



Manual técnico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) para Ecuador

cedia | Editorial





Gonzalo Cordero 2-111 y J. Fajardo
Cuenca - Ecuador
cedia.edu.ec

Coordinación Editorial:

Laura Malache Silva

Corrección de Estilo:

Andrea Urdiales Carchipulla

Diseño y diagramación:

Paz Cordero González

Una publicación de la Editorial CEDIA,
arbitrada por pares académicos de
doble ciego.

Primera edición

ISBN: 978-9942-7317-6-0

Quito, Ecuador
Noviembre de 2025

Citación: Espinosa Marín, J. A. (Coordinador). (2025). Manual técnico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) para Ecuador. Editorial CEDIA.

IMPRESO EN digitals



This book is licensed by Creative Commons,
Attribution-NonCommercial 4.0 International
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE ARÁNDANO PARA EL ECUADOR

Coordinador:

Ph. D. Jorge Andrés Espinosa Marín

Autores

Kevin Santiago Aguilar Valarezo	UCE - FAG
Boris Adrián Pujota Chingue	UCE - FAG
Karol Mabel Clavijo Pérez	UCE - FAG
Jorge Andrés Espinosa Marín	UCE - FAG
Christian Patricio Espinosa Marín	UCE- FICA
Hillary Maholy Rengifo Montúfar	SIPAE
Paúl Ricardo Mejía Bonilla	INIAP
Pablo Francisco Viteri Díaz	INIAP
Luis Santiago Meneses Montesdeoca	INIAP
Boris Patricio Vizuete Aguilar	MAG - DPA
Mercy Gabriela Enríquez Ruiz	MAG - DAIA
Esthela Viviana Maldonado Guerrero	MAG -DGDA
María Cristina Jácome Jácome	MAG - DECA
Christhian Alfonso Duma Tinoco	MAG -DGDA
Charlie Mauricio Andrade Ruales	NETAFIM
José Ricardo Narváez Armas	EUROFERT

Revisores

Andrea Elizabeth Arcos Andrade	UCE - FAG
Paulina Andrea Cevallos Hidalgo	UCE - FAG
Nicola Mastrocola Racines	Independiente
Juan Fernando Borja Vivero	UCE - FAG
Renato Xavier Haro Prado	UCE - FAG
Maria Yumbla Orbes	UCE - FAG
Blanca Maritza Chile Asimbaya	UCE - FAG
Sebastian Dario Muñoz Guaman	FEPEXA

Agradecimientos

La culminación de este *Manual de Arándano para el Ecuador* representa mucho más que un esfuerzo técnico o académico. Es el resultado de un camino compartido, de aprendizajes acumulados y de la convicción profunda de que el conocimiento solo cobra sentido cuando se construye con humildad, diálogo y compromiso colectivo.

A lo largo de este proceso, fueron muchas las manos, voces y miradas que dieron forma a este trabajo. Agradezco sinceramente a los productores, investigadores, técnicos, estudiantes, instituciones y comunidades rurales que aportaron su experiencia, su tiempo y su visión.

Cada sugerencia, cada observación y cada debate enriqueció este documento y lo transformó en una obra viva, cercana a la realidad del campo ecuatoriano.

Este proyecto también nos invita a la reflexión y la autocrítica. Hemos comprendido que el desarrollo agrícola no puede limitarse a la técnica o al rendimiento productivo; debe también cuidar el equilibrio con la naturaleza, valorar la sabiduría local y respetar los ritmos de la tierra. Reconocemos que aún queda mucho por aprender y que el verdadero progreso nace cuando somos capaces de cuestionarnos y mejorar juntos.

Conciliar distintas perspectivas no siempre fue sencillo. Sin embargo, de ese intercambio de ideas y experiencias surgió una comprensión más amplia, más humana, de lo que significa cultivar arándanos en nuestro país. Hoy, más que nunca, creemos que la cooperación y la apertura son las semillas del futuro sostenible que todos anhelamos.

Este manual es, en esencia, un acto de gratitud hacia el Ecuador: hacia sus productores que cada día apuestan por la innovación; hacia sus tierras fértiles que nos enseñan paciencia y resiliencia; y hacia todas las personas que, desde distintos rincones del país, trabajan por una agricultura más justa, productiva y respetuosa con la vida.

Este libro forma parte del proyecto de investigación “Construcción de modelo de simulación de sistemas agroproductivos mediante cuantificación hídrica al año 2030 en el Canal de Riego Cayambe Pedro Moncayo, FIASA-CA. 2024-030”.

A todos ustedes, gracias por creer, por colaborar y por hacer posible que el conocimiento se pueda observar en este manual para el bien de quienes siembran, cosechan y sueñan con un mejor mañana.

Dr. Jorge Andrés Espinosa Marín

Autor

Prólogo

El presente manual sobre el cultivo de arándano nace como una guía práctica y orientadora, diseñada para apoyar a productores, técnicos, investigadores y actores vinculados a la cadena agroproductiva. Su propósito es brindar herramientas claras y actualizadas que permitan fortalecer las capacidades en la producción de este cultivo emergente, promoviendo una agricultura sostenible, inclusiva y competitiva.

En un contexto donde el país busca diversificar su matriz productiva, generar empleo digno y fortalecer la seguridad alimentaria, el arándano representa una oportunidad estratégica. Este manual pretende ser un puente entre el conocimiento técnico y la acción en el campo, conciliando las aspiraciones del sector productivo con los objetivos de desarrollo económico y social que impulsa el Gobierno del Ecuador.

Cada capítulo de este documento está concebido para orientar al lector en las etapas fundamentales del cultivo, desde la selección de suelos y sustratos hasta la cosecha y comercialización. Más allá de los aspectos técnicos, se promueve una visión integral que considera la sostenibilidad ambiental, la innovación tecnológica, la asociatividad entre productores y la apertura hacia nuevos mercados.

El objetivo central de este manual es contribuir al fortalecimiento de la producción nacional de arándano, de manera que se convierta en un motor de desarrollo local y regional. Se aspira a que la información aquí contenida sirva como base para una agricultura moderna, resiliente al cambio climático, que impulse la equidad social y la prosperidad económica, en línea con los planes y programas establecidos por el Ecuador.

Este documento, en consecuencia, es un llamado al trabajo conjunto, a la cooperación entre instituciones públicas, privadas, comunidades y familias campesinas, para que el arándano no sea únicamente un cultivo, sino también un símbolo de innovación, oportunidad y desarrollo compartido.

Dr. Jorge Andrés Espinosa Marín

Autor

Índice

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL CULTIVO

01. Antecedentes	17
1.1. Reseña histórica: Origen, domesticación, selección y generación de variedades	18
1.1.1 Arándanos altos del norte (AAN)	19
1.1.2 Arándanos altos del sur (AAS)	19
1.2 Clasificación taxonómica	20
1.3 Descripción morfológica	21
1.3.1 Sistema radicular	21
1.3.2 Brotes basales	22
1.3.3 Tallos y ramas	22
1.3.4 Hojas	23
1.3.5 Flores	24
1.3.6 Frutos	24
1.4 Clasificación y tipos de plantas	25
1.4.1 Arándanos arbustos altos del sur o Southern Highbush (SHB) (bajo requerimiento de frío)	26
1.5 Variedades disponibles en Ecuador	29
1.6 Fenología del cultivo	34
1.6.1 Dormancia	36
1.6.2 Crecimiento vegetativo	36
1.6.3 Inducción floral	36
1.6.4 Diferenciación floral	36
1.6.5 Floración	37
1.6.6 Fructificación	37
1.6.7 Maduración y cosecha	39
02. Variedades del arándano alto del sur (AAS) en el trópico	39
2.1 Importancia de las variedades del AAS en el trópico	39
2.2 Reinicio del ciclo fenológico en el trópico	40
2.3 Producción “siempre verde” en el trópico	40
2.4 Requerimientos edafoclimáticos (AAS)	40

CAPÍTULO II: ZONAS AGROECOLÓGICAS

03. Identificación de zonas agroecológicas	49
3.1 Zonificación agroecológica del cultivo de arándano en condiciones naturales para Ecuador	49
3.2 Susceptibilidad de inundaciones y zonas prioritarias de riego en la zonificación agroecológica de arándano	50

CAPÍTULO III: PROPAGACIÓN DE ARÁNDANO

04. Métodos de propagación del cultivo	53
4.1 Multiplicación tradicional asexual	53
4.1.1 Estacas	54
4.2 Multiplicación in vitro del arándano	56
4.2.1 Propagación in vitro en un medio semisólido	56
4.2.2 Enraizamiento y adaptación ex vitro en invernadero	59
4.3.2 Propagación in vitro en medios líquidos	60

CAPÍTULO IV: MANEJO AGRONÓMICO

05. Labores previas a la implementación del cultivo	63
5.1 Diagnóstico y selección del sitio de la plantación	63
5.2 Modificaciones del suelo (acondicionamiento, enmiendas y otras)	68
5.2.1 Acondicionamiento	68
5.2.2 Enmiendas, abonamiento, fertilización y otras incorporaciones	70
5.2.3 Recomendaciones generales de selección de variedades por el tipo de suelos	72
5.2.4 Características deseadas de la planta	72
5.2.5 Diseño del huerto y de las distancias de plantación	73

06. Sistema de cultivo	77
6.1 Por su exposición a la intemperie, medio ambiente o clima	77
6.1.1 Cubierta	77
6.1.2 Sin cubierta o a la intemperie	77
6.2 Con estructura: cultivo al aire libre vs. cultivo protegido	78
6.2.1 Uso de tela de sombra / cortavientos / netting	78
6.2.2 Cultivo en túneles	79
07. Implementación del cultivo	79
7.1 Distancias de plantación y orientación	79
7.1.1 En camellones	79
7.1.2 En macetas	79
7.2 Trasplante y cuidados	80
08. Sustratos y riego	81
8.1 Preparación de sustratos	81
8.1.1 Producción de sustratos	81
8.1.2 Ventajas y desafíos de la producción de sustratos	81
8.1.3 Fundamentos del cultivo en sustrato	82
8.1.4 Composición del sustrato	83
8.2 Riego	84
8.2.1 Calidad del agua	85
8.2.2 Estimación de necesidad hídrica con un cultivo de referencia	86
8.2.3 Evapotranspiración del cultivo (ETc)	86
8.2.4 Coeficiente de cultivo (Kc)	87
8.2.5 Tiempo de riego	88
8.3 Métodos de riego	89
8.3.1 Factores para determinar el método de riego	91
8.4 Fertirrigación o nutrigación	94
8.4.1 Seguimiento y gestión de la fertirrigación	95
8.4.2 Fertilización para el sistema “siempre verde”	96
8.4.3 Plan de fertilización anual	100
CAPÍTULO V: MANEJO DEL CULTIVO	
09. Manejo del cultivo	103
9.1 Podas	103
9.1.1 Tipos de podas	103
9.1.2 Recomendaciones para la poda	106

9.2 Nutrición	108
9.2.1 Características relevantes del arándano en la absorción y metabolismo de nutrientes	108
9.2.2 Absorción y metabolismo del nitrógeno (N)	108
9.2.3 Funciones de algunos nutrientes en el arándano	108
9.3 Consideraciones especiales para el sistema “siempre verde”	112
9.3.1 Fertilización	112
9.3.2 Manejo del pH	112
9.4 Etapa productiva	112

CAPÍTULO VI: PLAGAS Y ENFERMEDADES

9.4.1 Polinización y polinizadores	112
10. Manejo de plagas (patógenos)	117
10.1 Botrytis cinerea	118
10.1.1 Síntomas	118
10.1.2 Ciclo de la enfermedad	119
10.1.3 Manejo	119
10.1.4 Monitoreo y prevención	121
10.2 Alternaria tenuissima	121
10.2.1 Síntomas	122
10.2.2 Ciclo de la enfermedad	122
10.2.3 Manejo	122
10.2.4 Monitoreo y prevención	123
10.3 Alternaria alternata	123
10.3.1 Síntomas	123
10.3.2 Ciclo de la enfermedad	124
10.3.3 Manejo	124
10.3.4 Monitoreo y prevención	124
11 . Plagas	125
11.1 Heliothis virescens (gusano)	125
11.1.1 Descripción	125
11.1.2 Daños	126
11.1.3 Monitoreo	126
11.1.4 Control biológico	126
11.1.5 Control cultural	126

11.1.6 Control químico	126
11.2 <i>Aphis gossypii</i>	127
11.2.1 Descripción:	127
11.2.2 Daños	127
11.2.3 Monitoreo	127
11.2.4 Control biológico	127
11.2.5 Control cultural	128
11.2.6 Control químico	128
11.3 <i>Scirtothrips dorsalis</i>	128
11.3.1 Descripción:	128
11.3.2 Daños	128
11.3.3 Monitoreo	129
11.3.4 Control biológico	129
11.3.5 Control cultural	129
11.3.6 Control químico	129
11.4 <i>Bemisia tabaci</i> (mosca blanca)	130
11.4.1 Descripción	130
11.4.2 Daños	130
11.4.3 Monitoreo	130
11.4.4 Control biológico	130
11.4.5 Control cultural	130
11.4.6 Control químico	130
12. Control de arvenses	131
12.1 Cultural	131

