Fenología reproductiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. *Ciência Rural*, 45(4): 585-590. Recuperado en 2 de mayo de 2020, de https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000400585