

A greenhouse filled with numerous potted plants, likely raspberries and blueberries, arranged in rows. The plants are in various stages of growth, with some showing green leaves and others showing reddish-purple foliage. The greenhouse structure is visible, with metal poles and a white covering. The background shows a field of tall grasses under a clear sky.

Capítulo 2

Comportamiento vegetativo, productivo y calidad de fruto en frambuesos y arándanos en maceta



Capítulo 2

Comportamiento vegetativo, productivo y calidad de fruto en frambuesos y arándanos en maceta

Carmen Gloria Morales
Felipe Ramírez Contreras

2.1 Introducción

El negocio del arándano y la frambuesa ha enfrentado diversos desafíos y escenarios productivos desde que se cultiva en Chile desde hace más de cuatro décadas, sin embargo, ha sido en los últimos años en que ha habido un despegue comercial, debido principalmente a la mayor demanda mundial por alimentos saludables, en la línea en la cual se incluyen estos berries ampliamente cultivados en la Región del Maule. En este sentido, ha crecido el interés por contar con información de la oferta de alternativas varietales disponibles en los viveros; conocer cuáles están licenciadas, qué empresas las propagan y/o entregan a los productores a través de exportadoras, cuáles poseen cláusulas de pago por derechos de propiedad y exclusividad de comercialización (investigación que ha sido presentada en boletín INIA N°431/2020), y también ha aumentado el interés por la información técnica validada en condiciones locales, considerando datos de establecimiento de huertos, disponibilidad de agua, horas frío, suelo, entre otros, y desde el punto de vista específico del material vegetal, el establecimiento en nuevas zonas de cultivo debiera ser apoyada con información de, al menos el periodo vegetativo, productivo, calibre, firmeza y bioactivos, obtenida de la experiencia a nivel local. Parte de esta información ha sido desarrollada en campos de INIA y se detalla en este boletín.

Bajo el escenario agrícola actual, con limitantes productivas cada vez más restrictivas, se requiere la incorporación de tecnologías que faciliten la gestión predial y permitan el uso del suelo, el cual pudiese presentar limitantes físicas, químicas y/o fitosanitarias, garantizando un aumento de la producción nacional. La propuesta INIA valora, por un lado, la importancia de contar con información local frente a la necesidad de alternativas en el uso del suelo, escaso, de alto costo y a veces contaminado, y por otro, la idea de incorporar el uso de tecnología intensiva para el desarrollo de un negocio eficiente en el uso de los recursos disponibles.

Esto permitiría a productores locales ampliar su superficie cultivada y/o podría significar un aumento de nuevos interesados de ingresar al negocio en zonas promisorias, en menor escala física predial, usando variedades más competitivas en el mercado mundial, lo cual intensificaría la producción y permitiría optimizar los recursos intraprediales. En este sentido, el uso de contenedores como maceta de cultivo resulta ser una alternativa para iniciar antes la plena producción, así como otros beneficios que pudieran ser atractivos para el sector agrícola regional.

2.2 Metodología de evaluación en macetas

Dada la necesidad de contar con información local en relación al comportamiento de alternativas varietales y de manejo intensivo de arándanos y frambuesos, se establecieron módulos de campo para conocer el comportamiento vegetativo, productivo y de calidad de fruto de variedades de arándanos y frambuesas bajo un sistema intensivo en macetas, las cuales se establecieron bajo dos condiciones ambientales diferenciadas. En el caso del arándano se usó un sistema tradicional al aire libre (AAL) y un sistema protegido bajo macro túnel (AMT), y en el caso de frambuesa, se trabajó bajo un sistema tradicional al aire libre (FAL) y en ambiente protegido bajo malla fotosselectiva (FMF), ambos en el Centro Regional de Investigación INIA Raihuen, comuna de Villa Alegre, Región del Maule, (35°41'48"S 71°40'59"W).

La unidad de arándano se estableció en la temporada 2020-2021, con un total de 240 plantas de 14 variedades distribuidas en macetas bajo un sistema de macro túnel en una superficie de 480 m². Fueron dispuestas en 14 hileras de 20 macetas cada una, mismo número de variedades y plantas dispuestas en macetas al aire libre. La densidad de plantación 3x1 m bajo cubierta protectora de plástico de polietileno de 180 micrones a 4,4 m altura. A nivel de suelo se instaló una malla antimaleza sobre la cual se distribuyeron las macetas de 35L con sustrato de turba, fibra de coco y perlita en proporciones de 40% - 40% - 20% respectivamente y sistema de riego con 2 goteros de 2 L/h con piquetas para cada planta. Para el análisis se consideró el promedio de 3 variedades de comportamiento productivo de cosecha temprana, y el promedio de 3 variedades de comportamiento de cosecha tardía, todo esto con el fin de evaluar la respuesta vegetativa, productiva y de calidad de fruto como respuesta de adaptación contrastada con la variedad testigo Legacy.