CAPÍTULO VII: COSECHA Y POSTCOSECHA

12.2 Químico	131
13. Cosecha y postcosecha	133
13.1 Cuidados en el proceso de cosecha	133
13.1.1 Selección del momento adecuado de cosecha	133
13.1.2 Manipulación cuidadosa del fruto	133
13.1.3 Condiciones de higiene y buenas prácticas del personal	133
13.2 Características de calidad	134
13.3 Contenedores	134
13.4 Manejo poscosecha y almacenamiento	135
13.4.1 Transporte dentro de la finca	135
13.4.2 Centros de acopio	135
13.4.3 Técnicas de higiene y sanitización	135

13.4.4 Embalaje	135
13.4.5 Material de empaque	136
13.4.6 Manejo de temperatura y humedad relativa	136
13.4.7 Almacenamiento	136
13.5 Fisiología del fruto cosechado	137
13.5.1 Crecimiento y desarrollo del fruto	137
13.5.2 Respiración y metabolismo	137
13.5.3 Etileno y maduración	137
13.5.4 Pérdida de agua y deshidratación	137
13.5.5 Manejo de atmósferas modificadas	138
13.5.6 Importancia del calcio en la calidad poscosecha	138
13.5.7 Recomendaciones para el manejo postcosecha	138

CAPÍTULO VIII: COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIO EXTERIOR

13.5.8 Consideraciones de poscosecha para Ecuador	139
14. Estructura y costos de producción	143
14.1 Costos de producción	146
14.2 Costos de producción del arándano en un sistema bajo cubierta (macrotúnel).	147
14.2.1 Costos variables	149
14.3 Costos de producción del arándano en el sistema a campo abierto	152
14.3.1 Costos variables	154
14.4 Aspectos del comercio exterior	160
14.4.1 Mercados internacionales	161
14.5 Importaciones	166
15. Bibliografía	170
16. Anexos	189

Introducción

El arándano representa para Ecuador una puerta hacia una agricultura renovada, capaz de combinar productividad, innovación y sostenibilidad. Su cultivo no solo es un emprendimiento agrícola, sino una apuesta estratégica para diversificar la oferta nacional con un producto de gran demanda mundial. Con ello se abre la posibilidad de transformar las fincas en espacios de progreso, generando oportunidades para pequeños y grandes productores en un entorno competitivo y responsable.

Este manual ha sido diseñado como un recurso de alto nivel, fruto de la interacción entre agricultores, técnicos especializados y la empresa privada de la mano con instituciones estatales, quienes reconocen que el éxito en el cultivo del arándano exige planificación rigurosa, conocimientos actualizados y visión de futuro. No se trata únicamente de aprender a producir, sino de comprender cómo integrar prácticas de manejo eficiente con criterios de calidad que permitan acceder a nichos de exportación de alto valor.

La obra tiene la estructura de una guía práctica y estratégica: orienta en la elección de variedades, el manejo de suelos, la nutrición balanceada y la innovación tecnológica en los sistemas de riego y poscosecha. Al mismo tiempo, destaca la importancia de una gestión empresarial moderna, donde la trazabilidad, la asociatividad y la comercialización responsable se convierten en pilares de la competitividad.

En sintonía con los objetivos nacionales de desarrollo, este manual busca impulsar una agricultura inclusiva y sostenible que aporte a la seguridad alimentaria, fomente la creación de empleo y fortalezca la resiliencia frente a los retos del cambio climático. Cada capítulo está concebido de modo que el productor encuentre respuestas claras, herramientas aplicables y ejemplos adaptados a la realidad ecuatoriana.

Más allá del punto de vista técnico, esta introducción plantea un punto de partida: transformar al arándano en un símbolo de modernización agrícola y en un motor de crecimiento que una el campo, la ciencia y la empresa en beneficio de todo el país.

CAPÍTULO I:

GENERALIDADES DEL CULTIVO



01

Antecedentes

El arándano (*Vaccinium sect. Cyanococcus*) es un arbusto perenne, originario de zonas templadas del hemisferio norte, que pertenece al grupo de los frutales menores. Se caracteriza por sus frutos pequeños de color azul violáceo, ricos en antioxidantes, vitaminas y compuestos bioactivos (Cleves, 2021).

Ha adquirido una creciente relevancia en el mercado internacional, tanto por su alto valor comercial como por su demanda en la industria alimentaria y nutracéutica. En Ecuador, su cultivo inicia en el año 2015 (Álvarez, 2020), con una expansión progresiva en su producción y comercialización a nivel nacional e internacional (Uriarte y Solórzano, 2024).

Ante esta dinámica de crecimiento, surge la necesidad de tener métodos eficientes de propagación que permitan abastecer la demanda de este fruto. Sin embargo, la propagación vegetativa tradicional no es viable para una producción masiva, ya que requiere un número elevado de plantas madre, lo que limita su escalabilidad (Hine & Abdelnour, 2013).

Finalmente, la propagación *in vitro* se consolida como una opción efectiva para la multiplicación de arándano. Este método permite regenerar brotes a partir de yemas obtenidas de estacas de plantas juveniles o adultas mediante diferentes técnicas (Hine y Abdelnour, 2013). Además, la utilización de biorreactores en la propagación clonal ha demostrado ser eficiente, pues logra mayores tasas de multiplicación en menor tiempo y con una reducción significativa de costos en el proceso de micropagación (Ross y Castillo, 2009).

En Ecuador, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) trabaja en la micropagación de arándano, en coordinación con la Dirección de Producción y Servicios. Los métodos de propagación *in vitro* son validados tanto en medios semisólidos como líquidos, con el uso de biorreactores (INIAP, 2021). Las variedades Biloxi y Emerald se han obtenido mediante este procedimiento; han sido sometidas a un proceso de endurecimiento en el invernadero automatizado para, posteriormente, ofertarse al público desde la Granja Tumbaco.

En 2019, el INIAP comercializó plantas *in vitro* de arándano en tres presentaciones: sin raíz (USD \$ 0,80), con raíz (USD \$ 0,90) y pre adaptadas (USD \$1,25). Dada su demanda en el mercado nacional y extranjero es necesario tener un documento que sistematice y oriente a los productores respecto a los procedimientos de propagación *in vitro*. El objetivo de este documento es brindar a los agricultores una guía que les permita fortalecer el desarrollo de este cultivo garantizando su calidad.

1.1. Reseña histórica: Origen, domesticación, selección y generación de variedades

El cultivo del arándano tiene sus raíces en las prácticas de los pueblos indígenas de América del Norte, quienes recolectaban y utilizaban estas bayas silvestres como alimento y medicina (Wang, 2024). Se trata de una especie frutal adaptada a climas templados y fríos, es predominante en las regiones boreales de Estados Unidos y Canadá.

La domesticación y el desarrollo de variedades cultivadas comienzan en el siglo XX, en Nueva Jersey, gracias al trabajo conjunto de Elizabeth Coleman White y Frederick Vernon Coville, que establecen el inicio de una industria global a través de la implementación de los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo y su domesticación (Mainland, 2012; Song y Hancock, 2011). En las últimas décadas, mejorar la calidad del fruto, la resistencia a enfermedades y la adaptación a condiciones climáticas cambiantes ha sido un factor de gran relevancia. Como planta arbustiva, el arándano ofrece una rica diversidad en forma, color, acidez y tamaño de fruto, lo que lo convierte en un cultivo versátil y apreciado tanto por productores como por consumidores.

En la actualidad, Estados Unidos es el principal productor mundial, con estados como Oregón y Washington que lideran la producción (Rubio, 2022). Los cultivares Duke, Legacy y Liberty representan ejemplos significativos de los progresos obtenidos en el mejoramiento genético del arándano (Retamales y Hancock, 2018).

En los últimos años, el desarrollo de nuevas variedades de arándano de arbusto alto ha avanzado significativamente, con el objetivo de mejorar la adaptación climática, la calidad del fruto y la productividad. En Estados Unidos, algunos programas, como el de la Universidad de Florida, han lanzado los cultivares FL17-141, FL19-006 y Falcon. Diseñados para el sistema de producción perenne en el sur del estado, han destacado por su precocidad, alta firmeza y buena vida poscosecha (Phillips *et al.*, 2024). En Oregón, la variedad Mini Blues ha sido introducida con frutos pequeños, de sabor intenso y adaptados a mercados especializados, mientras que en Michigan, se han liberado Katahdin y Capella, ambas con excelente rendimiento, firmeza y calidad de fruta (Milkovich, 2022).

En China también se han desarrollado nuevas variedades como Morning Star y Yumeilan, ambas con vigor, buena firmeza, frutos dulces y alto rendimiento, pensadas para el mercado fresco y adaptadas a condiciones locales (Wang y Xu, 2023; Xu *et al.*, 2022). Estas nuevas selecciones reflejan los avances en el mejoramiento genético de arándanos adaptados a diferentes sistemas de producción y zonas climáticas. Los arándanos altos (*Vaccinium corymbosum*) se dividen en dos grupos principales según su origen geográfico y adaptación climática: los arándanos altos del norte y los arándanos altos del sur.

Décadas más tarde, las pequeñas bayas viajaron hacia el sur y encontraron en Chile, a fines de los años setenta, un suelo fértil para expandirse; desde allí, dieron el salto a Argentina y, más tarde, a Perú, país que con rapidez se convertiría en un gigante mundial de la producción. El auge peruano, sostenido por genética, inversión y políticas de exportación, transformó los campos áridos en verdaderos mares azules. En Ecuador, en cambio, la historia fue más reciente y se escribió con pasos cautelosos: en 2015 llegaron las primeras plantas de la variedad Biloxi desde Estados Unidos y, tras su adaptación a las alturas andinas, comenzaron a multiplicarse. En 2016, se realizaron siembras piloto, y un año después, las primeras cosechas marcaron el inicio de una aventura agrícola que pronto despertó el interés de productores e inversionistas. Para 2018, el cultivo había crecido más del 100 %; se establecieron plantaciones en varias provincias, como Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Azuay. Las montañas ecuatorianas, con su luz permanente y clima privilegiado, ofrecieron una ventaja única: producir arándanos durante todo el año (International Blueberry Organization, 2024).

1.1.1 Arándanos altos del norte (AAN)

Nativos de las regiones templadas del noreste de América del Norte. Se caracterizan por su adaptación a climas fríos por su necesidad de horas de bajas temperaturas para una adecuada floración y fructificación. Las variedades de este grupo fueron las primeras en ser domesticadas y cultivadas comercialmente (Lobos y Hancock, 2015).

1.1.2 Arándanos altos del sur (AAS)

Conocidos como *southern highbush*, fueron desarrollados a partir de cruzamientos entre especies silvestres del sureste de Estados Unidos, como el *Vaccinium darrooii*, y el arándano tradicional del norte. Esta mezcla permitió crear variedades capaces de crecer en climas más cálidos y con menos frío invernal, algo impensable con los cultivares originales (Phillips et al., 2024; Lobos y Hancock, 2015). Variedades como Sharpblue y Florida blue fueron pioneras en esta adaptación, ofreciendo frutos firmes y sabrosos en zonas subtropicales. Investigaciones recientes han confirmado que estos arándanos tienen una rica base genética que les aporta vigor, resistencia y una excelente calidad de fruto (Nishiyama et al., 2020). Gracias a estos avances, ahora es posible cultivar arándanos en regiones donde antes no era viable.

La domesticación de estos arándanos marcó un hito en la expansión del cultivo de esta fruta hacia regiones cálidas. A diferencia de los arándanos del norte, que requieren entre 800 y 1000 horas de frío por ciclo, los *southern highbush* fueron desarrollados para prosperar con menos de 300 horas de frío, gracias a cru-

zamientos entre *Vaccinium corymbosum* y especies nativas como *V. darrowii* (Phillips *et al.*, 2024). Un ejemplo destacado es Biloxi, liberada en 1998 por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) y la Universidad Estatal de Misisipi, que combina la genética de Sharpblue y Fla 4B (derivada de *V. darrowii*), permitiendo su cultivo en zonas donde se dan menos de 150 horas de frío (Hartmann's Plant Company, 2025). Estos avances han permitido que países como México, Perú y Ecuador se conviertan en productores emergentes de arándanos, adaptando el cultivo a sus condiciones climáticas.

En 1930, las variedades Bluecrop y Jersey fueron introducidas y se convirtieron en estándares para la industria del arándano. Las dos fueron seleccionadas por su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y su resistencia a las enfermedades. A lo largo del siglo XX, los programas de mejoramiento genético se expandieron y dieron lugar a nuevas variedades con características mejoradas. Entre 1960 y 1970, se obtuvieron las variedades Misty y O'Neal, acondicionadas para desarrollarse en regiones mucho más cálidas (Retamales y Hancock, 2018).

