



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Diseño de la instalación del riego en un invernadero de pitaya (*Hylocereus* spp). que estudia la mejora del enraizamiento de la planta mediante la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) y Accudo (*Bacillus licheniformis*).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Saiz García, Salvador

Tutor/a: Reig Valor, Carmina

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Título: Diseño de la instalación del riego en un invernadero de pitahaya (*Hylocereus spp*) que estudia la mejora del enraizamiento de la planta mediante la aplicación de Ácido indolbutírico (AIB) y Accudo (*Bacillus licheniformis*)

Resumen

La pitahaya es un cactus de la familia de las Cactáceas donde predominan los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus*, aunque en la naturaleza también hay gran variedad de plantas híbridas que surgen como resultado de polinizaciones cruzadas (alógamas).

El establecimiento de las plantaciones de pitahaya se realiza mayoritariamente mediante la siembra directa de esquejes al suelo, ya que sus tallos tienen la capacidad de emitir raíces y brotes de forma relativamente fácil, sin la necesidad de pasar por una fase de vivero. Sin embargo, es recomendable favorecer el enraizamiento para aumentar la probabilidad de establecer plantas sanas y con buen potencial productivo. Por otra parte, el hecho de ser una Cactácea (planta CAM), hace necesario ajustar bien las necesidades hídricas de la planta con la cantidad de agua aportada, así como su distribución a lo largo del ciclo vegetativo. Para ello, es necesario diseñar correctamente su instalación de riego. El objetivo de este trabajo, por tanto, combina el diseño de una correcta instalación de riego con la evaluación de la eficacia de los tratamientos enraizantes.

Palabras clave: cactus; diseño del riego; enraizamiento; auxinas; bacillus

Autor: Salvador Saiz García

Tutora: Carmina Reig Valor

Valencia, 2024

Title: Design of the irrigation installation in a pitahaya (*Hylocereus* spp) greenhouse that studies the improvement of plant rooting through the application of Indolebutyric Acid (IBA) and Accudo (*Bacillus licheniformis*)

Abstract

The pitahaya is a cactus from the Cactaceae family where the genera *Hylocereus* and *Selenicereus* predominate, although in nature there is also a great variety of hybrid plants that arise as a result of cross-pollination (allogamous).

The establishment of pitahaya plantations is mainly carried out by sowing cuttings directly into the ground, since their stems have the capacity to emit roots and shoots relatively easily, without the need to go through a nursery phase. However, it is advisable to encourage rooting to increase the probability of establishing healthy plants with good productive potential. On the other hand, the fact that it is a Cactaceae (CAM plant) makes it necessary to properly adjust the water needs of the plant with the amount of water provided, as well as its distribution throughout the vegetative cycle. To do this, it is necessary to correctly design your irrigation installation. The objective of this work, therefore, combines the design of a correct irrigation installation with the evaluation of the effectiveness of rooting treatments.

Keywords: cacti; irrigation design; rooting; auxins; bacillus

Author: Salvador Saiz García

Tutor: Carmina Reig Valor

Valencia, 2024

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por apoyarme en todo momento y de todas las formas posibles durante estos años de estudio, gracias a vosotros he podido pasar de una forma más asequible por momentos difíciles y disfrutar de los buenos.

A Carmina por hacer posible la realización de un proyecto que me hacía especial ilusión, dada mi fijación por las pitahayas.

A mis amigos de toda la vida, por estar siempre conmigo, ayudarme, animarme y confiar plenamente en mí.

A todos mis compañeros de carrera por hacer amenas todas las horas de clases, prácticas y biblioteca, pero en especial Lamberto, Miguel, Gemma y Pablo, por aguantarme, ser capaces de hacerme feliz y estar conmigo a pesar de todas las adversidades.

Muchísimas gracias de todo corazón a todos, porque sin vosotros, esto no hubiese sido posible.

Índice del proyecto:

Documento n° 1.- Memoria

Documento n°2.- Anejos a la memoria

Anejo I: Diseño agronómico, diseño hidráulico, diseño y dimensionado de la red de transporte.

Anejo II: Cabezal de riego y elementos accesorios.

Anejo III: Planos.

Documento n° 1.- Memoria

Índice:

1.- Resumen ejecutivo.....	1
2.- Objetivos de desarrollo sostenible.....	2
3.- Introducción.....	3
3.1.- Importancia económica del cultivo de la pitahaya.....	3
3.2.- Descripción botánica y agronómica de la especie.....	4
4.- Antecedentes.....	7
4.1.- Objetivos.....	7
5.- Análisis de situación para el cultivo de la pitahaya.....	8
5.1.- Requerimientos hídricos y edafoclimáticos.....	8
5.2.- Propagación de la especie.....	9
6.- Soluciones adoptadas.....	11
6.1.- Procedimiento de implantación.....	11
6.1.1.-Características de la zona y localización.....	11
6.1.2.- Perfil del suelo y características del terreno.....	12
6.1.3.- Climatología.....	14
6.1.4.- Enmiendas necesarias.....	15
6.1.5.- Estructura y marco de plantación.....	16
6.1.6.- Entutorado y Formación.....	16
6.2.- Instalación de riego.....	17
6.2.1.- Normativa.....	17
6.2.2.- Características agua de riego.....	17
6.2.3.- Tipo de riego.....	17
6.3.- Resolución de la subunidad.....	17
6.3.1.- Necesidades de riego.....	18
6.3.2.- Parámetros de riego.....	18

6.3.3.- Sectorización.....	18
6.3.4.- Resumen de la subunidad de riego.....	19
6.4.- Red de transporte.....	20
6.5.- Cabezal de riego.....	20
6.6.- Presupuesto simplificado de la instalación.....	21
7.- Material y métodos.....	22
7.1.- Material vegetal.....	22
7.2.- Análisis estadístico de los resultados.....	23
8.- Resultado y discusión.....	24
8.1.- Influencia de la aplicación de IBA y Accudo en el enraizamiento de esquejes de pitahaya.....	24
9.- Conclusiones.....	29
10.- Bibliografía.....	30

Índice de tablas:

Tabla 1.- Resumen ejecutivo.....	1
Tabla 2.- Objetivos de desarrollo sostenible.....	2
Tabla 3.- Datos de partida.....	17
Tabla 4.- Necesidades netas y totales para cada mes.....	18
Tabla 5.- Número de riegos semanales y tiempo necesario en cada uno.....	18
Tabla 6.- Resultado de la subunidad de riego.....	19
Tabla 7.- Características del material utilizado en los laterales.....	19
Tabla 8.- Requerimientos en laterales.....	19
Tabla 9.- Requerimientos en terciaria.....	19
Tabla 10.- Datos red de transporte.....	20
Tabla 11.- Presupuesto simplificado de la instalación de riego.....	21
Tabla 12.- Influencia de la aplicación de IBA (1500ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1,5 y 5mL, en las características del enraizamiento.....	28

Índice de fotos y figuras:

Foto 1.- Tallos de pitahaya modificados en forma de cladodio.....	5
Foto 2.- Flor de H. Undatus en antesis.....	5
Foto 3.- Frutos de diferentes especies de pitahaya, mostrando brácteas y color de piel, así como las semillas y el color de la pulpa.....	6
Foto 4.- Disposición de esquejes en bandejas de semilleros para su correcto enraizamiento.....	9
Foto 5.- Inmersión de esquejes en solución de agua y alcohol para su correcta desinfección.....	22

Foto 6.- Esquejes trasplantados en maceta y repartidos en bandejas con agua tras recibir el tratamiento.....	23
Figura 1.- Valor en millones de dólares por exportación de pitahaya en los principales países exportadores según Tridge.....	3
Figura 2.- Principales zonas productoras de pitahaya en España según Plantae.....	4
Figura 3.- Ubicación de la parcela vista desde el catastro.....	11
Figura 4.- Componentes geológicos de la zona.....	12
Figura 5.- Punto exacto donde se encuentra la parcela.....	12
Figura 6.- Composición del terreno en la parcela.....	13
Figura 7.- Curva de nivel vista en SignA.....	13
Figura 8.- Rango de temperaturas en los últimos 4 años según IVIA.....	14
Figura 9.- Rango de precipitación y radiación en los últimos 4 años según IVIA.....	14
Figura 10.- Rango de evapotranspiración en los últimos 4 años según IVIA.....	15
Figura 11.- Rango de humedades en los últimos 4 años según IVIA.....	15
Figura 12.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, en el número de nuevas raíces emitidas en esquejes de pitaya (H. undatus). Las mediciones se realizaron cada 10 días aproximadamente desde el tratamiento. Cada valor es la media de 6 esquejes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).....	25

Figura 13.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, sobre la longitud de raíces en esquejes de pitaya (H. undatus). Las mediciones se realizaron cada 10 días aproximadamente desde el tratamiento. Cada valor es la media de 6 esquejes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).....26

Figura 14.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, sobre el peso fresco de raíces en esquejes de pitaya (H. undatus). Las mediciones se realizaron cada 10 días aproximadamente desde el tratamiento. Cada valor es la media de 6 esquejes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).....27

1.- Resumen ejecutivo

Tabla 1.- Resumen ejecutivo

CONCEPT (ABET)	CONCEPTO (ABET)	¿Cumple? (S/N)	¿Dónde? (página/s)
1. IDENTIFY:	1. IDENTIFICAR:		
1.1. Problem statement and opportunity	1.1. Planteamiento del problema y oportunidad	S	7
1.2. Constraints (standards, codes, needs, requirements & specifications)	1.2. Restricciones (normas, códigos, necesidades, requisitos y especificaciones)	S	17
1.3. Setting of goals	1.3. Establecimiento de objetivos	S	7
2. FORMULATE:	2. FORMULAR:		
2.1. Creative solution generation (analysis)	2.1. Generación de soluciones creativas (análisis)	S	7
2.2. Evaluation of multiple solutions and decision-making (synthesis)	2.2. Evaluación de múltiples soluciones y toma de decisiones (síntesis)	S	18 y 22
3. SOLVE:	3. RESOLVER:		
3.1. Fulfilment of goals	3.1. Cumplimiento de objetivos	S	17-20
3.2. Overall impact and significance (contributions and practical recommendations)	3.2. Impacto global y alcance (contribuciones y recomendaciones prácticas)	S	7 y 29

1.1. Planteamiento del problema y oportunidad:

Al demandarse una nueva plantación de pitahaya, se plantea un estudio de diferentes enraizantes, junto a los parámetros necesarios para la implantación del cultivo y el diseño de la red de riego.