La unidad de frambuesa se estableció en la temporada 2020-2021 con 380 plantas distribuidas en una superficie de 1.200 m², 2 variedades tradicionales y 3 alternativas. Fueron distribuidas en 3 hileras por variedad, usando macetas de 35L con sustrato de turba, fibra de coco y perlita en igual proporción, distribuidas en hileras a una distancia de 3x1m con un sistema de riego tecnificado con 2 goteros de 2 L/hr para cada planta. Esta unidad se estableció con una cubierta protectora de malla con 18% de sombra, a 4 m de altura sobre la hilera. Se utilizó como testigo la variedad Heritage dadas sus características de adaptación favorable a la Región del Maule, atractivo comportamiento productivo y buena calidad en postcosecha. Para evaluar y contrastar la propuesta tecnológica se evaluó con el promedio de dos variedades alternativas, con alto potencial productivo, fruto de buen valor comercial.

El manejo nutricional es fundamental bajo sistemas intensivos, así como también el seguimiento y control del pH y conductividad eléctrica, variables que deben ser ajustadas en base a las necesidades de cada especie y variedad de frambueso y arándano. La definición fue acorde a la característica genética, con entrega porcentual de Nitrógeno de 30, 25, 20, 15 y 10 para los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, respectivamente. También se aplicaron dosis fijas de P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, Fe, Mn, Zn, Cu, B en relaciones de 50:50 50:25 5:2 2:1 0,5 kg/ha/temporada. El reparto de estas dosis fue de 20% cada mes desde octubre a febrero.

Las unidades de evaluación y los tratamientos en arándanos y frambuesas se definieron acorde a lo detallado en los Cuadros 2.1 y 2.2, respectivamente.

Cuadro 2.1 Unidades de evaluación, clasificación por tratamiento de arándanos.

Arándano Aire Libre (AAL)			Arándano Macro túnel (AMT)		
Testigo	Temprana	Tardía	Testigo	Temprana	Tardía
AAL-T	AAL-P	AAL-Ta	AMT-T	AMT-P	AMT-Ta

Cuadro 2.2 Unidades de evaluación, clasificación por tratamiento de frambuesas.

Frambuesa Aire Libre (FAL)		Frambuesa Malla Fotoselectiva (FMF)	
Testigo	Alternativa	Testigo	Alternativa
FAL-T	FAL-A	FMF-T	FMF-A

Las variables analizadas y las metodologías utilizadas se describen a continuación:

a) Fenología:

El arándano tiene una dinámica anual de crecimiento en la que se observan cambios; entre otoño e invierno corresponde a dormancia, mientras que, en primavera y verano, se registra un activo proceso de crecimiento vegetativo y formación de frutos. Para registrar la fenología del arándano se utilizó protocolo adaptado por Schilder *et al.* (2004) de acuerdo a lo descrito en la Figura 2.1. Los registros se realizaron cada dos días a las plantas en evaluación.



A, yema cerrada; B, yema hinchada; C, quiebre de yema; D, racimo apretado E, punta verde temprana; F, punta verde tardía; G, brotes en expansión; H, botón rosado temprano; I, botón rosado tardío; J, inicio floración; K, plena floración; L, caída de pétalos; M, fruto verde; N; pinta; O, 25% cobertura azul; P, 75% cobertura azul; Q; inducción yemas para siguiente temporada.

Figura 2.1 Secuencias de los estados fenológicos del arándano usados para registrar evolución de la yema floral, de la flor y del fruto del arándano. Fuente: Adaptado de Schilder *et al.* (2004).

Los estados fenológicos para frambueso se registraron cada dos días utilizando el protocolo descrito por Centro Técnico Interprofesional de Frutas y Hortalizas (CTIFL) - Francia, según Figura 2.2.