1.2 Clasificación taxonómica

Los arándanos son plantas perennes que pertenecen a la familia *Ericaceae* y al género *Vaccinium*, con 450 especies distribuidas entre el hemisferio norte Centroamérica, Suramérica y Asia tropical, con ciertas especies en África y Madagascar. Cabe mencionar que solo unas pocas son cultivadas comercialmente, como *V. Corymbosum*, *V. angustifolium* Ait., *Vaccinium ashei* Reade (*sin V. angustifolium* Ait.), *Vaccinium macrocarpon* Ait., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L., (Song y Hancock, 2011; Retamales y Hancock, 2018). En Ecuador, el cultivo de arándano es relativamente reciente, con las variedades Biloxi y Emerald adaptadas a las condiciones locales, especialmente, en la región andina. En la Tabla 1 se evidencia la clasificación taxonómica (Paredes, 2022).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arándano.

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Ericáceas</i>
Género	<i>Vaccinium</i>
Especies	<i>V. Corymbosum</i>

Fuente. Tomado de Retamales y Hancock, 2018.

La sección *Cyanococcus* tiene su origen en la clasificación botánica del género *Vaccinium*, dentro de la familia *Ericaceae*, y agrupa principalmente a las especies conocidas como arándanos. Esta sección se estableció para diferenciar a un conjunto de plantas nativas de América del Norte, caracterizadas por sus arbustos de porte bajo a medio, hojas simples y frutos en forma de baya de color azul oscuro, ricos en compuestos antioxidantes. El nombre *cyanococcus* proviene del griego *kyanos* (azul) y *kokkos* (baya o grano), hace referencia directa a la tonalidad intensa de sus frutos. Su reconocimiento como sección respondió a la necesidad de ordenar taxonómicamente la gran diversidad del género *Vaccinium*, y con el tiempo adquirió relevancia económica y agrícola, dado que de ella se derivan las especies cultivadas de arándano más importantes en el mundo.

1.3 Descripción morfológica

El arándano es un arbusto cuya altura varía según la especie. Se caracteriza por tener un sistema radicular superficial y fibroso, que presenta una alta afinidad por simbiosis con los hongos micorrízicos, lo cual favorece significativamente su nutrición y desarrollo (Miranda, 2021).

Aunque muchas variedades de arándano requieren un período de frío invernal para florecer adecuadamente, existen cultivares adaptados a regiones cálidas que permiten una producción continua. Por ejemplo, la variedad Sharpblue tiene un bajo requerimiento de frío, con aproximadamente 200 horas de frío, para mantener un follaje casi perenne y dar frutos en múltiples épocas del año. Estas características han facilitado el cultivo de arándanos en regiones subtropicales y tropicales, como partes de México, Perú y Ecuador, donde las condiciones climáticas permiten una producción “siempre verde” sin la necesidad de un período de dormancia invernal (Food Forest Nursey, 2025; Smart Gardener, s. f.; Wellspring Gardens, s. f.).

A continuación, se describe detalladamente su estructura morfológica:

1.3.1 Sistema radicular

Dado que el sistema radicular rara vez sobrepasa los 60 cm de profundidad, el cultivo presenta una alta susceptibilidad al estrés hídrico, lo que hace indispensable un manejo eficiente del riego para asegurar su óptimo desarrollo. Estas raíces no poseen pelos absorbentes, lo que restringe su eficiencia en la captación de agua y nutrientes (Figura 1). En consecuencia, la especie forma una simbiosis con hongos micorrízicos, lo cual mejora de manera significativa la absorción de nutrientes, especialmente, de fósforo (Smith y Read, 2008).



Fuente: Fotografía por G. Boaz, (s. f.), Netafim.

Figura 1. Sistema radicular.

1.3.2 Brotes basales

Los brotes basales son tallos que emergen desde la base de la planta y resultan esenciales para la renovación y el crecimiento continuo de la planta (Figura 2). Estos brotes vigorosos alcanzan una altura de 1,5 a 2 m en variedades de arándanos altos. Su desarrollo es crucial para mantener la productividad del arbusto, ya que las flores y frutos se forman en ramas de uno o dos años (Eck, 1988).



Fuente: Fotografía por Ch. Andrade Ruales, 2025, Netafim.

Figura 2. Brotes basales en la planta de arándano.

1.3.3 Tallos y ramas

Los tallos del arándano se muestran leñosos y ramificados. Las ramas jóvenes son verdes y flexibles, mientras que las viejas se vuelven marrones y rígidas. La planta tiene un hábito de crecimiento erecto, aunque algunas variedades presentan un porte más arbustivo (Figura 3). Las ramas con capacidad productiva presentan una longevidad aproximada de 5 a 6 años, tras lo cual es necesario realizar podas estratégicas para promover la emisión de brotes nuevos y mantener la productividad del cultivo.



Fuente: Fotografía por Ch. Andrade Ruales, 2025, Netafim.

Figura 3. Cultivo de arándano con fototropismo en Pujilí.

1.3.4 Hojas

Las hojas del arándano son simples, alternas y de forma ovalada o lanceolada, con una longitud que varía entre 2,5 y 8 cm (Figura 4). Presentan un color verde brillante en el haz y un tono más claro en el envés, con márgenes enteros o ligeramente aserrados. En Ecuador, el cultivo del arándano se ha adaptado a diversas altitudes en la región andina, lo que influye en su comportamiento fenológico. A diferencia de las zonas templadas, donde el follaje es caducifolio y se desprende en otoño, en las regiones ecuatorianas, con escasa estacionalidad climática, las hojas se mantienen en la planta por lapsos más extensos. No obstante, en zonas de mayor altitud, donde las temperaturas disminuyen significativamente, puede presentarse una defoliación parcial, lo cual evidencia una fase temporal de latencia fisiológica (Vásquez, et al., 2022)



Fuente. Fotografía por Ch. Andrade Ruales, 2025, Netafim.

Figura 4. Hojas de la planta de arándano.

1.3.5 Flores

Las flores del arándano son pequeñas, acampanadas y de color blanco o rosado. Se agrupan en racimos llamados *corimbos*, que contienen entre 5 y 10 flores. Cada flor tiene 5 pétalos fusionados y 10 estambres (Figura 5). Las flores presentan cleistogamia, lo que facilita la polinización cruzada por insectos y mejora significativamente el porcentaje de cuajado y tamaño de las bayas (Retamales y Hancock, 2018).



Fuente. Fotografía por Ch. Andrade Ruales, 2025, Netafim.

Figura 5. Flores de la planta de arándano.

1.3.6 Frutos

El arándano produce bayas de entre 1 y 2 cm de diámetro, cuya epidermis es suave y cerosa (Figura 6). Las bayas tienen diferentes tonalidades que van del azul profundo al púrpura. Por dentro, su pulpa es jugosa y está llena de pequeñas semillas. Como no todos los frutos maduran al mismo tiempo, es posible cosechar varias veces durante la temporada, lo que hace más flexible su recolección (Eck, 1988).



Fuente. Fotografía por Ch. Andrade Ruales, 2025, Netafim.

Figura 6. Fruto de la planta de arándano.

1.4 Clasificación y tipos de plantas

Las variedades de arándano se clasifican según sus necesidades de horas de frío, lo que influye en su adaptación a diferentes zonas climáticas. Esta clasificación permite seleccionar cultivares adecuados para diversas regiones, de modo que se optimice su rendimiento y calidad. En la Tabla 2 se detalla la información sobre los cuatro grandes grupos de arándano.

Tabla 2. Cuatro grupos grandes de arándano.

Característica	Highbush (<i>V. corymbosum</i>)	Rabbiteye (<i>V. virgatum</i>)	Lowbush (<i>V. angustifolium</i>)	Half-High (Híbridos)
Altura	1,5 - 2,5 m	3 - 4 m	0,3 - 0,5 m	0,5 - 1 m
Tamaño de fruto	Grande (1 - 2 cm)	Mediano (1 - 1,5 cm)	Pequeño (0,5 - 1 cm)	Mediano (1 - 1,5 cm)
Horas de frío	600 - 1000	200 - 600	>1000	800 - 1000
Adaptación climática	Templado-frío	Subtropical	Frío extremo	Templado-frío
Uso principal	Fresco y procesado	Fresco y procesado	Procesado	Fresco y procesado

Fuente. Elaboración propia del autor con datos tomados de Eck (1988); Retamales y Hancock (2018), y Vander (1988).

Los AAA o arándanos Northern Highbush (*Vaccinium corymbosum L.*) son el grupo más cultivado a nivel mundial debido a su tamaño de fruto, sabor y adaptabilidad a climas templados. No obstante, su alto requerimiento de horas de frío limita su cultivo en regiones tropicales. Los AAN son nativos del noreste de América del Norte, específicamente, de regiones con inviernos fríos y veranos templados. Pueden alcanzar una altura de 1,5 a 2,5 m, tienen hojas grandes, ovaladas y de color verde oscuro. Sus bayas grandes (1 a 2 cm de diámetro) se caracterizan por su color azul oscuro y su sabor dulce. Al ser perennes, alcanzan una vida productiva de quince a veinte años en condiciones óptimas. Tienen un alto requerimiento de horas de frío (entre 600 y 1000 horas por debajo de los 7 °C) para superar la dormancia invernal y garantizar una floración y fructificación adecuadas. Este período de frío es esencial por las siguientes razones:

- **Rompe la dormancia:** Las yemas florales necesitan acumular horas de frío para activarse y florecer en primavera.
- **Sincroniza la floración:** El período de frío asegura que la floración sea uniforme y sincronizada, mejorando la polinización y el cuajado de frutos.

- **Maximiza la productividad:** Sin suficientes horas de frío, la planta podría presentar floración irregular, baja producción y frutos de menor calidad.

En las regiones tropicales, las temperaturas raramente caen por debajo de los 7 °C, lo que impide que las plantas acumulen el frío necesario para su desarrollo. Esto ocasiona una floración irregular y una baja productividad. Las altas temperaturas propias de estas zonas pueden generar estrés en las plantas y afectar su crecimiento y desarrollo. Los AAN no están adaptados a climas cálidos y húmedos. Adicionalmente, los climas tropicales favorecen la proliferación de hongos y patógenos (Retamales y Hancock, 2018).

Por otro lado, las variedades que requieren entre 500 y 700 horas de frío, como Southmoon y Jubilee, son adecuadas para zonas con inviernos más fríos. Otras variedades, como Reveille, requieren un mínimo de 600 horas, mientras que Le-gacy se adapta bien a áreas con altos requerimientos de frío (San Martín, 2013).

1.4.1 Arándanos arbustos altos del sur o Southern Highbush (SHB) (bajo requerimiento de frío)

Los arándanos Southern Highbush (SHB), desarrollados en la década de 1970, con el objetivo de adaptarlos a climas más cálidos, son el resultado de híbridos desarrollados a partir del *Vaccinium corymbosum* (*highbush*) y especies genéticamente mejoradas a climas cálidos, como *Vaccinium darrowii*, que aportan tolerancia al calor y bajos requerimientos de frío. Estos arándanos exigen pocas horas de frío, entre 150 y 600 horas por debajo de 7 °C, y resisten temperaturas que oscilan entre los 18 °C y 25°C durante el día, y entre los 10 °C y 15 °C durante la noche. Prefieren suelos ácidos con un pH entre 4,5 y 5,5, bien drenados y ricos en materia orgánica. Su bajo requerimiento de frío permite que las plantas superen la dormancia y florezcan incluso en condiciones de invierno suave. En el trópico, los SHB producen frutos fuera de la temporada tradicional de arándanos (primavera-verano en el hemisferio norte), lo que permite a los productores aprovechar mercados con alta demanda y precios favorables. Esto los hacen ideales para regiones subtropicales y tropicales, como Ecuador (Medeiros et al., 2021).

Otras variedades, como O'Neal, que requiere entre 200 y 300 horas de frío, Georgia Gem y Misty, entre 150 y 300, o Jewel y Emerald, alrededor de 250 horas, se adaptan bien a climas como el de Ecuador (San Martín, 2013). Los arándanos SHB son arbustos erectos que alcanzan de 1,5 a 2 m de altura. Su tamaño es similar al de los NHB, pero con un crecimiento más compacto. Poseen hojas medianas, ovaladas y de color verde brillante. Algunas variedades presentan hojas más pequeñas y coriáceas, heredadas del *Vaccinium darrowii*.





Las bayas son de tamaño mediano a grande (1 a 2 cm de diámetro) y ofrecen un sabor dulce y equilibrado. Su piel firme y de color azul oscuro las convierte en ideales para exportación. A diferencia de los NHB, los SHB no dependen exclusivamente de las condiciones climáticas para su desarrollo, lo que facilita su cultivo en regiones con inviernos cálidos (Retamales y Hancock, 2018).

Una de las ventajas de los SHB reside en la posibilidad de sincronizar lotes y calendarizar producciones mediante algunas técnicas de manejo, como la poda y el control de la nutrición. Esto permite a los productores planificar cosechas según la demanda del mercado.