1.2.- Restricciones:

La normativa seguida es la estipulada para los equipos y sistemas de riego, en concreto las normas del CTN 318 de riego.

1.3.-Establecimiento de objetivos:

- 1.- Puesta en marcha de un sistema de riego por goteo automatizado y programable para una parcela en Picassent con una extensión de 1,32has junto al procedimiento de implantación de la pitahaya.
- 2.- Estudiar la influencia del ácido indolbutírico y del "Accudo" durante una experiencia de enraizamiento en esquejes de pitahaya.

2.1.- Generación de soluciones creativas:

Se opta por una renovación de cultivo, exótico para la zona y el país como lo es un tropical no tan común. Para que se adapte a nuestras condiciones serán necesarias ciertas labores y procedimientos propuestos.

2.2.- Evaluación de múltiples soluciones y toma de decisiones:

Para la plantación se opta por un sistema intensivo con un emisor autocompensante por planta. Como se busca una mejora en el enraizamiento, se proponen dos tipos de enraizantes, uno sintético y uno biológico.

3.1.- Cumplimiento de objetivos:

En la memoria y en el anejo de cálculo se especifican las acciones, necesidades y cálculos realizados para cumplir con el objetivo del diseño de la instalación de riego.

3.2.- Impacto global y alcance:

Entrada a nuevos nichos de mercado tanto nacional como internacional por el producto final obtenido. Ahorro significativo de agua mediante una instalación de riego eficiente y viable, también se aportarán datos de interés gracias al estudio realizado.

2.- Objetivos de desarrollo sostenible

Tabla 2.- Objetivos de desarrollo sostenible

	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza				
ODS 2. Hambre cero				
ODS 3. Salud y bienestar				
ODS 4. Educación de calidad				
ODS 5. Igualdad de género				
ODS 6. Agua limpia y saneamiento				
ODS 7. Energía asequible y no contaminante				
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico				
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras				
ODS 10. Reducción de las desigualdades				
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles				
ODS 12. Producción y consumo responsables				
ODS 13. Acción por el clima				
ODS 14. Vida submarina				
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres				
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas				
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				

ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico. Para la realización del proyecto será necesario la contratación de operarios, al mismo tiempo, al obtener un producto más “exclusivo” se permitirá la entrada en nuevos nichos de mercado tanto locales como internacionales, ofreciendo la oportunidad de llevar a cabo su cultivo en carácter ecológico, siendo este, en gran medida, sostenible.

ODS 12. Producción y consumo responsables. Se opta por la elección de un cultivo con pocas necesidades hídricas, así como por instalar un sistema de riego localizado, optimizando en gran medida el consumo de agua.

3.- Introducción

3.1.- Importancia económica del cultivo de la pitahaya

Conocida ampliamente como fruta del dragón, su consumo está aumentando en los últimos años debido a sus características nutricionales y organolépticas.

Su aspecto llamativo es capaz de cautivar a los consumidores, presentando un color rosa brillante o amarillo en su exterior y, dependiendo de la especie o variedad, una pulpa blanca, rojiza, púrpura o rosácea con pequeñas semillas negras distribuidas homogéneamente.

Según Tridge, actualmente los principales países exportadores de pitahaya son Holanda y China con alrededor de 350 millones de dólares y 200 millones de dólares.

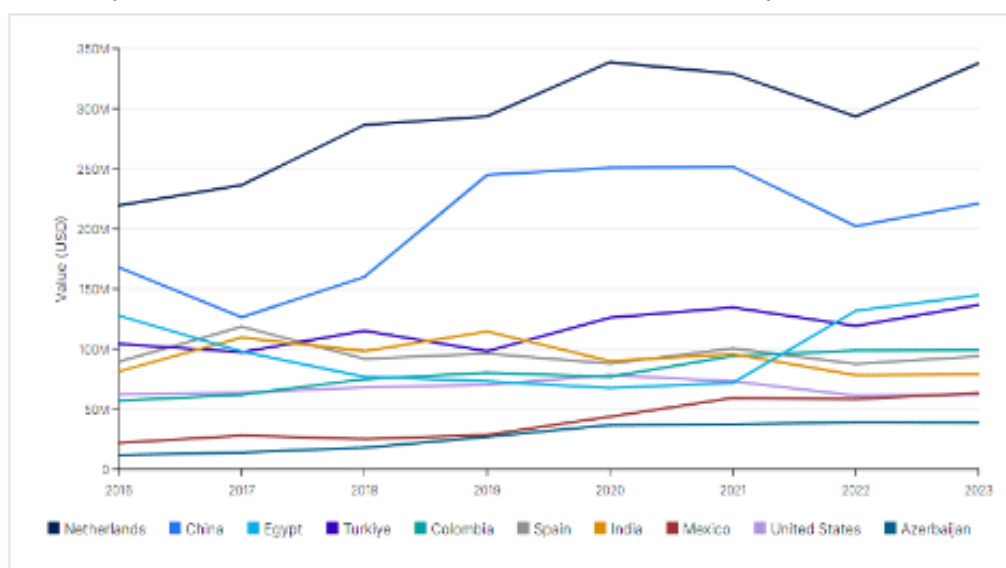


Figura 1.- Valor en millones de dólares por exportación de pitahaya en los principales países exportadores según Tridge

España se sitúa en el sexto puesto con un valor de 93.9 millones de dólares exportando mayoritariamente a países de centro Europa como Alemania y Reino Unido que demandan frutas tropicales exclusivas.

Como principales importadores se sitúan en el top 5 los siguientes países:

China con 877.6 millones de dólares, EE UU con 350.6 millones de dólares, Países Bajos con 238.7 millones de dólares, Alemania con 167.1 millones de dólares y Hong Kong con 125.8 millones de dólares.

En cuanto a la producción mundial, se encuentran tres potencias asiáticas Vietnam, China e Indonesia, que abarcan cerca del 90% de la producción que destinan mayormente al autoconsumo. Sin embargo, se observa una tendencia de crecimiento en la producción, en países de Centroamérica, América del sur (Perú, Ecuador, Brasil, Colombia.), España y EEUU.

En España, las principales zonas productoras se centran mayoritariamente en la costa mediterránea (Andalucía, Murcia y C. Valenciana), en las Islas Canarias y en las Baleares, debido a las exigencias climáticas de la especie, que requiere un clima cálido con inviernos suaves.

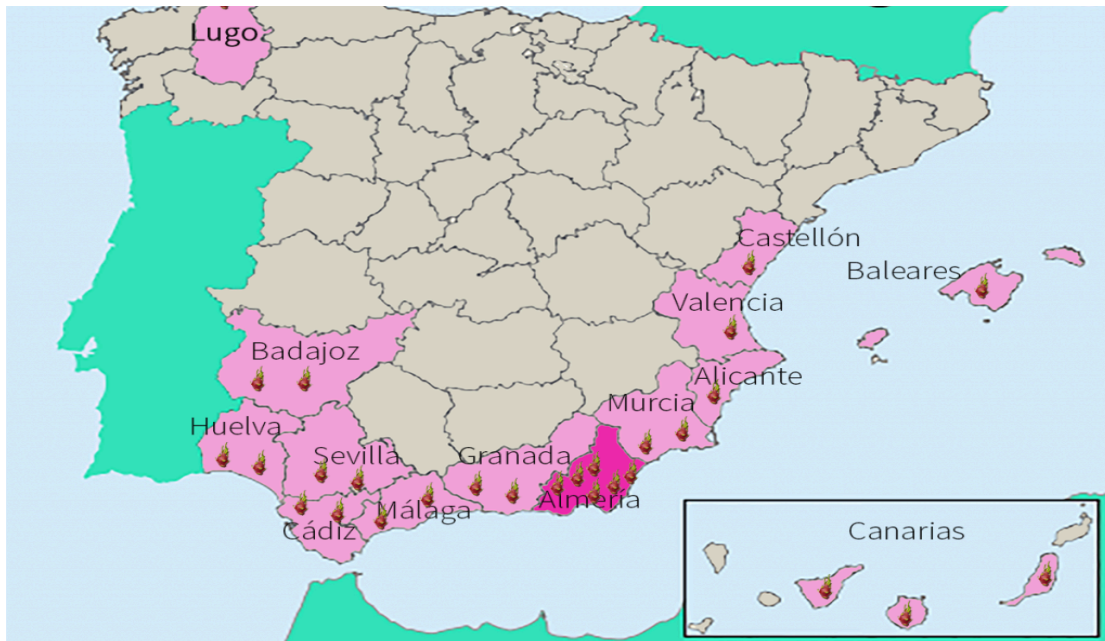


Figura 2.- Principales zonas productoras de pitahaya en España según Plantae

En el caso de la C. Valenciana, es un cultivo emergente, que permite al sector agrícola un nuevo nicho de mercado con buena rentabilidad y se presenta como una alternativa a la agricultura tradicional donde cada vez los precios son más bajos. Por otra parte, debido a la creciente demanda de frutos tropicales, este sería una alternativa al cultivo del aguacate, entre otros.

3.2.- Descripción botánica y agronómica de la especie

La pitahaya pertenece al orden Caryophyllales, familia *Cactaceae*, géneros *Hylocereus* y *Selenicereus*, entre las que destacan como más cultivadas las siguientes: *undatus*, *costaricensis*, *ocamponis*, *purpusii*, *polyrhizus*, *guatemalensis*, *monacanthus*, del género *Hylocereus* (Barthlott y Hunt, 1993) y *megalanthus*. del género *Selenicereus*.

La familia de las Cactáceas y otras plantas suculentas se caracterizan por tener un metabolismo CAM (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas), lo cual implica que, sus estomas permanecen cerrados durante el día para minimizar, en gran medida las pérdidas de agua, reduciendo al máximo la fotorrespiración y se abren durante la noche para asimilar el CO₂ cuando las temperaturas son más suaves y la humedad es mayor.

Esta adaptación es muy efectiva dotando a este tipo de plantas con resistencias a temperaturas muy elevadas y una gran tolerancia a la sequía.

La pitahaya es una planta perenne con tallos modificados en forma de cladodios, triangulares y acostillados que le permite almacenar agua y nutrientes. Tiene hábito trepador, gracias a la emisión de raíces aéreas que la sujeta y le permite subir sobre otras estructuras. Posee numerosas espinas situadas en las areolas del cladodio que varían en disposición, número y forma según la especie y actúan como meristemas marcando los posibles puntos de crecimiento o floración. El color varía entre verde claro brillante hasta tonalidades más oscuras. ([Thomson, 2000](#))



Foto 1.- Tallos de pitahaya modificados en forma de cladodio

La flor es grande, blanca, de forma acampanada y hermafrodita. Posee un único pistilo con ovario ínfero, en la parte inferior o centrado y gran cantidad de estambres. La antesis se produce durante la noche, abriéndose con la puesta del sol y cerrándose al amanecer, lo que le confiere una escasa viabilidad de apenas 12h. Esto limita mucho el proceso de polinización que debe ser nocturno. La mayoría de las especies son autoincompatibles por lo que se requiere la polinización cruzada.