A. LATENCIA	B. YEMAS HINCHADAS	C. YEMAS ABIERTAS	D. DESPLEGADO DE HOJAS	E. APARICIÓN DE RETOÑOS	F. RAMILLETE DE HOJAS	G. ALARGAMIENTO DE LATERALES
H. INICIO DE FLORACIÓN*	I. FLORACIÓN*	J. CUAJA*	K. DESARROLLO DE FRUTOS*	L. PINTA*	M. MADUREZ DE FRUTO*	N. CAIDA DE HOJAS*

Figura 2.2 Secuencia fenológica definida y evaluada para frambueso según CTIFL, Francia, utilizado durante la temporada.

b) Crecimiento vegetativo:

Se registró a través del largo de brotes del año en centímetros (cm). El hábito de crecimiento de determinó según escala de inspección visual para erecto, semierecto o decumbente.

c) Conductancia estomática:

Es una variable fisiológica que muestra el intercambio de gases en las hojas. Se midió en $\text{mmol m}^{-2}\text{seg}^{-1}$, usando el porómetro marca Decagon Device, modelo Leaf Porometer, USA. Los registros se realizaron diariamente, a medio día, y en hojas del tercio medio de los brotes del año. Los datos analizados fueron obtenidos cada siete días.

d) Contenido de agua en el sustrato:

Se midió como contenido volumétrico de agua en el contenedor (%) utilizando sondas del tipo FDR marca Decagon Devices modelo ECH 5. Estas fueron conectadas al datalogger EM5, el cual registró la variación del contenido de humedad por maceta cada 30 min. En este mismo sentido se cuantificó el volumen de agua lixiviado, al cual se le registró conductividad eléctrica y pH y, peso de macetas con balanza digital Smart sensor. La misma sonda permitió registrar temperatura en el sustrato, variable que permite relacionar la respuesta del crecimiento de raíces

e) Variables de calidad:

Las muestras se clasificaron por índice de color determinado por el programa de agricultura de precisión de INIA a través de imágenes y programas de visión artificial huella espectral por medio de la aplicación OST LabAgro, que es un dispositivo Vis-Nir (300-1100 nm), sistema no destructivo previamente calibrado para dicho objetivo. Las medidas de los equipos de espectrometría fueron adquiridas en aproximadamente 30 segundos previamente procesados y entregan los parámetros de medición en este caso °Brix, acidez titulable, firmeza, antocianinas y polifenoles. Los frutos se cosecharon periódicamente una vez que alcanzaron el índice de madurez.

2.3 Resultados de arándanos en macetas bajo sistema de macro túnel y al aire libre

2.3.1 Fenología

La fenología del arándano en macetas bajo macro túnel presentó un crecimiento más acelerado que al aire libre (Figura 2.3). Las condiciones de microclima al interior de la unidad de cobertura de protección permitieron que las variedades evaluadas se diferenciaron entre 15 y 20 días en el término del receso invernal e inicio del desarrollo de la yema floral.

El comportamiento bajo macro túnel mostró adelantamiento del crecimiento y desarrollo a partir de la primera semana de agosto, con el cambio de yema cerrada a yema hinchada en el primer año de cultivo para las variedades evaluadas. En cuanto a los estados de desarrollo del fruto, el cambio a estado de cuaja se registró en la primera semana de octubre. Luego a fruto maduro, a partir de la cuarta semana de noviembre, extendiéndose por 10 semanas consecutivas, integrando variedades tempranas, intermedias y tardías. Las macetas al aire libre presentaron un periodo productivo normal en todas las variedades evaluadas, siendo la línea de las tempranas las que presentaron maduración gradual y no acelerada respecto a las bajo cubierta protectora (Figura 2.3).

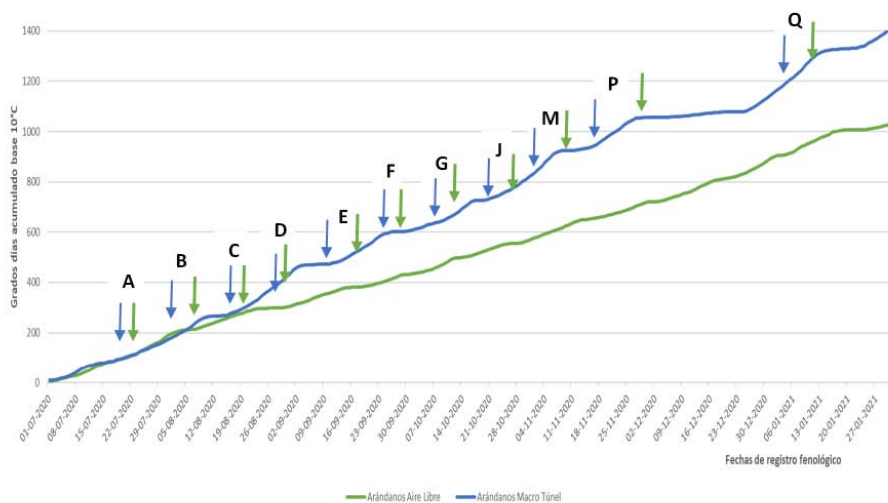


Figura 2.3 Registro de la fenología del arándano en macetas bajo macro túnel y al aire libre (AAL: Arándano al Aire Libre, AMT: Arándano bajo Macro túnel). Secuencia de letras según Figura 2.1.