1.5 Variedades disponibles en Ecuador

En Ecuador, el cultivo de arándanos se ha expandido significativamente en los últimos años, especialmente en regiones con climas templados como las de Pichincha, Tungurahua y Azuay (Ávila, 2023). Dado que en Ecuador, país tropical, existen épocas de lluvias suaves, es fundamental utilizar variedades de bajo requerimiento de frío (menos de 600 horas por debajo de 7 °C) (Mesa, 2015). Estas variedades pertenecen principalmente al grupo Southern High-bush (SHB) y, en menor medida, a los Rabbiteye (García, et al., 2018). De acuerdo con la base de datos del registro de cultivares, en el territorio nacional se encuentran registrados 22 cultivares, los cuales se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Cultivares de arándano registrados en Ecuador.

Cultivares	Tipo de variedad	Nombre del obtentor	Requerimiento de horas frío/año
APOLO	Genética propia de la empresa	VIVEROS HORTIFRUT CHILE S. A.	200 - 300
ATLASBLUE 'FCM12-045'	Royalty	FALL CREEK FARM AND NURSERY, INC.	300 - 400
BIAN-CABLUE 'FCM12-087'	Royalty	FALL CREEK FARM AND NURSERY, INC.	200 - 300
BILOXI	Libre	AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE OF THE U. S.	150 - 200
DAZZLE	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	200 - 300
EMERALD	Libre	FLORIDA FOUNDATION SEED PRODUCERS, INC.	200 - 300
EUREKA	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	300 - 400
EUREKA DAWN - RIDLEY 7301	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	200 - 300
EUREKA GOLD - RIDLEY 1702	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	300 - 400
EUREKA MAXX - RIDLEY 2503	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	400 - 500
EUREKA SUNRISE	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	200 - 300
EUREKA SUNSET	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	300 - 400

Rendimiento*	Características/ Uso	Grupo
8-10 t/ha	Bayas grandes, de color azul oscuro y sabor dulce. Planta vigorosa y resistente a enfermedades. Para consumo fresco y exportación.	AAAS
9-11 t/ha	Bayas grandes, de alta firmeza y sabor equilibrado. Variedad de alta productividad. Para consumo fresco y exportación.	AAAS
7-9 t/ha	Bayas medianas, de color azul claro y sabor dulce. Planta compacta y fácil de manejar. Para consumo fresco y procesamiento.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de sabor dulce y firmeza media. Variedad muy popular en Ecuador. Para consumo fresco y exportación.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de color azul oscuro y sabor intenso. Variedad de alta calidad en poscosecha. Para consumo fresco y exportación.	AAAS
9 - 11 t/ha	Bayas grandes, de sabor dulce y firmeza alta. Variedad vigorosa y productiva. Para exportación y consumo fresco.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de color azul oscuro y sabor equilibrado. Variedad de alta productividad. Para exportación y consumo fresco.	AAAS
7 - 9 t/ha	Bayas medianas, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad temprana. Para exportación y consumo fresco.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de color azul claro y sabor equilibrado. Variedad de alta calidad. Exportación y consumo fresco.	AAAS
9 - 11 t/ha	Bayas grandes, de sabor intenso y firmeza alta. Variedad de alta productividad. Exportación y consumo fresco.	AAAS
7 - 9 t/ha	Bayas medianas, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad temprana. Consumo fresco y exportación.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de color azul oscuro y sabor equilibrado. Variedad de alta calidad. Consumo fresco y exportación.	AAAS

Cultivares	Tipo de variedad	Nombre del obtentor	Requerimiento de horas frío/año
SEKOYA POP (FCM 14-052)	Club	FALL CREEK FARM & NURSERY, INC.	200 - 300
FIRST BLUSH	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	150 - 200
IMPERIAL	Genética propia de la empresa	HORTIFRUT GENETICS LIMITED	300 - 400
JEWEL	Libre	FLORIDA FOUNDATION SEED PRODUCERS, INC.	200 - 300
MASENA	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	200 - 300
PRESTO	Genética propia de la empresa	VIVEROS HORTIFRUT CHILE S. A.	150 - 200
PURPLE	Genética propia de la empresa	HORTIFRUT GENETICS LIMITED	200 - 300
SPLASH	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	200 - 300
STELLAR	Genética propia de la empresa	VIVEROS HORTIFRUT CHILE S.A.	300 - 400
TWILIGHT	Club	MOUNTAIN BLUE ORCHARDS	200 - 300
MATIAS**	Royalty	BLOOM FRESH	200 - 300

*Rendimiento: Registro de datos del obtentor

** Variedad reportada por FEPEDA

- LIBRE: Variedad que ya no está protegida legalmente y puede ser cultivada, propaga da y comercializada sin ninguna restricción.
- ROYALTY: Variedad que están protegida y por la cual se debe pagar una regalía de siembra para poder realizar el cultivo y la comercialización de la fruta sin restricciones.

Rendimiento*	Características/ Uso	Grupo
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad vigorosa y productiva. Consumo fresco y exportación.	AAAS
7 - 9 t/ha	Bayas medianas, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad temprana. Consumo fresco y exportación.	AAAS
9 - 11 t/ha	Bayas grandes, de color azul oscuro y sabor intenso. Variedad de alta productividad. Consumo fresco y exportación.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad vigorosa y resistente. Consumo fresco y exportación.	AAAS
7 - 9 t/ha	Bayas medianas, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad de fácil manejo. Consumo fresco y procesamiento.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de sabor dulce y alta firmeza. Variedad temprana. Para consumo fresco y exportación.	AAAS
7 - 9 t/ha	Bayas medianas, de color púrpura y sabor dulce. Variedad ornamental y productiva. Para consumo fresco y procesamiento.	AAAS
7 - 19 t/ha	Bayas medianas, de color púrpura y sabor dulce. Variedad ornamental y productiva. Para consumo fresco y procesamiento.	AAAS
9 - 11 t/ha	Bayas grandes, de sabor intenso y alta firmeza. Variedad de alta productividad. Para exportación y consumo fresco.	AAAS
8 - 10 t/ha	Bayas grandes, de color azul oscuro y sabor equilibrado. Variedad vigorosa y resistente. Para consumo fresco y exportación.	AAAS
20 t/ha	Calibre 18 up, excelente bloom, crunch medio-alto, muy firme, corona abierta, sabor bueno sobre 12 grados Brix, vida poscosecha de 55 días y más.	AAAS

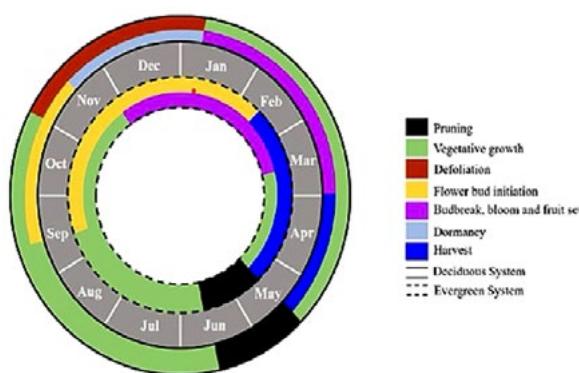
• CLUB: Variedad protegida cuyo acceso, comercialización y producción está controlada por sus desarrolladores o empresas asociadas. Se trata de una variedad más exclusiva, con características superiores.

• ASSS: Arándanos altos del sur

Fuente. Adaptado del geoportal y la base de datos de la Dirección de Gestión de Recursos Agrícolas, del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (MAG) y del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>.

1.6 Fenología del cultivo

La fenología del cultivo de arándano describe las etapas de desarrollo de la planta, desde la brotación hasta la cosecha (Godoy, 2008). En sistemas de producción “siempre verde”, implementados en regiones tropicales y subtropicales, estas etapas se modifican debido a la ausencia de una dormancia invernal pronunciada. En lugar de un ciclo anual definido, las plantas florecen y fructifican varias veces al año, dependiendo de factores como la variedad cultivada y las prácticas de manejo agronómico (Palma *et al.*, 2023). Es importante tomar en cuenta la fenología del arándano, al igual que conocer el manejo del cultivo, la maximización de su producción y el uso de variedades que se adapten en el trópico, así como la forma en qué se reinicia el ciclo fenológico mediante técnicas como la poda y el uso de cubiertas (Figura 7) (Retamales y Hancock, 2018).



Nota. Tomado de Fang *et al.*, 2020.

Figura 7. Etapas fenológicas del desarrollo del cultivo de arándano.

Conocer la secuencia y cronología de las distintas etapas de desarrollo de la especie objetivo permite planificar y calendarizar actividades como la poda, la fertilización, el riego, y las cosechas en el momento adecuado, además de identificar las fases más vulnerables a plagas y enfermedades, facilitando el uso preventivo de productos fitosanitarios (Gordó, 2008). Este conocimiento ayuda a sincronizar el manejo del cultivo según las condiciones climáticas, ajustando el riego durante la floración y fructificación para evitar estrés hídrico y mejorar el rendimiento. También es clave coordinar y planificar la cosecha, garantizando que la fruta sea recolectada en su punto óptimo, para conseguir un impacto en la calidad y el valor del producto final (Uribe, 2017).

Con el fin de monitorear las etapas fenológicas, se emplea la escala extendida BBCH, desde el brote hasta la maduración de los frutos. La Tabla 4 presenta la descripción de las principales etapas fenológicas, desde la germinación hasta la madurez, por medio de una escala BBCH.

Tabla 4. Escala extendida BBCH para el arándano.

Código	Etapa fenológica
0	Germinación
01	Emergencia del brote inicial
1	Desarrollo de brotes
11	Aparición de yemas
12	Crecimiento de hojas jóvenes
3	Desarrollo de hojas
31	Crecimiento de hojas nuevas
32	Alargamiento de ramas
5	Formación de botones florales
51	Aparición de botones florales
52	Desarrollo de botones hasta la apertura
6	Floración
61	Apertura de los botones florales
62	Caída de pétalos
7	Fructificación
71	Formación de frutos pequeños
72	Crecimiento de frutos
73	Desarrollo del color característico
8	Maduración
81	Inicio de la maduración
82	Frutos completamente maduros y listos para la cosecha
9	Senescencia
91	Marchitamiento de hojas
92	Adaptación para el período de reposo invernal o para el siguiente ciclo vegetativo.

Fuente. Tomado de Bastida, 2018.

Las fases y subfases descritas en la escala BBCH extendida para el arándano facilitan un monitoreo preciso del crecimiento del cultivo, de modo que permite a los productores tomar decisiones acertadas en cada etapa. Comprender estas fases favorece una gestión eficiente y mejora el rendimiento del cultivo de arándano.

En el trópico, la ausencia de inviernos fríos y la estabilidad térmica durante todo el año modifican el ciclo fenológico del arándano. Las variedades de AAS (con bajo requerimiento de frío) son esenciales para la producción en estas regiones. A continuación, se describen las etapas fenológicas principales.

1.6.1 Dormancia

Permite la activación de las yemas florales, ocurre cuando las temperaturas descienden por debajo de 7 °C. Las variedades Northern Highbush suelen necesitar entre 600 y 1000 horas frío para florecer, mientras que las Southern Highbush, desarrolladas para climas tropicales, requieren entre 100 y 500 horas, dependiendo del cultivar (Lyrone, 2008; Retamales y Hancock, 2018).

En zonas tropicales o subtropicales donde el invierno no se presenta de forma natural, es necesario inducir la dormancia en la planta de forma artificial. Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante la defoliación manual o con aplicaciones de productos químicos que estimulan la caída de hojas y reinician el ciclo de crecimiento (Darnell y Williamson, 1996; Hummer *et al.*, 2007).

1.6.2 Crecimiento vegetativo

En esta fase, el arándano concentra su energía en el desarrollo de hojas, ramas y raíces. Es fundamental asegurar un suministro adecuado de nutrientes y agua para promover un crecimiento robusto y saludable (Uribe, 2017).

1.6.3 Inducción floral

En condiciones de trópico, la floración es inducida mediante manejo y fotoperíodo corto. La sincronización de la floración también se logra mediante técnicas como la poda y el uso de cubiertas. La planta detecta cambios en la duración del día (fotoperíodo) y la temperatura (Retamales y Hancock, 2018).

1.6.4 Diferenciación floral

Ocurre después de la inducción floral, cuando las yemas se transforman en yemas florales. Este proceso depende de la acumulación de horas de frío durante la dormancia. Por ello, son importantes las condiciones climáticas adecuadas.

En el trópico, donde las temperaturas rara vez bajan de los 7 °C, este proceso debe gestionarse de forma distinta. En lugar de depender del frío natural, se recurre a estrategias como la defoliación manual o el uso de agentes químicos para inducir un «descanso artificial» en las plantas (Medina *et al.*, 2018; Darnell y Williamson, 1996).

1.6.5 Floración

En la fase de floración, los botones florales se abren, dando lugar a las flores del arándano, lo que define su capacidad de producir frutos. La polinización es crucial en esta etapa; los agricultores suelen recurrir a abejas u otros polinizadores para garantizar el éxito del proceso. Un manejo adecuado del riego es indispensable para prevenir el estrés hídrico, ya que este podría provocar la caída de las flores (Uribe, 2017).