Foto 2.- Flor de H. Undatus en antesis

El fruto es una baya ovalada, de tamaño mediano a grande ([Nerd y Mizrahi, 1997](#)), de color rosa o amarillo, con una pulpa blanca, rosa, rojiza o púrpura con una gran cantidad de pequeñas semillas negras en su interior, repartidas homogéneamente. La piel del fruto posee unas brácteas triangulares de tamaño y color variable con la especie.



Foto 3.- Frutos de diferentes especies de pitahaya, mostrando brácteas y color de piel, así como las semillas y el color de la pulpa

Posee un sistema radicular muy superficial, de unos 20-30cm de longitud que se expande lateralmente sin presentar apenas crecimiento secundario por lo que no llega a lignificarse.

También posee numerosas raíces adventicias que emergen de la parte aérea, concretamente de los cladodios, cuya función es trepar y sostenerse sobre otras estructuras.

Presenta tres tipos de brotes, los vegetativos que una vez crecen constituyen nuevos cladodios, los reproductivos, que originan las flores sobre las aréolas y los mixtos que desarrollan cladodios de peor calidad, más débiles en la parte de unión, con menor vigor y de forma estrellada, no triangulada.

En cuanto al ciclo fenológico, el periodo de floración en condiciones de clima mediterráneo, comprende desde mayo hasta noviembre, aproximadamente, coincidiendo con el periodo de mayor duración del día y temperaturas más altas. Estos factores se han relacionado con promover la inducción floral, activando los genes responsables como son el FLOWERING LOCUS T (FT), el SUPRESOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1 (SOC1) y el CONSTANS (CO). Posteriormente se inicia la diferenciación floral activándose la expresión de los genes responsables de la identidad floral como el APETALA (AP1) y LEAFY (LFY), entre otros ([Xiong et al; 2020](#))

Posee entre 4 y 6 olas de floración, dependiendo de las condiciones climáticas y de la variedad. El crecimiento vegetativo tiene lugar entre los ciclos de floración y, aunque no tiene parada vegetativa, temperaturas inferiores a 15°C detienen su crecimiento.

Desde el inicio del cuajado del fruto, hasta su maduración transcurren, aproximadamente, 30-35 días. Por ello, en una misma planta pueden coincidir frutos maduros, en desarrollo y flores. ([Barbeau, 1997](#))

4.- Antecedentes

El presente documento constituye una memoria descriptiva de la actividad que se desarrollará para el acondicionamiento de una parcela situada en Picassent para el cultivo de pitahaya. Exótico para la zona, ofreciendo un producto final diferente al acostumbrado y más exclusivo.

La variedad utilizada será la “Tesoro”, autofértil por lo tanto no requerirá de otras para efectuar polinización cruzada. Con un marco de plantación de 2 x 0.5 x 0.5 (m). Esta precisará de ciertos requerimientos indispensables para obtener producciones rentables y mantener la explotación en buenas condiciones.

La función de este documento es presentar las labores y requerimientos necesarios para el cultivo de la pitahaya y diseñar una red de riego localizado para la parcela, ya que anteriormente se efectuaba riego por gravedad, un tipo de riego que no sería adecuado para la pitahaya pudiendo causar pudriciones radiculares, para ello será necesario la instalación de una bomba ubicada junto al cabezal de riego en una caseta con toda la red de tuberías por las que se impulse agua desde una balsa de riego cercana a la explotación. La superficie total de la parcela es de 1,32 hectáreas y la superficie regable de cultivo será de 1ha.

Al realizarse la colocación de los macrotúneles se respetará la disposición geométrica cuadrada de la parcela, y gracias a los metros cuadrados restantes, se permitirá el paso por fuera del cultivo y los macrotúneles con vehículos, para la facilitación de transporte de cualquier tipo (restos de poda, fruta, productos..) de un lado a otro de la parcela.

Debido a una búsqueda de la mejora del enraizamiento en la planta para una propagación masiva de esquejes, se plantea un estudio de diferentes tipos de enraizantes, una auxina de síntesis (IBA), y uno de carácter biológico (Accudo).

4.1.- Objetivos

Los objetivos de este trabajo son dos:

- 1.- Puesta en marcha de un sistema de riego por goteo automatizado y programable para una parcela en Picassent con una extensión de 1.32has junto al procedimiento de implantación de la pitahaya.
- 2.- Estudiar la influencia del ácido indolbutírico y del “Accudo” durante una experiencia de enraizamiento en esquejes de pitahaya.

5.- Análisis de situación para el cultivo de la pitahaya

5.1.- Requerimientos hídricos y edafo-climáticos

La pitahaya prefiere climas tropicales y subtropicales húmedos, con precipitaciones elevadas y temperaturas estables a lo largo del año.

Temperaturas inferiores a 15°C reducen o incluso detienen su crecimiento por completo, siendo importante la utilización de invernaderos o recintos que mantengan temperaturas más altas durante los meses de otoño/invierno en nuestras zonas de cultivo.

En su lugar de origen crece en lugares sombreados. La incidencia directa de la radiación solar produce quemaduras en los cladodios que derivan en pudriciones. Es por ello que se recomiendan mallas de sombreo del 30-60%, dependiendo de la zona y la variedad ([Mizrahi et al., 1997](#)).

Su cultivo bajo invernadero permite, por una parte, proteger la planta del sol y por otra, evitar daños por pudrición radicular debido a lluvias acusadas y/o prolongadas.

A pesar de ser poco exigente en agua, no se conocen con exactitud sus necesidades pero requiere un buen control del suministro de agua para evitar encharcamientos y pudriciones, aumentando la frecuencia de riego y cantidad de agua en la época de mayor crecimiento, floración y fructificación (primavera/verano).

Debido a su rusticidad, la pitahaya se adapta y crece en suelos pobres y secos pero con los que presenta un mejor crecimiento son los franco-arenosos o franco-arcillosos con buen drenaje y contenido alto de materia orgánica.

El pH óptimo es ligeramente ácido con valores de 5.5-6.5, que favorecerá la disponibilidad y absorción de nutrientes en gran medida.

Es una planta sensible a la salinidad que le provoca desecación de raíces ([Nobel, 1998](#)), por lo tanto hay que vigilar que los valores de conductividad en el agua de riego y en el suelo no sean elevados. Sin embargo, estudios han determinado una tolerancia a salinidad con valores de hasta 10dS/m ([Bárcenas et al: 2002](#))

5.2 - Propagación de la especie

La propagación de la pitahaya se puede realizar tanto por vía sexual como por vía asexual, siendo esta última, a través de esquejes, la más utilizada.

Estos deben ser vigorosos, con crecimiento continuo, de aproximadamente 30-40 cm de longitud, perfectamente endurecidos y gruesos, que garanticen una gran cantidad de agua y nutrientes en su interior, evitando futuras desecaciones, favoreciendo un crecimiento y desarrollo radicular más rápido.

Se tratan de plantas muy resilientes que enraízan fácilmente sin usar métodos o tecnologías complejas.

Las plantas madre de las que se eligen los esquejes, han de ser productivas y estar libres de enfermedades. Para ello se disponen en bandejas de semilleros con un sustrato idóneo a base de mezclas de turba, fibra de coco, perlita y vermiculita. Una vez han desarrollado un buen sistema radicular, serán trasplantadas directamente al suelo o a contenedores para su correcto desarrollo, obteniéndose nuevas plantas, genéticamente idénticas a las plantas madre.



Foto 4.- Disposición de esquejes en bandejas de semilleros para su correcto enraizamiento

También se utiliza el injerto a partir de vástagos ([Montesinos et al; 2015](#)), un método más rápido, pero difícil de ejecutar y con un alto porcentaje de fallo.

El cultivo de tejidos también se presenta como un método posible de propagación pero exige un procedimiento estricto de asepsia para mantener los cultivos libres de contaminaciones mientras las células del tejido expresan su potencial intrínseco ([Caetano et al; 2014](#))

La propagación por semilla no es recomendable ya que los plantones requieren demasiados cuidados cuando se trasplantan en el suelo, siendo un método lento que tarda de 4 a 6 años en llegar a su fase productiva ([Sanchez et al; 2000](#))

En la propagación por esquejes se utilizan diferentes tipos de enraizantes, naturales, sintéticos y biológicos, con el fin de potenciar el desarrollo radicular e inducir vigor.

Los más habituales y ampliamente utilizados, son los sintéticos, compuestos principalmente por reguladores del desarrollo de la familia de las auxinas, fundamentalmente el ácido indolbutírico (IBA) y el Ácido naftalenacético (ANA), dependiendo su concentración del grado de lignificación de los tejidos.

Los de origen natural, suelen ser compuestos ricos en micronutrientes, como el fósforo y el potasio que promueven el crecimiento de raíces secundarias favoreciendo un sistema radicular más abundante y fuerte, con mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes para la planta.

En cuanto a los biológicos comúnmente conocidos como bioestimulantes, se basan en complejos que contienen bacterias y hongos como bacillus, micorrizas o trichodermas, que actúan en diferentes procesos en la rizosfera, provocando una mejora en la asimilación de diferentes compuestos y nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes. Así, por ejemplo, productos a base de *Trichoderma* spp, utilizado como regulador biológico por su autoridad antagonista frente a fitopatógenos, beneficia a la planta en la zona radicular, debido a su capacidad de defensa y desarrollo de nuevas raíces.

A corto plazo los sintéticos son opciones que presentan muy buenos rendimientos en cuanto a la producción de nuevas raíces, sin embargo, los bioestimulantes presentan esta ventaja a más largo plazo, pero también favorecen la absorción y asimilación de nutrientes, siendo más sostenibles para el medio.

Durante el enraizamiento son muy frecuentes las pudriciones acuosas causadas por bacterias como *Pseudomonas* y *Erwinias* entre otras, así como antracnosis producidas por hongos como *Botryosphaeria* o *Colletotrichum* ([Meetum et al. 2015](#)).

Todas estas enfermedades se pueden evitar, en gran medida, seleccionando esquejes sanos y realizando buenas prácticas durante el enraizamiento, evitar heridas innecesarias en los cladodios, desinfectar las herramientas utilizadas para realizar los cortes, evitar la incidencia solar directa y mantener el sustrato húmedo sin llegar al encharcamiento.

