



Grupo Operativo de innovación del Aguacate.

Mejora de la productividad del Aguacate en
Málaga, Cádiz, Comunidad Valenciana y Canarias

Manual de manejo práctico del Cultivo del Aguacate



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



2019020007513 - Inversión total 365.045,63€ - Cofinanciación UE 80%

Edita: Grupo Operativo de Innovación del Aguacate
Asaja Málaga
C/ Mauricio Moro, 4-3ª Planta
29006 Málaga
España
Tel: 952 311 111
E-mail: asajamalaga@asajamalaga.com
www.goaguacatespain.com
Diseño y maquetación: Agrifood Comunicación

ÍNDICE

1. Diseño de parcela, implantación del cultivo y aspectos generales	09
2. Genómica y revisión varietal.....	13
3. Nutrición vegetal / Fertilización	21
4. Polinización y requerimientos climáticos	27
5. Riego.....	35
6. Poda.....	41
7. Sanidad vegetal	49
8. Maduración y recolección	57
9. Mapa (pendiente recibir el material).....	63

AGUACATE SPAIN
WWW.GOAGUACATESPAIN.COM

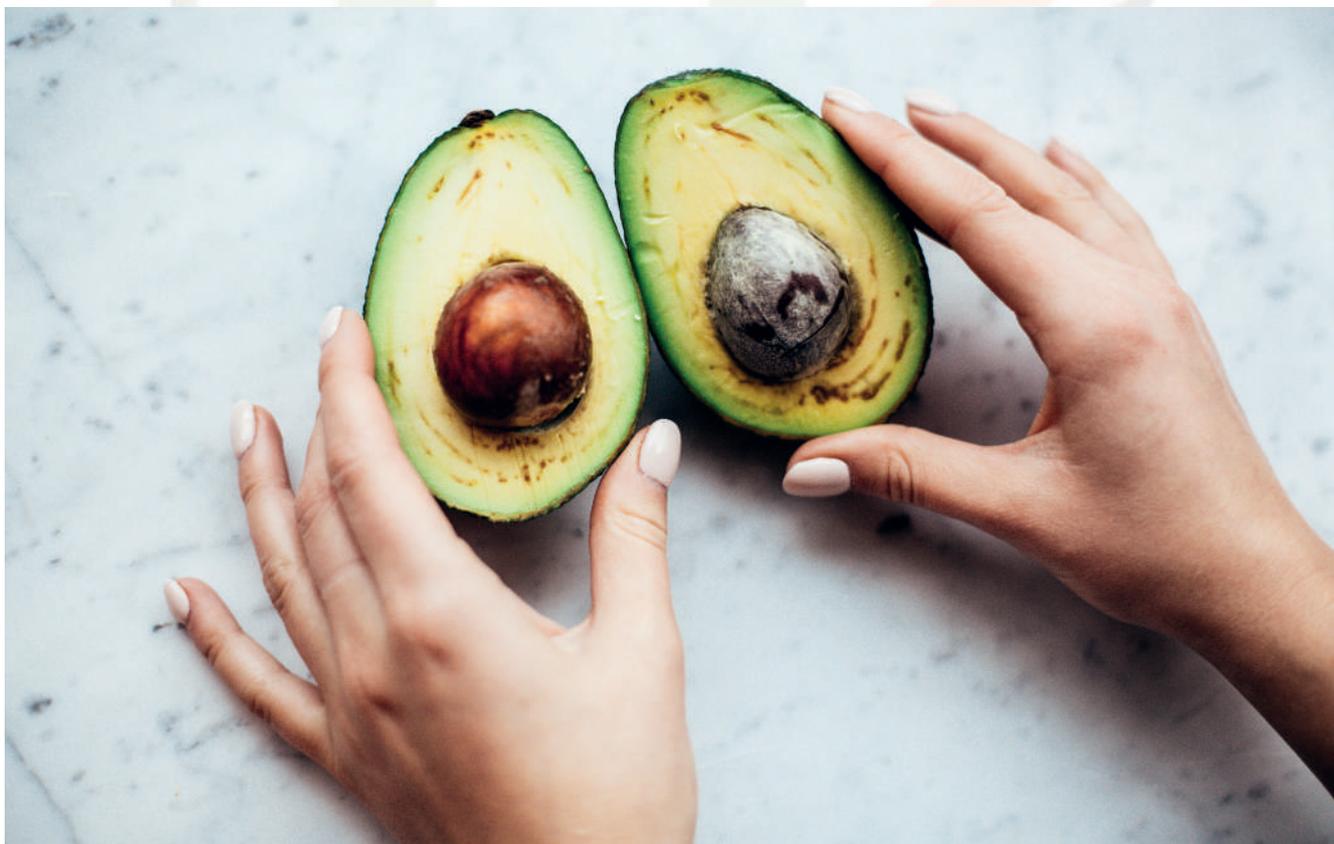
INTRODUCCIÓN Y SALUDA

En 2018 se crea el Grupo Operativo de Innovación del Aguacate (GO Aguacate), gracias a la iniciativa y liderazgo de la Asociación Agraria Jóvenes Agricultores - Asaja-Málaga, a través de su técnico especializado en frutas, hortalizas y tropicales, Benjamín Faulí Perpiñá, y se elabora el proyecto denominado "Mejora de la productividad del Aguacate en Málaga, Cádiz, Comunidad Valenciana y Canarias, con la redacción y la coordinación del agente de innovación, el Ingeniero Gil María Campos Alabau.

El proyecto es financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, a través del Plan Nacional de Desarrollo Rural (PNDR), y con una financiación total de 365.045,63€. El 80% ha sido cofinanciado por la Unión Europea.

El Grupo busca un aumento sensible en la productividad del aguacate, tanto en las zona tradicionales en las que trabaja el Grupo Operativo, como es el caso de Málaga, Tenerife y Callosa d'En Sarrià (Alicante), como en las nuevas zonas de expansión de Cádiz y de Valencia y Castellón, a partir de la transferencia de la

tecnología relativa a las técnicas de cultivo, el material vegetal y el control biológico. Para poder producir el impacto deseado, además de Asaja-Málaga, como representante del grupo ante la administración, y de Gil María Campos Alabau, como coordinador de la ejecución del proyecto, participan directamente en el grupo el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea "La Mayora" Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Asociación Valenciana de Agricultores - A.V.A. Asaja, la Asociación de Agricultores y Ganaderos de Cádiz (Asaja-Cádiz), el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), la Cooperativa agrícola de Callosa d'En Sarrià C.V. el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Con el grupo colaboran de forma destacada Syngenta y Regaber.



El presente manual busca recoger el conjunto de conocimientos y tecnologías transferidas a los agricultores durante la ejecución del proyecto en los años 2020 y 2021, y de esta forma difundir y multiplicar el efecto de los resultados obtenidos. El capítulo I, denominado Diseño de parcela, implantación de cultivo y aspectos generales, ha sido coordinado por el ICIA, y los autores son Pedro Modesto Hernández Delgado y Carlos Álvarez Acosta. El capítulo II, denominado Genómica y revisión varietal, ha sido coordinado por el IHSM "La Mayora", y en él participan Iñaki Hormaza Urroz y José Jorge González Fernández. El capítulo III, denominado Nutrición vegetal/ Fertilización ha sido coordinado por Alejandro Melià Ballester de Servicios Agrícolas Melià, y ha contado con la participación en su elaboración de Esteban Soler López responsable de I+D+i de la Cooperativa Ruchey, y de David Sarmiento Sarmiento, Director Técnico de Trops. El capítulo IV, denominado Polinización y requerimientos climáticos ha sido coordinado por el IHSM "La Mayora", y en él han participado Iñaki Hormaza Urroz, José Jorge González Fernández y María Librada Alcaraz. El capítulo V, denominado Riego, ha sido coordinado por Luis Bonet Pérez de Leon, y en él han participado María Amparo Martínez Gimeno y Eduardo Badal Marín, también del IVIA y Carlos Álvarez Acosta del ICIA. El capítulo VI, denominado Poda, ha sido coordinado por el equipo de Asaja-Málaga, con Benjamín Faulí Perpiñá, Diego Lozano Espejo, Luis Méndez Escalante y José Francisco Alemayn Porras, y ha sido escrito por David Sarmiento Sarmiento.

El capítulo VII, denominado Sanidad Vegetal, ha sido coordinado por el IHSM "La Mayora", y son sus autores Iñaki Hormaza Urroz y José Jorge González Fernández. El capítulo VIII, denominado Maduración y Recolección, ha sido coordinado por el ICIA, y las autoras son M. Gloria Lobo, Goretti Díaz-Delgado y Eva Dorta. Y finalmente, el capítulo VIII, denominado Cartografía del Aguacate en España, ha sido coordinado por Luis Bonet Pérez de Leon del IVIA, y Alejandro Chamizo y Martí Pericay, Francisco Pérez y Marta Pulido de la empresa Geomático, con la colaboración en su redacción de Gil María Campos Alabau.

Finalmente como coordinación del presente texto han trabajado Fernando Manrique Rivas, por parte de Asaja-Málaga y su equipo de profesionales adscritos al proyecto, así como Gil María Campos Alabau.

En representación del grupo operativo, le saluda atentamente:

- Baldomero Bellido Carreira
- Presidente de Asaja Málaga

Beneficiarios



Coordinador



Colaboradores



01

DISEÑO DE PARCELA, IMPLANTACIÓN DEL CULTIVO Y ASPECTOS GENERALES

Plantación

Los requerimientos climáticos del cultivo, la preparación del terreno, la elección del material vegetal y la plantación del mismo son factores determinantes en la elección de las zonas óptimas para establecer una plantación de aguacates, ya que de ellos dependerá en gran manera el comportamiento durante los siguientes 15 – 20 años de vida útil de la misma. Además, cobra especial relevancia la preparación del terreno por su sensibilidad al encharcamiento que provoca la asfixia radicular y la muerte de las raíces de las plantas. A continuación, se indican una serie de recomendaciones a tener en cuenta para las nuevas plantaciones:

Requerimientos climáticos:

- La temperatura juega un papel muy importante en los procesos de crecimiento y desarrollo del aguacate. Las plantas adultas soportan heladas ligeras, si bien deben elegirse emplazamientos donde no se produzcan las mismas, preferiblemente en laderas y evitando fondos de valle.
- Las temperaturas en el momento de floración-cuajado (final de invierno-primavera, según zonas de cultivo) son limitantes, debiendo ser superiores a 17°C en un intervalo seguido de tiempo que

varía entre 5 a 8 horas, las temperaturas superiores a 30 °C o la humedad relativa baja también afectan al cuajado.

- Las humedades altas, sobre todo en zonas subtropicales como Canarias también afectan a la polinización y el cuajado, por lo que deben evitarse localizaciones en zonas de influencia de "Mar de nubes".
- Los requerimientos hídricos se estiman entre los 6.000 - 9.000 m³/ha y año, pudiendo variar según la zona de cultivo, por lo que debemos tener en cuenta aplicar riego si las precipitaciones son inferiores o están mal repartidas durante el año.





Preparación del terreno:

- Se debe romper la compactación del suelo, para ello se realizarán dos pases en ambas direcciones de la parcela con una reja de unos 80 cm de profundidad. Con esto se consigue aumentar la aireación y mejorar el movimiento del agua en el suelo. Un buen drenaje es fundamental, no recomendándose plantar en parcelas que puedan sufrir encharcamiento en algún momento.
- Es imprescindible realizar, antes de plantar, un análisis físico y químico del suelo. Se deberá recoger una muestra representativa de la parcela de al menos 20 submuestras por hectárea. En base a estos análisis se realizarán las pertinentes correcciones tanto minerales como orgánicas, es importante que la salinidad del suelo no sobrepase los 3,0 dS/m y la concentración de carbonatos sea inferior al 10%. Así mismo se deberá conocer la calidad del agua de riego de la que disponemos, pues su conductividad puede ser un factor limitante para el cultivo. Los suelos con texturas muy pesadas no son recomendables para el cultivo del aguacate, debiéndose prestar especial atención a los suelos arcillosos.

- Se recomienda formar camellones en las líneas de plantación a favor de la pendiente o de manera que exista la suficiente pendiente longitudinal para evacuar el agua de lluvia. En plantaciones en ladera o con inclinación alta se orientarán según las curvas de nivel teniendo en cuenta posibilitar la evacuación del exceso de agua. Se realizarán aporcando tierra de los pasillos (sin profundizar más de 40 cm), hasta conseguir una altura de entre 40-80 cm y un ancho en cumbre de 50-80 cm. Esto aumentará la profundidad de suelo disponible y favorecerá el drenaje evitando el encharcamiento. En cualquier caso, no se recomienda realizar pocetas en los puntos de plantación.

Material vegetal y plantación:

- Se debe romper la compactación del suelo, para ello se realizarán dos pases en ambas direcciones de la parcela con una reja de unos 80 cm de profundidad. Con esto se consigue aumentar la aireación y mejorar el movimiento del agua en el suelo. Un buen drenaje es fundamental, no recomendándose plantar en parcelas que puedan sufrir encharcamiento en algún momento.
- El material vegetal deberá proceder de viveros registrados, debiendo estar etiquetado correctamente indicando claramente la variedad y el patrón utilizado.

Es imprescindible realizar antes de plantar un análisis físico y químico del suelo

- Se deberá evitar el uso de planta con más de un año en maceta, pues el desarrollo de plantas de vivero avejentadas no suele ser bueno.
- Deberán estar sembradas en macetas o bolsas de al menos 35 cm de altura, bien entutoradas.
- Si al sacar las plantas de las macetas o bolsas se observa enrollado al final del sistema radicular se deberán eliminar los últimos tres centímetros de las raíces y desinfectar el corte.
- Eliminar las plantas que presenten silla en la raíz principal. Esta silla se forma al girar la raíz en los primeros estadios e impide el correcto desarrollo futuro de la planta.
- Deshacer ligeramente el cepellón antes de plantar para facilitar el contacto de las raíces con el suelo.
- No enterrar la planta por debajo de donde estaba en la maceta ya que puede terminar muriendo por problemas de pudrición de cuello.
- Una vez puesta la planta en el hoyo, rellenar y compactar ligeramente con los pies.
- No hacer poceta para evitar encharcamientos y posible asfixia radicular.
- Dar un riego de asiento inmediatamente después de plantar, suficiente para lograr humedecer el suelo hasta los 40-50 cm de profundidad.
- Proteger el tallo frente a roedores y el sol. Además, se deberá aplicar caolín o similar para disminuir la transpiración y disminuir los daños en hoja causados por el sol.
- Si se va a formar el árbol en eje vertical, poner tutores enterrados de al menos 1,5 m de altura sobre el suelo y grosor suficiente para sostener la planta al menos los 3-4 primeros años.



Diseño de la plantación:

- Las líneas de plantación se orientarán norte-sur siempre que sea posible, en cualquier caso, se debe tener en cuenta dejar cierta pendiente para evitar encharcamientos.
- Los marcos de plantación van desde altas densidades a 4×2 m hasta marcos amplios de 8×8 m. Para la elección del marco tenemos que tener en cuenta el terreno que disponemos, la intensificación del cultivo que estamos dispuestos a realizar, los patrones y las variedades que vamos a utilizar y la zona donde vamos a implantar el cultivo.
- Para plantaciones de alta densidad se recomienda utilizar patrones clonales, pues dan lugar a plantas más homogéneas y menos vigorosas que los francos. Se deberá tener en cuenta también el vigor de la variedad a implantar.
- Los marcos más intensivos (4×2 , 4×3 , 5×2) es posible que no se puedan mantener a lo largo del cultivo, debiéndose aclarar si las plantas se llegan a tocar. Los marcos semi-intensivos (6×4 , 5×4) se pueden mantener como definitivos con un buen manejo de poda.
- El tipo de formación de la planta es determinante en el marco a utilizar, debiéndose usar formaciones en eje central con tutores para las densidades altas y formaciones en vaso tradicional para los marcos de plantación más amplios. Así mismo se deberá tener en cuenta que para el mantenimiento de las plantaciones a alta densidad necesitaremos más labores de poda y un manejo más atento de la parcela.
- En zonas con climas tendiendo más a tropicales como Canarias los marcos de plantación deben ser más amplios que en climas más fríos, pues las plantas presentan un crecimiento continuado durante casi todo el año y por lo tanto un mayor vigor.
- En todo caso se debe asegurar la mayor entrada de luz posible a la planta para tener una buena producción.
- La inclusión de polinizadores en la plantación es indispensable, en el capítulo correspondiente se indica la cantidad y ubicación de los mismos dentro de la parcela.

En zonas con climas tropicales los marcos de plantación deben ser más amplios que en climas más fríos



02

MATERIAL VEGETAL: VARIEDADES Y PORTAINJERTOS

Introducción

En cualquier especie frutal, la elección del material vegetal, donde se incluyen tanto la variedad como el patrón, constituye una de las decisiones claves para el éxito de una plantación. Esto supone que cualquier error en esta fase puede conducir a escoger plantas que no se adapten bien a una zona de cultivo o, aunque se adapten, ofrezcan rendimientos inferiores a los esperados o produzcan fruta poco comercial. Además, revertir esta situación plantando nuevo material o reinjertando sobre lo que ya tenemos implica incrementar los costes y estar varios años sin cosecha.

En aguacate, la oferta en viveros comerciales tanto de variedades como de patrones no es muy amplia. Primero, porque es un cultivo relativamente joven, sobre todo si lo comparamos con especies de larga tradición agrícola, como los cítricos. Segundo, porque su producción se localiza mayoritariamente en países que dedican pocos recursos a la investigación y, especialmente, a la obtención de nuevas variedades y patrones de aguacate. A esto se une el que el material vegetal tradicional, resultado en gran medida de selecciones que aparecieron por azar en viveros y plantaciones a lo largo del siglo XX, ha venido dando, hasta ahora, una buena respuesta a las necesidades de agricultores, distribuidores y consumidores.

No obstante, la poca diversidad de este cultivo puede ser un obstáculo para su sostenibilidad a medio o largo plazo, ya que disminuye sus posibilidades de sobrevivir a futuras amenazas, como plagas, enfermedades o episodios meteorológicos adversos. Además, la rápida extensión del aguacate a nuevas zonas de producción y nuevos mercados, impulsada por una alta demanda de esta fruta a nivel mundial, está aumentando el interés por ampliar la oferta varietal, incluyendo variedades que precisen menos recursos o estén adaptadas a climas más extremos, o por patrones con buen comportamiento en suelos poco fértiles o, incluso, con problemas de encharcamiento, salinidad o exceso de caliza.

Una parte importante de la diversidad en aguacate está asociada a la zona de origen y vendría recogida en la división, ya clásica, en tres razas: mexicana, guatemalteca y antillana.