1.6.6 Fructificación

Después de la floración, el arándano entra en la fase de fructificación, donde las bayas empiezan a formarse y crecer (90 a 120 días, desde la floración hasta la cosecha). Durante esta etapa es necesario mantener un riego constante y una fertilización adecuada para favorecer el desarrollo de los frutos (Retamales y Hancock, 2018).

En países del trópico la producción es “siempre verde”, lo que permite cosechas continuas durante todo el año. Esta etapa se puede dividir en varias fases, las cuales conforman la curva de crecimiento del fruto.

1.6.6.1 Curva de crecimiento del fruto de arándano

La curva de crecimiento del fruto de arándano es sigmoidea, lo que significa que presenta tres fases principales:

A. Fase de crecimiento inicial (Fase I):

- **Duración:** 2 a 3 semanas después de la polinización.
- **Características:** El fruto experimenta un rápido crecimiento debido a la división celular. El tamaño del fruto aumenta rápidamente, pero la acumulación de sólidos solubles (azúcares) es mínima.
- **Factores clave:** La disponibilidad de agua y nutrientes es imprescindible para apoyar la división celular. Las temperaturas óptimas para esta fase están entre los 18 °C y los 25 °C.

B. Fase de crecimiento lento (Fase II):

- **Duración:** 3 a 5 semanas después de la polinización.
- **Características:** El crecimiento del fruto se ralentiza, pero se produce la acumulación de almidón y otros compuestos. El fruto comienza a cambiar de color, pasa de verde a rojizo o azul claro.
- **Factores clave:** La fotosíntesis y la translocación de nutrientes desde las hojas son esenciales para esta fase. Las temperaturas superiores a 30 °C pueden afectar negativamente el desarrollo del fruto.

C. Fase de maduración (Fase III):

- **Duración:** 2 a 3 semanas antes de la cosecha.
- **Características:** El fruto experimenta un segundo período de crecimiento rápido, principalmente debido a la acumulación de agua y azúcares. El color del fruto cambia a azul oscuro; la firmeza y el sabor alcanzan su nivel máximo.
- **Factores clave:** La disponibilidad de agua es esencial para evitar el rajado del fruto. Las temperaturas óptimas para esta fase son están entre los 20 °C y los 25 °C (Retamales y Hancock, 2018).

1.6.6.2 Factores que influyen en la fructificación

- A. Polinización:** Una polinización efectiva es esencial para el cuajado de los frutos. Las abejas son los principales polinizadores de los arándanos. Las temperaturas extremas (de frío o calor) afectan la actividad de los polinizadores. Por lo tanto, la presencia de polinizadores y las condiciones climáticas ideales definen este factor.
- B. Nutrición:** Un suministro adecuado de nutrientes, especialmente de potasio, calcio y boro, es crucial para el desarrollo del fruto. La aplicación de fertilizantes foliares durante la fructificación mejora la calidad del fruto. Las deficiencias nutricionales ocasionan frutos pequeños o deformes.
- C. Riego:** Un riego adecuado es esencial para evitar el estrés hídrico, que afecta el tamaño y la calidad del fruto. El exceso de agua causa pudrición radicular y reduce la firmeza del fruto. Por su lado, la falta de agua provoca el rajado del fruto y reduce el rendimiento.
- D. Temperatura:** Las temperaturas óptimas para la fructificación están entre los 18 °C y los 25 °C. Las temperaturas superiores a 30 °C pueden acarrear el aborto de frutos y reducir la calidad. Las temperaturas inferiores a 10 °C retrasan el desarrollo del fruto (Medeiros et al., 2021).

1.6.6.3 Importancia de la fructificación en la producción

- A. Calidad del fruto:** La fructificación determina el tamaño, color, firmeza y sabor del fruto, que representan factores decisivos para la comercialización. Un manejo adecuado durante la fructificación mejora la calidad poscosecha.
- B. Rendimiento:** El número y el tamaño de los frutos determinan el rendimiento del cultivo. Una polinización efectiva, un manejo adecuado del riego y una buena nutrición son esenciales para maximizar el rendimiento.

C. Sincronización de cosechas: En el trópico, la fructificación puede sincronizarse mediante técnicas de manejo, como la poda y el uso de cubiertas.

D. Consideraciones clave: Permiten a los productores programar las cosechas en épocas de alta demanda (Medeiros et al., 2021).

1.6.7 Maduración y cosecha

En la fase de maduración, las bayas alcanzan su tamaño y color definitivos. El momento de la cosecha es determinante ya que influye directamente en la calidad y el valor comercial del producto. Se implementan estrategias adecuadas para asegurar que las bayas se recojan en su punto óptimo, maximizando su calidad y reduciendo los daños al mínimo (Uribe, 2017).

En el trópico la cosecha se realiza en múltiples ciclos, dependiendo de la variedad y el manejo agronómico. Esto permite a los productores tropicales abastecer mercados internacionales en épocas de alta demanda (Medeiros et al., 2021).

02

Variedades del arándano alto del sur (AAS) en el trópico

2.1 Importancia de las variedades del AAS en el trópico

A. Bajo requerimiento de frío: Las variedades del AAS requieren entre 100 y 500 horas de frío, dependiendo del cultivar, lo que las hace ideales para regiones tropicales, pues en estas zonas las plantas de arándano no entran en dormancia. Estas variedades pueden florecer incluso en ausencia de inviernos fríos siempre que se acompañen de prácticas de manejo adecuadas. (Lyrene, 2008; Retamales y Hancock, 2018).

B. Adaptación al calor: Son más tolerantes a las altas temperaturas y la humedad, condiciones comunes en el trópico.

C. Producción continua: Estas variedades permiten cosechas escalonadas y producción “siempre verde”, situación que maximiza la rentabilidad del cultivo (Retamales y Hancock, 2018).

2.2 Reinicio del ciclo fenológico en el trópico

En el trópico, el ciclo fenológico se reinicia mediante técnicas de manejo que simulan las condiciones de invierno o estimulan el crecimiento vegetativo y reproductivo. Estas técnicas incluyen:

- A. Poda:** La poda intensiva de ramas viejas y dañadas estimula el crecimiento de nuevos brotes, que son más productivos. Por otra parte, la poda ligera retrasa la floración, permitiendo sincronizar las producciones.
- B. Uso de cubiertas:** Las cubiertas plásticas o mallas sombra modifican el microclima alrededor de las plantas: reducen la temperatura y estimulan la floración. También protegen los frutos de daños ocasionados por la lluvia o el exceso de sol.
- C. Manejo del riego y la nutrición:** El estrés hídrico controlado y la aplicación de fertilizantes nitrogenados en momentos clave modulan el crecimiento vegetativo y reproductivo. Esto permite reiniciar el ciclo fenológico y programar las cosechas (Retamales y Hancock, 2018).

2.3 Producción “siempre verde” en el trópico

La producción “siempre verde” es una estrategia primordial en el trópico, donde las condiciones climáticas permiten cosechas continuas durante todo el año. Esto se logra mediante:

- A. Cosechas escalonadas:** Se siembran variedades con diferentes ciclos de maduración para asegurar una producción constante. Esto permite abastecer mercados internacionales en épocas de alta demanda.
- B. Manejo de lotes:** Los lotes se manejan de manera independiente, aplicando técnicas de poda y nutrición para sincronizar las producciones. Esto favorece la eficiencia y la rentabilidad del cultivo (Medeiros *et al.*, 2021).

2.4 Requerimientos edafoclimáticos (AAS)

Preliminarmente, el INIAP, a través del Programa de Fruticultura (Granja Experimental Tumbaco), compiló información relevante de diversos estudios científicos y técnicos (Darnell y Williamson, 1996; Retamales y Hancock, 2012; Williamson *et al.*, 2006; Keen y Slavich, 2011; Mainland, 2012; Lobos y Hancock, 2015; Medina *et al.*, 2018; Fang *et al.*, 2020). Estos estudios han permitido establecer de manera objetiva las características morfológicas, anatómicas y fisiológicas de las plantas del género *Vaccinium*, así como identificar los principales factores edáficos y climáticos que influyen, de manera positiva o negativa, en los procesos de generación, crecimiento y desarrollo de estructuras vegetativas y reproductivas.

El conocimiento integral de estos factores (tanto bióticos como abióticos) es fundamental para predecir el comportamiento agronómico de los cultivos, expresado en aspectos como el vigor, la longevidad, la sanidad, la fenología, el rendimiento y la calidad de la cosecha. En la Tabla 5 se presenta una recopilación de las características y parámetros más relevantes para la selección de las zonas óptimas destinadas al cultivo de arándano de bajo requerimiento de frío, bajo un modelo productivo de tipo “siempre verde”, adaptado a condiciones tropicales.

Tabla 5. Compilación de características y factores bióticos y abióticos relevantes en la selección de zonas idóneas para el cultivo de arándanos del tipo AAS.

Características / Factores	Variable	Parámetro
	Distribución horizontal	≈50 % raíces < 30 cm corona ≈80 % raíces < 60 cm corona
	Distribución vertical	>80 % raíces < 36 cm profundidad
Raíces	Ausencia de pelos radiculares	
	Susceptibilidad a la sequía y anegación	
	Adeuada en la noche	≈15 °C
	Noches cálidas reducen el cuajo	>21 °C
	Adeuada en el día	20 - 25 °C
Temperatura	Reducción de la inducción floral, contenido de carbono hidratos en planta y frutos	>28 °C
	Reducción de la fotosíntesis	>30 °C
	Reducción de la calidad frutos y la vida poscosecha	>32 °C
	Interrupción de la endodormancia	1,4 - 12,4 °C
	Acumulación de frío (horas <7°C)	0 a 500 horas frío

Características / Factores	Variable	Parámetro
Humedad relativa	Humedad relativa	40 % - 80 %
Luz	Intensidad lumínica adecuada	150 - 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
	Anticipación de floración	Luz azul 45 nm
	Retraso de floración	Luz roja 630 - 660 nm
Suelo	Profundidad efectiva	> 50 cm (ausencia de compactación)
	Profundidad de nivel freático	> 60 cm - <150 cm
	Texturas adecuadas	Areno-franca, franco-arenosa, franca
	Textura con acondicionamiento	Franco-arcilloso (camas)
	Materia orgánica	>3 %
	pH adecuado (especie acidófila)	4,2 - 5,8
	Salinidad adecuada	0,8 - 1,0 dS m^{-2}
	Contenido Ca (especie calcífuga)	<1000 kg ha^{-1}
	Contenido P	<340 kg ha^{-1}
	Temperatura adecuada del suelo	<17 °C
Agua	ph adecuado (especie acidófila)	4,5 - 5,0
	Precipitaciones	1300 - 1976 mm año ⁻¹

Nota. Tabla compilatoria realizada por P. Mejía Bonilla y P. Viteri Díaz, Programa de Fruticultura, INIAP. Fuentes consultadas: Darnell y Williamson, 1996; Retamales y Hancock, 2012; Williamson et al., 2006; Keen y Slavich, 2011; Mainland, 2012; Medina et al., 2018; Fang et al., 2020.

Posteriormente, y como resultado de un trabajo interinstitucional entre el INIAP, la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA) y la Subsecretaría de Producción Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se elaboró una matriz de requerimientos edafoclimáticos del cultivo de arándano (*Vaccinium* spp.), con el fin de categorizar el territorio ecuatoriano en zonas óptimas, moderadas, marginales y no aptas para su cultivo (Tabla 6).



Tabla 6. Parámetros biofísicos y agroclimático del cultivo de arándano (*Vaccinium spp.*) para categorizar la zonificación agroecológica.

Componente	Categorías de la zonificación agroecológica del cultivo	
	Parámetro	Óptima 1
Biofísico	Pendiente (%)	Plana (0 - 2), muy suave (2 - 5), suave (5 -12)
	Textura del suelo (50 cm)	Areno-francosa, franco-arenosa
	Profundidad efectiva (cm)	Profundo>60 cm
	Pedregosidad (%)	Nula (no posee fragmentos), muy pocas (<10), pocas (10 - 25)
	Drenaje natural	Bueno
	Profundidad del nivel freático (cm)	Sin evidencia, profundo >70 - <150 cm
	pH del suelo	Muy ácido (4,5 -4,9), ácido (5,0 -5,5)
	Toxicidad (AC: Ácidos - meq/100 ml); (CAR: Carbonatos - %)	Ligera - AC (<0,5), ligera - CAR (0-3)
	Materia orgánica del suelo (%)	>2 %
	Salinidad (dS/m)	No salino<1,0
	Nivel de fertilidad del suelo	Alta, media
Agroclimático	Temperatura (°C)	>15-25
	*Período húmedo vegetativo (días)	150-180 (Emeral-Biloxi)
Información adicional**	Precipitaciones	
	Requerimiento hídrico flor-cosecha (ETc) (mm) (150 a 180 días)	600 - 800
	Altitud (m.s.n.m.)	>2200-2600
	***Heliofanía (horas)	Mayor o igual 1 500 h sol año ⁻¹

* Período húmedo vegetativo: define el número de días de humedad que necesita la planta. Para cultivos de ciclo corto comprende los días desde la siembra hasta antes de la cosecha, mientras que para los cultivos permanentes comprende los días desde el comienzo hasta finalización de la actividad reproductiva visible (inicio de la floración hasta el desarrollo del fruto).