Experiencias de enraizamiento realizadas en viveros para la producción de planta certificada, utilizando riego por aspersion con agua ozonizada, han presentado un gran potencial como desinfectante, manteniendo las plantas sanas, sin afectar a la planta ni dejar residuos ya que se descompone en O₂.

6.- Soluciones adoptadas

6.1.- Procedimiento de implantación

6.1.1.- Características de la zona y localización

El lugar escogido para llevar a cabo la explotación es Picassent, situado en la provincia de Valencia.

Actualmente la parcela está destinada a la producción de cítricos y se procede a una renovación de cultivo, colocando 10 macrotúneles de 10m de ancho a lo largo de la parcela a modo de invernadero, apostando por un cultivo emergente como la pitahaya, con posibilidad de venta en mercados nacionales y próximos, presentando una alta rentabilidad, alta demanda, pero baja oferta ya que no hay explotaciones suficientes a nivel nacional para cubrir dicha demanda.

Fácil acceso a la explotación, a menos de un kilómetro del pueblo de Picassent, ubicado al sureste de esta localidad.

Referencia catastral: 46196A053000600000PT UTM: 718011 , 4358830

Superficie: 1.32ha

Polígono 53 Parcela 60 TERRABONA



Figura 3.- Ubicación de la parcela vista desde el catastro

6.1.2.- Perfil del suelo y características del terreno

Según el Mapa IGME, se observa que la casilla de la ubicación escogida es la número 722. Tipo de Perfil presente 1:

Fluvisol formado por materiales aluviales recientes, mostrando un decrecimiento irregular del contenido en M.O. junto a la estratificación debida a diferentes aportes fluviales. Originado por limos de inundación y limos pardos fluviales, caracterizados por un perfil AC, en este caso se trata del perfil P-3 de Alcasser (proximidades del barranco de Picassent). Suelos con pH básico, carbonatados, con poca salinidad. Contenidos de M.O., N y P generalmente bajos.

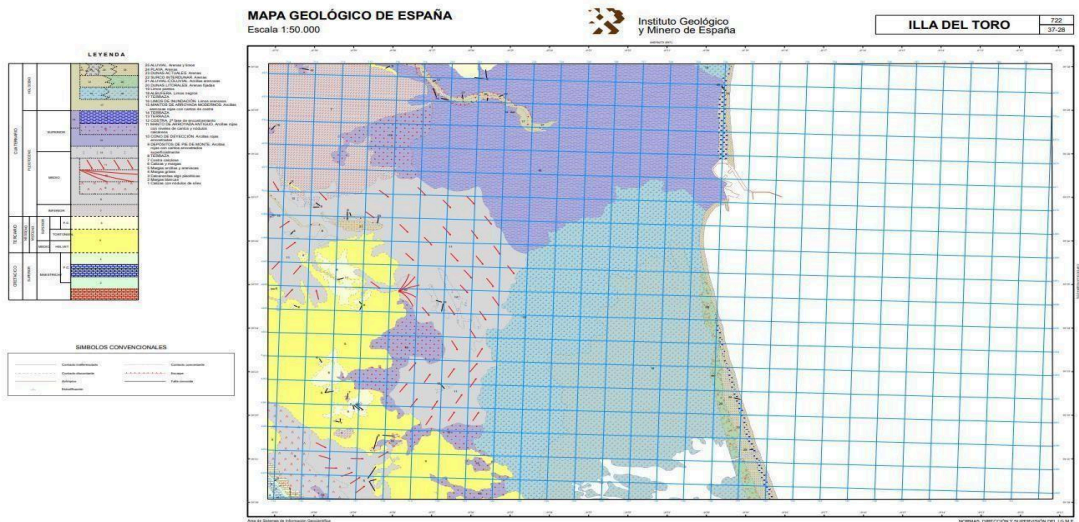


Figura 4.- Componentes geológicas de la zona

Punto exacto: 4358, 718

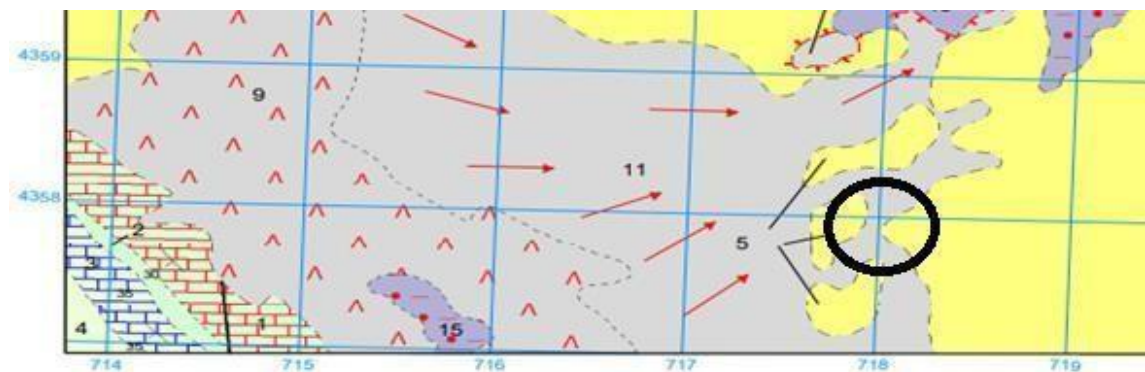


Figura 5.- Punto exacto donde se encuentra la parcela

Composición terreno: Arcillas rojas (cuaternario, pleistoceno medio), margas, arcillas y areniscas (terciario, neógeno, mioceno, medio)

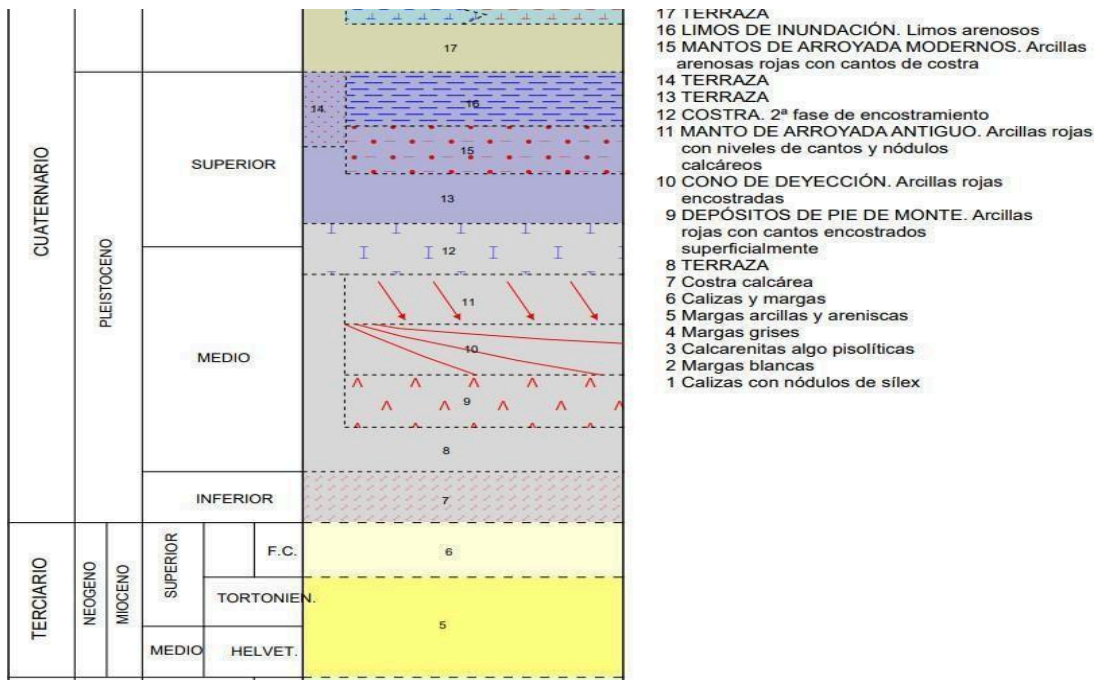


Figura 6.- Composición del terreno en la parcela

Curva de nivel: 50

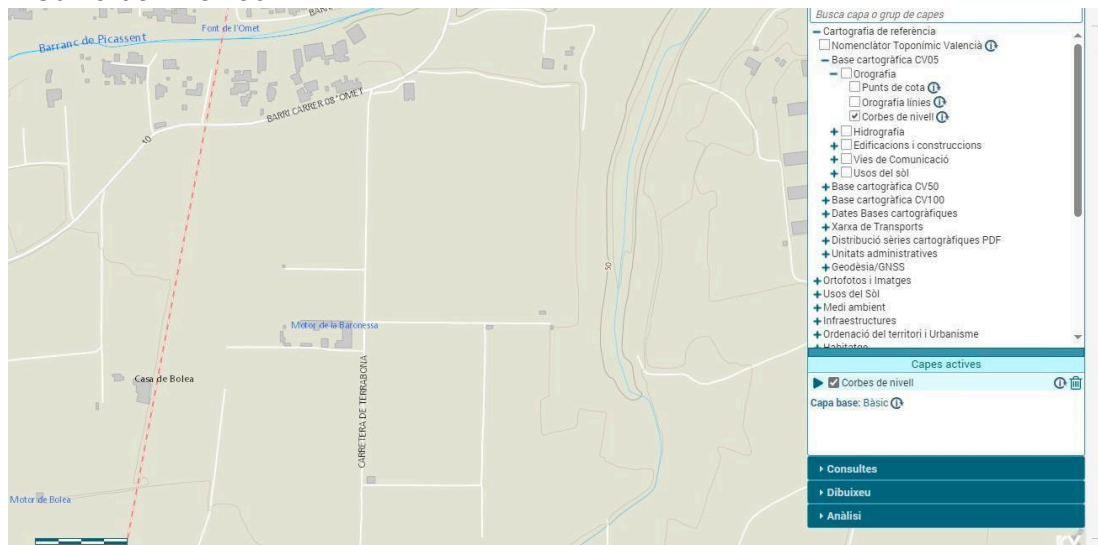


Figura 7.- Curva de nivel vista en SignA

El suelo presente se trata de un suelo franco arcilloso.

Horizonte A pesado, con poca materia orgánica (<1%). La profundidad presente es de 1,8m, aproximadamente (no es importante pues las raíces de la pitahaya son superficiales), hasta topar con el Horizonte B que ya presenta una estructura mucho más compacta.