La rápida extensión del aguacate a nuevas zonas de producción y nuevos mercados, está aumentando el interés por ampliar la oferta varietal



	Caracteres	Raza Mexicana	Raza Guatemalteca	Raza Antillana
Generales	Zona de Origen Adaptación climática Tolerancia al frío Tolerancia a sales	Zonas altas de México (1500 - 2500 m; 19-24° N) Templada-Subtropical Mayor Baja	Zonas altas de Guatemala (1000-2000 m; 14-16°N) Subtropical Intermedia Baja	Zonas tropicales bajas (>1000 m; 8-15° N) Tropical Baja Mayor
Hoja	Color brote nuevo Olor a anís	Normalmente presente Verde pálido	Ausente Rojizo	Ausente Verde pálido
Fruto	Tiempo de desarrollo Espesor de la piel Contenido en aceite	5-7 meses Delgada o muy delgada Alto	10-18 meses De media a muy gruesa Alto-mediano	6-8 meses De delgada a gruesa Bajo

Tabla 1. Principales caracteres de las 3 razas de aguacate. Tomado de Storey et al. (1986) y Sánchez-Pérez (1999)

Variedades

Las variedades de aguacate se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios:

- Según la raza, en mexicanas, guatemaltecas y antillanas, aunque la mayoría de las variedades comerciales son híbridos entre ellas, principalmente mexicanas por guatemaltecas en zonas subtropicales y antillanas por guatemaltecas en zonas tropicales.
- Según el tipo floral, en A y B; con un ciclo de apertura de flor de 2 días, las de tipo A abren en femenino por la mañana del primero y en masculino la tarde del segundo, mientras las de tipo B justo al revés, por lo que suele aconsejarse poner variedades de ambos tipos en la misma plantación para favorecer la polinización cruzada.
- Según la piel del fruto, en verdes y negras por el color en madurez de consumo, y en lisas y rugosas por la textura.
- Según la forma del fruto, en redondos y aperados, aunque hay formas intermedias y entre los aperados los hay con distinta longitud del cuello.
- Según la época de recolección, en tempranas, de media estación o tardías.
- Según el porte del árbol, en erectas, semi-extendidas y extendidas.

- Según su protección legal, en libres o protegidas. Estas últimas están amparadas por los derechos de obtención y sólo pueden ser propagadas, y, a veces, comercializadas, por su obtentor o quien posea sus derechos. En relación a esto, cada variedad tiene su perfil de ADN y puede identificarse analizando un poco de tejido de una planta o piel de la fruta producida.

La situación varietal en aguacate está muy condicionada por el dominio en los mercados internacionales de una única variedad, 'Hass'. Por ello, es la variedad más demandada y la que normalmente se aconseja desde el sector comercializador de esta fruta, dando poco margen a otras variedades. Sin embargo, no es la única que se oferta en los viveros ni tiene por qué ser la que mejor se adapte a todas las zonas de cultivo, aunque si se opta por una variedad que no sea 'Hass', hay que tener asegurado desde el principio el canal de venta. En este sentido, si se apuesta por una estrategia de producto local, cabe la opción de combinar variedades con distinta época de recolección que permitan tener producción a lo largo de todo el año en nuestras condiciones climáticas.

‘Hass’

Es un híbrido mexicano por guatemalteco, de tipo floral A, cuyo prototipo de fruto es de forma aperada, presenta piel rugosa que cambia de color verde a negro cuando ablanda y tiene sabor suave y mantecoso. No obstante, caracteres como la forma del fruto, la rugosidad de la piel (Salazar et al., 2016) o la composición de la pulpa (Bernal-Estrada y Cartagena-Valenzuela, 2017) pueden variar notablemente con las condiciones ambientales y, en algún caso, con el manejo del cultivo (Bogrio et al., 2018).

Algunas de las ventajas de ‘Hass’ serían:

- Su plasticidad ambiental, que permite su cultivo en un amplio abanico de climas.
- Su prolongado periodo de cosecha (hasta casi 6 meses en España), lo que proporciona una enorme flexibilidad al propio agricultor y al conjunto de la cadena de distribución.
- Su larga vida poscosecha, que permite periodos de transporte superiores a 50 días, y su buena adaptación a la premaduración, cada vez más extendida en la logística de distribución del aguacate.

- Su buena aceptación por los consumidores, debido a su calidad gustativa y a la facilidad con la que se identifica el momento óptimo de consumo.

De esta manera, esta variedad se adapta muy bien a las necesidades de todos los actores de la cadena de valor y sólo con ella resulta posible abastecer los grandes mercados a lo largo de todo el año con fruta de distintos orígenes.

‘Hass’, que ya tiene casi 100 años de antigüedad, se originó a partir de un árbol de semilla, que llegó a ser injertado, aunque la púa no agarró. Con el tiempo, este árbol llegó a producir frutos y, aunque la familia propietaria de este huerto en La Habra (California), estuvo tentada de eliminarlo porque eran frutos muy distintos al estándar de ese momento, decidieron finalmente conservarlo y lo patentaron con su nombre en 1935.

**Fruto de forma aperada,
presenta piel rugosa que cambia
de color verde a negro cuando
ablanda y tiene sabor suave y
mantecoso**



Variedades de piel verde:

A pesar de todas las ventajas citadas, ‘Hass’ no llegó a convertirse en la reina del aguacate californiano hasta la década de 1970, es decir, casi 40 años desde su registro, periodo en el que dominaban los tipos de piel verde, principalmente ‘Fuerte’. Este es un híbrido mexicano por guatemalteco recolectado en Puebla, México, en 1911, cuyo nombre alude a su capacidad para sobrevivir a una potente helada que tuvo lugar en California en 1913. Aunque su importancia mundial ha ido disminuyendo, sigue siendo uno de los más reconocidos entre los de piel verde y su producción continúa teniendo un cierto peso en algunos países.

De piel verde son también ‘Bacon’, ‘Zutano’ y ‘Edranol’, de sangre predominantemente mexicana los dos primeros y guatemalteca el tercero, que se seleccionaron durante el primer tercio del siglo XX y, aunque su calidad no es muy alta, continúan presentes en muchos países por ser, al igual que ‘Fuerte’, de tipo floral B y utilizarse como polinizantes de ‘Hass’ y otras variedades oscuras de tipo A, que son, hoy en día, predominantes.

Entre las de piel verde y tipo A destacan ‘Pinkerton’, variedad temprana de sangre mayoritariamente guatemalteca, y ‘Reed’, guatemalteco puro, que se seleccionaron a mediados del siglo pasado y aún tienen cierta importancia en Sudáfrica e Israel. ‘Reed’ es una variedad tardía (entre junio y agosto en la Península), de porte

erecto y muy buena calidad, por lo que encaja bien en plantaciones de alta densidad y como complemento a la producción de aguacate de invierno.

Fuera de California también se han seleccionado algunas variedades interesantes de piel verde, aunque destinadas fundamentalmente a consumo interno, caso de ‘Ettinger’ en Israel, donde en 2010 suponía casi un tercio de su producción, o ‘Sharwill’, originaria de Australia y predominante en Hawái (Crane et al., 2013).

‘Hass’ no llegó a convertirse en la reina del aguacate californiano hasta la década de 1970



Bacon



Fuerte



Reed



Pinkerton

Variedades recientes tipo Hass:

A pesar del éxito de ‘Hass’, se le han achacado varios problemas, como bajas producciones, predominio de pequeños calibres, una acusada alternancia productiva o una gran sensibilidad a factores ambientales, plagas y enfermedades (Kerguelen y Hoddle, 2000; Kremer-Khöne y Mokgalabone, 2003). Esto ha llevado a la búsqueda de nuevas variedades en distintos países utilizando diversas fuentes de diversidad. Los programas que más esfuerzo y recursos han dedicado a esta tarea han sido los de EEUU, Israel, México y Sudáfrica (Barrientos-Priego, 2017). Aunque inicialmente buscaban selecciones de piel verde, el éxito de ‘Hass’ ha convertido la piel negra y rugosa en el estándar de mercado. Entre los resultados más sobresalientes de estos programas se pueden citar variedades como ‘Lamb Hass’ y ‘Gem’, ambas emparentadas con ‘Hass’ al ser las dos descendientes de ‘Gwen’, nieto de ‘Hass’. ‘Lamb Hass’ ha generado muchas expectativas en distintos países por características como su porte erecto y recogido, que protege bien los frutos de factores adversos como viento o bajas temperaturas, su precocidad o su tolerancia a algunas plagas, pero, hasta la fecha, no ha llegado a alcanzar grandes cuotas de producción. En España, su implantación no ha sido muy importante en la zona productora de Málaga y Granada, la más importante a nivel nacional, aunque ha gozado de más éxito en la Comunidad Valenciana (Rodríguez, 2017), una de las zonas de expansión del aguacate en la Península Ibérica. Aunque ‘Lamb Hass’ tiene un fruto parecido al de ‘Hass’, se distinguen fácilmente y, además, es más tardía que ‘Hass’,

por lo que mezclar ambos como si fueran de la misma variedad, como se hace algunas veces, puede ser desastroso y parece más lógico que cada una se comercialice por separado.

Otro grupo emergente de variedades de aguacate es el de posibles mutantes de ‘Hass’, muy similares a ésta, pero, según sus obtentores, con alguna mejora, sobre todo en calibre del fruto o precocidad. En este grupo estarían, entre otros, ‘Jiménez 2’, ‘Méndez 1’ o ‘Carmen’ y ‘Maluma’. De algunas hay muy buenas referencias de otros países, pero, lógicamente, deben evaluarse durante varios años en nuestras condiciones antes de su recomendación al sector productor. Otras variedades tipo ‘Hass’ de interés son ‘Lavi’ y ‘Naor’ de Israel, ‘Turner Hass’ y ‘Llanos Hass’ de Australia, y ‘Flor de María’ de México (Barrientos-Priego, 2017; Espíndola, 2019), aunque aún no se han probado en España.

Aunque muchas de estas variedades se parecen a ‘Hass’ y pueden llegar a confundirse con ella, no siempre se les pueden aplicar los mismos criterios de manejo que se usan con ‘Hass’ ni siempre se pueden mezclar los frutos de unas y otras. Esto afecta, por ejemplo, a la época de cosecha, al criterio para iniciar la recolección o a las condiciones de conservación en poscosecha. A continuación, se incluye una tabla donde, para las variedades más populares, se señalan las épocas de maduración aproximadas en La Península y el contenido mínimo legal en materia seca del fruto para su recolección, tal y como aparecen en el Reglamento (CE) nº 387/2005 de la Comisión, de 8 de marzo de 2005. La materia seca se determina por desecación en estufa o microondas hasta llegar a peso constante o mediante NIR.



Variedad	Bacon Zutano	Fuerte	Hass	Pinkerton	Lamb Hass	Reed
Materia Seca Mínima	19	20	21	20	23	20
Época Cosecha	IX -XI	XI - I	XII - V	XII - II	IV - VI	VI - IX

Se ha tomado el criterio de 2 puntos más que Hass, como se establece en California

Patrones:

La elección del patrón en cultivos frutales es, casi siempre, tan importante como la elección de la variedad, aunque a menudo no se le da el valor que tiene. El patrón aporta el sistema radicular del árbol y, por tanto, de él dependen aspectos clave como la absorción de agua y nutrientes o la relación con la microbiota del suelo, en la que destaca su comportamiento frente a agentes patógenos. También influye en que haya una buena unión con la variedad y se establezca una buena comunicación entre raíz y copa. Como consecuencia de ello, puede afectar, entre otros aspectos, al vigor y el tamaño del árbol, al rendimiento, a la alternancia productiva, a la tolerancia a estrés (particularmente, asfixia por encharcamiento, salinidad, caliza, sequía o enfermedades de suelo) o a la calidad poscosecha de la fruta.

Del patrón dependen aspectos clave como la absorción de agua y nutrientes o la relación con la microbiota del suelo

El patrón ideal para una misma variedad puede cambiar según las condiciones edafo-climáticas o la situación sanitaria del suelo. A su vez, el patrón ideal para una variedad puede no ser el mismo para otras. Esto obliga a estudiar cada caso, teniendo en cuenta la localización de la finca, las analíticas de suelo y agua y los antecedentes de cultivo y sanitarios. Con ese estudio previo, será más fácil elegir entre la oferta, cada vez más extensa, de los viveros comerciales, cuyo asesoramiento también puede ser clave para una buena decisión.

Cuando no hay experiencia de cultivo de aguacate en una zona, es recomendable tener un pequeño ensayo con distintas combinaciones variedad-patrón para observar su comportamiento. Lo ideal es que este tipo de ensayos se llevara a cabo por instituciones públicas o asociaciones de agricultores. A veces, en esas zonas hay árboles de aguacate singulares que muestran una buena adaptación a esas condiciones y, probablemente, han sobrevivido a circunstancias adversas, por lo que podrían ser buenos candidatos a patrones o, si producen frutos de buena calidad gustativa, a variedades.



Fuente: Fassio et al., 2007

Los patrones de aguacate se clasifican, principalmente, atendiendo a tres criterios:

- La raza a la que pertenecen, que tendría los mismos grupos citados en las variedades. Por lo general, cada raza está asociada a unas determinadas condiciones ecológicas, por lo que es más probable encontrar adaptación a distintos condicionantes ambientales en determinados grupos que en otros; por ejemplo, tolerancia al frío en raza mexicana, tolerancia a salinidad en raza antillana, etc.
- El método de propagación, que puede ser de semilla o clonal. En el primer caso, las plantas proceden de propagación es sexual y cada planta es única, distinta genéticamente a la madre y a sus hermanas. Por eso, las partidas con patrón de semilla no ofrecen garantía de uniformidad ni de manifestar aquellos caracteres de la madre por lo que ésta se seleccionó. En el segundo caso, la propagación es vegetativa y da lugar a plantas genéticamente iguales a la madre, por lo que deben ser partidas muy uniformes y que conserven los caracteres de interés. El sistema radicular que se genera suele variar según el tipo de propagación, tal y como se observa en la siguiente imagen.
- La tolerancia o resistencia a enfermedades, concretamente *Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix*. Este puede ser un aspecto clave en la elección del patrón porque ambos hongos tienen distintos huéspedes y están ampliamente distribuidos en zonas españolas con potencial para cultivo del aguacate. En el caso de *Phytophthora cinnamomi*, hay ya patrones comerciales con distinto grado de tolerancia, mientras que, en el caso de *Rosellinia necatrix*, aún no hay disponibilidad de patrones tolerantes a nivel comercial, pero hay selecciones muy avanzadas. Normalmente, proceden de árboles escape, originados de patrones de semilla que sobreviven en zonas con una alta infección natural que ha acabado con todos los que les rodean.

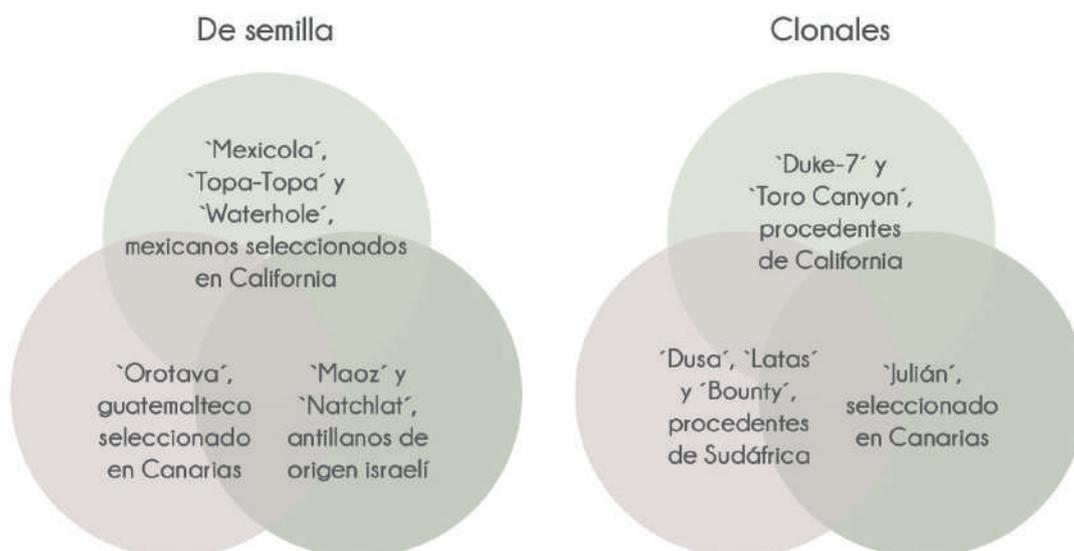
Cada raza está asociada a unas determinadas condiciones ecológicas, por lo que es más probable encontrar adaptación a distintos condicionantes ambientales en determinados grupos que en otros



- Como en el caso de las variedades, también hay patrones libres y protegidos, que se hallan sometidos a los mismos derechos de obtentor que las variedades. Como en éstas, cada patrón tiene su perfil de ADN y puede identificarse por análisis genético de una pequeña porción de la planta.
- Muchas plantaciones de aguacate en España se han hecho con patrones de semilla, cuya selección se basaba en aspectos como la tolerancia al frío, el vigor o la adaptación a la producción viverística. No obstante, en los últimos tiempos, dominan claramente los patrones clonales, que, por lo general, incorporan tolerancia a *Phytophthora cinnamomi* y buenas aptitudes productivas, al menos, en ‘Hass’, aunque su precio es mayor por el laborioso proceso de propagación. Este proceso requiere de una planta nodriza, sobre la que se injerta el patrón que se quiere enraizar, con lo que se desarrollan dos cabelleras de raíces, entre las que se coloca una anilla metálica para que sólo quede la del patrón injertado. Algunos de los patrones clonales más populares en España y en muchos otros países son ‘Dusa’, ‘Duke-7’ y ‘Toro Canyon’. El primero fue seleccionado en Sudáfrica, mientras que los dos últimos proceden de California. Tanto en Sudáfrica como en California hay nuevos patrones clonales con tolerancia a *Phytophthora* y/o salinidad, que se irán incorporando al mercado en los próximos años.

En los últimos tiempos, dominan los patrones clonales, que, por lo general, incorporan tolerancia a *Phytophthora cinnamomi* y buenas aptitudes productivas, al menos, en ‘Hass’, aunque su precio es mayor por el laborioso proceso de propagación

A continuación, se citan algunos de los patrones disponibles a nivel comercial:



03

NUTRICIÓN VEGETAL Y FERTILIZACIÓN

Introducción

El enfoque actual para el manejo de la fertilización del aguacate se orienta a proveer fertilizantes en épocas y cantidades específicas de acuerdo a los requerimientos nutricionales que el aguacate tiene para sostener un determinado nivel de producción. De esta forma, se propone aumentar los rendimientos sin incrementar innecesariamente los costes de producción, disminuir los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas cuando estos percolan en profundidad, bajo el nivel de las raíces y, se busca mantener un suelo con suficiente materia orgánica, que provee microorganismos que en forma natural crean condiciones adecuadas para el desarrollo y buen funcionamiento de las raíces. El aguacate es una especie con importantes requerimientos nutricionales. Actualmente existe mucha discusión en cuanto a las cantidades totales de fertilizante a aplicar, por lo que la información que presentamos, seguramente pueda modificarse a medida que avancen los ensayos científicos que se están realizando centrados en el cultivo en nuestras condiciones. Por poner un ejemplo, las cantidades totales de Nitrógeno que se aplican, son muy variables en diferentes zonas de cultivo de aguacate del mundo. En España como norma general, se aplican entre 75 – 150 UF/Ha de Nitrógeno, en California entre 100 y 200 UF/Ha, mientras que en Perú se llega, en algunos casos, a las 300 UF/Ha de este elemento.

También se encuentran en revisión los niveles de referencia de los distintos elementos en los

análisis foliares, ya que para conseguir grandes producciones puede ser necesario llegar a niveles nutricionales más altos. Se han visto diferencias entre las distintas variedades, incluso entre diferentes zonas de cultivo, por lo que sería necesario establecer niveles de referencia según variedad y zona de cultivo.

Es muy interesante, previa realización del plan de fertilización, disponer de un análisis de la calidad del agua de riego y del suelo. Por una parte descartamos la presencia de elementos tóxicos que pueden limitar el cultivo del aguacate, tanto en potencial productivo como en la imposibilidad de llevarlo a cabo y nos pueden ayudar a llevar a cabo acciones para desplazar o inhibir la interacción de estos elementos tóxicos con el cultivo y por tanto, tener a nuestro cultivo en las mejores condiciones posibles. Por otra, tanto el agua como el suelo, pueden contener elementos que podemos descontar de nuestro plan de fertilización, con el consecuente beneficio económico que ello conlleva.