2.3.2 Crecimiento vegetativo

El crecimiento vegetativo se detalla en la Figura 2.4. En ambiente bajo macro túnel, el largo de brotes fue, en promedio 24% mayor que el crecimiento al aire libre en variedades temprana, 19% en variedades tardías y 14% en la variedad testigo Legacy, no existiendo diferencias entre las variedades bajo el mismo ambiente, pero sí entre las condiciones de cobertura protegida y al aire libre.

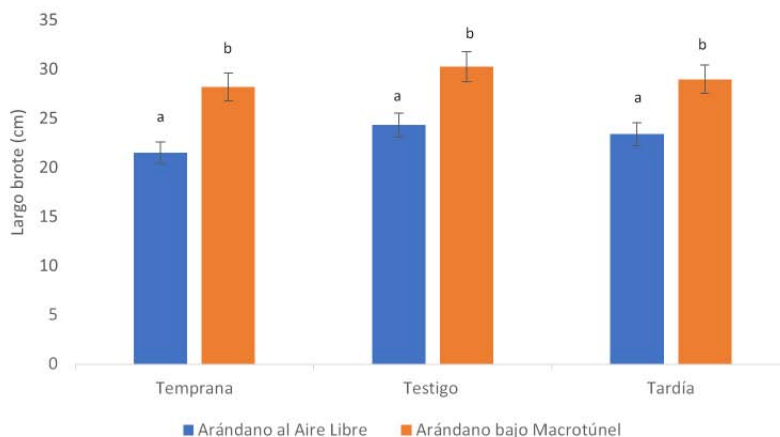


Figura 2.4 Crecimiento vegetativo de arándanos en maceta medido a través del largo de brotes (cm) variedades temprana, tardía y testigo Legacy.

El hábito de crecimiento es una característica fundamental que define aspectos claves de adopción según estructura de soporte. En las variedades de producción temprana el crecimiento fue en dosel denso y compacto, con hábito levemente decumbente, y en las variedades tardías, el hábito de crecimiento fue preferentemente erecto y altura media, no superando al testigo.

2.3.3 Conductancia estomática

La conductancia estomática disminuyó con el transcurso de la temporada (Figura 2.5). Variedades tempranas registraron menores valores al aire libre respecto a las establecidas bajo macro túnel, misma respuesta se observó en variedades tardías y testigo. Es preciso destacar que la conductancia estomática de los arándanos al aire libre para variedades tempranas registró un valor porcentual de 13% menos que la variedad testigo en el mismo ambiente, y 15% más en variedad tardía. A su vez, en plantas bajo macro túnel el registro fue 30% y 16% menor en variedades tempranas y tardías, respectivamente.

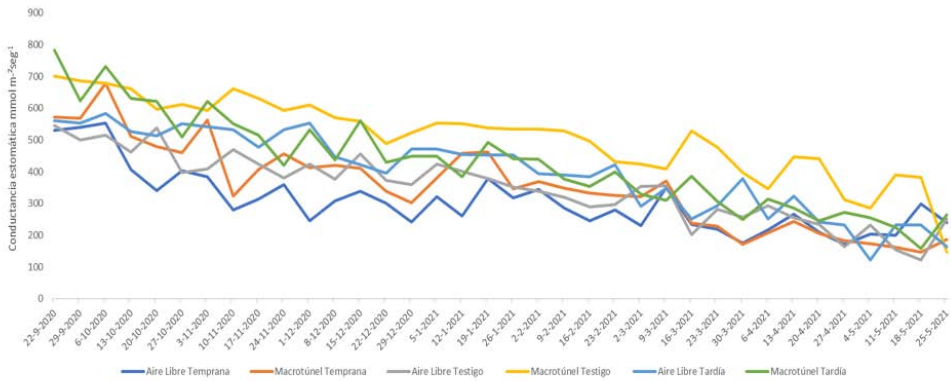


Figura 2.5. Conductancia estomática, en $\text{mmol m}^{-2}\text{seg}^{-1}$, de arándanos en ambientes al aire libre y bajo macro túnel.