Este tipo de suelo no sería adecuado para el cultivo de la pitahaya pues son suelos densos, con poca M.O, pH elevado y fácil encharcamiento por ello se llevarán a cabo ciertas enmiendas en este, añadiendo materia orgánica en diferentes formas.

6.1.3.- Climatología

Picassent presenta un clima mediterráneo, con temperaturas medias anuales de entre 17-20°, inviernos suaves y veranos cálidos. Un posible accidente, que puede ocurrir en esta localización, sería la exposición prolongada a temperaturas inferiores a 0°C, pero como es algo que no ocurre y las temperaturas corresponden con temperaturas óptimas para su crecimiento y desarrollo, nos encontramos un clima en el que se puede llevar a cabo la explotación correctamente.

Estos son los datos de interés de los últimos 4 años según el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) en la estación más próxima, Picassent:

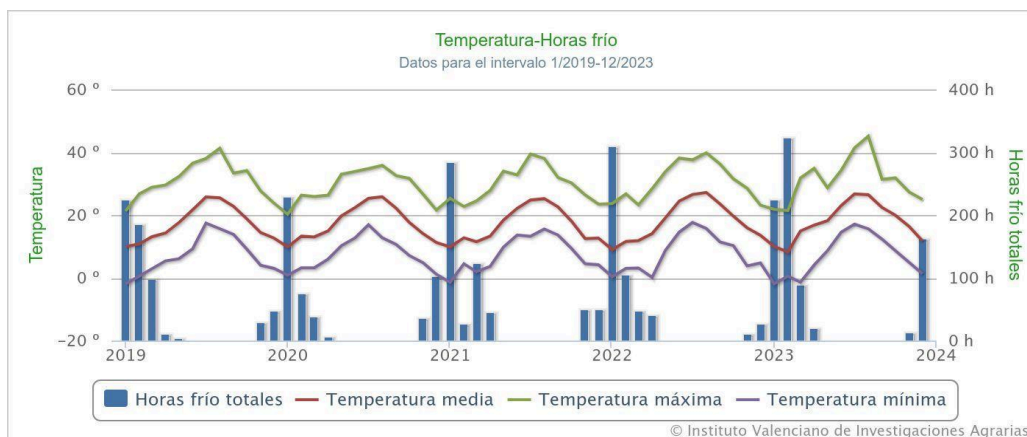


Figura 8.- Rango de temperaturas en los últimos 4 años según IVIA

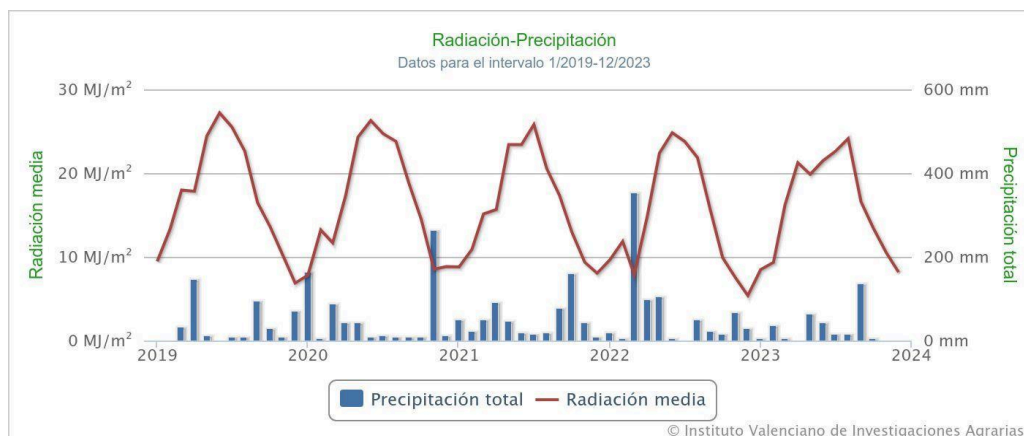


Figura 9.- Rango de precipitación y radiación en los últimos 4 años según IVIA



Figura 10.- Rango de evapotranspiración en los últimos 4 años según IVIA

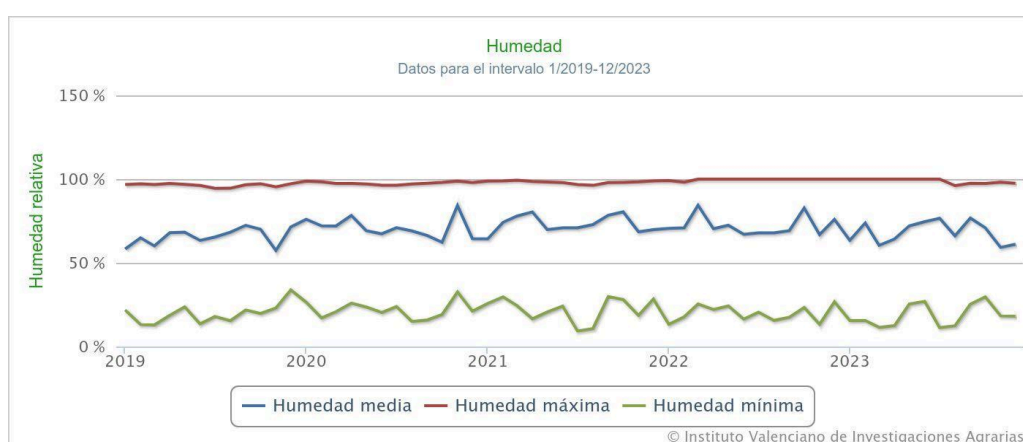


Figura 11.- Rango de humedades en los últimos 4 años según IVIA

6.1.4.- Enmiendas necesarias

Debido a las características de suelo presentes, se procede a realizar ciertas enmiendas en este (correcciones de materia orgánica), para que tome unas propiedades adecuadas para el cultivo de la pitahaya (mayor retención de humedad, mejor permeabilidad, corrección de pH y disponibilidad de nutrientes).

En las líneas destinadas al cultivo (40 líneas de 1x100), aunque la separación entre líneas de plantas sea de 0.5 m, se dejan 0.25m a cada lado por la expansión horizontal de las raíces, se aportarán 50 kg de humus de lombriz, 200 kg de compost vegetal y 250 kg de estiércol homogéneamente a lo largo de estas, siendo necesario 2t de humus, 8t de compost y 10 t de estiércol para el total de la explotación. Con esta acción se pretende elevar el porcentaje de materia orgánica presente <1% hasta valores superiores, de aproximadamente 2.5-3%, evaluados tras estas acciones con un análisis del suelo.

Posteriormente se realizará un pase con un arado de vertedera a una profundidad de 40cm para incorporar todos estos elementos realizando un trabajo de volteo del suelo. Por último, se hará un pase con rodillo y se colocará malla anti hierba en las calles de 2m dejando los 0,5 m de separación para la doble línea de plantas y goteros.

6.1.5.- Estructura y marco de plantación

Como se ha comentado anteriormente, se instalarán 10 macrotúneles de 10 metros de ancho, siendo una estructura sencilla y económica que brinda la oportunidad de proteger el cultivo de manera eficiente frente a accidentes climáticos como lluvias acusadas o granizo, al mismo tiempo, ofrecerá mejores condiciones térmicas para el cultivo de la pitahaya.

Se implantará malla de sombreo sobre los plásticos (30%), es necesario proteger la planta de la elevada radiación solar en la zona, en caso contrario, terminaría sufriendo daños incorregibles por quemaduras.

Se opta por un sistema de plantación en parral con una distribución de plantas cuadrada.

Marco de plantación (2x0.5x0.5), doble línea de plantas separadas 0,5 m con distancia entre plantas de 0.5m, guiando los cladodios de cada línea hacia el exterior con calles de dos metros de ancho.

6.1.6.- Entutorado y formación

Cada planta contará con una caña de 2 metros de longitud aproximadamente, bien asentada, dispuesta hacia la parte central para unirla con la del costado mediante una central situada a 1.50m de altura y así guiar la planta con la poda de formación, dejando un único tallo principal hasta el metro y medio de altura.

Una vez el tallo principal alcance dicha longitud, se procederá a entutorarlo en la caña central para romper la dominancia apical y formar la copa gracias a los nuevos brotes que surgirán en la parte superior, cuando estos se hayan formado y crecido lo suficiente, se procederá al doblado de los esquejes para ser sujetados gracias a un sistema de doble cable, el superior a 1.3m por donde se introducirá el esqueje, quedando debajo de la rama y el inferior a 0.9m cuya función será la retención de dicho esqueje, quedando por encima de este.

Los cables serán de acero, pero estarán forrados con gomas de goteros, para evitar posibles daños en las ramas debido al continuo roce y presión ejercida por su propio peso. Sujetados con postes metálicos situados cada dos metros en el centro de las líneas, de 2m de altura enterrados 50 cm con base de hormigón, con forma de doble "T" y dándoles firmeza gracias a tensores. A su vez, en estos, también irán apoyadas las cañas centrales.

6.2.-Instalación de riego

En este apartado se resolverán los parámetros necesarios a cumplir para la instalación de riego, como lo son las necesidades de riego, los parámetros de riego, el diseño y dimensionado de la subunidad de riego, el de la red de transporte y la utilización de los diferentes elementos del cabezal. Tanto los datos como las acciones realizadas y los planos se encuentran mejor especificados en el anejo I, II y III.

6.2.1.- Normativa

Para diseñar la instalación de riego se seguirán la normas CTN318 donde se recogen las normativas estipuladas para filtros, riego localizado, telecontrol, riego por aspersión, válvulas, contadores, obras de riego y áreas verdes (de la GT1 a la GT8).

Las utilizadas son las siguientes:

- UNE-EN-ISO 9261:2010 (equipos de riego, emisores y tuberías emisoras)
- UNE-EN 15097 (riego localizado y evaluación hidráulica)

6.2.2.- Características agua de riego

La toma de agua procederá de un depósito, en este caso de una balsa situada a pocos metros del cultivo, al norte.

Tras el estudio realizado de la calidad del agua se cuenta con una conductividad eléctrica del agua con un valor igual a 0.5 dS/m. Siendo un tipo de agua con el que no se causará ningún efecto perjudicial ya que presenta un riesgo de salinidad bajo.

6.2.3.- Tipo de Riego

El tipo de riego que se va a utilizar es un riego localizado, se opta por su instalación debido a la alta eficiencia que presenta, asegurando una mayor uniformidad y un importante ahorro de agua.

6.3.- Resolución de la subunidad

Mediante las necesidades hídricas se estima el volumen de agua necesario para el cultivo junto a una serie de datos climáticos y del propio cultivo en cuestión.