Figura X: Desequilibrios nutricionales van asociados a menores producciones

Explicación práctica

En primer lugar, para determinar la cantidad de nutrientes a aplicar, debemos considerar las extracciones de cultivo (cantidad de nutrientes que extrae la planta según la cosecha), que a continuación se detallan en la tabla adjunta:

Extracción de elementos por 10000 Kg/Ha	
ELEMENTO	EXTRACCIÓN (Kg/Ha)
Nitrógeno	25,5
Fosforo	11
Potasio	47
Magnesio	3
Calcio	1
Boro	0,04
Hierro	0,06
Zinc	0,04
Cobre	0,02
Manganeso	0,01

Fuente: Salazar-García, 2002

Niveles foliares referencia (Hass)	
ELEMENTO	REFERENCIA
Nitrógeno (%)	2 - 2,2
Fosforo (%)	0,11 - 0,13
Potasio (%)	0,5 - 1
Magnesio (%)	0,3 - 0,8
Calcio (%)	1 - 3
Boro (ppm)	30 - 80
Hierro (ppm)	50 - 200
Zinc (ppm)	30 - 150
Cobre (ppm)	5 - 15
Manganeso (ppm)	30 - 500

Otro punto importante que puede condicionar la cantidad de elementos a aportar son las reservas del cultivo. Para conocerlas, la herramienta que disponemos en este momento es el análisis foliar, el cual nos permite conocer el estado nutricional del cultivo en el momento de la toma de muestras. Los niveles de referencia que tenemos están realizados para la realización del muestreo en Octubre - Noviembre, tomando la 3ª - 4ª hoja del brote de primavera, sin fruta. Con una muestra entre 50 - 100 hojas es suficiente.

Los elementos cumplen funciones específicas a lo largo de cada etapa fenológica del cultivo. A continuación desglosamos las funciones de los principales elementos que requiere el cultivo del aguacate:

Nitrógeno:

Elemento importante durante el crecimiento vegetativo y el cuajado del fruto. Su aporte en elevadas cantidades puede inducir vigor vegetativo y por tanto, disminuir la producción final. En nuestras condiciones las aguas pueden aportar grandes cantidades de este nutriente, por lo que es importante tener en cuenta este punto a la hora de realizar el plan de fertilización.

Fósforo:

Elemento importante ya que se encarga de proveer energía para la realización de diversos procesos metabólicos de la planta. Importante su aporte durante la primavera, por el elevado gasto energético de la planta en esta época y además por favorecer el crecimiento de nuevas raíces. Hay que tener cuidado en aportar el elemento en grandes cantidades, ya que es antagonico con otros elementos como el Zinc, Manganeso, Cobre y Hierro.

Potasio:

Importante durante el crecimiento activo del fruto. Se requiere en grandes cantidades en el cultivo, por lo que es importante aportarlo desde cuajado hasta fin del crecimiento del fruto.

Magnesio:

Forma parte del núcleo central de la clorofila, por ello su carencia se manifiesta con el amarilleamiento de las hojas. En la Comunidad Valenciana, el agua suele llevar grandes cantidades del elemento, que incluso puede llegar a suprimir su aporte en los planes de fertilización. Marcado antagonismo con el Potasio y el Calcio.

Calcio:

Esencial en la formación de paredes celulares, ayudando a la formación de estructuras y a la permeabilidad de las membranas celulares. Importante su aportación durante la primera fase de crecimiento activo del fruto. Su máxima absorción se produce en las primeras 8 semanas desde el cuajado del fruto. Su carencia, puede provocar desórdenes fisiológicos que afectan a la calidad del fruto como aumento de la incidencia de pulpa gris, pardeamiento vascular, antracnosis...



Figura X: Síntomas carencia Boro

Boro:

Relacionado con la fertilidad del tubo polínico, por lo que debemos favorecer su aportación durante la floración y el cuajado del fruto. Su exceso puede provocar toxicidad, mientras que su defecto además de reducir el cuajado del fruto, puede adelantar el ablandamiento postcosecha y producir frutos arriñonados.

Hierro:

Favorecer su aporte en terrenos calizos y/o con pH elevado, ya que su absorción está muy limitada en estos casos. Su carencia severa puede producir incluso la quema de hojas y la reducción del potencial fotosintético de la planta.

Zinc:

Activador enzimático que influye en la formación y el crecimiento del tubo polínico, por lo que es importante en el periodo de floración y cuajado. Su deficiencia produce brotes arrosados y frutos redondeados y de pequeño tamaño.



Figura X: Síntomas carencia Hierro

A modo orientativo, en nuestras condiciones de cultivo, las cantidades totales de elementos a aplicar para plantaciones en plena producción, son las siguientes:

Cantidades de elementos por campaña	
ELEMENTO	UF/Ha y año
Nitrógeno	75 - 150
Fosforo	20 - 25
Potasio	75 - 150
Magnesio	5 - 10
Calcio	3,5 - 5
Boro	2,5 - 4
Hierro	0,25 - 0,5
Zinc	10 - 20
Cobre	5 - 15
Manganeso	1 - 5

La herramienta para conocer las reservas del cultivo es el análisis foliar, el cual nos permite conocer el estado nutricional del cultivo en el momento de la toma de muestras

ELEMENTO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO-INVIERNO	RECOMENDACIONES
Nitrógeno	20%	65%	15%	Max. necesidad Mayo-Septiembre
Fosforo	100%	-	-	Antagonismo con Zn - Cu - Mn - Fe
Potasio	20%	65%	15%	Antagonismo con Ca-Mg
Calcio	100%	-	-	
Magnesio	100%	100%	100%	
Hierro	100%	-	-	
Cobre	100%	-	100%	
Manganeso	100%	100%	100%	
Zinc	100%	-	-	
Boro	100%	100%	100%	

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Nitrógeno			10%	20%	5%	5%	20%	10%	10%	10%	5%	5%
Fosforo			10%	10%	15%	10%	10%	10%	10%	15%	10%	
Potasio			5%	5%	10%	15%	20%	15%	15%	10%	5%	
Calcio			5%	5%	20%	20%	20%	15%	15%			
Magnesio			15%	10%	10%	10%	15%	10%	10%	10%	10%	
Hierro			25%	25%		25%	25%					
Boro			30%	20%		25%		25%				
Zinc			25%	25%		25%	25%					

Materia Orgánica (Comentarios Generales)

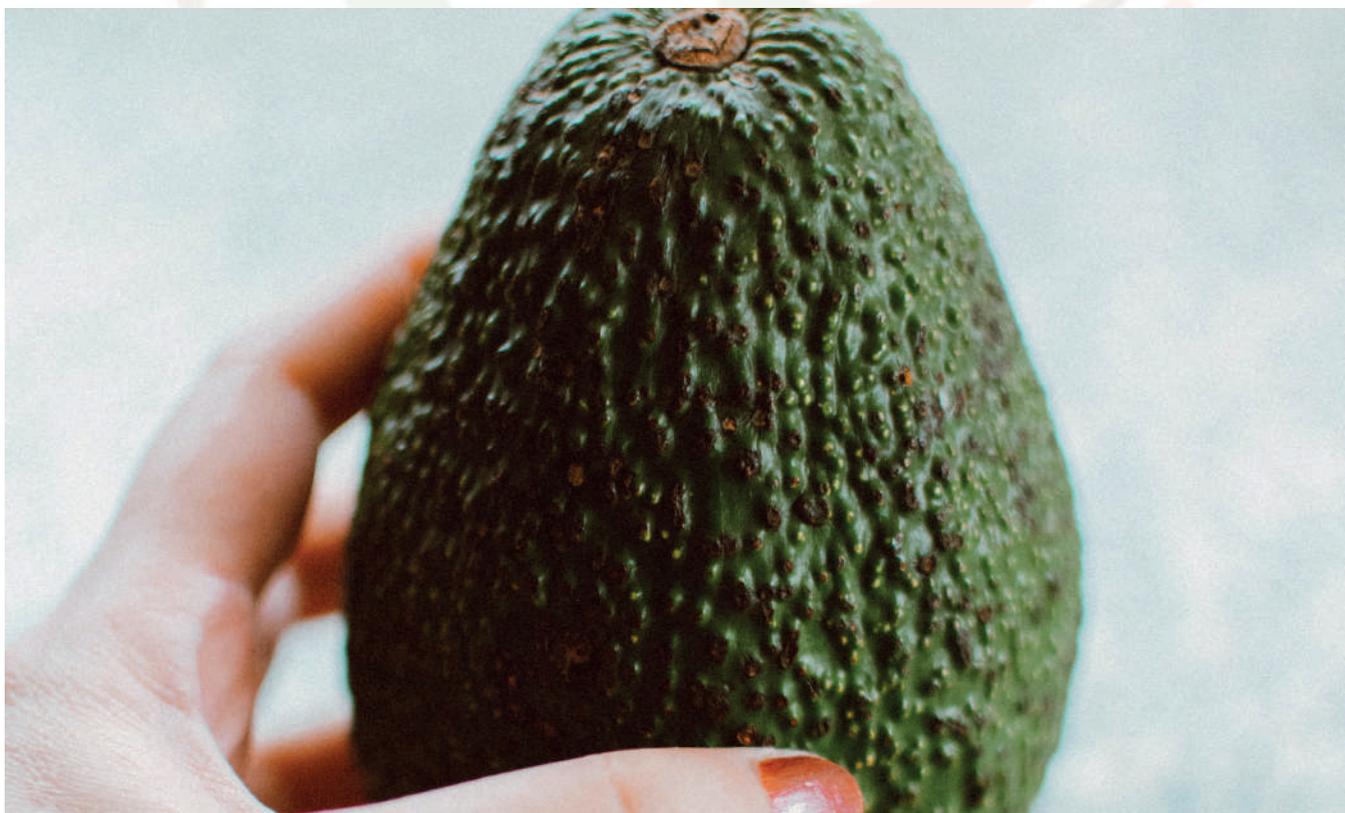
Es conocida la peculiaridad del aguacate de tener un sistema radicular muy superficial concentrando un 70% del mismo en los primeros 30-40 centímetros de profundidad del suelo. Esta característica debemos tenerla presente de cara al diseño agronómico del riego y a los tiempos del mismo. Por otra parte la presencia de materia orgánica en el suelo no solo protege a las raíces sino que estimula su crecimiento. Al mismo tiempo está favoreciendo la presencia de una biota en el suelo que mejora la absorción de nutrientes (micorrizas, etc.) y dificulta de presencia de hongos patógenos.

Esta materia orgánica va transformándose y mineralizándose mejorando la textura en suelos muy arcillosos haciéndolos más permeables y aireados así mismo liberando nutrientes. Los ácidos orgánicos resultantes favorecen la formación de quelatos naturales de hierro, zinc,

etc. Hay que tener en cuenta que el aguacate es muy sensible a la asfixia radical.

Por lo anteriormente comentado la aplicación cara al otoño de 4-5 toneladas de estiércol por hectárea y año en la zona de sombra de los arboles es muy conveniente y aconsejable. Es muy importante conocer la procedencia de la materia orgánica a aplicar y comprobar sus características fisicoquímicas.

La presencia de materia orgánica en el suelo no solo protege a las raíces sino que estimula su crecimiento





04

POLINIZACIÓN Y REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Introducción

El aguacate tiene una floración exuberante que, en climas mediterráneos, se suele producir una vez al año, en primavera (Figura 1). Las flores del aguacate son hermafroditas, con órganos masculinos y femeninos, aunque la maduración de los mismos está separada en el tiempo gracias a un sistema denominado dicogamia protogínica que dificulta la autopolinización y estimula la polinización cruzada. Cada flor de aguacate se abre dos veces en dos o tres días consecutivos. El primer día del ciclo floral, la flor se abre en estado funcionalmente femenino, con un estigma receptivo. Posteriormente, la flor se cierra y se abre de nuevo al día siguiente como flor funcionalmente masculina, cuando las anteras dehiscen liberando el polen. Las variedades de aguacate se suelen clasificar en dos grupos (A o B) en base a su comportamiento de apertura y cierre de las flores. En las variedades de tipo A, las flores se abren durante la mañana del primer día del ciclo en estado femenino, se cierran al mediodía y se vuelven a abrir al día siguiente por la tarde en estado masculino. En las variedades de tipo B, las flores se abren por la tarde del primer día de ciclo floral en estado femenino, se cierran por la noche y vuelven a abrir al día siguiente por la mañana en estado masculino. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este ciclo floral es altamente dependiente de las condiciones ambientales,

fundamentalmente de las temperaturas nocturnas, pudiendo haber variaciones significativas. Así, las flores de 'Hass' pueden mostrar un retraso de un día en su ciclo de forma que las flores se abran en estado masculino el tercer día del ciclo floral. Las variedades de tipo B parecen mostrar una mayor susceptibilidad a las bajas temperaturas, llegándose a que las flores se abran en estado femenino al atardecer y muchas flores se mantengan abiertas durante la mañana del día siguiente y se abran en estado masculino el cuarto día del ciclo floral por la mañana. Ejemplos de variedades de tipo A son 'Hass', 'Gwen', 'Lamb Hass', 'Maluma', 'Pinkerton', 'Reed' o 'Carmen'. Ejemplos de variedades de tipo B, que suelen usarse como polinizantes para las de tipo A son: 'Bacon', 'Ettinger', 'Fuerte', 'Zutano' o 'Edranol'. Generalmente, para evitar confusión, nos referimos como polinizador a los insectos que efectúan la polinización y como polinizante a los árboles donantes de polen para la polinización.



Figura 1. Árbol de aguacate 'Hass' en plena floración

Una de las principales limitaciones en la productividad del aguacate a nivel mundial es la caída masiva tanto de flores como de pequeños frutos durante los primeros dos meses tras la floración. Como resultado, el cuajado natural suele ser de alrededor del 0,15% de las flores inicialmente producidas (Figura 2). Diferentes factores están implicados en esta caída de flores y frutos en desarrollo. Entre ellos se incluyen, además de la falta de polinización, las temperaturas extremas, la alternancia productiva o vecería, o deficiencias nutritivas.

Necesidad de árboles polinizantes

Debido al peculiar sistema reproductivo del aguacate, una recomendación general en los distintos países productores es intercalar variedades de tipo A y B para optimizar la producción. Trabajos iniciales en Israel mostraron un claro efecto significativo de la distancia a los polinizantes en la productividad. Sin embargo, los resultados obtenidos en otras regiones productoras no son tan concluyentes. Así, en California hay observaciones en las que se encuentra alguna correlación y otras en las que no se observa dicha correlación. Tampoco en Sudáfrica se han observado efectos claros de la distancia al polinizante en la productividad. Como consecuencia, el impacto relativo de la plantación de polinizantes sobre la productividad final en 'Hass' es todavía objeto de

debate, especialmente teniendo en cuenta que los estudios se han llevado a cabo en zonas de cultivo con diferentes condiciones agroclimáticas. Además, es frecuente observar en diferentes regiones una buena productividad en plantaciones monovarietales (generalmente de 'Hass'). Esto posiblemente sea debido a la polinización que tiene lugar durante el solape dentro de la misma inflorescencia y/o del mismo árbol entre flores femeninas del primer día del ciclo floral cerrándose y flores masculinas del segundo día del ciclo floral abriéndose (Figura 3). Bajo las condiciones ambientales de la costa mediterránea del sur de España, ese solape se suele producir al mediodía y puede durar varias horas, aunque muestra una alta variabilidad a lo largo de la época de floración. Así, al principio de la época de floración, cuando las temperaturas son más bajas, el ciclo floral es más largo que al final de la época de floración; cuando el ciclo floral es más largo, el solape entre la fase femenina y masculina puede llegar hasta 4 horas.



Figura 2. Ejemplo de caída masiva de flores y frutitos tras la floración en una inflorescencia de aguacate



Figura 3. Solape en la misma inflorescencia entre flores en estado femenino (derecha) y masculino (izquierda)

La decisión sobre la necesidad de plantar polinizantes, que variedades utilizar como polinizantes y el número de ellos es relevante en términos económicos, porque el precio de los frutos producidos por los polinizantes suele ser generalmente inferior al que se consigue con 'Hass'. De esta manera, la pérdida económica derivada de interplantar polinizantes puede ser superior al aumento en productividad obtenido. Una alternativa interesante puede ser la utilización de polinizantes como cortavientos, plantados a alta densidad, especialmente en plantaciones de aguacate de pequeña extensión. Además, hay que tener en cuenta que la selección de polinizantes es altamente dependiente de las condiciones ambientales en cada zona productora, porque un buen polinizante debe tener un solape adecuado en la fecha de floración con la variedad que debe recibir el polen y se ha observado variabilidad en el comportamiento en diferentes regiones productoras.

Bajo las condiciones climáticas de la costa mediterránea andaluza, mediante la utilización de marcadores moleculares para estudios de paternidad se ha encontrado una disminución en el porcentaje de frutos procedentes de fecundación cruzada conforme aumenta la distancia a los polinizantes (en este caso, 'Bacon' y 'Fuerte'). Sin embargo, no está tan claro el efecto sobre la productividad, excepto en los años de baja producción. Esta observación

El precio de los frutos producidos por los polinizantes suele ser generalmente inferior al que se consigue con 'Hass'

podría significar que el uso de polinizantes puede ser deseable en situaciones en las que hay alta alternancia productiva o cuando los estreses (temperaturas extremas) en la época de floración sean frecuentes.

Por tanto, todavía no se puede hacer una recomendación clara del porcentaje de polinizantes y de la variedad óptima a utilizar para polinizar a 'Hass' en nuestras condiciones de cultivo. Creemos que una medida de precaución puede ser dedicar un 5% de los árboles como polinizantes en parcelas grandes y, en parcelas más pequeñas (de 1 ha o menos), plantar los polinizantes como cortavientos a distancias de unos 2 m. entre plantas. En cuanto a las variedades, descartaríamos 'Fuerte' como polinizante (aunque tiene interés por su fruta de calidad y su recolección anterior a 'Hass') debido a que no coincide plenamente su época de floración con la de 'Hass' y a que su polen es de menor calidad que otras variedades. Entre las variedades de tipo B actualmente disponibles, recomendamos la plantación de varias de ellas, 'Ettinger', 'Edranol', 'Bacon' o 'Zutano', a poder ser en combinación.



Insectos polinizadores

Estudios realizados en el IHSM la Mayora indican que el porcentaje de cuajado que se obtiene tras una polinización manual puede ser hasta 15 veces superior al cuajado natural, lo que sugiere que la polinización puede ser uno de los principales factores que limitan la productividad del aguacate. Estudios realizados en plantaciones comerciales de 'Hass' en la provincia de Málaga indican que aproximadamente el 90% de las flores no reciben polen durante la fase femenina, aunque este porcentaje es menor al final de la época de floración, cuando las temperaturas son más elevadas y, por tanto, más adecuadas para una buena fecundación de las flores y una mejor actividad de los insectos polinizadores.

La abeja melífera (*Apis mellifera*) (Figura 4) es el insecto polinizador más utilizado en aguacate a nivel mundial. Sin embargo, la abeja melífera fue introducida en América por los europeos y, por tanto, el aguacate evolucionó en su área de origen en presencia de otros insectos nativos del continente americano. En España, se han observado en flores de aguacate principalmente especies de himenoptera, díptera y, en menor medida, lepidoptera y coleoptera. Entre los himenópteros, además de las abejas melíferas y los abejorros, se han encontrado diversas especies de abejas solitarias,

que ya se han descrito como polinizadores efectivos de distintos cultivos frutales. Entre los dípteros, los sírfidos son particularmente abundantes.