2.3.4 Contenido volumétrico de agua, temperatura en el sustrato y peso de macetas

Se observó estabilidad en los ambientes; aire libre y macro túnel, durante la temporada. El contenido de agua en las macetas bajo macro túnel registró mayor porcentaje que al aire libre, con valores en el rango de 30% y 40% (Figura 2.6). Al aire libre, las variedades testigo y tardía presentaron valores similares de humedad de sustrato, a diferencia de las variedades tempranas, en las que el contenido volumétrico registrado fue mayor durante el periodo de medición. El monitoreo bajo macro túnel mostró que el testigo consumió un mayor volumen de agua en comparación con las variedades temprana y tardía.

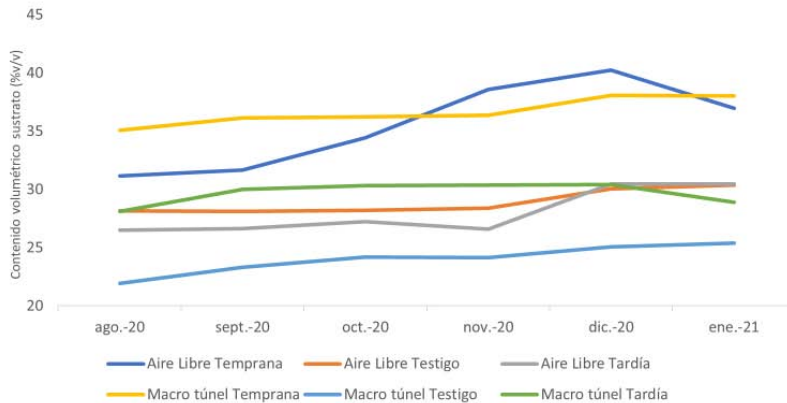


Figura 2.6 Contenido volumétrico de agua (%v/v) en el sustrato de macetas con plantas de arándanos establecidas al aire libre y bajo macro túnel.

En cuanto a la temperatura del sustrato, registro importante dada la respuesta de las raíces en actividad y desarrollo a dicha variable, en ambos sistemas aumentó a medida que progresó la temporada, tal como se muestra en la Figura 2.7. No se obtuvieron diferencias en los ambientes en cada fecha registrada, sin embargo, se puede indicar que la temperatura registrada en maceta bajo el macro túnel es levemente superior a la de maceta al aire libre.

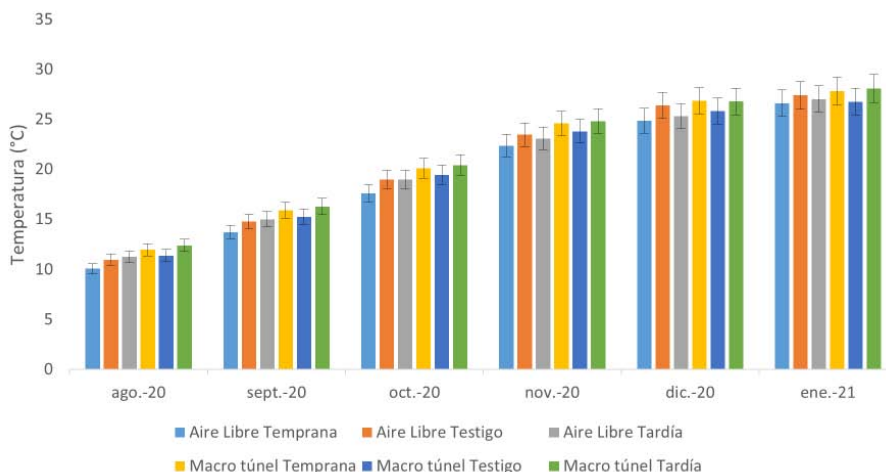


Figura 2.7 Temperatura (°C) del sustrato de macetas con cultivo de arándanos establecidas al aire libre y bajo macro túnel.

El registro del peso de maceta, que consideró sustrato, agua y planta, promedió 16,87 kg bajo macro túnel y 17,09 kg al aire libre. En esta misma línea, es importante destacar los valores promedios de pH (4,8 y 5 para el sistema al aire libre y bajo cubierta, respectivamente). La conductividad eléctrica en el sustrato, una variable fundamental en sistemas hidropónicos, mostró valores promedio de 0,5 aire libre y 0,65 bajo macro túnel.