**Las variables de precipitación y altitud se analizaron de manera implícita en el período vegetativo y en temperatura.

*** Heliofanía se refiere al tiempo de duración del brillo solar. Se mide en horas.

Nota. Los requerimientos del cultivo son referenciales para Ecuador continental. Se excluyeron las áreas que tienen como principal objetivo la protección y conservación: Sistema Nacional de Áreas Protegidas; patrimonio forestal del Estado; bosque y vegetación protectores; área bajo conserva-

Categorías de la zonificación agroecológica del cultivo		
Moderada 2	Marginal 3	No Apta 4
Media (12 - 25)	Media a fuerte (25 - 40)	Fuerte (40 - 70), muy fuerte (70 -100), escarpada (100 -150), muy escarpada (150 -200), abrupta (>200)
Franco, franco-arcilloso, franco-limoso, franco-limo-arenoso	Limoso, franco-arcillo-limoso, arenoso	Arcilloso, arcillo-limoso
Moderadamente profundo 50 - 60 cm	Poco profundo 20 - 49 cm, + camellón >30 cm	Superficial (11 - 20), muy superficial (0 - 10)
Frecuentes (25 - 50)	Abundantes (50 - 75)	Pedregoso - rocoso (>75)
Moderado	Excesivo	Mal drenado
Moderadamente profundo 61 - 70 y 150 -160 cm	Poco profundo 50-60 cm y 161-170 cm	<50 y >171 cm
Medianamente ácido (5,51 - 6,0); ligeramente ácido (6,1 - 6,5)	Prácticamente neutro (6,51 - 7,5) (enmiendas); extremadamente ácido (4,0 - 4,4) (enmiendas)	<4,0->7,5
Ligera - AC (<0,5), ligera - CAR (0-3)	Media - AC (0,5 -1,5), media - CAR (3 - 25)	Alta - AC (>25), alta - CAR (>25)
>2 %	1-<2 %	<1 %
Ligeramente salino 1,0 - 1,5	Salino 1,51 - 2,0	>2,0
Baja	Muy baja	
>12 -15; >25-28	>10 -12, >28 - 30	<10 >30
120 -150; 180 - 210	90 - 120, 210 - 240	<90 ->240
500 - <600; >800 -900	400 - <500; >900-1000	<400; >1000
20-2200; 2601-2800	2801-3000	>3000
Mayor o igual 1200 y menor 1500	Mayor o igual 900 y menor 1200	Menor 900 h sol año ⁻¹

ción - Programa Socio Bosque; zona intangible; área de amortiguamiento (zona intangible Tagaeri Taromenane); humedal RAMSAR; cobertura de manglar y marino costero, páramo y bosque nativo; área protegida privada Ichubamba Yasepan; ampliación del Parque Nacional Río Negro Sopladora, y el área de protección hídrica. (MAATE, 2019).

OBSERVACIONES: Calidad del agua de riego de pH 4,5-5 y conductividad eléctrica de 0,8-1,0 dS/m-1. Se deben evitar suelos con contenido superiores a 337 kg/ha-1 de fósforo y 1011 kg/ ha-1 de calcio, debido a posibles efectos adversos sobre el pH (Ca) y toxicidades (P, pH ácido).

Fuente. Adaptado de Lobos y Hancock, 2015; Williamson et al., 2006; Keen y Slavich, 2011. Elaborado por Pablo Viteri y Paúl Mejía, Programa Fruticultura del INIAP.

Entre los factores críticos para el cultivo de arándano en el trópico destacan:

- Altitudes comprendidas entre 2200 y 2600 msnm, que permiten temperaturas moderadas, adecuadas para el desarrollo vegetativo y reproductivo.
- Suelos con pH ácido (4,5 - 5,5) y buena capacidad de drenaje, lo cual favorece la disponibilidad de nutrientes y reduce la incidencia de enfermedades radiculares (Lobos y Hancock, 2015).
- Niveles moderados a altos de materia orgánica (>2 %) y baja salinidad (<1,0 dS/m), que aseguran condiciones favorables para la microbiota edáfica y el desarrollo de raíces finas características del cultivo.
- Heliofanía superior a 1500 horas/año, esencial para garantizar floración y fructificación continua en sistemas “siempre verde”, especialmente en variedades como Emerald y Biloxi (Lobos y Hancock, 2015).

Además, se excluyeron del análisis las áreas protegidas, páramos, zonas de manglar, humedales RAMSAR y otras regiones bajo regímenes especiales de conservación ambiental, conforme lo estipulado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.



CAPÍTULO II: ZONAS AGROECOLÓGICAS

03

Identificación de zonas agroecológicas

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la zonificación agroecológica de los cultivos considerando las combinaciones del suelo, la fisiografía y las características climáticas. Los parámetros se centran en las necesidades climáticas y ambientales de los cultivos, así como en los métodos de gestión que respaldan su crecimiento. Las limitaciones y el potencial de cada área de tierra son iguales, y sirven como base para generar recomendaciones orientadas a mejorar su producción o detener la degradación de sus recursos (FAO, 1997, p.12).

Establecer zonas biofísicas y agroclimáticas homogéneas es crucial para definir las prácticas de manejo específicas del suelo en condiciones naturales, en función de las necesidades biofísicas y agroclimáticas del cultivo. La zonificación agroecológica puede emplearse para tomar decisiones que conduzcan al desarrollo y la extensión de un plan de cultivos específico dentro de la planificación agrícola y de uso de la tierra (MAG, 2020).

Ante lo expuesto, resulta fundamental seleccionar lugares con condiciones adecuadas para establecer el cultivo, teniendo en consideración aspectos como el historial del predio, la disponibilidad de agua, las vías de acceso favorables, la textura y estructura del suelo, entre otros (MAG, 2024).

3.1 Zonificación agroecológica del cultivo de arándano en condiciones naturales para Ecuador

En conformidad con los criterios de la FAO, la zonificación agroecológica define áreas con características de suelo, fisiografía y clima que pueden ser adecuadas para un cultivo (FAO, 1997, citado por MAGAP, 2016). En Ecuador, según los requerimientos agroecológicos del arándano reportados para zonas tropicales (Retamales y Hancock, 2018; Medeiros *et al.*, 2021), no se identifican zonas agroecológicas óptimas bajo condiciones naturales. No obstante, existen áreas clasificadas como moderadamente aptas, que presentan limitaciones leves a moderadas relacionadas con el pH y la textura del suelo, temperatura media y duración del período húmedo vegetativo. Estas limitaciones se corren o mitigan mediante algunas prácticas de manejo agronómico y el uso de varias tecnologías, como enmiendas del suelo, control del riego, implementación de sistemas de drenaje y manejo del microclima.

Las áreas moderadamente aptas cubren una superficie de 164.667,15 hectáreas a nivel nacional, con mayor presencia en las provincias de Manabí, Los Ríos y Guayas. No obstante, la zonificación debe ser clara en su escala, nivel de detalle y propósito, y diferenciar adecuadamente las áreas con potencial de mejora de aquellas cuya conversión agrícola no es viable sin cambios estructurales profundos.

3.2 Susceptibilidad de inundaciones y zonas prioritarias de riego en la zonificación agroecológica de arándano

Ecuador, por su ubicación geográfica y su diversidad geomorfológica, presenta una alta exposición a amenazas naturales como inundaciones graduales y sequías, especialmente en zonas bajas y costeras (Senplades, 2015). Las inundaciones representan un riesgo significativo para el sector agrícola ya que afectan la productividad de los cultivos, generan pérdidas económicas y comprometen la seguridad alimentaria de las comunidades rurales (FAO, 2021).

El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) es particularmente sensible a las condiciones hídricas, tanto por el exceso como por el déficit de agua. En este sentido, el manejo del riego es un componente decisivo para el éxito productivo del cultivo pues una insuficiencia de agua afecta negativamente la absorción de nutrientes, el cuajado de frutos y la calidad de la cosecha (Retamales y Hancock, 2018). Diversos estudios realizados en zonas tropicales han demostrado que el arándano requiere un suministro hídrico preciso y constante a lo largo de su ciclo fenológico, lo cual implica evitar condiciones de anegamiento del suelo o estrés hídrico prolongado (Kowalska *et al.*, 2021; Undurraga y Vargas, 2013).

Dado este contexto, se vuelve imprescindible considerar variables de susceptibilidad a inundaciones y zonas prioritarias de riego dentro del análisis de la zonificación agroecológica (ZAE) del cultivo. Estas variables permiten identificar áreas que, aunque presenten condiciones edafoclimáticas moderadamente aptas para el arándano, podrían requerir intervenciones técnicas o infraestructuras de riego para garantizar un desarrollo adecuado del cultivo.

La ZAE realizada para el cultivo del arándano en condiciones naturales en Ecuador ha identificado aproximadamente 164.667,1 hectáreas clasificadas dentro de la categoría moderada. Esta incluye áreas con limitaciones edáficas o climáticas manejables mediante prácticas agronómicas adecuadas. Dentro de estas áreas moderadas, la incorporación del análisis de susceptibilidad a inundaciones y prioridades de riego resulta esencial para tomar decisiones estratégicas sobre la viabilidad y sostenibilidad del cultivo (Anexo 1).

La Tabla 7 presenta la distribución de estas superficies considerando dichas variables, con el objetivo de apoyar la planificación territorial, la inversión en infraestructura de riego y la implementación de buenas prácticas agrícolas que aseguran una producción resiliente y eficiente de arándano en el contexto tropical.

Tabla 7. Superficie de la categoría ZAE moderada con zonas de susceptibilidad a inundaciones y zonas prioritarias de irrigación

Z.P. SUSC. RIEGO INUN.	MODERADA					TOTAL MODERADA
	ALTA	MEDIA	BAJA	MARGINAL	EN BLANCO	
ALTA	1130,7	0,0	0,0	48,5	26,3	1205,5
MEDIA	2633,0	1636,7	262,6	16,9	861,9	5411,2
BAJA	11 114,9	6378,5	622,3	2824,9	1153,0	22 093,7
SIN	58 848,3	15 985,0	4418,5	8030,8	48 673,0	135 955,6
NO APLICA- BLE	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2
Total, general	73 726,9	24 000,3	5303,4	10 921,1	50 715,4	164 667,1

Fuente. Adaptado de MAG, Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA) y Dirección de Generación de Geoinformación Agropecuaria (DGGA), 2024.

Al analizar la categoría ZAE moderada, se observa que la mayor superficie corresponde a zonas con baja susceptibilidad a inundaciones y alta prioridad de irrigación, alcanzando un total de 11 114,9 hectáreas concentradas principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí, con una presencia menor en Bolívar, Imbabura y Carchi.

Por otro lado, las zonas sin susceptibilidad a inundaciones y con alta prioridad de riego suman 58 848,3 hectáreas, igualmente, están localizadas en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí. Estas áreas representan zonas de alta viabilidad técnica para el establecimiento del cultivo, siempre que se implemente un sistema de riego eficiente y controlado.

Asimismo, las zonas de prioridad media de irrigación, con baja susceptibilidad a inundaciones, abarcan 6 378,5 hectáreas, se encuentran ubicadas principalmente en Los Ríos y, en menor proporción, en Guayas. Las zonas con prioridad media de riego y sin susceptibilidad a inundaciones totalizan 15 985 hectáreas; Guayas, Los Ríos y Manabí siguen siendo las provincias más representativas.

Esta información se visualiza de forma espacial en el Anexo 2, que presenta el Mapa de zonificación agroecológica de arándano, considerando los factores de susceptibilidad a inundaciones y las zonas prioritarias de irrigación.

CAPÍTULO III:

**PROPAGACIÓN DE
ARÁNDANO**



04

Métodos de propagación del cultivo

4.1 Multiplicación tradicional asexual

La elección de la variedad en el cultivo de arándano es un paso clave que define el éxito productivo y comercial del proyecto. Esta decisión debe basarse en criterios agronómicos, fisiológicos y de mercado, como:

- Destino de la producción, si el consumo será fresco, congelado o ambos.
- Adaptación climática local, especialmente, respecto al requerimiento de horas de frío (Retamales y Hancock, 2018).
- Calendario fenológico, incluidas las fechas de floración y cosecha.
- Rendimiento esperado y estabilidad productiva.
- Calidad organoléptica del fruto: sabor, color, calibre, textura de la piel, y presencia o ausencia de semillas (Ehlenfeldt y Ogden, 2020).
- Tolerancia al estrés abiótico (temperaturas extremas, déficit hídrico) y resistencia a enfermedades (Bañados, 2006).
- Facilidad de cosecha y condiciones poscosecha: firmeza de piel, separación limpia del pedicelo y conservación de pruina (Cleves, 2021).