El porcentaje de cuajado que se obtiene tras una polinización manual puede ser hasta 15 veces superior al cuajado natural



Figura 4. Ejemplar de abeja de la miel (*Apis mellifera*) en flor de aguacate

Estudios realizados en la provincia de Málaga por el IHSM La Mayora evaluando el impacto de aumentar el número de colmenas por hectárea sobre el porcentaje de flores que reciben polen en estado femenino, indican que al aumentar el número de colmenas se aumenta el porcentaje de flores polinizadas. Sin embargo, incluso con 24 colmenas por hectárea, únicamente el 13% de las flores reciben polen en estado femenino. Por tanto, la recomendación sería introducir el número más alto de colmenas posible, colocarlas en diferentes lugares de la parcela e introducirlas una vez que haya comenzado la floración del aguacate para evitar que las abejas busquen otro tipo de flores fuera de la plantación.

Trabajos preliminares con abejas melíferas, abejorros y sírfidos sugieren que los tres tipos de insectos son capaces de llevar granos de polen de aguacate en sus cuerpos (Figura 5). Las abejas melíferas son capaces de llevar más granos de polen que otros insectos, pero gran parte de ellos se transportan en las corbículas y no son viables para polinización. Observaciones en árboles dentro de umbráculos indican que la productividad en umbráculos con sírfidos es similar al control en exterior con visitas de numerosos insectos y superior a la obtenida en umbráculos con abejorros. Estos resultados indican que dípteros como los sírfidos pueden ser buenos candidatos como polinizadores adicionales a la abeja melífera.

Una forma de aumentar la diversidad y el número de insectos polinizadores en nuestras plantaciones es mantener vegetación natural en las calles o en los límites de la plantación, de forma que haya flores disponibles para atraer insectos polinizadores. Además, se pueden establecer hoteles para insectos que van a permitir la fijación de poblaciones de abejas solitarias en nuestras plantaciones (Figura 6).

Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales no solamente afectan a la fenología de la floración sino también a la fase progámica, la que va desde la polinización en los estigmas a la fecundación de los óvulos. Esa fase determina el Período

Efectivo de Polinización, que es la diferencia entre el número de días en que el óvulo permanece viable después de la apertura de la flor y el número de días que el polen requiere para germinar y efectuar la fecundación del óvulo una vez que se deposita en el estigma. Una vez que los granos de polen germinan en el estigma, el número de tubos polínicos va disminuyendo a lo largo del estilo y, finalmente, solamente uno es capaz de llegar al ovario y fecundar al óvulo (Figura 7).



Figura 5. Ejemplar de sírfido en flor de aguacate



Figura 6. Ejemplos de estructuras para atraer abejas solitarias en el IHSM La Mayora

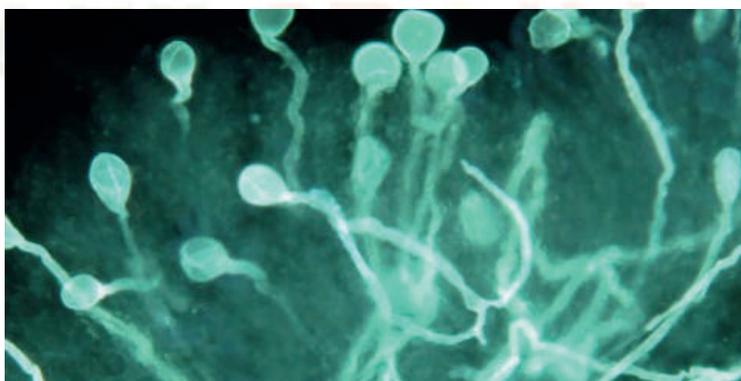


Figura 7. Imagen de granos de polen y tubos polínicos de aguacate al microscopio óptico en flores femeninas

Se conoce poco sobre los efectos de las condiciones ambientales en el Periodo Efectivo de Polinización en aguacate. Varios trabajos sugieren que los estigmas de flores funcionalmente masculinas ya no serían receptivos para el polen; no obstante, frecuentemente los granos de polen son capaces de germinar en estigmas de flores en estado masculino, pero los tubos polínicos no suelen llegar al óvulo, por lo que no se produce fecundación. Sin embargo, especialmente en climas tropicales con una alta humedad relativa, hay estudios que indican que la fecundación es posible cuando el polen se deposita en el estigma en la fase masculina.

Los estudios realizados en España indican que la máxima adhesión y germinación de polen se obtiene a 20 y 25 °C y a altas humedades relativas. Estos resultados son similares a los descritos previamente en diferentes cultivares de aguacate y representan las condiciones óptimas para un buen cuajado en campo.

Los estudios indican que la máxima adhesión y germinación de polen se obtiene a 20 y 25 °C y a altas humedades relativas





Como ocurre en otras especies vegetales, el crecimiento de los tubos polínicos a lo largo del estilo en aguacate es altamente dependiente de la temperatura y los tubos crecen más deprisa conforme aumenta la temperatura. Así, a 30 °C los tubos polínicos llegan al ovario 4 horas después de la polinización, mientras que a 20 °C llegan en 8 horas. Sin embargo, a temperaturas inferiores (10 °C), a los dos días después de la polinización no se observan tubos polínicos entrando en el óvulo. Esta observación puede explicar los bajos cuajados obtenidos en aguacate con bajas temperaturas durante la época de floración.

Por tanto, además de una polinización adecuada, se necesitan condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa para una buena germinación de los granos de polen y una adecuada fecundación.

Calidad de flor. Abonado correcto

En muchas especies vegetales se ha comprobado que hay diferencias en la calidad de las flores que determinan que algunas flores, aunque se polinicen, no son capaces de desarrollarse en fruto. Sin embargo, si comparamos visualmente flores de aguacate de una misma inflorescencia

o de una misma variedad, no percibimos diferencias aparentes entre ellas y, por tanto, no podemos predecir que flores van a caer y cuáles van a dar lugar a frutos. De hecho, muchas de ellas suelen dar lugar a un cuajado inicial que induce a error ya que muchos de esos frutitos se caen en las semanas tras la floración. En el aguacate, los crecimientos reproductivo y vegetativo ocurren simultáneamente y, por tanto, ambos estados de desarrollo compiten por los recursos disponibles bien en reservas de la planta o generados por fotosíntesis. La caída temprana de frutitos en desarrollo se ha atribuido a insuficientes reservas de carbohidratos en los árboles y la caída de frutos se ha visto que suele ir acompañada por una disminución en la exportación de carbono desde las hojas.

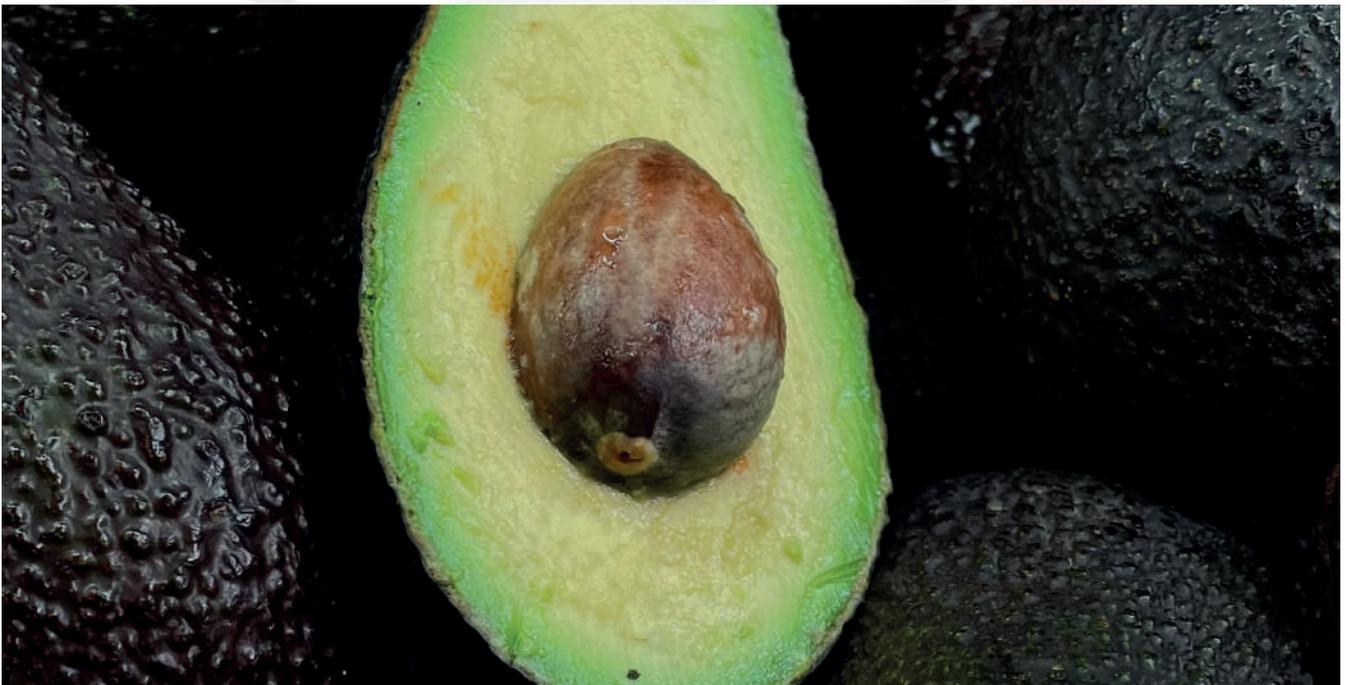
En el caso de las flores, se ha comprobado la presencia de almidón en el momento de la floración con claras diferencias entre ellas. Durante varios años hemos analizado el papel que juegan las reservas nutritivas de la flor en el cuajado utilizando un sistema de análisis de imagen asociado a un microscopio que permite medir diferencias en el contenido de almidón entre flores individuales. Los resultados obtenidos muestran que, aunque no se encuentren diferencias externas entre flores, hay una gran variabilidad en el contenido de almidón entre flores en el momento de su apertura. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la probabilidad de desarrollarse en fruto, ya que un pequeño porcentaje de flores presenta una alta cantidad de almidón en el ovario. Mediante estudios de microscopía y análisis de imagen hemos observado una correlación positiva significativa entre el contenido de almidón en las flores y la probabilidad de que la flor llegue a desarrollarse en fruto, lo que sugiere que la capacidad de una flor de transformarse en fruto depende del estado nutritivo de la flor.

Experimentos adicionales en Nueva Zelanda y España, bajo diferentes condiciones edafoclimáticas y midiendo compuestos adicionales al almidón (diferentes carbohidratos como manoheptulosa, fructosa, sacarosa o perseitol y boro) han mostrado resultados similares. Por tanto, las flores que llegan a desarrollarse en fruto muestran una mayor calidad de flor (expresada en términos de contenido en distintos compuestos) que las flores que no llegan a producir fruto. Estos resultados pueden explicar el aumento de cuajado observado tras la aplicación de fertilización nitrogenada en los meses de otoño e invierno, una práctica reciente en climas mediterráneos, ya que se asumía que el árbol se encontraba en reposo en esa época.

En resumen, la etapa de floración es una fase crítica para la productividad del aguacate. Tanto factores intrínsecos como extrínsecos a la planta están implicados en el éxito reproductivo y un buen conocimiento de los diferentes factores implicados en diferentes condiciones edafoclimáticas es necesario para optimizar la producción en aguacate. Por un lado, eficiencia de la polinización puede incrementarse mediante una optimización de la diversidad y cantidad de insectos polinizadores, instalando un número mayor de colmenas de abejas de la miel y aumentando la diversidad de insectos mediante la instalación de hoteles para insectos y manejo de la flora arvense. Teniendo en cuenta que el comportamiento de las flores es muy dependiente de las condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) puede ser interesante diseñar plantaciones que incluyen una diversidad de variedades polinizantes que se pueden colocar como cortavientos. En este sentido, no hay que olvidar que, aunque el aguacate presente dicogamia protogínica, es frecuente

observar solape entre flores masculinas y femeninas abiertas simultáneamente en el mismo árbol y/o entre árboles de la misma variedad, permitiendo la autopolinización, siempre que haya insectos presentes. Finalmente, la influencia de la calidad de flor sobre el cuajado indica que el estado nutritivo del árbol y de las inflorescencias y flores juega un papel fundamental en la producción de fruta y que un manejo adecuado de la fertilización durante los meses de invierno puede aumentar la calidad de las flores producidas en primavera.

Las flores que llegan a desarrollarse en fruto muestran una mayor calidad de flor que las flores que no llegan a producir fruto



05

RIEGO

Introducción

El aguacate es un cultivo oriundo de la zona subtropical de América Central, cuyo clima se caracteriza por abundantes lluvias (1.000-2.000 mm/anuales), escasa oscilación térmica y alta humedad relativa. En los últimos años despierta gran interés en el sector por su elevada rentabilidad. Sin embargo, previamente a la decisión de iniciar una plantación de esta especie, deben conocerse los condicionantes que introduce la práctica del riego. El aguacate es una especie de baja productividad, alcanzando habitualmente los 10.000 kg/ha. Este rendimiento se relaciona con dos factores limitantes principales: el elevado coste

energético que tiene la formación de un fruto de hueso grande y elevado contenido graso; y, la influencia de un inadecuado diseño y manejo del riego, incluido el efecto de una escasa calidad del agua.

El aguacate es un cultivo de la zona subtropical de América Central, cuyo clima se caracteriza por abundantes lluvias



Figura 1. Cultivo aguacate, variedad "Hass"

El aguacate, un cultivo exigente

SUELO. El primer condicionante que marcará el éxito del cultivo es el tipo de suelo. Esta especie se ha desarrollado de manera natural en suelos de tipo volcánico, caracterizados por ser ácidos, muy sueltos, bien drenados, de elevada aireación y con un elevado contenido en materia orgánica. Por esta razón, el aguacate es altamente sensible al encharcamiento y a la anoxia. La viabilidad del cultivo en suelos arcillosos está condicionada por un manejo adecuado del riego que minimice las situaciones de saturación de agua, así como un correcto manejo de la cubierta vegetal. En este sentido, el mantenimiento de la cubierta vegetal espontánea junto con el 'mulching' procedente de los restos de poda y las propias hojas que se renuevan a lo largo de la campaña, favorece una adecuada estructura del suelo, así como una mayor aireación del suelo.

AGUA. El segundo factor que cabe considerar son los requerimientos hídricos del cultivo. El aguacate es una especie altamente demandante de agua, estimándose una horquilla entorno a los 6.000 - 9.000 m³/ha año. Manejar dotaciones inferiores pueden traducirse en una merma productiva bien por un menor cuajado, una mayor caída de frutos y/o menor calibre de éstos. Tampoco hay que olvidar que estamos manejando un cultivo muy sensible a la salinidad. Por una parte, la presencia de sales induce estrés hídrico en la planta porque dificulta la absorción de agua del suelo; y por otra, si la salinidad procede de iones cloruro, se añade el efecto tóxico sobre los tejidos vegetales. Valores de conductividad eléctrica de 0.8-1.0 dS/m o concentraciones de Cl⁻ del orden de 130- 150 ppm en el agua de riego pueden ser la causa de mermas productivas.

TEMPERATURA. El tercer limitante es la temperatura, concretamente el riesgo de heladas. Las temperaturas inferiores a 0° C pueden dañar yemas, hojas, frutos y ramas, y pueden suponer una amenaza para la propia supervivencia del árbol. Un umbral máximo podría ser temperaturas mínimas absolutas inferiores a -2° C una vez cada 10 años, y nunca inferiores a -4° C. También las altas temperaturas (por encima de 30° C, aunque especialmente grave a partir de 35° C),

sobre todo si van acompañadas de vientos secos (humedad relativa inferior al 40%), pueden ocasionar, si se prolongan durante más de 5 horas, golpes de calor con efectos devastadores, como una abscisión masiva de flores o frutos, además de daños en hojas y ramas. En cuanto al viento, es recomendable evitar las zonas más ventosas.

Necesidades hídricas del aguacate: cuánto tengo que regar

La metodología conocida comúnmente como "balance de agua" es hoy en día la más extendida para el cálculo de las necesidades de riego (NR). En esta estimación, el consumo de agua por parte del cultivo se obtiene a partir de la evapotranspiración del cultivo (ETc) que permite cuantificar la cantidad de agua que ha perdido un suelo en unas condiciones ambientales dadas por la presencia de un cultivo en un momento y desarrollo determinados. Para estimar la ETc, se recurre a su vez al producto de dos componentes: una exclusivamente ambiental conocida como evapotranspiración de referencia (ETo) y otra ligada al cultivo denominada coeficiente del cultivo (Kc). En el cálculo también se incluye la cantidad de lluvia aprovechada por el cultivo a través de la precipitación efectiva (Pe), la uniformidad del riego a través de la eficiencia de la instalación de riego (Ea) y el efecto de la salinidad del agua de riego mediante la fracción de lavado (FL) necesaria para desplazar las sales fuera del bulbo húmedo.

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input checked="" type="checkbox"/> Callosa d'en Sarrià	Alicante	Callosa d'en Sarrià	11/02/2010	16/02/2010	28/04/2021	Sin incidencias

Cultivo* **Aguacate**

Figura 2. Parámetros empleados para el cálculo de la ETc

El siguiente paso es transformar estas unidades en horas de riego, que es lo que interesa al técnico de una explotación de cara a programar su riego. Para ello, se debe tener en cuenta la cantidad de agua que se le debe aportar a la planta en su marco de plantación (a x b) para obtener el tiempo necesario para cubrir esas necesidades. Ello depende del número de goteros por planta (n) y del caudal de estos (Q).

