



JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3ª fase. Ejercicios 2023 y 2024.

Convocatoria 2022-2024

Entregable E8.3. Informe sobre el cierre de proyecto

Con el objetivo de analizar los resultados finales obtenidos a fecha de cierre del proyecto, en este entregable se muestran los principales desarrollos obtenidos por cada miembro, agrupados en paquetes de trabajo como cómputo global del proyecto.

- **PT1: Desarrollo experimental y manejo de las parcelas**

Durante la segunda campaña de ensayos, estos se han llevado a cabo durante las mismas parcelas seleccionadas en la primera actuación. El objetivo de repetir los ensayos en dos campañas distintas es, en primer lugar, dar robustez a los resultados obtenidos de forma preliminar y, en segundo lugar, seleccionar aquellos tratamientos que han mostrado un mayor efecto sobre los cultivos. Para esto, se han mantenido los mismos plots o parcelas experimentales (conjunto de 5 árboles donde se realizan los tratamientos). Sobre el diseño experimental inicial se han realizado dos modificaciones: se ha reducido el número de aplicaciones, de dos a una en todos los tratamientos y se ha incluido un nuevo tratamiento para el estudio de la incorporación de materia orgánica vía riego sobre los parámetros evaluados de productividad. Las variedades Hass y LambHass se recolectan en los meses de enero y marzo respectivamente, por lo que los resultados de cuajado y producción de cada uno de los tratamientos se obtendrán al finalizar la campaña actual.

Respecto al **manejo de las parcelas**, cada una de ellas ha realizado el mismo manejo del riego y fertilización que venían realizando en campañas anteriores. Se ha hecho hincapié en la importancia de no aplicar productos similares a los testados y que puedan enmascarar los resultados obtenidos. Por ejemplo, en fertirrigación se emplean abonos libres de zinc, manganeso y boro, pues esto son nutrientes que se aplican de forma foliar para estudiar su efecto sobre el cuajado y la viabilidad del tubo polínico. Tampoco se aplican productos destinados a aumentar el cuajado, como ácido giberélico o colmenas.

Durante esta campaña, se han continuado realizando los muestreos en 6 estados fenológicos distintos, además de los distintos pases con robot para la determinación de índices y vuelos de dron. El objetivo de estas determinaciones es poder correlacionar los resultados obtenidos en las analíticas de ionómica foliar con las mediciones del dron y robot para poder hacer un diagnóstico no destructivo. Los resultados de la presente campaña están siendo analizados por parte del IVIA (CDAS y agroingeniería) y UPV (Grupo de Israel Quintanilla).

Recomendaciones de riego: las parcelas de referencia de Puzol y la Vall d'Uixó han seguido las recomendaciones de riego generadas por el IVIA durante la campaña 2024. Las pautas de manejo fueron generadas de forma autónoma mediante datos de las estaciones climáticas y los datos agronómicos de la parcela y fueron enviados por correo con una frecuencia de 15 días.

En relación a la implementación de las **cubiertas vegetales**, en una finca comercial de aguacates bajo gestión en ecológico, situada en la localidad de Corbera, y con cultivo de las variedades Hass (H) y Lamb Hass (L), se ha realizado un diseño de bloques al azar en la se compararán dos tratamientos i) cubiertas vegetales con especies de floración temprana y ii) gestión del suelo con siegas frecuentes (control). Para cada tratamiento existen 4 réplicas cada una de ellas con superficies de entre los 1000 y 3000 m². Tres de las 4 réplicas se realizarán en la variedad Lab Hass mientras que la cuarta se llevará a cabo en la variedad Hass. Las cubiertas se sembraron durante el mes de noviembre de 2023 y en mayo de

2024, tras la nascencia y florecencia, se iniciaron los primeros muestreos. Durante el desarrollo del ensayo, se han observado diversas desviaciones respecto al resultado esperado, principalmente debidas a la falta de precipitación que ha impedido una correcta nascencia de las semillas sembradas, junto a una baja floración de la parcela. Aún así, se ha determinado el incremento de poblaciones observado en las calles con cubierta y el movimiento de los insectos a la copa de los árboles.