Tabla 3.- Datos de partida

Superficie del cultivo (m ²)	10.000	Porcentaje de suelo mojado	25%
Cultivo	Pitahaya	Porcentaje de solape mínimo	15%
Marco de plantación	2x0.5x0.5	Eficiencia de aplicación	90%
Conductividad máxima del cultivo (dS/m)	10	Textura del suelo	Franco-Arcillosa
Conductividad eléctrica del agua (dS/m)	0,5	Uniformidad del emisor	90%

6.3.1- Necesidades de riego

Las necesidades netas se han obtenido conociendo diferentes valores como lo son la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva para cada mes.

Tabla 4.- Necesidades netas y totales para cada mes

	Necesidades netas (l/dia/planta)	Necesidades totales (l/dia/planta)
Enero	1.07	1.33
Febrero	1.37	1.69
marzo	1.86	2.29
Abril	2.44	3.02
Mayo	3.32	4.1
Junio	3.92	4.83
Julio	4.11	5.07
Agosto	3.82	4.71
Septiembre	2.65	3.28
Octubre	1.77	2.19
Noviembre	1.35	1.67
Diciembre	1.05	1.3

6.3.2- Parámetros de riego

Como se trata de un cultivo de pitahaya en alta densidad, habrá un lateral por cada fila de plantas, con un gotero por planta.

Tabla 5.- Número de riegos semanales y tiempo necesario en cada uno

	Nº riegos semanales	Tiempo de riego (h)
Enero	1	2.66
Febrero	1	3.37
marzo	2	2.3
Abril	2	3
Mayo	3	2.75
Junio	3	3.22
Julio	3	3.37
Agosto	3	3.14
Septiembre	2	3.28
Octubre	2	2.2
Noviembre	1	3.34
Diciembre	1	2.6

6.3.3.- Sectorización

Al contar con una superficie regable de únicamente 1ha solo se utilizará un sector, pues no es necesario realizar una sectorización ya que siempre se efectuará el riego dentro de las horas donde las tarifas eléctricas sean las mas baratas.

6.3.4.- Resumen de la subunidad de riego

Tabla 6.- Resultado de la subunidad de riego

Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Longitud terciaria (m)	Alimentación terciaria
56.000	17.78	100	Medio
Diámetro lateral (mm)	Longitud laterales (m)	Alimentación laterales	Diámetro terciaria (mm)
16.2	8.000	Extremo	90

Características de la tubería en laterales:

Tabla 7.- Características del material utilizado en los laterales

TUBERÍA	QINTERIOR	ESPESES	PRESIÓN	KD
A	(MM)	OR	MÁXIMA	
		(MM)	(BAR)	
16115	16.2	1.1	4	0.575

Tabla 8.- Requerimientos en laterales

Caudal inicio del lateral (l/h)	700
Variación de presión (mca)	4.35
Presión inicio (mca)	14.35
Presión final (mca)	10
Uniformidad emisión (%)	91.1

Material de la tubería empleada en la terciaria: PE 40 UNE EN 12201

La alimentación en la terciaria se propone desde el punto intermedio, gracias a esta medida, se ahorrarán metros de tubería innecesarios y su instalación será más sencilla como se puede observar en los planos 3 y 4 (diseño de la subunidad y de la red de transporte) en el Anejo III (Planos)

Tabla 9.- Requerimientos en terciaria

Caudal terciaria (l/h)	56000
Longitud terciaria (m)	100
Max. Variación presión (mca)	5.65
Pérdida de carga adm.	5.65
Caudal por derivación	700
Diámetro mínimo	71.3

6.4.- Red de transporte

Tabla 10.- Datos red de transporte

Línea	Tipo	Longitud(m)	Consumo (l/h)	Pérdida de carga (mca)	Pérdida acumulada(mca)
1	Tubería	9	56.000	0.09	0.09
2	Bomba		56.000		
3	Filtrado		56.000	10	10.09
4	Tubería	30	56.000	0.3	10.39

- Material: PVC UNE EN 1452
- Diámetro interior calculado= 114mm
- Diámetro nominal escogido = 125
- Presión requerida por la bomba = 28.17mca

Se puede observar la red de transporte y sus características perfectamente en el plano 4 del Anejo III (diseño de la red de transporte)

Para la selección de la bomba se tiene que tener en cuenta la altura manométrica necesaria en la red y el caudal máximo que puede ser impulsado por esta.

Caudal máximo de la red = 56m³/h
Presión requerida = 28.17 mca

Se procede a la instalación del modelo NB 50-160/155 AAF2AESBQQENW realizada con fundición y cumple con la normativa EN 733. Esta se adecua perfectamente a la red debido tanto al caudal de bombeo ofrecido como a su presión garantizada.

6.5.- Cabezal de riego

Dentro del cabezal se encuentran los siguientes elementos, con los que se garantiza un correcto funcionamiento de la red. Los datos técnicos de todos estos elementos se pueden observar de una forma más detallada en el Anejo II (Cabezal de riego y elementos accesorios)

- Sistema de bombeo que cumple con los parámetros establecidos, modelo NB 50-160/155 AAF2AESBQQENW
- Sistema de prefiltrado a la salida de la balsa y entrada de la bomba para evitar daños por partículas de mayor tamaño, el filtro empleado es el cazapiedras en "Y" bridado Gaer PN16
- Sistema de filtrado para evitar daños en laterales y emisores con el filtro de mallas mini sigma 4"
- Sistema de fertirrigación mediante un inyector Venturi y tanques de fertirrigación
- Elementos de control gracias a un contador, válvulas y electroválvulas
- Elementos de protección mediante válvulas
- Equipo de automatización de la red de riego gracias a un programador

En el Anejo III (planos) se puede observar el esquema propuesto para el cabezal.

6.6.- Presupuesto simplificado de la instalación**Tabla 11.- Presupuesto simplificado de la instalación de riego**

Elementos	Importe
Red de transporte	360 €
Subunidad	12.208 €
Cabezal	Sistema bombeo: 4.829€ Sistema de filtrado: 2.856.07€ Válvulas y automatización: 1.166.59€
Total	21.419.66€

El presupuesto de la instalación de riego en su totalidad asciende a la cantidad de veintiún mil cuatrocientos diecinueve euros con sesenta y seis céntimos.



Valencia a 6 de septiembre del 2024 Fdo: Salvador Saiz García

7.- Material y métodos

7.1.- Material vegetal

El experimento se llevó a cabo para la evaluación de dos tipos de enraizantes diferentes, uno sintético y uno biológico (IBA y Accudo), en esquejes del cv. Nevada de pitahaya (H. undatus) en perfecto estado fito-sanitario, localizados en el invernadero de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

Previamente a la realización del experimento, a los esquejes se le realizaron cortes en la parte basal de estos para dejar expuesto el cambium (lugar donde emergen las nuevas raíces), posteriormente se desinfectaron sumergiendo la parte del cambium en una solución de agua y alcohol (96°), tal como se indica en la Foto 5.



Foto 5.- Inmersión de esquejes en solución de agua y alcohol para su correcta desinfección

Y por último se dispusieron en bandejas, durante una semana, hasta su cicatrización y formación de callo en la parte de la pulpa. Una vez cicatrizados, se trasplantaron en macetas de 10cm de diámetro y 10cm de altura, con un volumen de sustrato de 600cm³ aproximadamente, el día 24 de abril del 2024 y se dispusieron en una bandeja a la que se le añadió agua (Foto 6), las aportaciones de agua se realizaron periódicamente durante la totalidad del experimento.

Se utilizaron un total de 6 bandejas con 30 macetas en cada una y un esqueje por maceta, a cada una de las cuales se le realizó un tratamiento diferente tal como se indica a continuación.

1. Ácido Indolbutírico (IBA) a 1500 ppm mediante inmersión.
2. Bacillus licheniformis (Accudo) (Ac) a 1500 ppm mediante inmersión.
3. Bacillus licheniformis (Accudo) a 5000 ppm mediante inmersión.
4. Bacillus licheniformis (Accudo) a un volumen de 1.5 ml al sustrato.
5. Bacillus licheniformis (Accudo) a un volumen de 5 ml al sustrato.
6. Control.

Las concentraciones y volúmenes de Accudo fueron por recomendación del fabricante (FMC).

Periódicamente, aproximadamente cada 10 días, se evaluó el número de raíces emitidas, su longitud y peso fresco. En cada una de las evaluaciones se muestrearon 6 macetas, resultando un total de 5 evaluaciones por tratamiento finalizando el experimento el día 17 de junio del 2024.

Como sustrato se utilizó una mezcla de turbas rubias y negras, dados sus valores de pH cercanos a 6,5 y sus propiedades en cuanto a retención de agua y porosidad, beneficiando un crecimiento radicular óptimo.

Para la evaluación de la longitud se utilizó un flexómetro

Para la evaluación del peso fresco de raíces, se cortaron y se pesaron en una gramera digital.



Foto 6.- Esquejes trasplantados en maceta y repartidos en bandejas con agua tras recibir el tratamiento

7.2. Análisis estadístico de los resultados.

A los resultados obtenidos se les aplicó el análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el programa Statgraphics con un nivel de confianza ($P \leq 0.05$).

Mediante esta aplicación, también se realizaron las separaciones de las medias aplicando el test LSD.

8.- Resultados y discusión

8.1.- Influencia de la aplicación de IBA y Accudo en el enraizamiento de esquejes de pitahaya

La respuesta por parte del Accudo y del IBA fue inmediata y 25 días después de los tratamientos, en el primer muestreo (15/05), los esquejes tratados mediante inmersión previa al trasplante con IBA y Ac (5000), presentaban un mayor número de raíces nuevas que el resto de tratamientos, siendo el primero el más efectivo con la emisión de 18 raíces nuevas, por término medio (Fig. 12). Estos resultados coinciden con los de otros autores como [Fattorini et al \(2017\) en Arabidopsis](#). Aunque el efecto de las auxinas en la capacidad de emisión de raíces es conocido desde hace mucho tiempo ([Pitts et al., 1998](#); [Rahman et al., 2002](#)), su mecanismo de acción relacionado con el transporte polar de las auxinas y su control genético, ya fué estudiado con detalle hace aproximadamente 15 años, tal como se pone de manifiesto en múltiples trabajos de investigación (([Paponov et al. 2005](#); [Petrasek and Friml, 2009](#); [Vanneste and Friml, 2009](#)). Por otra parte, la acción del Bacillus promoviendo la capacidad de emisión de nuevas raíces, coincide con la encontrada por otros autores y se ha relacionado con una mayor tolerancia de las plantas al estrés biótico (Hashem et al., 2019). Es interesante resaltar, que en nuestro caso, para obtener un efecto significativo del Bacillus, se ha tenido que emplear una concentración alta, un poco mas de 3 veces la empleada con el IBA, ya que utilizando la misma es ineficaz. La acción más potente de los reguladores del desarrollo (IBA) que de los bioestimulantes o derivados (Bacillus), también se ha observado por otros autores en tomate (Kavipriya y Boominathan, 2018).