Este cálculo puede resultar farragoso por la cantidad de variables que maneja, por lo que para evitar que estas limitaciones afecten a la utilización del método, existen en España desde hace varios años, los llamados Servicios de Asesoramiento al Regante, de carácter público o semipúblico, que ofrecen de manera gratuita herramientas de cálculo de dosis de riego. Los portales de consulta vinculados al proyecto son los siguientes:

- Comunidad Valenciana: <http://riegos.ivia.es/>
- Andalucía*: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/>
- Canarias*: https://www.icia.es/icia/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=356

* Se recomienda realizar la descarga de datos agroclimáticos para utilizarlos posteriormente en la web de Riegos IVIA para la estimación de necesidades de riego. Más información en: <https://youtu.be/euHCgNw45IM>

A modo orientativo, se ofrece una programación anual orientativa, en base a datos agroclimáticos de los últimos diez años, con una dotación aproximada de 6.600 m³/ha año. Los resultados corresponden a una plantación de aguacate adulto con un diámetro de copa de 5.5 m sobre un marco de plantación de 6 x 6 m² cultivado en el término municipal de Callosa d'en Sarrià (Alicante):

Mes	ET ₀	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego	Nec. riego brutas	Factor de modulación	m ³ /Ha	Litros/planta
Enero	34.57	0.621	21.45	98.74	42.95	34.36	0	0	100	0	0
Febrero	44.44	0.74	32.88	13.52	13.6	10.88	21.98	21.98	100	219.83	791.4
Marzo	70.45	0.74	52.1	64.37	52.12	41.7	10.4	10.4	100	104.02	374.46
Abril	91.25	0.887	79.11	44.56	34.37	27.5	51.62	51.62	100	516.18	1858.24
Mayo	125.42	0.867	106.74	16.46	16.19	12.55	95.79	95.79	100	957.87	3440.34
Junio	143.41	1.054	151.15	13.22	12.78	10.22	140.93	140.93	100	1409.3	5073.48
Julio	149.27	1.054	157.33	2.83	1.73	1.58	155.95	155.95	100	1559.47	5614.08
Agosto	125.04	1.054	131.79	17.31	16.64	13.47	118.32	118.32	100	1183.2	4259.53
Septiembre	88.08	0.887	76.37	01.78	38.75	31	40.37	40.37	100	403.60	1633.10
Octubre	61.02	0.667	52.9	48.11	44.44	35.55	17.35	17.35	100	173.82	624.68
Noviembre	38.41	0.74	28.4	73.2	53.49	42.79	0	0	100	0	0
Diciembre	28.19	0.74	20.85	65.44	33.96	27.17	0	0	100	0	0
TOTALES	995.55	0.651	613.06	511.74	361.22	280.98	657.7	657.7		6577.05	23677.37

Figura 4. Programación anual orientativa de un aguacate adulto

PARCELA

Diámetro de copa* m

Marco de plantación* DP* x DF* = m²

INSTALACIÓN DE RIEGO

Número de emisores por planta* emisores/planta

Caudal unitario (Qu)* litros/hora

Eficiencia de la Instalación (EA) %

Coefficiente de parcela (CP) %

AGUA DE RIEGO

Salinidad (CE) mS/cm - dS/m

CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO

Periodo de cálculo* -

Utilizar precipitación Si

Realizar cálculo

Figura 3. Parámetros empleados para el cálculo de las NR

Ajuste de las necesidades de riego: cuándo y cómo regar

El balance hídrico descrito anteriormente basado en la demanda atmosférica permite cuantificar las dosis de riego (horas totales de riego en una semana), pero dos preguntas fundamentales quedan aún por responder. ¿Cómo regar? ¿Cuándo regar? La frecuencia (días de riego a la semana) y duración de los riegos debe ajustarse teniendo en cuenta el contenido de agua en el suelo para maximizar la producción haciendo un uso eficiente de los recursos.

¿Qué herramientas nos pueden proporcionar una pauta orientativa? Principalmente los sensores para la medida del estado hídrico del suelo. La medición de la humedad del suelo pretende controlar la cantidad de agua que se incorpora al sistema suelo-planta con tal de mantener un adecuado equilibrio, a la vez que se evitan pérdidas en profundidad. Otra forma de determinar la disponibilidad de agua para las plantas es conocer la fuerza con la que está retenida en el suelo a través del potencial hídrico. En la actualidad existen

una gran variedad de equipos que permiten estimar la disponibilidad de agua en el suelo, a modo de resumen se presentan los equipos de la figura 5.

Se debe controlar que el contenido de humedad en la zona radicular (aproximadamente en los primeros 40 cm de profundidad) se sitúe entre un límite superior en el que el suelo estaría saturado y se producirían pérdidas por percolación profunda; y uno inferior que corresponde al inicio del estrés para la planta. Este límite superior (figura 3) es la denominada capacidad de campo, y debe determinarse para cada tipo de suelo. Una forma sencilla de hacerlo es registrado los niveles de humedad que se producen a las 48 – 72 horas tras una lluvia abundante. El límite inferior (figura 3) se establece como un porcentaje de vaciado del suelo de aproximadamente el 20%.

Medida del potencial hídrico del suelo	Medida del contenido de humedad del suelo
Tensiómetros	Sensores capacitivos puntuales
	
Sensores de matriz granular	Sensores capacitivos multi-sensor
	

€

€€

€

€€

Figura 5. Sensores de medida de potencial hídrico y de contenido de humedad del suelo

Otro elemento de control y, que nos limitará la duración de los riegos, es el drenaje en profundidad. Se debe ubicar un sensor aproximadamente a 60 cm de profundidad (figura 3). En este caso, el contenido de humedad registrado con este sensor de control de pérdidas no debe detectar los eventos de riego, de forma que no exista un incremento de humedad del suelo en un área prácticamente carente de raíces. En caso de riegos de lavado por sales, deberemos asegurarnos, precisamente, de que el agua alcance el sensor de percolación. Una vez establecido el tiempo de riego óptimo para la unidad suelo-planta, se deberá modificar el número de riegos (frecuencia) para proporcionar el agua necesaria para cubrir las necesidades de riego. Estas pautas serían aplicables también a los sensores de medida de potencial hídrico del suelo.

Diseño agronómico de la instalación de riego

Como se ha comentado anteriormente, el sistema radicular del aguacate es amplio, denso y muy superficial. Algunos estudios estiman que el 50% de las raíces se concentran en los primeros 30 cm de profundidad. Partiendo de esta premisa, y considerando que el riego localizado proporciona el agua en puntos muy concretos del suelo, se debe favorecer una gran superficie mojada en la que predomine la componente horizontal de los bulbos de humedad. Esto se logra mediante la utilización de un gran número de emisores por planta que arrojen caudales en torno a 1 l/h o incluso inferiores (goteros de ultra bajo caudal, UBC). Con este tipo de sistemas, habrá que tener en cuenta que los tiempos de riego pueden alcanzar fácilmente las tres horas, permitiendo incluso regar durante la noche aprovechando las tarifas eléctricas más económicas.

Una propuesta alternativa a los diseños tradicionales heredados de las explotaciones de cítricos, partiendo de una caudal inicial de 32 l/h a partir de 8 emisores/planta de 4 l/h, puede ser de 16 emisores/planta de 2l/h (suelo arcilloso) y de 32 emisores/planta de 1l/h o 53 emisores/planta de 0.6 l/h (suelo arenoso).

Este elevado número de goteros requiere de la instalación de 3 – 4 laterales de riego por fila de árboles.

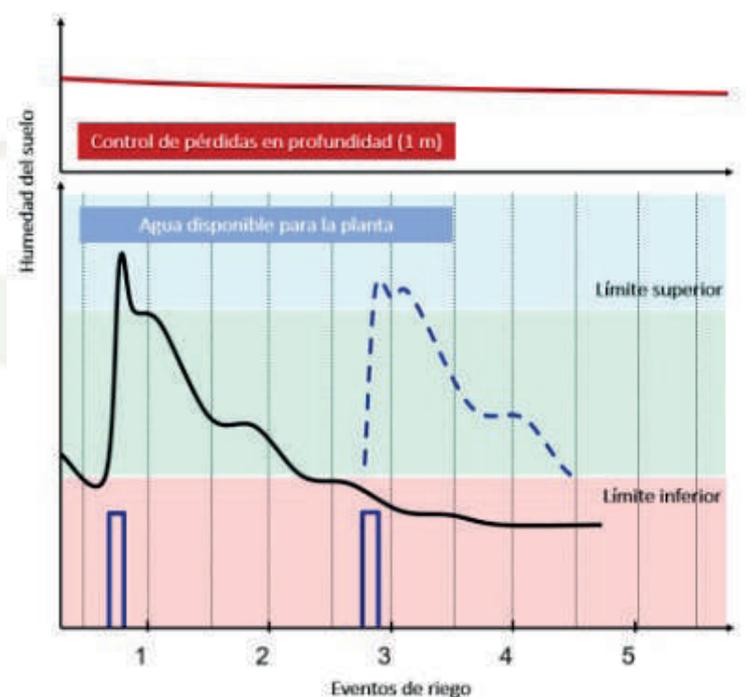


Figura 6. Representación gráfica de la humedad en el suelo en un manejo de riego óptimo

FAQS

¿Qué pautas de diseño de la instalación de riego utilizo cuando la planta es pequeña?

Es importante incrementar progresivamente el número de emisores por planta conforme va creciendo la copa del árbol. El primer año se pueden emplear de 2 a 4 emisores, e ir duplicando cada año el número de puntos de agua. El objetivo es alcanzar una superficie mojada homogénea y amplia. Los goteros que queden entre árboles se pueden tapar con tal de reducir el consumo de agua. Es deseable mantener la planta equilibrada, en el sentido de dotarle del mismo número de puntos (goteros), misma distribución (distancia entre goteros) y del mismo tipo (caudal) en todo el entorno del árbol, para evitar afectar negativamente a la uniformidad del riego.

¿Cuáles son los mínimos de cantidad y calidad de agua de riego que requiero para plantearme una nueva plantación de aguacate?

Como se ha comentado en el documento, se requiere gran cantidad de agua y de calidad. Dependiendo de la zona de cultivo y de la edad de la plantación, la horquilla se sitúa en torno a los 6.000-9.000 m³/ha año. Los valores de CE del agua de riego no deben exceder 1 dS/m y la concentración de cloruros los 130-150 ppm. Es conveniente realizar un análisis de agua previa a la decisión de plantación.

¿Hay alguna estrategia de manejo del cultivo que mejore las condiciones de humedad del suelo y su puesta a disposición del cultivo?

El mantenimiento de una capa vegetal espontánea junto con el 'mulching' procedente de la hojarasca y los restos de poda, mejoran la estructura del suelo favoreciendo la capacidad de retención de agua. En plantaciones jóvenes puede ser recomendable la utilización de mallas antihierba con este último objetivo. La utilización de acolchados lleva aparejado unas menores necesidades de riego que debemos respetar para evitar problemas de aireación en zona radicular, sobre todo en terrenos pesados.

¿Es recomendable el uso de mesetas?

En terrenos pesados y con mal drenaje puede ser recomendable el cultivo en meseta para favorecer la aireación del terreno. Terrenos sueltos y con buena circulación del agua, puede no tener ningún efecto.

¿Qué umbrales de temperatura pueden ser peligrosos para mi cultivo?

Las zonas que sufran heladas habitualmente deben ser descartadas. En todo caso, se podría establecer un umbral de temperaturas

mínimas absolutas inferiores a -2° C una vez cada 10 años, y nunca inferiores a -4° C.

¿Cuántas sondas de humedad necesito en mi parcela?

El número mínimo de sensores a instalar respondería a la siguiente aproximación: N° de sensores = 3 x tipo de suelo x edad de la planta. Concretamente, se deben tener en cuenta estos dos condicionantes:

- Profundidad radicular: al menos sería recomendable ubicar un sensor de medida en el área de mayor concentración radicular (40 cm) y otro fuera de la influencia de las raíces (60 cm).
- Tipo de suelo y desarrollo del cultivo: los sensores deberán disponerse de forma que abarquen los distintos tipos de suelos (al menos texturas arcillosas y arenosas) y las distintas edades de plantación (al menos, plantones y adultos).

¿Dónde ubico el sensor de humedad respecto de la planta?

En el caso de riego por goteo, es recomendable ubicar el sensor dentro del área mojada aproximadamente a unos 0.2 m del goteo más cercano a la planta y protegido a ser posible de la radiación solar (cara norte).

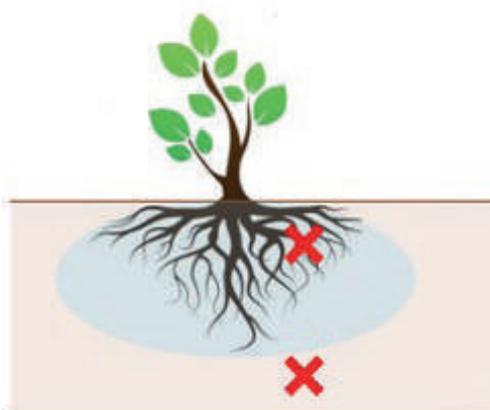


Figura 7. Disposición de los sensores en profundidad. Las x representan los sensores

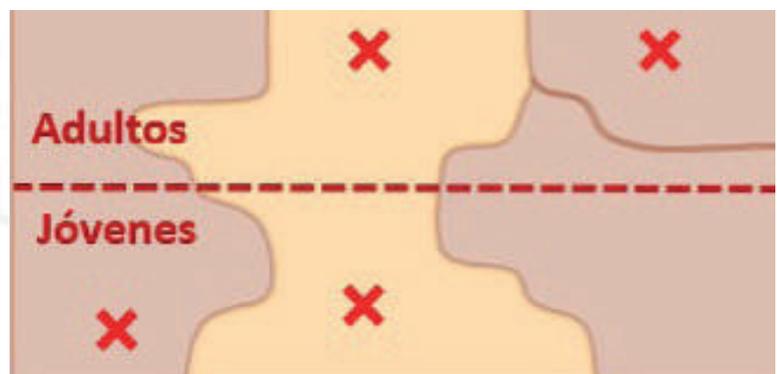


Figura 8. Disposición de los sensores según unidades homogéneas suelo – edad plantación. Los distintos colores corresponden a distintas texturas del suelo. Las x representan los sensores.

06

PODA

Objetivos de la poda:

- Maximizar la intercepción y la penetración de la luz por la copa donde debe de ser un 30% mayor en las calles.
- Con la poda conseguimos la inducción floral.
- Mantener un tamaño de árbol adecuado a las características de nuestra parcela.
- Principalmente el objetivo de la poda es obtener un buen número de frutos y que estos tengan una calidad adecuada. Y para tener una adecuada fructificación, necesitamos de una buena floración. Y cómo conseguimos una buena floración con una buena gestión en la poda.

Floración en el aguacate

- Iniciación floral de julio a noviembre.
- Floración, se desarrolla en el crecimiento de verano y algo en el de primavera, es decir en brotaciones de 6-8 meses de antigüedad.
- Una falta de luz, va a reducir en la productividad.

Vamos a diferenciar las podas en función del porte del árbol:

- *Árboles jóvenes
- *Árboles adultos

Árboles Jóvenes:

Poda de formación:

En nuestras condiciones climáticas mediterráneas, el crecimiento vegetativo ocurre principalmente durante la primavera y el verano, en algunas zonas se puede dar un tercer crecimiento y es a primeros de otoño, siendo este un crecimiento más débil, que los anteriores. El crecimiento natural del aguacate es ascendente vertical, siempre buscando la luz.

Se intenta eliminar los brotes laterales permitiendo un mayor crecimiento en longitud, y después mantener una altura máxima, que no exceda más de un 80% de la longitud de las calles, para evitar sombreamiento, entre árboles.



Poda de prefloración

Primero vamos a diferenciar las yemas de flor y yemas mixtas



Yemas de flor-panículas



Yemas mixtas-panículas+brote vegetativo

Diferenciar botones de flor y botones vegetativos



Rama con yemas vegetativas



Rama con yemas de flor

Poda antes y después para controlar la floración y favorecer el crecimiento vegetativo



Fotografía antes de podar



Fotografía ya podado

Con estos cortes queremos favorecer el crecimiento vegetativo

Cómo cortar la rama para favorecer los brotes vegetativos



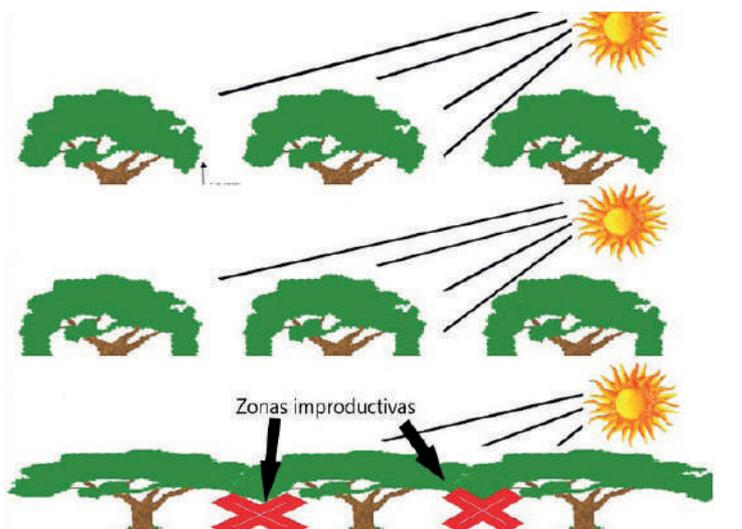
Cómo cortar la rama para favorecer los brotes vegetativos



Pasado un mes y medio aproximadamente obtenemos las nuevas brotaciones, que serán ya vegetativas



Debemos de facilitar una buena entrada de luz al interior de nuestra plantación, de lo contrario se consigue que los árboles crezcan siguiendo la luz, provocando sombreamientos en el interior del árbol, y por tanto muriendo aquellas ramas que no reciban luz, de ahí la importancia de facilitar dicha entrada.



Fincas con buena entrada de luz:

Poda de Mantenimiento

Que consiste en una poda realizada tras la cosecha, principalmente se realizará en los meses de febrero y marzo. Con la eliminación de ramas secas, chupones, ramas que se cruzan, y que provocan sombreamientos.

Poda de eliminación de chupones, o también denominada poda en verde (verano)

Se realizará durante finales de julio hasta agosto, con esta poda reducimos vigor en el árbol, un aumento de entrada de la luz al interior, y un incremento en el calibre de la fruta.

Debemos de facilitar una buena entrada de luz al interior de nuestra plantación

Plantaciones Viejas

En este tipo de plantaciones la poda irá enfocada en los siguientes aspectos:

Momento de la poda en Febrero, para que en la próxima primavera tengamos floración.

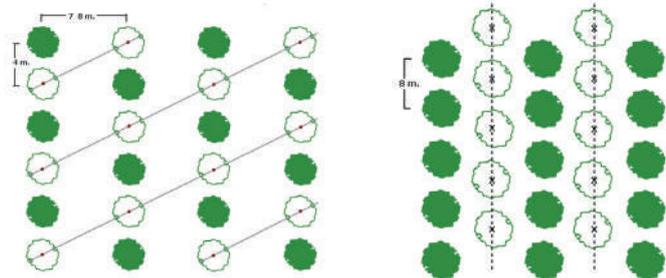
*Rebajes (Hasta el primer piso).



Árbol por donde deberemos de realizar los cortes. Árbol ya podado, rebaje de hasta el primer piso.



Resultado de poda de rebaje de primer piso, incremento de los calibres.



-Inconvenientes. Alto coste de ejecución.
+Ventajas. Rápida entrada en producción, sin reducir de forma drástica la producción.

Aclareo de Árboles

Consiste en reducir el número de árboles de nuestra plantación, aumentando el marco de plantación, teniendo así una mayor superficie de copa, con más luz disponible por árbol.

Esta técnica se hará de forma gradual, conforme la plantación se vaya tocando unos árboles con otros.

Plantación inicial. Plantación con el primer aclareo. Tras unos años, se realiza el segundo aclareo, dejando la plantación definitiva.

La tendencia actual es tener marcos de plantación más densos, con un mayor número de plantas por hectárea.

MARCO DE PLANTACIÓN	Nº DE ÁRBOLES
6X4	416
6X3	555



	Plantación inicial	Plantación 1 aclareo	Plantación definitiva
Nº de árboles por hectárea	357-312	178-156	89-78
Marco de plantación m	4X (7-8)	8X (7-8)	8X (14-16)

Replantación

Consiste en redistribuir y replantar la finca con el marco de plantación inicial y adecuarlo a uno más definitivo, con el objetivo de aumentar el número de plantas por hectárea, manteniendo la producción.

Es más complejo la ejecución, ya que es una combinación de Rebajes a la cruz, donde aquellos árboles que sean poco productivos se pueden hacer un reinjerto y elegir el material vegetal de nuestra propia plantación seleccionando aquellos árboles que sean más productivos, Rebajes de Primer piso, Aclareo de árboles, y plantación de nuevos árboles.