Una vez seleccionada la variedad, se debe contactar con antelación a un vivero especializado que cumpla con estándares de calidad fitosanitaria. Las plantas tienen que cumplir con las siguientes condiciones:

- Certificación varietal
- Origen del material parental sano y libre de virus o plagas
- Sustrato estéril y condiciones libres de contaminación cruzada
- Edad no mayor a dos años
- Sistema radicular sano, vigoroso y bien desarrollado

En cuanto a la multiplicación vegetal, existen dos técnicas principales de propagación asexual utilizadas en el cultivo de arándano:

- A. Cultivo de tejidos (micropropagación):** Permite obtener plantas genéticamente homogéneas, libres de enfermedades y con alta tasa de multiplicación. Es ideal para programas de mejoramiento y expansión rápida (Valenzuela et al., 2019).
- B. Propagación por estacas:** Consiste en tomar estacas semileñosas o leñosas de plantas madre para ser inducidas al enraizamiento bajo condiciones controladas, en fundas o en camas de enraizamiento.

4.1.1 Estacas

Según Chávez et al. (2023), el arándano se multiplica principalmente mediante estacas, un método de propagación asexual ampliamente utilizado por su eficiencia en mantener las características genéticas de la planta madre. Este proceso requiere la selección rigurosa de un material vegetal con excelente sanidad y características fisiológicas superiores, tales como altos rendimientos, tolerancia a enfermedades, vigor vegetativo y buena adaptación al entorno. Las plantas madre deben ser monitoreadas de forma permanente ya que su calidad determina el éxito del establecimiento en campo y constituye la base para eventuales programas de certificación fitosanitaria (Retamales y Hancock, 2018). Además, el material vegetal debe estar libre de patógenos e insectos, cumpliendo con los estándares de inocuidad exigidos tanto para el mercado nacional como para el internacional (Alvarado et al., 2021). Este tipo de propagación permite reducir el riesgo de variabilidad genética no deseada, lo cual es especialmente relevante para los sistemas de producción tecnificada en condiciones tropicales.

4.1.1.1 Selección de estacas

Generalmente, para la propagación del arándano por estacas, estas deben ser semileñosas al inicio del proceso de lignificación, preferiblemente, cuando el tejido foliar esté maduro y antes de que empiece la brotación activa. Es importante que las estacas no contengan yemas florales ya que estas pueden inhibir el desarrollo radicular (Retamales y Hancock, 2018; Lobos et al., 2020). Las estacas deben tener un calibre uniforme de entre 5 y 7 mm, y una longitud aproximada de 12 cm, con la presencia de al menos 3 a 5 yemas vegetativas que garanticen una brotación vigorosa.

En variedades consideradas de difícil enraizamiento, se ha demostrado que realizar un corte longitudinal en la base de la estaca, retirando unos 2 cm de corteza de ambos lados, puede estimular el desarrollo de raíces adventicias al exponer tejidos meristemáticos con mayor actividad hormonal (Hartmann et al., 2014). Posteriormente, las estacas seleccionadas se colocan en camas de propagación o en fundas de vivero, utilizando sustratos bien aireados y con alta capacidad de retención de humedad (Abalco, 2023; Alvarado et al., 2021).

El control adecuado de la humedad, la temperatura y la luz es crucial para el éxito del enraizamiento, especialmente en condiciones tropicales.

4.1.1.2 Sustratos utilizados

En la propagación de arándanos por estacas, se utilizan diferentes tipos de sustratos de origen mineral y orgánico:

- **Turba:** Compuesta a base de material vegetal descompuesto, garantiza una buena retención de agua y aireación, el pH bajo favorece la disponibilidad de los nutrientes y la formación de raíces finas. El uso de este sustrato en la propagación del arándano ayuda a crear un suelo ácido y bien drenado que estimula el crecimiento de las plantas (Brenes *et al.*, 2015).
- **Fibra de coco:** Sustrato utilizado con frecuencia; se compone de celulosa y lignina, y se caracteriza por poseer una baja conductividad eléctrica y retener la humedad. Es resistente a las bacterias y presenta una alta compactación cuando se encuentra en polvo, lo que genera problemas de aireación, por tal motivo se combina con otros sustratos, como la turba, para garantizar mayores resultados (Putrino *et al.*, 2020).
- **Cascarilla de arroz:** Sustrato que mejora la calidad del suelo y favorece el desarrollo de las raíces. Por su capacidad de retención de humedad y aireación permite una correcta oxigenación; de esta forma, las raíces crecen y se desarrollan libremente. Adicionalmente, su función de acolchado impide que crezcan las malezas (Carrión, 2011).

4.1.1.3 Técnicas y factores clave en la propagación vegetativa

A. Camas

Las estacas preparadas se insertan en la cama a unos 6 a 8 cm de distancia entre las estacas, que está sujeta a cambios según el tiempo que de permanencia en la zona de propagación. Se recomienda desde 4 x 10 cm hasta 8 x 10 cm (125 a 250 estacas/m²). La cama de propagación debe estar constituida preferentemente por turba, o por mezcla de turba y arena gruesa (2 a 3 mm). Esta debe tener un excelente drenaje y buena aireación en la zona de enraizamiento (Oyanedel, 2021).

B. Fundas de vivero

Una vez finalizada la selección de estacas se deben colocar en fundas de vivero de aproximadamente 10 x 20 cm, con perforaciones de ventilación gruesas y resistentes.

C. Factores que afectan la propagación por esquejes

- Tipo de sustrato
- Reguladores de crecimiento exógeno y endógeno
- Nutrición
- Condición fisiológica de las plantas madre
- Tipo de esqueje
- Época de enraizamiento
- Condiciones medioambientales

4.2 Multiplicación *in vitro* del arándano

La multiplicación *in vitro* del arándano es una técnica efectiva para la obtención de plantas sanas, homogéneas y libres de patógenos, ideal para programas de mejoramiento genético y producción comercial. Esta técnica se basa en el cultivo de yemas laterales en medios como el Woody Plant Medium (WPM), bajo condiciones estériles y controladas de luz, temperatura y humedad (George *et al.*, 2008; Hine y Abdelnour, 2013). Se ha demostrado que este método permite altas tasas de multiplicación y enraizamiento, y supera las limitaciones del enraizamiento convencional por estacas (Debnath, 2009a; Loyola-Vargas y Ochoa-Alejo, 2012).

4.2.1 Propagación *in vitro* en un medio semisólido

Elaborar un medio de cultivo semisólido de multiplicación incluye sales minerales Woody Plant Medium (WPM) 1X, sucrosa 3 %, zeatina (ZEA) 0,5 mg L⁻¹, agar 0,6 % y pH 5. El medio de cultivo se coloca en frascos de vidrio esterilizados de 250 ml de capacidad (30 ml de medio de cultivo por frasco). Las *vitroplantas* son retiradas bajo una cámara de flujo laminar con el instrumental esterilizado; ahí son cortadas en secciones nodales de 10 mm de longitud, con una yema, para luego ser colocadas en el medio de cultivo semisólido de multiplicación. Los explantes se deben mantener en un cuarto de crecimiento con fotoperíodo de 16 horas de luz por 8 de oscuridad, 20 °C ± 2 y una humedad relativa del 40 %. Se debe monitorear el desarrollo de las *vitroplantas* durante 60 días antes de utilizarlas en la siguiente fase. Con esta metodología se logran índices de multiplicación de 3,68 y 2,55 brotes por explante para Biloxi y Emerald, respec-

tivamente (Meneses *et al.*, 2022).

4.2.1.1 Establecimiento *in vitro*

Constituye la primera etapa crítica del proceso de micropropagación y se realiza tanto en un medio de cultivo semisólido como en uno líquido, dependiendo del protocolo adoptado y los objetivos de producción (Debnath, 2009a; Loyola-Vargas y Ochoa-Alejo, 2016). Esta fase requiere la utilización de plantas madre sanas y vigorosas, las cuales deben someterse a estrictos controles fitosanitarios en invernadero, antes de su introducción al laboratorio, con el fin de minimizar la contaminación microbiana y asegurar la calidad del material vegetal.

Para el establecimiento, se seleccionan yemas laterales ubicadas en el segundo tercio de las ramas jóvenes (Figura 8), consideradas óptimas por su mayor tasa de regeneración y menor presencia de contaminantes endógenos (Etienne y Berthouly, 2002). Los explantes deben someterse a un protocolo de desinfección superficial, generalmente con hipoclorito de sodio o mercurio, seguido de enjuagues sucesivos con agua estéril. Posteriormente, los explantes son colocados en un medio de cultivo semisólido con una base de



sales minerales, vitaminas y reguladores del crecimiento, el cual favorece la inducción de brotes bajo condiciones de asepsia total.

Fuente: Fotografía por L. S. Meneses Montesdeoca, 2025.

Figura 8. Sección de la planta donante para el establecimiento *in vitro* de arándano.

4.2.1.2 Propagación *in vitro* en medio semisólido

La propagación *in vitro* es una técnica avanzada de multiplicación clonal que se implantó en el mercado en 2008. Este método se fundamenta en el cultivo de tejidos bajo condiciones controladas y asépticas, y se realiza tanto en medios semisólidos como líquidos, siendo el primero el más común en las etapas iniciales de establecimiento y brotación (George *et al.*, 2008; Loyola-Vargas y

Ochoa-Alejo, 2012). A continuación, se detalla el protocolo para propagación *in vitro* en un medio semisólido, descrito por Meneses *et al.* (2018) y adaptado para el cultivo de arándano.

A. Preparación del explante

En el laboratorio, se empieza con la selección de yemas laterales ubicadas en el segundo tercio de la rama, provenientes de plantas madre sanas y vigorosas. Los explantes se lavan con 100 ml de agua destilada, jabón neutro y yodopovidona al 1 % (v/v) durante 30 minutos para remover suciedad y microorganismos superficiales. Posteriormente, se sumergen en una solución fungicida compuesta por 100 ml de agua destilada estéril, carbendazim (0,5 ml), sulfato de cobre pentahidratado (0,5 ml) y ácido cítrico (200 mg), también por 30 minutos (Meneses *et al.*, 2018).

B. Desinfección del material vegetal

El proceso de desinfección se realiza dentro de una campana de flujo laminar. Los explantes son sumergidos en alcohol al 70 % por un minuto y, seguidamente, reciben un tratamiento con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2 % más una gota de Tween 20® durante 10 minutos. Esta etapa es crucial para eliminar contaminantes microbianos sin dañar los tejidos vegetales (Cassells y Curry, 2001).

C. Enjuagues

Después del tratamiento químico, los explantes deben enjuagarse al menos tres veces con agua destilada estéril para eliminar los residuos de desinfectantes, lo cual es fundamental para evitar la toxicidad que afecta el desarrollo del tejido vegetal (Jiménez, 2005).

D. Siembra en medio de cultivo

Una vez desinfectados, los explantes se secan ligeramente sobre una servilleta estéril para eliminar el exceso de humedad. Luego se siembran en un medio semisólido Woody Plant Medium (WPM) 1X, suplementado con sacarosa al 3 %, agar al 0,6 %, y con el pH ajustado a 5,0. Las condiciones del cuarto de cultivo deben mantenerse con 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, temperatura de 20 ± 2 °C, y humedad relativa del 40 % (Meneses *et al.*, 2018; George *et al.*, 2008). Esta etapa favorece la inducción de brotes y la regeneración de tejidos en condiciones de asepsia total.

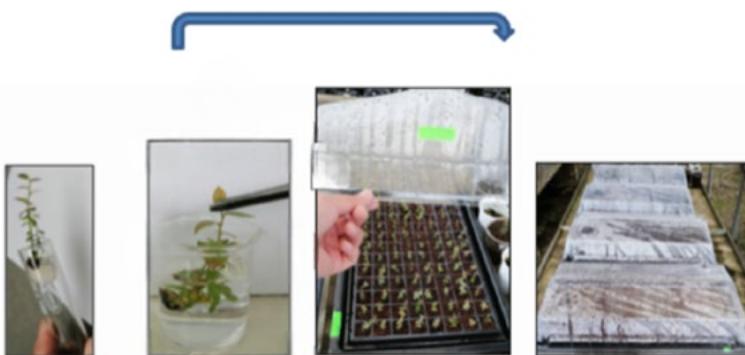
Este protocolo ha mostrado ser eficiente en el arándano alto y otras especies del género *Vaccinium*, y ha permitido una propagación masiva con una alta tasa de supervivencia y uniformidad genética (Debnath, 2009a; Quiroz-Figueroa *et al.*, 2006).

Las plantas obtenidas mediante cultivo *in vitro* pueden ser trasladadas al invernadero una vez que hayan desarrollado un sistema radicular completo, presenten una altura mínima de 4 a 6 cm y posean al menos dos hojas verdaderas completamente desarrolladas (López-Puc *et al.*, 2006). Además, deben haber

superado satisfactoriamente la etapa de aclimatación, en la que se someten a condiciones de alta humedad y luz filtrada de 7 a 15 días, con el fin de adaptarse gradualmente al ambiente *ex vitro*. Esta etapa es crítica pues permite fortalecer el tejido vegetal y asegurar una buena tasa de supervivencia al momento del trasplante definitivo (Loyola-Vargas y Ochoa-Alejo, 2012; Jiménez, 2005).