Esta tendencia se mantuvo, prácticamente durante todo el estudio, siendo al final del mismo el IBA el que más raíces nuevas emitió. El Ac (5000) también presentó una tendencia notablemente creciente durante los primeros muestreos que, prácticamente se estabilizó a partir del tercero, llegando a igualarse con el Ac (1500) al final del periodo (Fig. 12). El resto de tratamiento con Accudo y el control presentaron resultados similares, si bien el Ac (5 ml) presentó un crecimiento menor desde el inicio hasta el final, siendo menos efectivo y, en consecuencia, generando un menor número de raíces nuevas que el resto de tratamientos (Fig. 12).

Estos resultados resaltan el gran potencial que tienen las auxinas, particularmente el IBA, en el desarrollo de raíces y ello debido, en gran parte, a la capacidad de inhibición de yemas laterales, al mismo tiempo que activa las células cambiales con aptitud de desdiferenciarse, para en última instancia, transformarse en primordios radiculares ([Pascual et al: 2022](#)). Por otra parte, estos resultados reflejan la importancia, tanto de la concentración de la sustancia que se aplica, como de la manera en la que se hace. Así, la eficacia del Accudo depende marcadamente de si se aplica mediante inmersión o al sustrato, siendo, en el primer caso, más eficaz, cómo se realiza en la mayoría de tratamientos de enraizamiento.

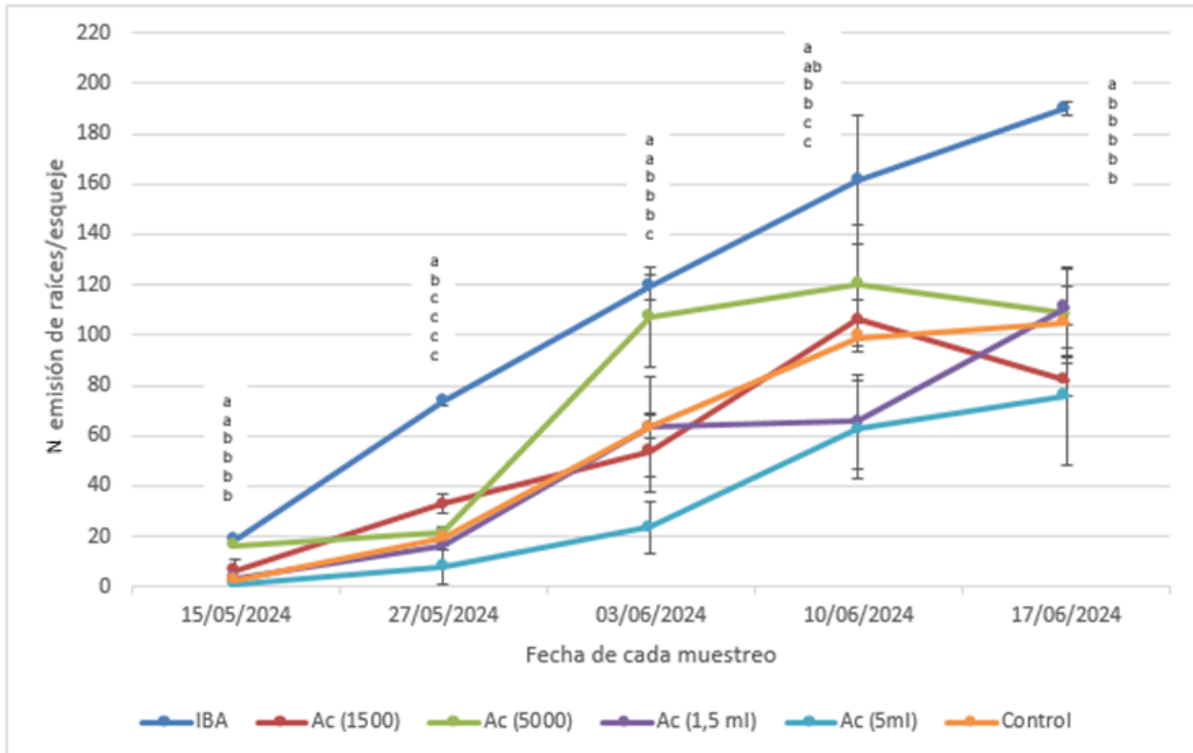


Figura 12.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, en el número de nuevas raíces emitidas en esquejes de pitaya (*H. undatus*). Las mediciones se realizaron cada 10 días aproximadamente desde el tratamiento. Cada valor es la media de 6 esquejes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

La aplicación de IBA y/o de Accudo apenas modificó la longitud de las nuevas raíces. Solamente al inicio, a los 25 días del tratamiento, los esquejes tratados con Ac (5ml) no presentaban signos de crecimiento radicular, a diferencia del resto de tratamiento que, por término medio, habían crecido 1.5 cm (Fig. 13). Diez días más tarde, la respuesta de todos los tratamientos fue similar y las raíces, independientemente del tratamiento, alcanzaron una longitud, por término medio de 4.8 cm. Aunque apenas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las raíces del control y del Ac (5000) fueron entre 1 y 1.5 cm más largas que las del IBA y Ac (5ml) (Fig. 13). El hecho de que los esquejes tratados con IBA presenten raíces de menor longitud que el resto de tratamientos podría deberse a un fenómeno de competencia, ya que son éstos los que mayor número de nuevas raíces tienen en crecimiento (Fig. 12).

Diez días más tarde (03/06), aproximadamente 35 días después del tratamiento, el crecimiento de las raíces, independientemente del tratamiento, se ralentizó y mantuvo prácticamente estable hasta el final del estudio (Fig. 13). Si bien apenas se obtuvieron diferencias significativas, las raíces con Ac (1500) fueron 1 y 0.5 cm más largas que las del IBA y control, respectivamente (Fig. 13).

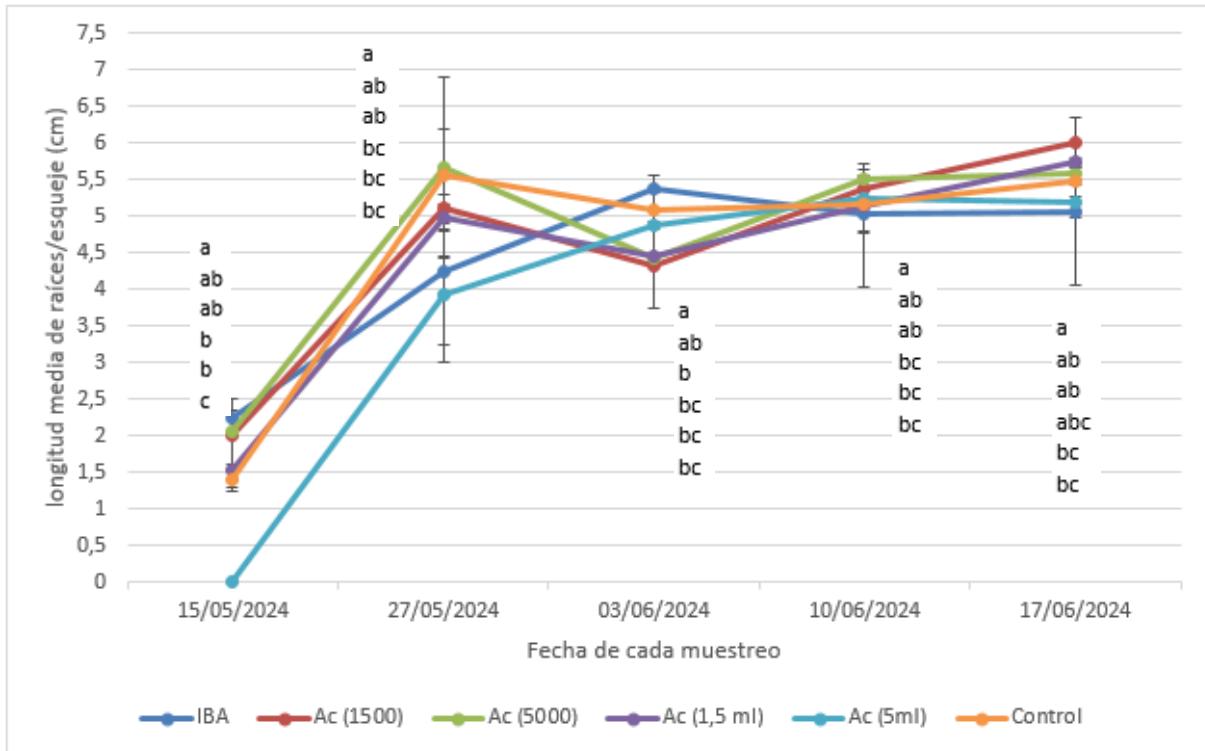


Figura 13.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, sobre la longitud de raíces en esquejes de pitaya (*H. undatus*). Las mediciones se realizaron cada 10 días aproximadamente desde el tratamiento. Cada valor es la media de 6 esquejes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