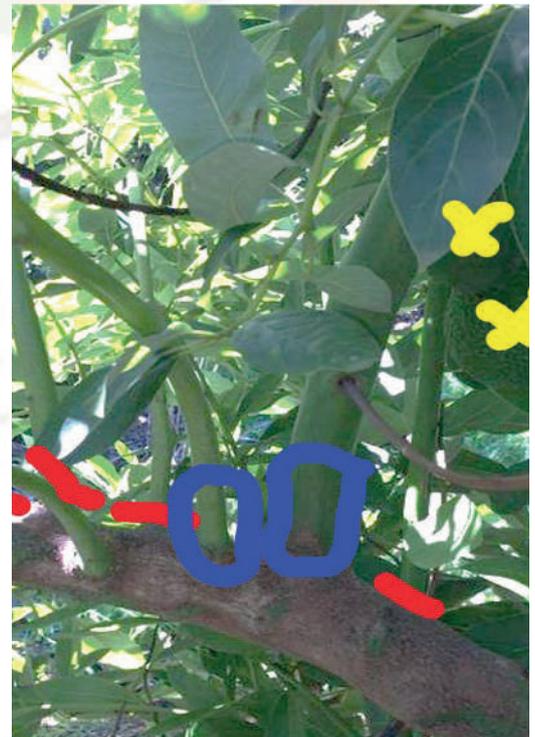


Finca la Mayora

Poda en verde

- Época de poda final de julio y agosto
- Mantener el tamaño del árbol, reducir el vigor vegetativo del mismo, conseguir un mayor calibre de la cosecha, e incluso controlar la vecería.

El objetivo de la replantación es aumentar el número de plantas por hectárea, manteniendo la producción



Eliminaremos los chupones que no son productivos, los coloreados en rojo, su eliminación favorecerá el crecimiento de aquellos que los dejaremos para la formación de rama, ejemplo los coloreados en azul, con la eliminación de los chupones, controlaremos

el vigor, favorecemos el crecimiento de aquellos que se dejan y aumenta el calibre de los frutos.

Poda que NO se recomienda realizar.

*Rebajes (Cruz).



Árbol podado en febrero



Un año después de podado

Consiste en rebajar drásticamente los árboles, dejándose una altura alrededor de 1 metro del suelo. Las nuevas brotaciones serán muy vigorosas, entrando en producción a los 10-12 meses, es aconsejable que se pinten los tocones, para evitar quemaduras por insolación.

-Inconvenientes. Alto coste de ejecución. Reducción drástica de producción.

+ Ventajas. Rápida entrada en producción, Un mayor calibre en los frutos.

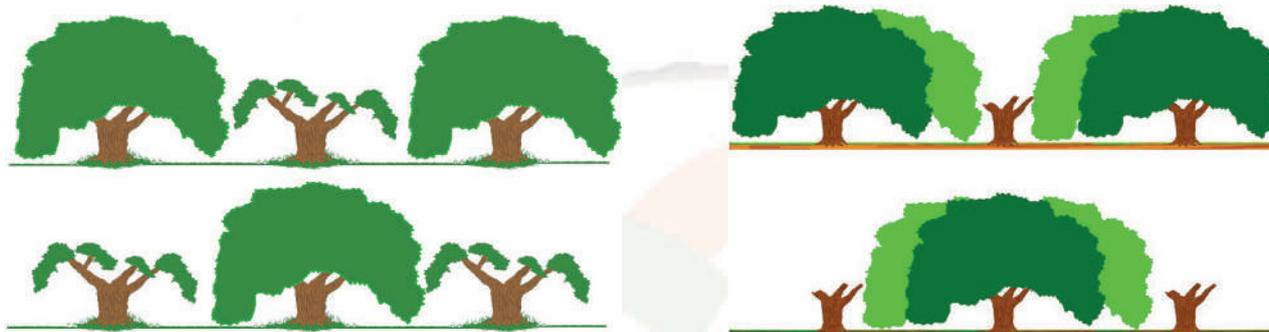
Por tanto rebajes a la cruz, no se recomienda realizar este tipo de poda.

Eliminaremos los chupones que no son productivos, su eliminación favorecerá el crecimiento de aquellos que los dejaremos para la formación de rama

Otra poda que NO se recomienda es la de realizar este tipo de podas, pero por hileras, alternando una hilera si y otra no, que tampoco se recomienda realizar.

-Inconvenientes. Alto coste de ejecución.

+Ventajas. Rápida entrada en producción, con un incremento de calibres, sin reducir drásticamente la cosecha, siendo esta más escalonada.



07

PLAGAS Y ENFERMEDADES

Introducción

Una de las preocupaciones de cualquier productor que quiera introducirse en un cultivo nuevo es su problemática de plagas y enfermedades, que incluye cuestiones como cuál es su sensibilidad a este tipo de problemas, cuántos casos hay realmente peligrosos, qué tipos de daños producen y con qué medidas de control se cuenta.

En aguacate, hay descritas en el mundo, al menos, unas 40 plagas y enfermedades serias, aunque su presencia e importancia varía mucho de unas regiones a otras, siendo las zonas de clima tropical donde más se concentran y más afectan. En países como España, alejados de la zona de origen del aguacate, aislados geográficamente de otras zonas productoras, con una expansión reciente del cultivo comercial y con clima casi al límite para esta especie, la situación sanitaria general es bastante tranquila, si bien hay que distinguir entre el sur peninsular, con apenas unas pocas plagas y enfermedades relevantes, y Canarias, donde las condiciones climáticas propician una problemática más compleja.

Ahora bien, el que la situación española sea mejor que la de otros países no significa que no haya alguna plaga o enfermedad capaz de producir daños muy severos, ni que haya que bajar la guardia a la hora de detectar la presencia de estos patógenos o de proceder a actuaciones que frenen su diseminación, ni que estemos libres de recibir otras plagas o enfermedades nuevas que hagan peligrar el cultivo.

Y todo esto condicionado por el reducido número de productos fitosanitarios autorizados para aguacate en España, lo que da poco margen al uso del control químico y obliga a centrar las estrategias de manejo de plagas y enfermedades del aguacate en otras medidas, fundamentalmente de índole preventiva. No obstante, no podemos olvidar que estas restricciones hacen que el aguacate producido en España sea mucho más respetuoso con el medio ambiente que el que llega de otros lugares y esto tiene que repercutir en un diferencial de precio ventajoso para el productor español, siempre que seamos capaces de diferenciar claramente el origen del producto en el mercado europeo.

Entre las medidas a extremar y cumplir a rajatabla están las de carácter legal asociadas a la entrada en España de material vegetal, principalmente semillas, púas de injertar y frutos. Si este material procede de países con plagas y enfermedades no presentes en España y su importación se realiza fuera de los cauces legales, puede suponer la llegada de nuevos patógenos, como ocurrió, hace no muchos años, con la malformación del mango. Ejemplos claros de plagas potenciales muy peligrosas son los taladros o barrenadores, que pueden afectar a troncos y ramas o a frutos, llegando a producir pérdidas de casi la totalidad de la cosecha.

Hay descritas en el mundo, al menos, unas 40 plagas y enfermedades serias, aunque su presencia e importancia varía mucho de unas regiones a otras

Principales plagas del aguacate en España

Acaro cristalino (*Oligonychus perseae*)

Este ácaro es la única plaga grave del aguacate en la Península Ibérica, donde está presente, al menos, desde el año 2004, y una de las más importantes en Canarias, donde llegó entre 1 y 2 años más tarde. En ambos territorios, la extensión de la plaga por la zona productora de aguacate fue muy rápida y, en muchos casos, supuso una evolución de un manejo de plagas prácticamente ecológico a uno convencional.

Biología y daños

Los adultos de este ácaro presentan un cuerpo ovalado de color amarillo verdoso con varias manchas oscuras en la región abdominal. Los huevos son de forma esférica y color amarillo pálido. Los distintos estadios de esta plaga se pueden observar con ayuda de una lupa de campo (entre 8 y 15 aumentos). Una característica muy peculiar de este ácaro es que forma colonias en el envés de la hoja, dentro de nidos recubiertos por una densa tela traslúcida, que presenta un brillo plateado cuando se mira al sol (Foto 1 A). Esta tela protegería

a este ácaro de los enemigos naturales y de condiciones ambientales extremas. Los nidos aparecen, primero, a lo largo de los nervios principales y pueden, luego, extenderse a las zonas internerviales.

Como consecuencia de la alimentación, los nidos se convierten en manchas oscuras circulares que, una vez agotadas, se suelen quedar vacías y, muchas veces, se acaban fusionando a lo largo del nervio formando bandas continuas (Foto 1 B). Con altas poblaciones de la plaga, puede llegar a cubrirse de manchas un importante porcentaje de la superficie foliar y provocar caída de hojas. La defoliación por el ácaro suele ser menos frecuente en las condiciones peninsulares que en Canarias y muchas veces está asociada a árboles jóvenes o a un manejo deficiente en nutrición y/o riego. Aunque este ácaro también puede verse en frutos pequeños, no es habitual observar daños en la fruta.



Foto 1 A. Nido de ácaro cristalino



Foto 1 B. Daños de ácaro cristalino

Control

Una vez que este ácaro se instala en una parcela de aguacate, lo normal es que aparezca de forma permanente, aunque la intensidad del ataque puede variar mucho entre unos años y otros. La presencia del ácaro también es variable a lo largo del año y, en cada finca, es recomendable realizar seguimientos de la plaga para conocer sus picos de población e identificar los momentos clave para realizar intervenciones, en caso de que sean necesarias.

Sabiendo esto, la base para un buen control radica en tres aspectos: manejo adecuado de riego y nutrición que garantice árboles saludables y con recursos para sintetizar defensas naturales, crear las condiciones para disponer de una abundante y variada fauna auxiliar, especialmente cuando las condiciones ambientales favorezcan el crecimiento rápido de la población del ácaro y, si se ve preciso realizar intervenciones puntuales para frenar el crecimiento de la plaga, llevarlas a cabo en

los niveles de infestación adecuados y tratando de afectar lo menos posible a los enemigos naturales.

Respecto a la fauna auxiliar espontánea que ayuda en el control de esta plaga, los estudios tanto en Península como en Canarias coinciden en señalar a un grupo de depredadores que incluye otros ácaros y distintos tipos de insectos, principalmente neurópteros, coccinélidos, trips y míridos. Es recomendable familiarizarse con estos depredadores para no confundirlos con plagas y, usando una lupa de campo, confirmar su presencia en las hojas del aguacate, lo que será un indicador de buena salud ambiental en la plantación. Entre los depredadores del ácaro cristalino destacan los ácaros fitoseídos, que se caracterizan por tener el cuerpo en forma de lágrima y con tonalidades rojizas o naranjas y que se mueven a gran velocidad en la hoja para buscar sus presas. Dos especies muy abundantes de este grupo son *Euseius stipulatus*, que es omnívora (y, por tanto, puede aprovechar otros recursos alimenticios, como el polen), aunque está poco adaptada para atacar los nidos de la plaga, y *Neoseiulus californicus*, que sólo come presa viva (y, por tanto, es difícil de mantener en las hojas cuando no hay plaga) pero está disponible a nivel comercial y es capaz de abrir agujeros en la tela que cubre los nidos. Estos agujeros, de forma triangular, se ven fácilmente con ayuda de una lupa de campo.



Foto 2. Depredadores del ácaro cristalino: ácaro fitoseido (arriba izquierda), larva de crisopa (arriba derecha), trips (abajo izquierda), larva y adulto de coccinélido (abajo derecha)

Muchos de estos depredadores se encuentran tanto en la copa de los aguacates como en distintas especies de la flora arvense, por lo que resulta interesante dejar la cubierta natural espontánea de las calles el mayor tiempo posible. Una de las plantas más interesantes de esta cubierta es *Oxalis corniculata* (Foto 3 A), en la que cría de forma natural *Neoseiulus californicus*, por lo que, si no abunda, se pueden recoger sus frutos (muy habituales en plantas de vivero y macetas de ornamentales), guardarlos hasta que abran en una caja cerrada (ya que las semillas saltan al abrir el fruto) y esparcir sus semillas en zonas próximas a los árboles.

Una línea de apoyo a las poblaciones de ácaros fitoseídos que ha funcionado en experimentos de campo está basada en proporcionarles un recurso alimenticio alternativo, polen, antes de la llegada de la plaga. Para ello, se probaron dos estrategias directamente aplicables a la producción comercial, cultivo de maíz entre filas de árboles hasta que finalice la floración del maíz (Foto 3 B) y pulverización con atomizadora de polen comercial, concretamente polen de abeja. Aunque, en ambas estrategias, los resultados han sido positivos pero modestos, hay, seguramente, margen para la mejora optimizando aspectos como las variedades de maíz a utilizar, el calendario de siembra o las dosis de polen a pulverizar.

En cuanto a posibles intervenciones para controlar de forma puntual la población de la plaga, cabría pensar en la aplicación foliar de distintos productos o la suelta de auxiliares, principalmente *Neoseiulus californicus*. Ambas opciones se han ensayado en distintos experimentos realizados tanto en Península como en Canarias. De acuerdo a sus resultados, parece que, entre los productos actualmente

autorizados en aguacate, se consigue un buen control con el uso de azufre mojable o con el fortificante Cinamite. En cuanto a la suelta de *Neoseiulus californicus*, la alta dosis necesaria para un control satisfactorio de la plaga, al menos 2 sueltas de 2.000 individuos por árbol adulto, invitan a seguir trabajando en aspectos clave de esta estrategia, como la identificación del momento óptimo de infestación para comenzar con la suelta y la optimización de la distribución del depredador.

Muchos de los depredadores se encuentran tanto en la copa de los aguacates como en distintas especies de la flora arvense



Foto 3 A. Hoja y flor de *Oxalis corniculata*



Foto 3 B. Maíz entre las filas de aguacate

Principales enfermedades del aguacate en España:

Hongos de suelo

Constituyen el principal grupo de enfermedades del aguacate a nivel mundial y, casi siempre, son los responsables de la muerte de árboles que se observa en nuestras plantaciones, aunque, en ocasiones, ésta puede deberse a causas de manejo, como exceso de riego, o a otras enfermedades, como la muerte regresiva de ramas, muy agresiva en árboles jóvenes.

Biología y daños

Los dos patógenos más habituales de este grupo en nuestro país son *Phytophthora cinnamomi*, presente en casi todas las zonas productoras de aguacate del mundo, y *Rosellinia necatrix*, que sólo afecta al aguacate en unos pocos países, incluida España peninsular, aunque se encuentra en expansión en otros lugares. Hay otros patógenos de este grupo que atacan al aguacate, como *Verticillium dahliae* o *Armillaria mellea*, pero son mucho menos frecuentes y menos problemáticos que los dos primeros. Aunque todos estos patógenos causan sintomatologías parecidas y pueden llegar a confundirse, difieren en muchos aspectos que

condicionan las estrategias para su control, por lo que es preciso, cuando hay infección, identificar el agente causal en cada caso, lo que se hace analizando en laboratorios especializados muestras de raíz y suelo de plantas enfermas.

La podredumbre de raíz causada por *Phytophthora* afecta a raíces pequeñas, responsables de la absorción de agua y nutrientes y de color blanquecino cuando están sanas, disminuyendo su número y volviéndolas negras y quebradizas. Esto provoca un decaimiento lento del árbol, caracterizado por una defoliación progresiva, que puede durar varios meses y, a veces, varios años (Foto 4 A). Por su parte, *Rosellinia*, patógeno también de olivos, almendros y vides, antiguos cultivos de secano en zonas hoy plantadas de aguacate, coloniza raíces gruesas mediante un micelio blanco en abanico que se observa entre la corteza y la madera, provocando el oscurecimiento y el colapso del sistema radicular y un decaimiento rápido del árbol, en el que las hojas secas suelen permanecer colgando (Foto 4 B).

Los dos patógenos más habituales de este grupo en nuestro país son *Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix*



Foto 4 A. Árbol infectado por *Phytophthora*
Fuente: López-Herrera, C., 2020



Foto 4 B. Micelio de *Rosellinia*
Fuente: López-Herrera, C., 2020

Control

En fincas afectadas, recuperar árboles enfermos y detener la expansión de estos patógenos es muy complicado, salvo que se actúe en etapas muy tempranas. Por eso, lo más recomendable es establecer unas pautas de vigilancia para localizar y aislar focos iniciales y extremar las medidas preventivas para evitar la entrada de propágulos infectivos y crear ambientes poco favorables al desarrollo de estos hongos.

La inspección periódica de los árboles, tanto del estado de la copa como del sistema radicular, puede ayudar a detectar problemas incipientes de hongos de suelo, lo que resulta clave a la hora de frenar el avance de la enfermedad. En cuanto a la copa, hay que fijarse en árboles con brotaciones débiles, hojas pequeñas y defoliación generalizada (todo lo cual provoca follaje poco denso que permite ver a su través), lo que suele ir unido a un exceso de floración. En el caso de la raíz, conviene vigilar la densidad y el color de las raíces, especialmente las absorbentes, identificando aquellas zonas donde hayan mermado o desaparecido las raíces blancas (Foto 5), en las que, como primera medida, habrá que reducir o suprimir el riego.

Los árboles sospechosos o ya diagnosticados deben aislarse del resto estableciendo barreras físicas (por ejemplo, con film plástico enterrado o caños secos) que eviten la dispersión de agua y tierra, así como el contacto con raíces de árboles circundantes. En árboles infectados en etapas tempranas, puede ayudar a la recuperación instalar riego alterno, aportar enmiendas orgánicas y, en caso de daño por Phytophthora, realizar algún tratamiento con productos autorizados.

En replanteos o plantaciones nuevas, sobre todo con antecedentes de hongos de suelo y/o cultivo de aguacate, conviene solarizar el suelo en verano durante, al menos, 2 meses. Además, con suelos pesados, es recomendable plantar en lomos elevados. Para evitar encharcamiento de agua cerca de los árboles, habrá que facilitar

la salida de la parcela del agua sobrante de lluvias y evitar la compactación del suelo, por ejemplo, no dejando que entre maquinaria pesada con el suelo mojado. Si hay sospecha o confirmación de presencia de Phytophthora, es preferible escoger patrones tolerantes. La aplicación de enmiendas orgánicas en forma de mulch alrededor del tronco puede ayudar a crear suelos supresivos para algunos de estos hongos; así se ha demostrado con la cáscara de almendra compostada o la propia madera de aguacate descompuesta en caso de Rosellinia, o con estiércol maduro o restos de jardinería compostados en caso de Phytophthora.

Para minimizar el riesgo de introducir estos patógenos en fincas no infectadas conviene adquirir las plantas en viveros de garantía y desinfectar con hipoclorito sódico todo lo que pueda transportar restos de tierra de otras explotaciones, como calzado, cajas de fruta, herramientas y aperos, así como ruedas y bajos de vehículos. Para esto, sería muy útil contar con pediluvios y fosas hormigonadas de desinfección a la entrada de las fincas (Foto 6).

Los árboles sospechosos deben aislarse del resto con barreras físicas



Foto 5. Zona radicular con raíces absorbentes escasas y oscuras (izquierda) o abundantes y blancas (derecha)



Foto 6. Pediluvio y fosa de hormigón provista de una cubierta abatible

Muerte regresiva de ramas

Esta enfermedad aérea, asociada tradicionalmente a cultivos como la vid o el almendro, se ha convertido en un problema importante en aguacate durante los últimos años. Es de origen fúngico y su agente causal sería un complejo de hongos de la familia *Botryosphaeriaceae*, en el que los géneros y especies dominantes varían de unos países a otros. En España, se considera que la especie que presenta mayor incidencia es *Neofusicoccum parvum*.

Biología y daños

El síntoma más llamativo de esta enfermedad en árboles adultos es la seca aleatoria y no generalizada de ramas. Las ramas infectadas muestran necrosis en la zona externa de la corteza y una coloración rojiza que avanza a marrón oscuro en el interior (Fotos 7 A y 7 B). En ocasiones, la rama afectada puede llevar frutos, que se acaban momificando por colapso de los vasos conductores. En árboles jóvenes, el ataque es mucho más agresivo y, con frecuencia, termina con la muerte total de la planta.