2.3.5 Productividad

Es importante destacar que, para esta publicación, se ha considerado el año de establecimiento del cultivo, promoviendo el inicio de cosecha parcial a partir de este período inicial, y no al tercer año como es tradicionalmente esperable para el cultivo de arándano. Asimismo, la unidad de evaluación fue proporcional a 833 plantas en un huerto de 0,25 ha de superficie, visualizando que la adopción tecnológica puede ser adecuada para una escala de huerto reducida, pero con tecnología superior.

El rendimiento de cosecha referencial para 0,25 ha de cultivo se presentan en la Figura 2.8, obtenido en términos comparativos y en los que siempre se obtuvo mayor rendimiento en el sistema de macetas bajo cubierta protectora respecto a la propuesta en macetas al aire libre.

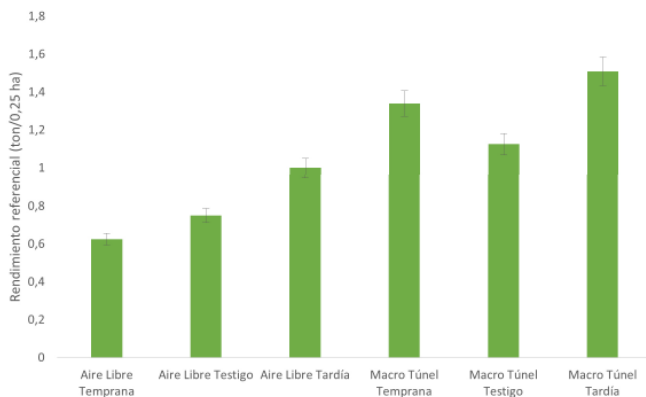


Figura 2.8 Rendimiento de cosecha referencial para 0,25 ha de cultivo arándanos en macetas establecidos al aire libre y bajo macro túnel.

2.3.6 Calidad de fruto

Los registros de calidad del fruto de arándano se presentan en el Cuadro 2.3. La acidez del fruto es una de las variables de calidad determinante en el cultivo del arándano, siendo al aire libre el registro de frutos con menor acidez en las variedades evaluadas, en comparación con los registros obtenidos bajo macro túnel. En relación a los sólidos solubles (°Brix) no se obtuvo diferencia entre los sistemas evaluados, siendo el mayor valor en variedades tardías bajo macro túnel. La concentración de antocianinas fue levemente mayor en frutos cosechados bajo macro túnel. Polifenoles no mostraron diferencias entre variedades y ambiente evaluados. La firmeza de fruto no presentó diferencias entre los ambientes de aire libre y macro túnel, sólo la variedad testigo mostró mayor firmeza bajo cubierta. Entre variedades se observó mayor firmeza en variedades tardías.

Cuadro 2.3. Registros de calidad de fruto del arándano cosechados al aire libre y bajo macro túnel.

	Acidez titulable (%)	Sólidos solubles (°Brix)	Antocianinas (mg/L)	Polifenoles totales (mg/L)	Firmeza (g/mm)
Aire Libre Temprana	0,38	14,01	552,47	37,22	162,60
Aire Libre Testigo	0,42	13,15	518,04	30,62	152,80
Aire Libre Tardía	0,49	13,87	594,92	35,93	172,18
Macro túnel Temprana	0,46	13,79	661,98	32,69	161,27
Macro túnel Testigo	0,49	12,81	649,72	22,61	157,53
Macro túnel Tardía	0,53	14,52	572,30	37,09	172,84

2.4 Resultados de frambuesas en macetas bajo sistema de malla y al aire libre

2.4.1 Fenología

El seguimiento de la fenología de la planta de frambueso del tipo remontante, es decir, que florece dos veces en la misma temporada, se muestra en la Figura 2.9. No se observaron cambios en la fenología de las plantas bajo malla respecto aquellas al aire libre, tampoco entre las variedades evaluadas. El registro de grados días acumulados base 10°C, marcó similar tendencia en ambos ambientes, siendo levemente inferior en sistemas al aire libre respecto al sistema con malla.