- **PT2: Desarrollo índices DRIS y NOR ratios para el diagnóstico nutricional**

Los resultados derivados del presente paquete de trabajo, referente a los índices de referencia DRIS y NOR para el diagnóstico nutricional en diferentes momentos del ciclo vegetativo, así como el análisis de la producción y calidad del fruto se obtendrán al finalizar la campaña de 2024, con el objetivo de aumentar la robustez de las recomendaciones realizadas.

Durante la campaña de 2024, se ha continuado con el muestreo de material vegetal en las 64 parcelas seleccionadas en el PT1 en todo el territorio productor de la Comunidad Valenciana. A fecha de entrega de este documento, se han realizado tres muestreos, quedando pendientes los de octubre (final del crecimiento del fruto) y diciembre (recolección), que se llevarán a cabo tras la justificación del proyecto. En el muestreo, al igual que en los anteriores, se seleccionan hojas jóvenes y maduras de cada una de las parcelas. Durante el inicio de la campaña de 2024, se ha trabajado en la recopilación de los datos de las producciones de las parcelas muestreadas durante la campaña de 2023 para poder correlacionar los datos obtenidos en la ionómica foliar con los de producción de las parcelas. El procesamiento de las muestras, tanto de hoja como de suelo, así como la extracción de metales y análisis de la ionómica en muestras vegetales, se ha realizado siguiendo el mismo protocolo empleado para la campaña anterior. Con esto, se pretende aumentar el número de datos con los que elaborar las tablas de referencia de los principales elementos nutricionales del cultivo del aguacate en la comunidad valenciana.

Respecto al muestreo del fruto, se realizaron envíos de 6 partidas al grupo de postcosecha del IVIA de 6 parcelas, 2 en Castellón, 2 en Valencia y 2 en Alicante, de las variedades Hass y LambHass. El objetivo del ensayo era determinar, en el momento de cosecha, las características del fruto para establecer el momento óptimo de recolección y poder correlacionar el contenido de macro y micronutrientes en los diferentes estados fenológicos con los parámetros de calidad del fruto. Además, en las parcelas de referencia mencionadas anteriormente (Puzol y la Vall) se tomaron muestras de fruto también en el mes de octubre (2 y 4 meses antes de cosecha, para Hass y LambHass) para determinar el momento óptimo de madurez.

- **PT3: Determinación no destructiva de la concentración de nutrientes mediante imagen hiperespectral visible e infrarroja.**

En el marco de este paquete de trabajo se ha realizado durante las dos campañas y de forma conjunta con los ensayos y muestreos en campo, la toma de imágenes en parcela y en laboratorio sobre las parcelas de referencia de Puzol y Vall d'Uixó. La toma de imágenes en campo ha consistido en el pase de un robot por control remoto que lleva incorporada una

cámara color de alta resolución y un sistema hiperespectral con dos cámaras en los rangos 400-1000 nm y 900-1700 nm. El robot monitorizó los 5 árboles correspondientes a una repetición de cada uno de los 12 tratamientos. Tras la toma de imágenes, se seleccionaron hojas que se guardaron etiquetadas y lavadas para ser analizadas en el laboratorio de Visión por Computador y Espectroscopía del CA-IVIA para la toma de imágenes de color, imágenes hiperespectrales y medidas de espectros. Sobre estas hojas, se utilizó el mismo sistema que se embarcó en el robot. El tercer equipo que se ha utilizado para obtener información de las hojas en el laboratorio es un sistema de espectroscopia basado en fibra óptica y compuesto por dos espectrómetros que cubren los rangos 400 – 1100 nm y 900 – 1800 nm. Tras estos valores, las hojas fueron enviadas al CDAS-IVIA para su análisis de ionómica foliar. Todos los datos generados han sido evaluados por el programa Python y Matlab. Los resultados de este paquete de trabajo se completarán e integrarán con los obtenidos en el PT2 y PT4 una vez finalizados los muestreos de la campaña actual.