Los principales puntos de entrada de esta enfermedad son las heridas, que se producen por poda o rotura accidental de ramas. Por ellas entran las esporas, que, en este tipo de hongos, se producen de forma abundante y se dispersan

de manera rápida, sobre todo, en otoño e invierno, coincidiendo con condiciones húmedas y viento. Las esporas no sólo provienen de árboles enfermos, sino de restos de poda infectados o del suelo, ya que el hongo puede sobrevivir en restos vegetales enterrados. Otra fuente importante de propagación pueden ser las plantas de vivero, ya que, aunque se extremen los cuidados a la hora de recoger las púas de injertar, éstas podrían tomarse en árboles infectados que no expresen síntomas y manifestar daños tras su trasplante a campo. Por ello, a la hora de escoger árboles madre para este tipo de púas, éstos se deberían testar para garantizar que no tienen infección. Además, en plantaciones nuevas, sería recomendable realizar seguimientos periódicos del estado de las plantas para localizar lo antes posible las que pueden presentar síntomas compatibles con esta enfermedad.

Control

Hasta la fecha, apenas se dispone de herramientas para controlar este hongo, aunque hay varias líneas de investigación en marcha para el desarrollo de distintas técnicas, tanto para aplicación en campo como en vivero. Mientras llegan, hay que poner el esfuerzo en fortalecer (o, al menos, no debilitar) los árboles, evitar las fuentes de inóculo del hongo, minimizar los riesgos de contagio a la hora de podar y extremar los cuidados en la producción de planta de vivero.

Un aspecto que parece fundamental en la prevención en esta enfermedad es el cuidado de los árboles, evitando que pasen por situaciones de estrés. Para ello, la nutrición y el control del riego son claves. También pueden serlo proteger el árbol en épocas de mucho calor mediante tratamientos con caolín y riego aéreo, y fortalecer el sistema radicular con aportes de materia orgánica y microorganismos beneficiosos de suelo. Puede asimismo ser interesante aplicar sustancias que activen los mecanismos de defensa de la planta frente a estrés.



Foto 7 A. Rama con necrosis
Fuente: López-Herrera, C., 2020



Foto 7 B. Vasos con color rojizo
Fuente: López-Herrera, C., 2020

Respecto a las fuentes de inóculo, conviene dar varias pasadas al año por la parcela para podar las ramas sospechosas de estar infectadas. Estas ramas deben depositarse en bolsas cerradas y retirarse de la parcela para su incineración controlada. Un buen momento para una de estas pasadas es antes de efectuar la poda general de la parcela, que debería realizarse en época de menos riesgo de dispersión de las esporas, esto es, en primavera o verano, evitando las épocas con más riesgo de precipitaciones. En California, se recomienda que en los cortes de poda no se utilice mástic cicatrizante, que se podría sustituir por una pasta a base de productos cúpricos. Además, antes y después de la poda, incluyendo la eliminación de ramas afectada, se podría tratar con algún fungicida cúprico autorizado.

En cuanto a la producción de planta de vivero, conviene examinar a fondo, y, si es posible, testar periódicamente con herramientas moleculares, los árboles madre para púas de injertar, a fin de descartar los que puedan estar infectados, aunque no manifiesten síntomas. Además, en plantaciones nuevas, sería recomendable realizar seguimientos periódicos del estado de las plantas para localizar lo antes posible las que pueden presentar síntomas compatibles con esta enfermedad y eliminarlas de inmediato.

Sunblotch o manchado solar del aguacate

Esta enfermedad está causada por un viroide, el ASBV. Los viroides son organismos similares a los virus, pero más sencillos y más dependientes de las células hospedadoras. En el caso del ASBV, el genoma está compuesto por un pequeño trozo de ARN y se aloja y replica en los cloroplastos celulares.



Foto 8. Algunos síntomas del 'sunblotch' en hojas y frutos de aguacate
Fuente: Beltrán-Peña et al., 2014

Los síntomas más llamativos de esta enfermedad se presentan en los frutos y consisten en depresiones en la corteza de tamaño

Los síntomas más llamativos de esta enfermedad se presentan en los frutos y consisten en depresiones en la corteza de tamaño variable y color amarillo o rosáceo, a veces, con zonas necróticas. En los brotes y hojas también suelen aparecer zonas cloróticas. Otro síntoma asociado a esta enfermedad es el agrietamiento de la corteza en ramas y troncos. En muchas ocasiones, los árboles están infectados pero no presentan síntomas tan evidentes y sólo muestran decaimiento y menor rendimiento de lo normal.

La propagación de la enfermedad se produce por púas para injerto y por semillas procedentes de árboles infectados, además de por herramientas que se hayan usado en ellos, como tijeras, serruchos, etc. También se transmite a través del polen procedente de árboles enfermos, por lo que la enfermedad puede manifestarse en plantas de semilla procedentes de árboles sanos.

El control de esta enfermedad pasa, en primer lugar, por localizar y eliminar árboles afectados, de los que se retirarán y quemarán tanto la copa como la raíz. También por evitar coger semillas y varetas de árboles enfermos, para lo que podrán utilizarse análisis moleculares de las plantas madre que permitan confirmar la enfermedad en árboles sospechosos e identificar árboles asintomáticos.

08

RECOLECCIÓN Y POSTCOSECHA

Introducción

El momento de cosecha es determinante para que el aguacate tenga la calidad demandada por el consumidor y cumpla con la legislación vigente recogida en el Reglamento (CE) nº 387/2005 de la Comisión de 8 de marzo de 2005 que modificó el Reglamento (CE) nº 831/97 en el que se establecen las normas de comercialización aplicables a los aguacates indicando el contenido mínimo de materia seca del fruto, que se determinará por desecación de la pulpa hasta llegar a peso constante. Los porcentajes mínimos de materia seca dependen de la variedad y son los siguientes:

- 21 % para la variedad 'Hass'
- 20 % para las variedades Fuerte, 'Pinkerton', 'Reed' y 'Edranol'
- 19 % para las restantes variedades, excepto las variedades antillanas, cuyo contenido en materia seca podrá ser inferior.

Criterios de recolección

El aguacate es un fruto climatérico que produce un inhibidor de la maduración mientras está unido al árbol. La acumulación de materia seca aumenta cuanto más tarde se recolecte el fruto, reduciéndose por tanto su vida en verde. El inhibidor pasa al fruto por el pedúnculo, de ahí que los frutos a los que se les elimina el pedúnculo maduran más rápidamente.

Determinar el momento de cosecha es difícil porque la fruta no muestra cambios notables en su aspecto externo, de forma que si se

recoge demasiado pronto el contenido de aceite será bajo (materia seca baja), existirá presencia de fibras en la pulpa, y no madurará adecuadamente, de forma que la cubierta exterior de la semilla quedará adherida a la pulpa sin desprenderse de la misma y el sabor y la firmeza no se desarrollarán plenamente, siendo un aguacate que no ha adquirido las características organolépticas demandadas por el consumidor. Por el contrario, si no se recolectan y se dejan en el árbol demasiado tiempo, la vida comercial en verde disminuye, la maduración del fruto es irregular, la semilla puede germinar, el contenido en aceite puede ser excesivo e incluso haberse enranciado y por tanto la calidad gustativa disminuye.

De forma general se puede indicar que se necesitan unos 6 - 8 meses desde la floración para que se pueda realizar la cosecha. Los frutos grandes y los que están en las copas de los árboles tienen una madurez más temprana por lo que deberán ser los primeros en recolectarse. Para cosechar todos los frutos será necesario, por tanto, pasar varias veces por los árboles.

Los frutos grandes y los que están en las copas de los árboles tienen una madurez más temprana por lo que deberán ser los primeros en recolectarse

Para evitar que se produzcan muchos rechazos en los empaquetados y almacenes, y garantizar una adecuada maduración de los frutos, es imprescindible cumplir con los criterios de corte utilizando uno o varios de los siguientes y que pueden variar en función de la variedad que se vaya a comercializar:

- Días transcurridos después del cuajado de la fruta
- Desarrollo de la zona de abscisión
- Cambio de color del pedúnculo (amarilleamiento)
- Tamaño y forma de los frutos
- Cambios externos de la piel (color, desaparición del brillo, aparición marcada de las lenticelas)
- Color interno del mesocarpio o pulpa
- Cambio de color de la testa de la semilla
- Firmeza de la pulpa
- Contenido de aceite de la pulpa
- Contenido de materia seca de la pulpa
- Tasa de respiración del fruto

Hasta ahora, la buena correlación entre el contenido en aceite (cuyo análisis requiere un equipamiento específico y su determinación es tediosa), y el % de materia seca (%MS) (determinado por estufa o microondas) ha facilitado establecer el punto óptimo de cosecha. Así, Dorta et al. (2021) han modificado y adaptado los protocolos que existían de deshidratación de las muestras consiguiendo el método por microondas expuesto a continuación en el que se obtiene el % de MS el mismo día del análisis.

1. Abrir los aguacates a la mitad, retirar la semilla y la piel
2. Meter en una picadora o molinillo 2/4 partes del aguacate y moler la pulpa hasta 2-3 mm.
3. Pesar un vidrio de reloj (Pvidrio) y añadir 5 g de la muestra picada (Pvidrio+muestra húmeda)
4. Deshidratar en microondas según los tiempos y potencias indicados en la Tabla 1.

Se pueden introducir 6 vidrios de reloj al mismo tiempo. Después de cada tiempo es importante abrir el microondas y mover cuidadosamente la muestra con una espátula para que no se pegue al vidrio y evitar que se quemé.

5. Antes de pesar la muestra dejar que se enfríe en un desecador provisto de silicagel. Pesar el vidrio de reloj y anotar (Pvidrio+muestra seca).
6. Calcular el % de materia seca según la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de materia seca} = \frac{(\text{Pvidrio+muestra seca}) * 100}{(\text{Pvidrio+muestra húmeda})}$$

Sin embargo, la determinación del % de materia seca sigue siendo un método destructivo. De ahí que la utilización de la espectroscopía del infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés), se esté posicionando como un método seguro, preciso, rápido y no destructivo.

Garantizar una adecuada maduración de los frutos es imprescindible

TIEMPO		POTENCIA
	2 minutos	450 W
	2 minutos	300 W
	1 minuto	300 W
4 veces:	1 minuto	200 W
Peso 9'. Apuntar		
	1 minuto	200 W
Peso final. Apuntar		

Tabla 1. Tiempos y potencias para determinar el % de materia seca de aguacate utilizando un microondas

Osuna-García et al. (2017) y Lobo (2018) han creado modelos y los han validado con aguacates ‘Hass’ recolectados en Méjico y España (Tenerife, Islas Canarias), respectivamente (Figura 1). En la actualidad los investigadores de este proyecto están estudiando si el modelo también es aplicable a otras variedades como es Lamb Hass.

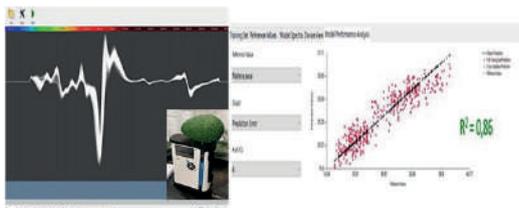


Figura 1. Creación del modelo de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) para la determinación de la materia seca en aguacate. Fuente: Lobo, 2018

Este equipo permite ir a campo y tomar medidas sobre los frutos del árbol, indicando el % MS y por tanto si han de recolectarse o no, facilitando enormemente la decisión del momento de cosecha.

Cosecha

- Debe realizarse de forma manual en las horas más frescas del día.
- Utilizar herramientas de cosecha limpias y desinfectadas (alcohol 70% o agua clorada 5 ml/l) para evitar la contaminación de los frutos y del árbol.
- Usar tijera cuando los aguacates son accesibles y varas provistas de una cuchilla y una bolsa, escaleras o plataformas cuando estén en zonas altas.
- Dejar un pedúnculo de 0,5 cm de largo para frenar el proceso de maduración y frenar el deterioro por la entrada de hongos patógenos.
- Depositar los frutos en cubos o bolsas de tela y luego vaciarlas en cajas limpias y desinfectadas de unos 20 kg, o bien hacerlo directamente en dichas cajas.

- Evitar la compresión, los golpes y los roces de los aguacates durante la cosecha y transporte a los centros de empaquetado.
- Almacenar en lugar fresco y a la sombra hasta que se lleven las cajas al empaquetado.



Figura 2. Recolección de aguacate. Fuente: Javier Fernández Rojas (COPLACA), Eduardo Torres Luís (AGRO-RINCÓN, S.L.), Sandoval Aldana et al., (2010).

La cosecha debe realizarse de forma manual en las horas más frescas del día

Transporte al centro de empaquetado

- En vehículos limpios y con buena suspensión para evitar daños mecánicos.
- Evitar desplazamientos de la carga mediante fijaciones.
- Los transportistas han de tener Buenas Prácticas de higiene y ser cuidadosos en la conducción ya que si no es así en los frutos se observa un oscurecimiento de la pulpa, maduración y ablandamiento no uniforme, mayor susceptibilidad al deterioro y por tanto menor vida útil.

Recepción en el centro de empaquetado

- Realizar un registro ágil de cada partida para asegurar la trazabilidad del lote.
- Inspeccionar cada partida para eliminar los frutos con deterioro (daños mecánicos, pudriciones externas, pérdida de pedúnculo o deterioros excesivos por roce) ya que no es conveniente mezclarlos con frutos sanos pues provocarían en estos deshidrataciones, maduración prematura y daños por hongos.
- Estibar los aguacates en "cámaras de campo" durante 3 - 4 días a una temperatura de 5 °C si no se van a empaquetar el mismo día que se reciben. Este pre-enfriamiento disminuye la actividad metabólica de los frutos (respiración, transpiración y producción de etileno). En el caso de no disponer de cámara de conservación, almacenar en un lugar a la sombra, fresco y ventilado.

Operaciones de acondicionamiento

Estas operaciones contribuyen a que los aguacates mantengan la calidad de partida, la que traían de campo, extendiendo su vida comercial y garantizando una seguridad en el consumo. Cabe destacar:

- El lavado (inmersión o aspersión de agua clorada 100 - 150 ppm, 2 - 3 minutos) y/o cepillado (mejora el aspecto al dar brillo) de los frutos con el fin de eliminar la suciedad y el inóculo que traen de campo. En otras ocasiones se mejora el aspecto pasándoles un trapo húmedo.
- Separación y clasificación por peso/calibre/color.
- Los tratamientos postcosecha para las enfermedades más comunes (Figura 3) que pueden aplicarse dependerán no sólo de las materias activas permitidas en el país de origen, sino también de las permitidas en el país importador.
- Para gestionar la calidad es fundamental cumplir con las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que aseguran a los consumidores un producto sano e inocuo para el consumo humano, protegiendo además al medio ambiente y la salud de los trabajadores.
- Las cajas han de ser resistentes, con ventanas de ventilación, que ocupen poco espacio antes de ser utilizadas (de cartón o de plástico, pero plegables), reutilizables y reciclables para contener y proteger al producto hasta el mercado final.
- El plástico utilizado en las bandejas ha de ser permeable al oxígeno y al dióxido de carbono, ya que la respiración de los aguacates es muy elevada y si no la atmósfera en el interior provocaría una respiración anaeróbica y en consecuencia la aparición de volátiles de fermentación.
- Las cajas se colocan en palets para su posterior maduración o distribución en verde.



Figura 3. Enfermedades postcosecha del aguacate más comunes

Almacenamiento

El almacenamiento de los palets antes de ser madurados o expedidos se llevará a cabo en cámaras de conservación limpias. Los aguacates son sensibles a los daños por frío por lo que se requerirán temperaturas de 5-13°C para aguacates en madurez fisiológica dependiendo del cultivar y tiempo de conservación (no más de 4 semanas) y 2-4°C para fruta en madurez de consumo (Lobo, 2020).

Transporte

El transporte se llevará a cabo en condiciones que disminuyan la actividad metabólica del producto para alargar su vida comercial evitando que se produzcan condensaciones de agua sobre la piel que favorece la proliferación de hongos debidas a fluctuaciones elevadas de temperatura. El transporte se realizará en contenedores o camiones:

- Limpios y refrigerados. 5-13°C para aguacates en madurez fisiológica y 2-4°C para fruta en madurez de consumo.
- Provistos o no de atmósfera controlada (2-5% O₂ y 3-10% CO₂), absorbedores de etileno o bloqueadores del mismo, cuando sea a mercados distantes para evitar la maduración durante el tránsito.
- Con equipos bi-temperatura, cuando se combine el contenedor con frutas que requieran otras temperaturas de transporte y dotados de mamparas de separación para evitar la presencia y efecto indeseable del etileno emitido por dichas frutas.

Además, el transporte ha de realizarse de forma cuidadosa sobre todo cuando los aguacates están en punto de consumo ya que son más sensibles que cuando se comercializan en estados de madurez menos avanzados.

Maduración artificial

El aguacate es un fruto climatérico de forma que se puede recolectar una vez alcanza la madurez fisiológica. La aplicación de etileno exógeno (10-100 ppm) acorta la vida en verde de los frutos, alcanzando el punto de

consumo más rápidamente. La maduración puede transcurrir más o menos rápidamente si se modifica la temperatura de aplicación y la temperatura de conservación (Lobo y Martín García, 2017) en las cámaras de maduración. Las condiciones para llevar a cabo una correcta maduración son:

- Cámara hermética
- Aplicar 100 ppm de etileno
- Tiempo de exposición: 48 h para fruta de estación temprana y media, y 12h para fruta tardía
- 85-95% humedad relativa
- Temperatura de aplicación: 20°C; 15°C si se requiere una maduración más lenta
- Ventilación para evitar acumulación de CO₂ y la falta de O₂

En estas condiciones se alcanza la maduración de consumo en 3-6 días dependiendo del cultivar, el % MS y la temperatura que se utilice en las cámaras después de la aplicación de etileno.

Comercialización en los puntos de venta

Los aguacates se exhiben en los puntos de venta en donde los consumidores los seleccionan según sus preferencias de color, madurez, tamaño, etc. Al ser muy sensibles a la manipulación inapropiada por parte de los consumidores o de la cadena de comercialización, es recomendable limitar la cantidad de producto y colocarlos de forma ordenada por capas, para evitar las caídas, roces, aplastamiento, etc.

El transporte ha de realizarse de forma cuidadosa sobre todo cuando los aguacates están en punto de consumo ya que son más sensibles que cuando se comercializan en estados de madurez menos avanzados

Las condiciones de conservación varían en función del punto de venta (Figura 4):

- A granel en supermercados y grandes superficies: 20-22°C y 70% HR.
- Mercadillos: 20-35°C. Los tiempos de rotación del producto en los mercadillos son cortos (1-2 días) por lo que las altas temperaturas no son tan críticas en su calidad. Sin embargo, se tendrán que seleccionar aquellos aguacates que estén menos maduros para evitar la pérdida de valor comercial por sobremaduración o el deterioro por la proliferación de hongos.
- En lineales refrigerados en algunos supermercados: 9-12°C y 70% HR.