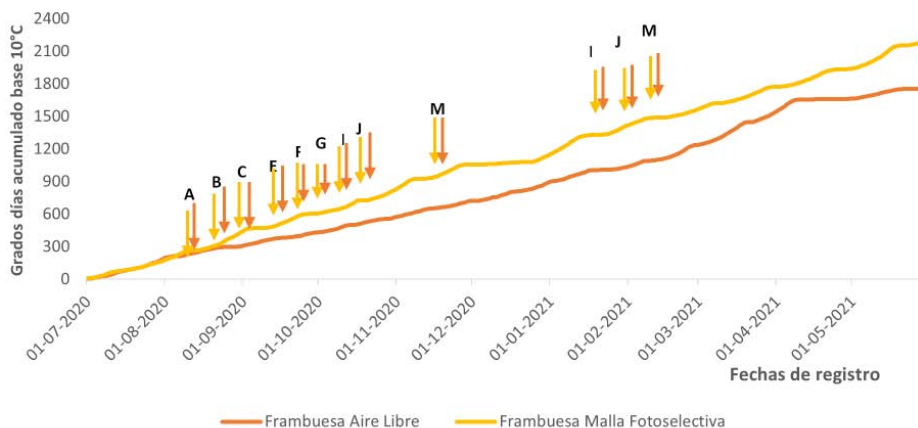


Figura 2.9 Registro de la fenología del frambueso tipo remontante, en macetas bajo malla y al aire libre. Secuencia de letras según Figura 2.2.

La modificación del ambiente térmico es notoria en época estival, siendo el mes de enero el que marcó el mayor registro de temperatura, seguido por febrero y marzo, épocas críticas para la cuaja y cosecha de fruto.

2.4.2 Crecimiento vegetativo

La tendencia del crecimiento vegetativo medido a través del largo del brote del año, denominado retoño, se muestra en la Figura 2.10. La mayor elongación se expresó en frambuesa testigo y alternativa bajo malla fotosselectiva, asociado a un hábito de crecimiento erecto en la variedad testigo y decumbente en la variedad alternativa. La respuesta de crecimiento de la misma variedad bajo los distintos ambientes marcó un incremento de 13% para el sistema con cubierta protectora de malla, respecto al aire libre.

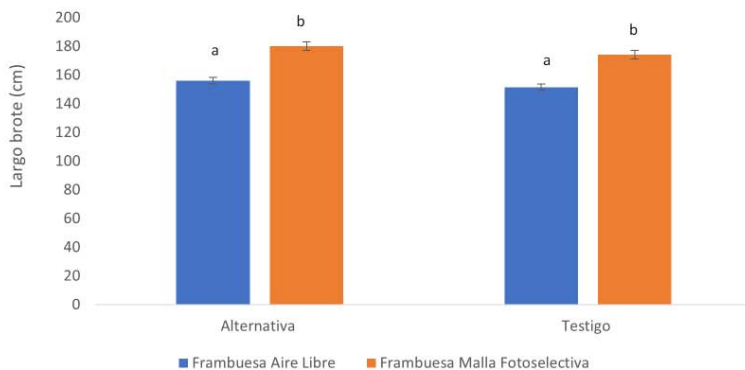


Figura 2.10 Registro del largo del brote del año en frambueso tipo remontante, en macetas bajo malla (FMF) y al aire libre (FAL).

2.4.3 Contenido volumétrico de agua y temperatura en el sustrato de macetas.

El contenido volumétrico de agua en el sustrato de las macetas en ambientes protegido y al aire libre se muestra en la Figura 2.11. En la variedad testigo hubo un mayor volumen de agua bajo el sistema protegido a la misma tasa de reposición de riego que la variedad alternativa. En el caso del cultivo al aire libre, no se observaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas, siendo 27% y 28% v/v el promedio para las variedades testigo y alternativa al aire libre, respectivamente. La tasa de reposición del riego se realizó considerando el diferencial del peso de las macetas registrado semanalmente.

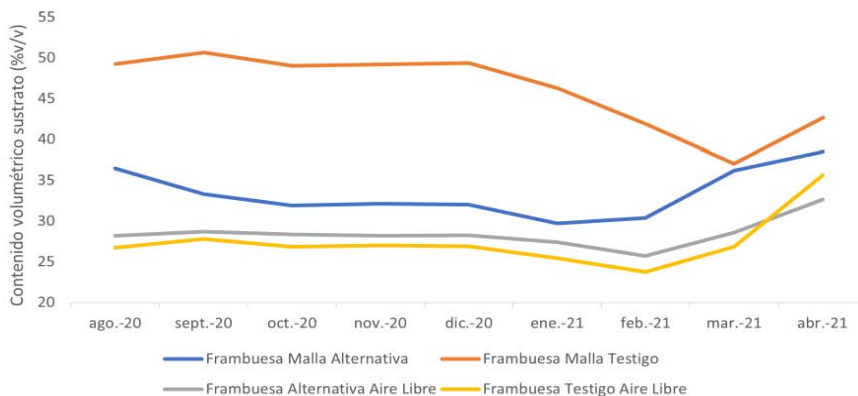


Figura 2.11 Contenido volumétrico de agua (%v/v) en el sustrato de macetas con cultivo de frambuesas establecidas al aire libre y bajo malla.