- **PT4: Seguimiento con dron multiespectral**

El objetivo de este paquete de trabajo consiste en obtener la mayor información útil para la gestión de parcela, de manera rápida y no destructiva, a la vez que avanzar en el desarrollo de metodologías más adecuadas para la toma de estos datos. De esta manera, se ha conseguido identificar los índices de vegetación relacionados con el desarrollo de las plantas a partir de datos multiespectrales, hiperespectrales y térmicos, como son el NDVI, GNVI, NDWI y CWSI. Estos índices permiten detectar las fases fenológicas en las que se encuentran los cultivos, la cuantificación de la condición de la condición de estrés hídrico y estrés de nutrientes. Las imágenes permiten observar diferencias entre los índices de crecimiento de los distintos tratamientos testados. Los vuelos se realizan siempre entre las 12:00 hr y 14:00 PM para captar la máxima eficacia.

Todos estos datos, tanto las ortofotos multiespectrales y térmicas se han trabajado con un algoritmo de inteligencia artificial, el cual lleva un modelo pre-entrenado para realizar la separación de la superficie vegetal del terreno basándose en los índices vegetativos. La información capturada por dispositivos como sensores y drones y el análisis de dichos datos con herramientas de inteligencia artificial permite pues realizar un diagnóstico rápido no destructivo del cultivo, que conlleva ahorros importantes en términos de tiempo y dinero.

Con los datos obtenidos en las tareas T4.1 Y T4.2 se han extraído los índices NDVI promediados de cada ubicación y zonas para analizar el avance y retroceso vegetativo y así poder correlacionar estos datos con el resto de paquetes de trabajo.

- **PT5: Cálculo de la huella de carbono, huella de escasez hídrica y ecoeficiencia del producto.**

El cálculo de la huella de carbono, hídrica y ecoeficiencia del producto se basa en las actuaciones llevadas a cabo en las parcelas de referencia en los paquetes de trabajo 1 y 2 (manejo y desarrollo de índices DRIS y NOR). El punto de partida consiste en establecer un escenario de referencia (conocido como situación base) sobre la que se analizará el impacto de las nuevas técnicas estudiadas. Para ello, se han recabado los datos de las parcelas de referencia para la campaña 2022. Estos datos corresponden con un manejo convencional de las explotaciones en cuanto a riego y fertilización y fueron aportados por

los técnicos responsables del manejo de las parcelas, junto con bibliografía del cultivo en la zona mediterránea. Para las evaluaciones del escenario de referencia se ha establecido como unidad funcional una de tipo másico (kg de aguacate). Respecto a los límites del sistema, se considerarán tanto las emisiones asociadas a la fase de cultivo (uso de combustible y aplicación de fertilizantes) como aquellas derivadas de la fabricación de inputs (fertilizantes, electricidad...). Como límite temporal se establece un año en plena producción. Para el cálculo de la huella hídrica, la metodología empleada considera no sólo el consumo de agua si no también la disponibilidad de la misma en función de la cuenca hidrográfica en la que se desarrolla la actividad evaluada.

Para poder evaluar el impacto de la aplicación de tratamientos nutricionales y bioestimulantes, es necesario tener en cuenta los impactos sobre la productividad de la parcela, expresados en kg de producto. Para ello, los resultados de una campaña no son representativos, por lo que se requiere un mayor número de datos para completar el estudio. Aún así, los resultados de ecoeficiencia obtenidos son similares en ambas parcelas. No obstante, estos resultados podrían variar si se dispusiera de datos referentes a la influencia de los tratamientos aplicados sobre el rendimiento de los cultivos. En los resultados se puede observar como el impacto de Puzol es superior a la Vall, emitiendo 5306,91 kg CO₂ eq/ha y 5061,77 kg CO₂ eq/ha respectivamente. Esto se debe a la diferente fertirrigación empleada, ya que cada campo cumple con unas necesidades específicas para cada variedad a cultivar.

- **PT6: Desarrollo de una plataforma para el manejo integrado del cultivo del aguacate.**

En este paquete de trabajo, se ha trabajado en la generación de una plataforma digital que permita mostrar y gestionar al agricultor los hitos conseguidos con el proyecto, en lo que concierne a la fertilización, así como la visualización de los datos generados por el dron y la elaboración del cuaderno de campo digital.