Referencias bibliográficas

- Dorta, E., Méndez, C., Díaz-Delgado, G., Lobo, M.G. (2021). Método rápido para la determinación de materia seca en aguacate. (en prensa).
- Lobo, M.G. (2018). Determinación materia seca en aguacate 'Hass' utilizando un método no destructivo (NIR). Jornadas Técnicas sobre Aguacate. 21-23 de noviembre, Tenerife, Islas Canarias, España.
- Lobo, M-G-. (2020)- Recolección y acondicionamiento del aguacate para su comercialización en fresco. En: Cultivo, poscosecha y procesado del aguacate (A. Namesny, C. Conesa, I. Hormaza, M.G. Lobo). SPE3, s.l., Valencia, España. pp 289-308
- https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/cultivo__poscosecha_y_procesado_del_aguacate (Acceso 13 mayo 2021)
- Lobo, M.G.; Martín García, M. (2017). Últimos trabajos de investigación de poscosecha en aguacate, mango y papaya en el ICIA. Jornada Técnica de COPLACA: Poscosecha de frutas tropicales. 27 de enero, Tenerife, Islas Canarias, España.
- Osuna-García, J.A.; Toivonen, P.; Salazar-García, S.; Goenaga, R.; Herrera-González, J.A. (2017). Modelo no destructivo para la determinar la madurez de cosecha en aguacates 'Hass'. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. 4-7 de septiembre, Ciudad Guzmán, Jalisco, México.
- Sandoval Aldana, A.; Forero Longas, F.; García Lozano, J. (2010). Postcosecha y transformación de aguacate. Corpica Colombia. 105 p.



Figura 4: Comercialización a granel en: Gran superficie (A); Lineales de supermercado (B); Mercadillo (C).

09

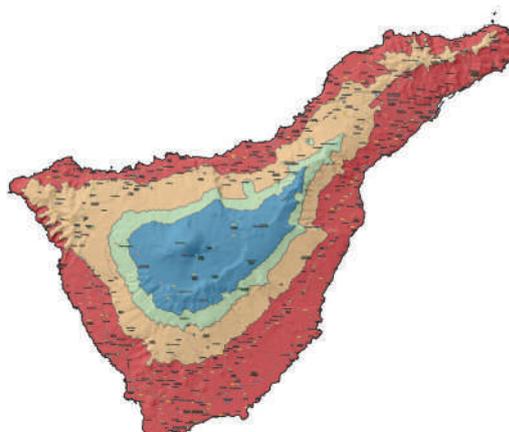
CARTOGRAFÍA RECOMENDADA DEL AGUACATE EN ESPAÑA

El cultivo del aguacate en España de forma comercial y como cultivo relevante tiene más de medio siglo de historia. Durante la misma se ha ido estableciendo en diversas zonas, especialmente en Andalucía, en las provincias de Granada y Málaga, en Canarias, y en la zona de Callosa d'En Sarrià en Alicante, Comunidad Valenciana. En los últimos años, debido a la creciente demanda internacional del consumo de su fruto, ha habido un importante incremento en los precios de compra, que junto a la crisis de otros cultivos, ha derivado en un aumento sustancial de la producción en España, entrando en zonas que no han sido tradicionales, como en la zona occidental de Andalucía, y las provincias de Castellón y Valencia, en la Comunidad Valenciana.

El Agricultor se ha preguntado, ¿puedo plantar aguacate en mi parcela? Con el presente trabajo se ha pretendido ayudar a responder esta pregunta, y a hacerlo con las armas que la tecnología nos proporciona en estos momentos. La introducción del cultivo en una parcela requiere de un estudio financiero importante, y considerar los elementos de juicio que aportamos es bien útil para este proceso.

El antecedente de los trabajos abordados es el mapa de zonas aptas para el cultivo del aguacate en la Comunitat Valenciana que elaboró el Servicio de Transferencia de Tecnología de la Generalitat Valenciana. Dicho mapa tuvo una gran aceptación por parte de técnicos y agricultores, por lo que desde el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) en colaboración con el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), se acometió la labor de digitalizar la información y ofrecerla en un soporte SIG en abierto. Actualmente, la información puede consultarse en el portal de riegos del IVIA <http://riegos.ivia.es/cartografia>.

La introducción del cultivo en una parcela requiere de un estudio financiero importante



Estaciones Meteorológicas
Zonificación cultivo:
Área de cultivo no apto
Área de cultivo posible
Área de cultivo viable
Área de cultivo óptimo

En el presente capítulo presentamos una zonificación que recoge la aptitud de distintas áreas para el cultivo del aguacate, con unas referencias mínimas para que sea posible decidir con mayor criterio si plantar o no esta especie en una determinada zona. Es importante indicar que la pretensión de este estudio es aportar referencias generales que, a la hora de la decisión final, deberían complementarse con el conocimiento local de características concretas del área en cuestión, básicamente por la presencia de microclimas que pueden derivar en decisiones distintas a las recomendadas. Asimismo, no debemos de dejar de lado otros condicionantes como las características del suelo y del agua, tanto en cantidad como calidad. En definitiva, a pesar de que la responsabilidad última de plantar aguacate en una parcela es del propio agricultor, este estudio pretende ser una herramienta para la toma de decisiones de los agricultores de Tenerife, Cádiz, Málaga, Alicante, Castellón y Valencia.

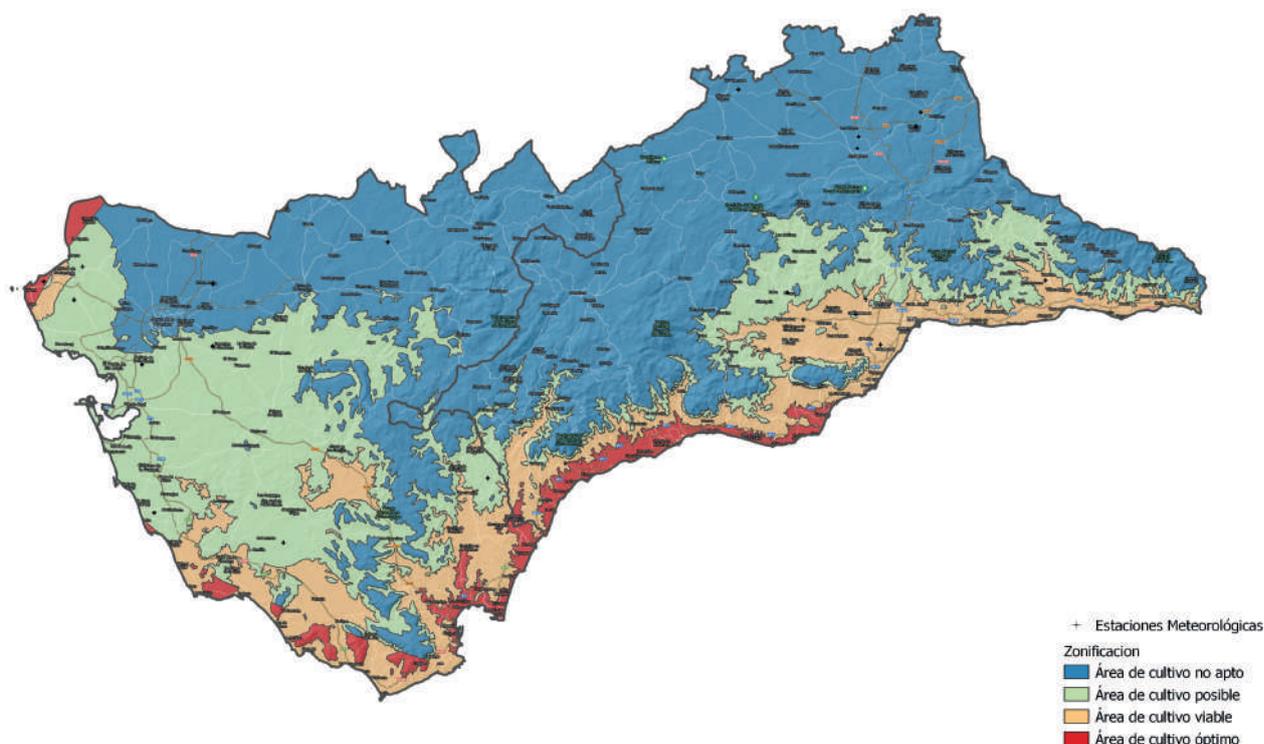
Esperamos que este trabajo sea seguido posteriormente por una mayor intensidad de datos de cada zona, y una extensión del mismo a otras zonas de cultivo no incluidas en el mismo.

Metodología

Inicialmente, con la coordinación de Iñaki Hormaza, del CSIC-UMA-La Mayora, el Grupo Operativo de Innovación del Aguacate, desarrolla un documento con unas especificaciones sobre la idoneidad de las características agronómicas, del suelo, del agua y del clima, que ha de tener una parcela para que se garantice en ella el cultivo del aguacate.

**Toda la
información en
goaguacatespain.com**

ZONIFICACIÓN CULTIVO AGUACATE CÁDIZ-MÁLAGA



Posteriormente, con la coordinación de Luis Bonet, del IVIA, el equipo de la empresa Geomático desarrolla la cartografía con la zonificación del cultivo del aguacate, y la publica en www.goaguacatespain.com a disposición de todos los agricultores.

En la cartografía se observa la zonificación climática por bajas temperaturas, al uso de los tradicionales mapas de riesgo de heladas. También se aporta, mediante fichas técnicas, referencias de otros condicionantes para el cultivo como son otros parámetros climáticos, edafológicos e hídricos.

La zonificación se ha obtenido tomando como referencia los trabajos de Calatrava (1993), en el que se definen las siguientes categorías en España:

- **Óptima:** temperaturas mínimas absolutas inferiores a 0°C una vez cada 10 años y nunca inferior a -2°C.
- **Viable:** temperaturas mínimas absolutas inferiores a -2°C y nunca inferiores a -4°C.
- **Posible:** temperaturas mínimas absolutas inferiores a -4°C una vez cada 10 años.
- **No apta:** el resto.

Los datos de base para Andalucía y Comunitat Valenciana se han obtenido del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR), una extensa red de estaciones agrometeorológicas que, dada su especificidad en su cometido respecto de monitorizar las condiciones ambientales en las que se desarrolla los cultivos, ofrecen información de calidad de un periodo que abarca hasta 20 años, utilísima en agricultura.

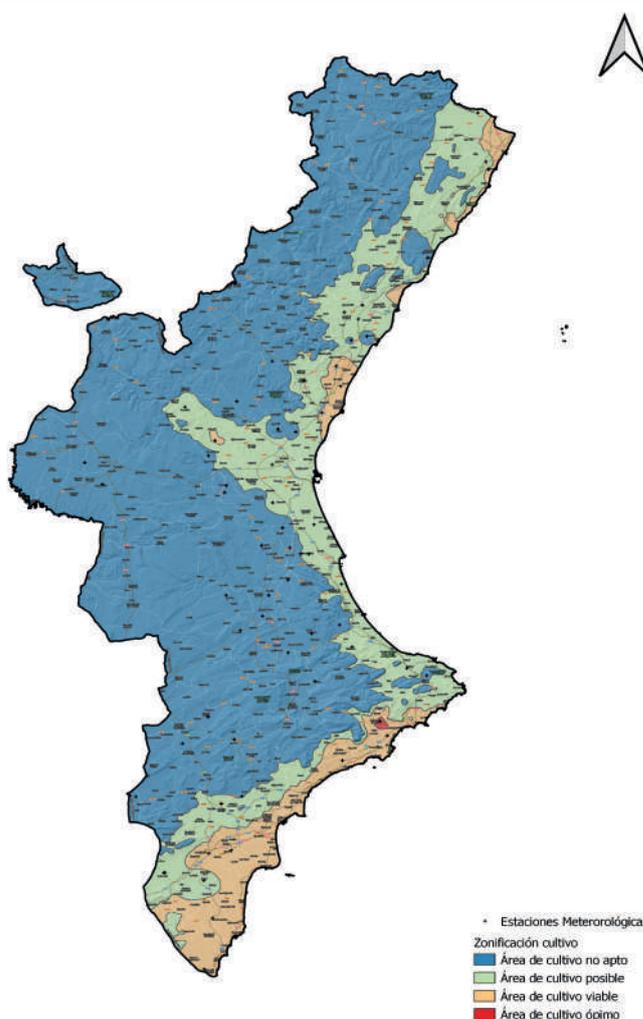
Esta información ha sido posible gracias a la colaboración de la Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, responsable de la red, y a los Centros Zonales de Andalucía (IFAPA) y Comunitat Valenciana (IVIA). Para el estudio de zonificación en Tenerife, se ha contado con la inestimable colaboración del Cabildo de Tenerife, el cual ha proporcionado la información de su densa red de estaciones integradas en su sistema Agrocabildo.

El método de cálculo se basa en una interpolación de los datos climáticos obtenidos mediante Regresión Lineal Múltiple (MLR) a partir de la elevación del terreno. Para su cálculo, se utiliza Modelo Digital de Elevación de 200 metros de resolución del IGN y los datos a escala diaria de las estaciones climáticas de superficie. La interpolación se realiza con el software R para el filtrado de datos se utiliza Python. Para la visualización y generación de salidas gráficas se utiliza el software de código abierto de escritorio QGIS.

Para la elaboración del visor se utiliza MapboxGL, ReactJS, MaterialUI y cartografía de fondo de OpenMapTiles, OpenStreetMap, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya y ESRI.

Los resultados son revisados posteriormente con la colaboración del ICIA, del IVIA, y de Asaja-Málaga.

ZONIFICACIÓN CULTIVO AGUACATE CV





GRUPO OPERATIVO DE INNOVACIÓN DEL AGUACATE

La Cartografía elaborada en la presente web, sigue el criterio de Calatrava que en 1993 elaboró un mapa con la siguientes categorías:



ÓPTIMA

Temperaturas mínimas absolutas inferiores a 0°C una vez cada 10 años y nunca inferior a -2°C.



VIABLE

Temperaturas mínimas absolutas inferiores a -2°C y nunca inferiores a -4°C.



POSIBLE

Temperaturas mínimas absolutas inferiores a -4°C una vez cada 10 años.



NO APTA

El resto de temperaturas.



FICHA TÉCNICA

Además de lo anterior, recomendamos que observen en su explotación el cumplimiento de los siguientes factores:

CLIMÁTICOS

TEMPERATURA > 0°C

Posible daño en hojas, yemas, frutos o ramas.

TEMPERATURA > 12°C MEDIA ANUAL

Idoneidad.

TEMPERATURA > 30°C HUMEDAD RELATIVA > 40% TIEMPO > 5 horas

Abscisión masiva de flores y frutos, y daños en hojas. Especialmente grave con temperatura mayor de 35°C.

EN FLORACIÓN TEMP. MEDIA MÍN. < 15°C TEMP. MEDIA MÁX > 30°C

Problemas serios de cuajado.

VIENTO VELOCIDAD VARIABLE

Problemas de caída de fruto y flores, baja polinización por afección en vuelo de insectos.

HIDROLÓGICOS

ENCHARCAMIENTO PROLONGADO

Alta probabilidad de asfixia radicular.

DOTACIÓN DE AGUA

Para precipitaciones medias anuales de 400mm (Costa Mediterránea) 6.500-8.000 m³/ha/año

SALINIDAD > 1dS/m TOTAL AGUA

No recomendable.

CLORUROS > 50ppm AGUA

No recomendable.

BORO AGUA > 0.1ppm

No recomendable.

EDAFOLÓGICOS

PENDIENTE > 15 %

Complejidad de mecanización y/o riesgo de erosión.

PROFUNDIDAD 0.8-1m AUSENCIA DE CAPAS ERMEABLES

Recomendable.

BUEN DRENAJE AIREACIÓN DEL SUELO TEXTURAS SUELTAS BUENA ESTRUCTURA

Recomendable.

SALINIDAD < 0.6 dS/m DEL SUELO

Reducción de la producción de aguacate.

pH DEL SUELO 5.5-7.5

Umbral idóneo.

CAL CARBONATOS 30-40% CALIZA ACTIVA 10%

Valores críticos de presencia de cal, con afección sobre la producción.

INFECCIONES, EVITAR: PHYTOPHTORA CINNAMOMI ROSELLINIA NECATRIX

En todo caso plantar patrones resistentes, solarización o acolchado con material orgánicas.



GRUPO OPERATIVO DE INNOVACIÓN DEL AGUACATE

La Cartografía elaborada en la presente web, sigue el criterio de Calatrava que en 1993 elaboró un mapa con la siguientes categorías:



ÓPTIMA

Temperaturas mínimas absolutas inferiores a 0°C una vez cada 10 años y nunca inferior a -2°C.



VIABLE

Temperaturas mínimas absolutas inferiores a -2°C y nunca inferiores a -4°C.



POSIBLE

Temperaturas mínimas absolutas inferiores a -4°C una vez cada 10 años.



NO APTA

El resto de temperaturas.

TENERIFE CONDICIONANTES ADICIONALES

ALTITUD

> 550msnm VERTIENTE NORTE
> 700msnm VERTIENTE SUR

No recomendable.

FLORACIÓN

Variedad Fuerte:
Mediados Ene (cotas más bajas)
-principios Mar.
Variedad Hass: Feb-May.

RADIACIÓN BAJA POR INCIDENCIA DE MAR DE NUBES

Polinización inadecuada.

HUMEDAD RELATIVA BAJA Y CALIMA

Polinización inadecuada.

5 DÍAS CON TEMPERATURA MEDIA > 17°C SIN LLUVIA

No recomendable.

FICHA TÉCNICA



Además de lo anterior, recomendamos que observen en su explotación el cumplimiento de los siguientes factores:

CLIMÁTICOS

TEMPERATURA > 0°C

Posible daño en hojas, yemas, frutos o ramas.

TEMPERATURA > 12°C MEDIA ANUAL

Idoneidad.

TEMPERATURA > 30°C HUMEDAD RELATIVA > 40% TIEMPO > 5 horas

Abscisión masiva de flores y frutos, y daños en hojas. Especialmente grave con temperatura mayor de 35°C.

EN FLORACIÓN TEMP. MEDIA MÍN. < 15°C TEMP. MEDIA MÁX > 30°C

Problemas serios de cuajado.

VIENTO VELOCIDAD VARIABLE

Problemas de caída de fruto y flores, baja polinización por afección en vuelo de insectos.

HIDROLÓGICOS

ENCHARCAMIENTO PROLONGADO

Alta probabilidad de asfixia radicular.

DOTACIÓN DE AGUA

Para precipitaciones medias anuales de 400mm (Costa Mediterránea) 6.500-8.000 m³/ha/año

SALINIDAD > 1dS/m TOTAL AGUA

No recomendable.

CLORUROS > 50ppm AGUA

No recomendable.

BORO AGUA > 0.1ppm

No recomendable.

EDAFOLÓGICOS

PENDIENTE > 15 %

Complejidad de mecanización y/o riesgo de erosión.

PROFUNDIDAD 0.8-1m AUSENCIA DE CAPAS ERMEABLES

Recomendable.

BUEN DRENAJE AIREACIÓN DEL SUELO TEXTURAS SUeltas BUENA ESTRUCTURA

Recomendable.

SALINIDAD < 0.6 dS/m DEL SUELO

Reducción de la producción de aguacate.

pH DEL SUELO 5.5-7.5

Umbral idóneo.

CAL CARBONATOS 30-40% CALIZA ACTIVA 10%

Valores críticos de presencia de cal, con afección sobre la producción.

INFECCIONES, EVITAR: PHYTOPHTORA CINNAMOMI ROSELLINIA NECATRIX

En todo caso plantar patrones resistentes, solarización o acolchado con material orgánicas.



AGUACATE SPAIN
WWW.GOAGUACATESPAIN.COM

Grupo Operativo de innovación del Aguacate.

Mejora de la productividad del Aguacate en
Málaga, Cádiz, Comunidad Valenciana y Canarias



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Comisión
Europea

2019020007513 - Inversión total 365.045,63€ - Cofinanciación UE 80%