En relación a la temperatura del sustrato, se muestra el detalle en la Figura 2.12, con tendencia a un incremento gradual en el transcurso de la temporada, y con un máximo de temperatura en enero para la condición bajo malla y al aire libre, para luego descender paulatinamente hasta el mes de abril, al término de la cosecha. La tasa de reposición del riego se realizó, al igual que en el caso de los arándanos, considerando el diferencial del peso semanal de las macetas.

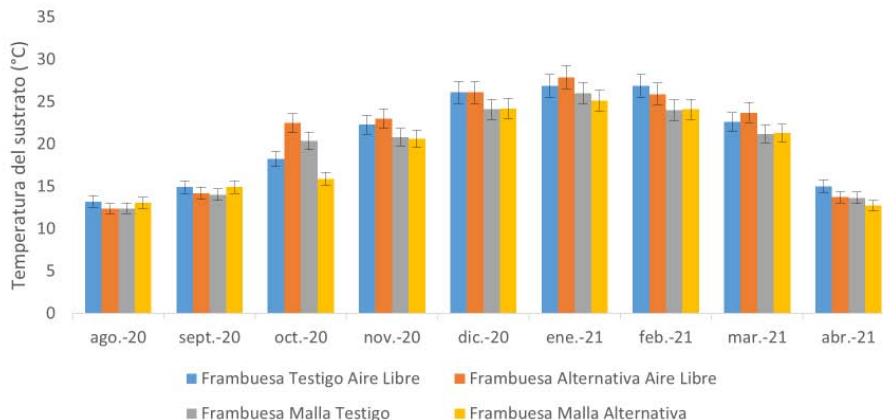


Figura 2.12 Temperatura (°C) del sustrato de macetas con cultivo de frambuesas establecidas al aire libre y bajo malla.

2.4.4 Productividad

La descripción y análisis en esta publicación consideró el año de establecimiento del cultivo del frambueso, tomando en cuenta que es una especie que permite dos cosechas en la temporada agrícola. Los datos presentados corresponden a la cosecha del retoño, la que a través de la poda se manejó para obtener un mínimo de productividad promoviendo la formación de la corona, estructura de reserva que permite la renovación anual de brotes productivos y una mayor vida útil del huerto. La unidad de evaluación para este análisis fue proporcional a 833 plantas en un huerto de 0,25 ha de superficie, propuesta como modelo de negocio a menor escala con mayor tecnología. El rendimiento de cosecha referencial para dicha superficie de cultivo se presenta en la Figura 2.13, obteniendo mayor rendimiento la variedad alternativa establecida tanto al aire libre como bajo cubierta protectora.

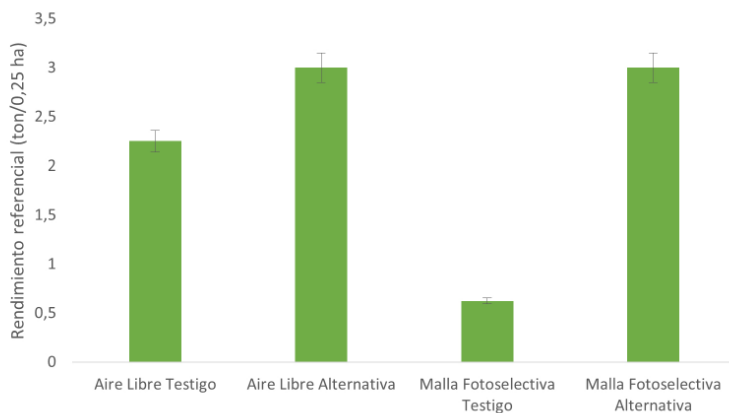


Figura 2.13 Rendimiento de cosecha referencial año 1 para 0,25 ha de cultivo frambuesa del tipo remontante establecida al aire libre y bajo malla.

En consecuencia, los antecedentes entregados corresponden al primer año del cultivo en macetas siendo, en este sentido, preliminares. No obstante, pudiera esperarse una mayor respuesta productiva futura dado su hábito bianual; es decir, debe esperarse la generación de cañas -estructura leñosa- para la producción de fruta en primavera y brotes del año para cosecha de verano y otoño, lo que permitiría un aumento sustancial de la productividad.