Para ello, actualmente se dispone de una aplicación web que permite realizar la gestión de las fincas de aguacate desde un punto de vista integral, con todos los apartados necesarios para su control: fincas, parcelas, productos, operarios, stock, precios, ventas, visitas, etc. Para posibilitar el manejo del aplicativo desde el campo, se ha generado un enlace que permite la apertura de la aplicación desde un móvil o tablet, considerando la frecuencia en la que la introducción de datos se haga de forma manual en campo. Otro de los paquetes de trabajo del presente proyecto ha trabajado en la detección y seguimiento de índices vegetativos mediante dron, lo que aporta una información muy útil para el técnico sobre posibles problemas en parcela. Estos datos podrán consultarse en la misma aplicación móvil de gestión de finca mediante la integración de los datos obtenidos por las cámaras del dron. Por último, la aplicación se ha diseñado de manera que, si se realiza un control en los aspectos clave requeridos por la legislación en lo referente al cultivo del aguacate, la aplicación genera de manera automática el cuaderno de campo digital. Esto supone una ventaja para el gestor de fincas al solventar un problema reciente en cuanto a aspectos burocráticos.

- **PT7: Difusión y transferencia**

El proyecto ha contado desde su inicio con una actividad importante de comunicación al sector, tanto de las actividades planteadas como de los avances obtenidos y eventos realizados. Desde AVA-ASAJA, se ha llevado a cabo la organización de dichos seminarios técnicos, 4 a lo largo de todo el proyecto que concluirá con la presentación final de resultados a principios de 2025, en la III Jornada Internacional del Cultivo del Aguacate, organizada por ASOPROA, entidad perteneciente a AVA-ASAJA. Dichas jornadas comenzaron con la presentación del proyecto en la sede de AVA, continuaron en la presentación de los resultados de la primera campaña en la jornada del IVIA y finalizaron con la jornada de especialización del cultivo en la finca Sinyent de AVA, en julio de 2024.

Por otro lado, se han activado las cuentas del proyecto en Instagram y Facebook, sabiendo la repercusión que tienen estas actividades sobre técnicos jóvenes, al ser el aguacate un cultivo en expansión y necesitado de conocimiento técnico. Además, el proyecto dispone de su propia página web (<https://agufert.es/>) donde se depositan todos los materiales técnicos, noticias y avances del proyecto.

Además, se han realizado tres publicaciones técnicas en las revistas de los socios del proyecto, referidas al uso de cubiertas vegetales, manejo integrado de la fertilización y bioestimulación del cultivo y aspectos generales del proyecto.

Finalmente, el proyecto ha sido presentado en la conferencia internacional CLIMED FRUIT y en la II jornada de investigación sobre sostenibilidad celebrada en la universidad de Pisa el 13 de junio de 2024.

- **PT8: Coordinación y gestión**

En lo que respecta a la coordinación y gestión del proyecto, la Asociación Valenciana de Agricultores (AVA-ASAJA) ha llevado a cabo desde el inicio del proyecto la gestión tanto técnica como administrativa y financiera del mismo. En este sentido, para la coordinación directa con el resto de socios se ha generado un grupo de WhatsApp donde todos los participantes de los paquetes de trabajo están al tanto de la ejecución de las tareas. Esto se hace fundamental cuando las actividades se desarrollan de forma conjunta e interrelacionada entre los socios. Además, se han realizado 4 reuniones donde han participado todos los socios y diversas reuniones específicas de los paquetes de trabajo, tanto online como presencial.

Del mismo modo, se ha realizado una detección y seguimiento de las posibles desviaciones sobre el planteamiento inicial del proyecto. Esta detección se ha basado en las desviaciones del alcance, presupuesto, objetivo o cronograma establecido. Estas desviaciones han sido, en primer lugar, la necesidad de aumentar los plazos para la ejecución de ensayos en campo, con el objetivo de obtener mayor número de datos para aumentar la robustez de los análisis estadísticos y, por último, la reducción en el número de parcelas de referencia, de 3 a 2 para aumentar el número de tratamientos a realizar en estas dos.

Estas desviaciones han sido detectadas, comentadas y solventadas de manera positiva y ventajosa para el desarrollo del proyecto gracias a la comunicación efectiva establecida entre los socios desde el inicio del proyecto.