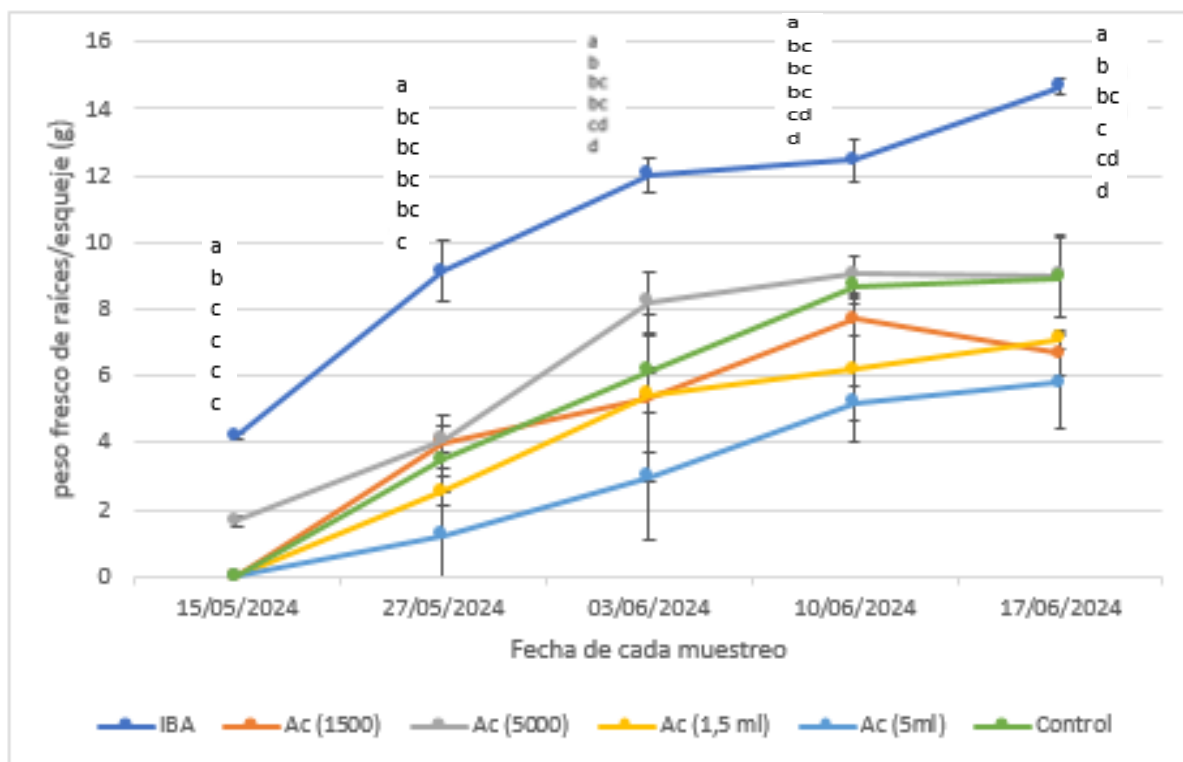




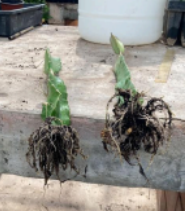

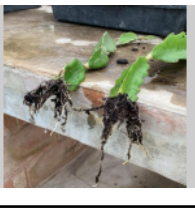
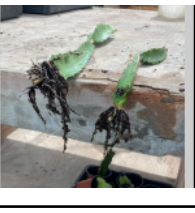
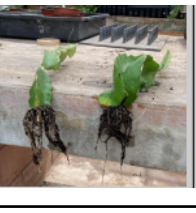
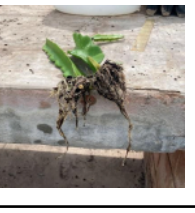



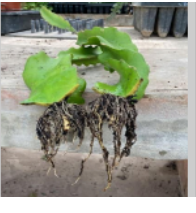



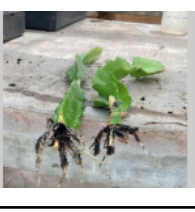

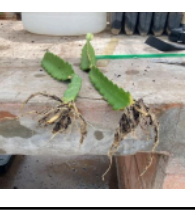
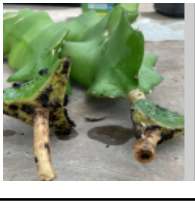
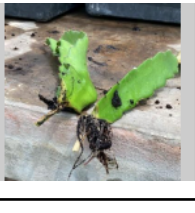
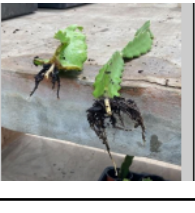




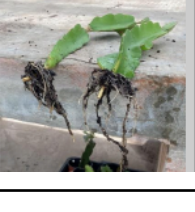




Figura 14.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, sobre el peso fresco de raíces en esquejes de pitaya (*H. undatus*). Las mediciones se realizaron cada 10 días aproximadamente desde el tratamiento. Cada valor es la media de 6 esquejes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

El peso de las raíces mostró una tendencia similar a la encontrada en el número de raíces. En este caso, las raíces de los esquejes tratados con IBA presentaron significativamente un mayor peso que el resto de tratamientos, durante todo el período estudiado (Fig. 14). La respuesta del IBA y del Ac (5000) fue inmediata y 25 días después del tratamiento las raíces del primero y del segundo ya pesaban 4 y 2 g, respectivamente, respecto al resto de tratamientos cuyo peso era inapreciable (Fig. 14). Este comportamiento se mantuvo, prácticamente durante todo el período estudiado, y al final de éste, aprox 2 meses después de los tratamientos, el peso de las raíces fue significativamente mayor en los tratados con IBA (14.8 g), seguido del control y Ac (5000) que fue de 9 g, aproximadamente y de 6-7 g para el resto (Fig. 14). De estos resultados se desprende que las sustancias empleadas, auxinas y bacillus, promueven mejor el número y peso de las raíces que su longitud. Finalmente, a modo de resumen, la evolución que mostraron las raíces con los diferentes tratamientos queda reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 12.- Influencia de la aplicación de IBA (1500 ppm) y de Accudo, mediante inmersión a 1500 y 5000 ppm, o directamente al sustrato con un volumen de 1.5 y 5ml, en las características de enraizamiento

Fecha	15/05	27/05	03/06	10/06	17/06
IBA					
Accudo (1500)					
Accudo (5000)					
Accudo (1,5mL)					
Accudo (5mL)					
Control					

9.- Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos durante este estudio, las conclusiones son las siguientes:

- 1.- El ácido indolbutírico (IBA) mejora significativamente la emisión de nuevas raíces en esquejes de pitahaya, así como su peso.
- 2.- Ningún tratamiento mejoró el crecimiento longitudinal de las raíces
- 3.- La respuesta del Accudo (*Bacillus licheniformis*) fue errática. Sólo el Ac (5000) consiguió acortar el tiempo de emisión de nuevas raíces respecto del control.

10.- Bibliografía

- Agustí Fonfría, M. (2022). Fruticultura 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa.
- Balendres, M.A., Bengoa, J.C. Diseases of dragon fruit (*Hylocereus* species): Etiology and current management options. *Crop protection* 126 (2019).
- Barbeau G., La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique, *Fruits*, vol. 45, nO 2, p. 141-147 . (1990)
- Bárceñas Abogado, P., Tijerina Chávez, L., Martínez Garza, A., Becerril Román, A. E., Larqué Saavadra, A., Colinas de León, M. T. Respuesta de tres materiales del género *Hylocereus* a la salinidad sulfato-clorhídrica. *Tierra Latinoamericana*, vol. 20, núm 2, 2002, pp 123-127.
- Caetano, D; Escobar, R; Caetano, M; Vaca, J. (2014). Estandarización de un protocolo de regeneración en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) (K. Schum. ex Vaupel) Moran. *Acta Agronómica. Col. Acta Agronómica*, vol. 63, núm 1, 2014, pp. 1-15
- Ebenhezer López Corona, B., Mondaca Fernández, I., Gortáres Moroyoqui, P., Meza Montenegro, M.M., Balderas Cortés, J., Ruiz Alvarado, C. y Omar Rueda Puente, E., Enraizamiento de esquejes de *Salicornia bigelovii* (Torr.) por quitosano como un bioproducto de origen marino.
- Esquivel, P., Araya Quesada, Y., Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista venezolana de ciencia y tecnología de alimentos*.3 (1): 113-129 (2012).
- Fattorini L, Veloccia A, Della Rovere F, D'Angeli S, Falasca G, Altamura MM. Indole-3-butyric acid promotes adventitious rooting in *Arabidopsis thaliana* thin cell layers by conversion into indole-3-acetic acid and stimulation of anthranilate synthase activity. *BMC Plant Biol.* 2017;17:121
- H. Thomson, P., Pitahaya a promising new fruit crop for Southern California. Bonsall Publications.
- Hossain, F., Numan, S. and Akhtar, S. Cultivation, Nutritional Value and Health Benefits of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.): A Review. *International journal of horticultural science and technology* (2021) Vol. 8, No. 3, pp. 259-269.
- <https://www.tridge.com/intelligences/dragon-fruit>
- Kakade, V., Morade, A., Kadam, D., Dragon fruit (*hylocereus undatus*) 7. ResearchGate.
- KK Mandal, Tamanna Perween, Hasan, MA., Dragon fruit: An exotic super future fruit of India. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry* 2018; 7(2): 1022-1026.

- Liu Z. , Wu X. , Cheng M., Xie Z., Xiong C., Zhang S., Wu J. , Wang P., Identification and functional characterization of SOC1-like genes in *Pyrus bretschneideri* Genomics 112 (2020) 1622-1632
- Llerena Zambrano, A., Agricultura digital en el cultivo de pitahaya, 16 octubre 2020.
- Mizrahi, Y., & Nerd, A. (1999). Climbing and Columnar Cacti : New Arid Land Fruit Crops.
- Mizrahi, Y., A. Nerd y P. Nobel. 1997. Cacti as crops. Hort. Rev. 18: 291-320.
- Mizrahi, Y., Raveh, E., Nerd, A., & Ben-Asher, J. (2007). New Fruit Crops With High Water Use Efficiency.
- PAPONOV IA, DW TEALE, M TREBAR, I BLILOU & K PALME. 2005. The PIN auxin efflux facilitators: evolutionary and functional perspectives. Trends in Plant Science 10: 170-177.
- Pascual España, B., Pascual Seva, N., San Bautista Primo, A., Castell Zeising, V. (2022). Propagación de plantas, edUPV.
- Petrášek J, Friml J (2009) Auxin transport routes in plant development. Development 136: 2675-2688.
- Pitts, R.J., A. Cernac y M. Estelle (1998). Auxin and ethylene promote root hair elongation in *Arabidopsis*. Plant J. 16: 553-560.
- Rafael Hernández, J., Aramendiz, H., Enrique Cardona, C., INFLUENCIA DEL ACIDO INDOLBUTIRICO Y ACIDO NAFTALENOACETICO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE CAÑA FLECHA (*Gynerium sagittatum* Aubl.).
- Rahman, A., S Hosokawa, Y. Oono, T. Amakawa, N.Goto y S. Tsurumi (2002). Auxin and ethylene response interactions during *Arabidopsis* root hair development dissected by auxin influxmodulators. Plant Physiol. 130: 1908-1917.
- Sánchez, J; Ochoa, R; Rodríguez, F; Zavaleta, J; Ortega, C; Palacios, H; Carrillo, L. (2000). Producción y Comercialización de Pitahayas En México. Mex. InfoAserca.
- Vanneste, S., Friml, J., Auxin: a trigger for change in plant development. DOI 10.1016/j.cell.2009.03.001