4.2.2 Enraizamiento y adaptación *ex vitro* en invernadero

La fase de enraizamiento y adaptación *ex vitro* representa una etapa decisiva



dentro del proceso de micropropagación, ya que determina en gran medida la tasa de supervivencia y la calidad del material vegetal producido. En esta etapa, es indispensable proporcionar condiciones óptimas que faciliten la transición de las plantas de un ambiente *in vitro* altamente controlado a un entorno más variable, como el invernadero (Figura 9) (George *et al.*, 2008; Loyola-Vargas y Ochoa-Alejo, 2012).

Fuente: Fotografías por L. S. Meneses Montesdeoca. Archivo Personal. 2025.

Figura 9. Enraizamiento *ex vitro* y adaptación en invernadero de arándano.

El proceso inicia con la esterilización del sustrato, compuesto por una mezcla de turba y perlita en proporciones iguales (1:1 v/v). Este debe someterse a autoclave o tratamiento térmico para eliminar la presencia de patógenos y reducir el riesgo de contaminación (Cassells y Curry, 2001). Una vez esterilizado, el sustrato se coloca, húmedo, en bandejas plásticas tipo pilonera, para garantizar una buena aireación y retención de humedad, factores esenciales para el desarrollo radicular (Hartmann *et al.*, 2011).

Posteriormente, se aplica a las *vitroplantas* obtenidas en la fase de multiplicación un pulso auxínico, mediante la inmersión de la base del tallo en una solución de ácido indolbutírico (IBA) a una concentración de 1000 mg·L⁻¹ durante cinco minutos. Esta aplicación puntual de auxina ha demostrado ser efectiva en la inducción de raíces adventicias, especialmente en especies leñosas como el arándano (*Vaccinium corymbosum*) (De Klerk *et al.*, 1999; Meneses, Morillo y Viteri, 2022).

Luego de la aplicación hormonal, las plántulas se colocan cuidadosamente en los pocillos de las bandejas; previamente, se realiza un orificio en el sustrato para evitar el daño del tejido basal. El trasplante debe realizarse con cuidado para no afectar la integridad de los brotes. Tras la siembra, se fertiliza con una solución diluida de NPK (10 % N - 4 % P₂O₅ - 7 % K₂O) en una concentración de 5 mL·L⁻¹, lo que favorece el crecimiento inicial y la recuperación postrasplante (Hartmann *et al.*, 2011).

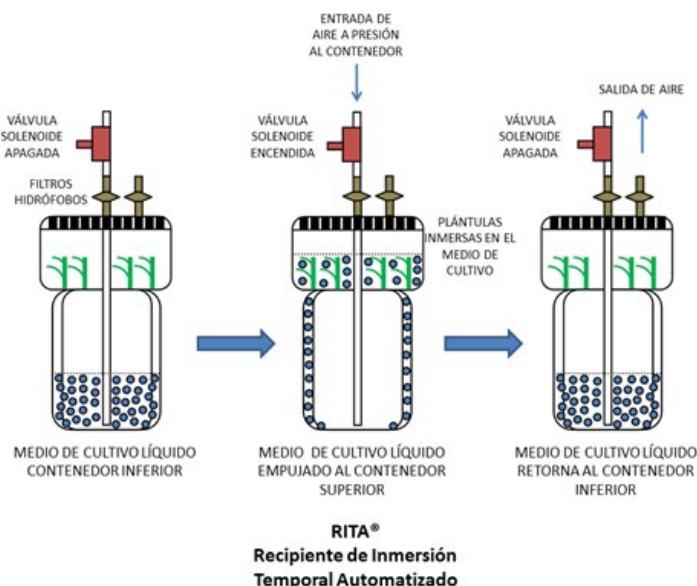
Finalmente, las bandejas son cubiertas con un microinvernadero o domo plástico. Esto permite mantener una humedad relativa elevada (>90 %) y reducir el estrés hídrico, para promover una adaptación progresiva al ambiente *ex vitro*. Este sistema de aclimatación ha demostrado ser eficaz en el incremento de la tasa de supervivencia y la minimización de las pérdidas por desecación durante los primeros días de adaptación (López-Puc *et al.*, 2006; Loyola-Vargas y Ochoa-Alejo, 2012; Meneses, Morillo, y Viteri, 2022).

4.3.2 Propagación *in vitro* en medios líquidos

4.3.2.1 Elaboración de un medio de cultivo líquido

El medio de cultivo líquido debe contener sales minerales WPM 1X, sucrosa 3 % y zeatina (ZEA) 0,5 mg L⁻¹, pH 5. Dispensar 200 ml del medio de cultivo por frasco en biorreactores tipo RITA® de 500 ml de capacidad, y esterilizar en un autoclave a 120 °C por 20 minutos (Chacha, 2020; Meneses *et al.*, 2018; Ross y Castillo, 2009, Viteri 2022).

4.3.2.2 Calibración del tiempo y la frecuencia de inmersión



Regular el sistema mediante un programador tipo PLS, de marca SIEMENS, conectado a las válvulas solenoides que regulan la frecuencia (cada 4 horas) y el tiempo (1 minuto) en que las plantas son inmersas en el medio (Chacha, 2020;

Ross y Castillo, 2009). Al abrir una de las válvulas el medio se inyecta al cultivo desde el recipiente de mantenimiento; al cerrarse la válvula, el medio vuelve al recipiente. Con este sistema los explantes deben estar inmersos en el medio de cultivo sólo por el tiempo definido, permitiendo la absorción de nutrientes por toda su superficie (Figura 10) (Georgiev *et al.*, 2014).

Fuente. Elaborado por L. S. Meneses Montesdeoca, (2025). Archivo Institucional. INIAP

Figura 10. Sistema de inmersión temporal RITA® aplicado en el cultivo de arándano in vitro.

4.2.3.3 Cultivo de los explantes en RITA®

Tomar secciones nodales de *vitroplantas* (20 mm) provenientes de la propagación en medios semisólidos, a razón de 15 explantes con yemas laterales que pasan a los recipientes plásticos RITA® con el medio de cultivo. Este tipo de recipiente está dividido en dos compartimentos, uno superior y otro inferior (Meneses *et al.*, 2022; Viteri, 2022). En el compartimento superior deben estar los explantes y en la parte inferior, el medio de cultivo. Conectar las mangueras con los filtros hidrófobos de 0,2 μm : uno central (entrada de aire) y uno lateral (salida de aire). El filtro central se conecta al sistema de inyección de aire a una presión de salida de 0,2 bar, que impulsa el medio de la cámara inferior a la superior durante el período de inmersión (Figura 10) (Etienne y Berthouly, 2002; Georgiev *et al.*, 2014). Con este sistema de propagación se obtienen índices de multiplicación de 8,71 y 3,88 brotes por explante, para Biloxi y Emerald respectivamente (Viteri, 2022).



CAPÍTULO IV: MANEJO AGRONÓMICO



05

Labores previas a la implementación del cultivo

5.1 Diagnóstico y selección del sitio de la plantación

Uno de los factores determinantes para la plantación, cultivo y producción de este frutal menor es la selección de un lugar que reúna las características idóneas, ya que de estas dependerán los costos de implementación del huerto, además de su longevidad (≈ 50 años) y productividad.

En el mundo, son limitadas las zonas que cumplen con la totalidad de los requerimientos edafoclimáticos de esta especie frutal: un pH ácido (4,2 a 5,8), por lo que a esta especie se la conoce como acidófila o *acid loving*; un alto contenido de materia orgánica (3 % a 20 %); una conductividad eléctrica óptima, inferior a 1,0 dS/m-1 (<2 % cloruros) y no superior a los 2 dS/m-1, en el caso de tener que aplicar riegos con fracciones de lavado, y una profundidad efectiva media (> 50 cm). De igual modo, para suelo es importante la ausencia de napas freáticas (40 a 100 cm); un drenaje y una porosidad adecuados para la rápida evacuación de agua (20 cm en 24 horas), y texturas arenosa, franco-arenosa o areno-francosa, idealmente, en los primeros 40 cm del perfil del suelo. Otras requisitos se cumplen en la Tabla 8 (Darnell y Williamson, 1996; Williamson *et al.*, 2006; Retamales y Hancock, 2012; Williamson *et al.*, 2012; Núñez *et al.*, 2024). También, es importante considerar que el arándano posee un sistema radical superficial (>80 % raíces y < 36 cm profundidad), lo que le impide tolerar épocas de sequía, además de hacerlo sensible al anegamiento y a pudriciones radiculares por *Phytophthora cinnamomi* (PRP) (Pritts *et al.*, 1992; Retamales y Hancock, 2012; Gauthier y Bell, 2013). En trabajos recientes, Zhou *et al.* (2022) determinaron que arbustos cultivados en contenedores tienen crecimientos óptimos tanto de su fracción vegetativa como de sus raíces en conductividades eléctricas, de aproximadamente 0,5 dS/m-1 en la rizosfera y ligeramente superiores (0,2 dS m-1) en el bulbo inmediato a la rizosfera.

Desde el punto de vista climático, con respecto a la necesidad de acumulación de frío para superar estados de endolatencia en frutales de hoja caduca (Tromp *et al.*, 2005), se constata que el desarrollo de variedades clásicas y modernas de los arándanos arbustos altos del sur, con nulo o bajo requerimiento de horas de frío (<7 °C), ha superado las limitaciones climáticas (temperatura y fotoperíodo) existentes en las regiones tropicales (Ecuador) y subtropicales. De esta forma, se ha eliminado la necesidad del uso de estrategias de producción forzada, para, finalmente, desarrollar sistemas de producción bajo el concepto de crecimiento continuo de plantas, también denominado evergreen (Darnell y Williamson, 1996; Medina *et al.*, 2018; Phillips *et al.*, 2020). Sin embargo, en el trópico deben evitarse zonas propensas a heladas (<0 °C), que podrían dañar órganos reproductivos-productivos, como botones florales, flores y frutos (Pritts *et al.*, 1992). Además, se debe considerar que la temperatura óptima de crecimiento de estos arbustos cambia de acuerdo con cada variedad; es así que Zheng *et al.* (2017) establecieron que las variedades Bluecrop (AAN), Duke (AAN), Brígida (AAN), Blue ridge (arbusto bajo, *V. pallidum*), Golfcoast (AAS) y O`Neal (AAS) alcanzaron sus máximos valores de acumulación de biomasa con temperaturas de 32,6 °C; 30,4 °C; 31,8 °C; 29,0 °C; 25,0 °C, y 25,0 °C, respectivamente.

De acuerdo con los requerimientos del arándano y con una anticipación de un año al establecimiento del huerto, es necesario identificar posibles características limitantes y/o propicias del perfil del suelo a una profundidad aproximada de 100 cm, para lo cual es necesario el uso de calicatas y el análisis de laboratorio (Pritts *et al.*, 1992; Carrasco *et al.*, 2010a).

Una calicata se define como un corte vertical del suelo que permite inspeccionar y muestrear el perfil de este a una profundidad determinada por la especie frutal y su variedad objetivo, para, de esta manera, establecer la variación u homogeneidad de sus características físicas, químicas, biológicas y morfológicas. El resultado final de este método indica la “aptitud frutal” del suelo en estudio y la necesidad o no de trabajos de acondicionamiento y/o enmiendas (Callejas *et al.*, 2016).

De manera general en fruticultura, el número de calicatas se determina por la homogeneidad topográfica de los predios, siendo suficiente 1 calicata por cada 4 ha en condiciones homogéneas (Figura 11); mientras que, en sitios con mayores variaciones, se recomiendan entre 5 y 6 calicatas por cada 4 ha (Pritts *et al.*, 1992), manteniendo distancias de 50 y 70 metros entre los perfiles de suelos estudiados



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025.

Figura 11. Unidad de paisaje para la realización de calicatas.

Nota. **Fotografía A:** predio con topografía homogénea, que requerirá 1 calicata cada 4 ha. (localidad Yachay INIAP, ubicada en Tumbabiro, Urcuquí, Imbabura). **Fotografía B:** predio con topografía heterogénea, que requerirá de 5 a 6 calicatas cada 4 ha (localidad San Joaquín, ubicada en Cuellaje, Cotacachi, Imbabura).

Especialmente para el arándano, para analizar y muestrear una calicata es fundamental considerar los parámetros mencionados en los párrafos anteriores y en la Tabla 8. Es así como los principales aspectos físicos y químicos que se toman en cuenta en los primeros 50 cm del perfil del suelo corresponden a la presencia o ausencia de capas compactas o impermeables, naturales o generadas por el uso de una maquinaria agrícola (pie de arado), de texturas pesadas arcillosas (>20 % arcillas); además, a mayor profundidad (de 40 a 100 cm), es importante identificar vestigios de napas freáticas, que no deben ser superiores a 60 cm. Idealmente, el horizonte u horizontes, ubicado(s) a una profundidad de entre 20 y 60 cm, es decir, la zona con la mayor población de raíces (\approx 98 % raíces a 60 cm de profundidad) (Retamales y Hancock, 2012), debería estar conformado por texturas arenosas, franco-arenosas, arenofrancos, alto contenido de materia orgánica, pH ácido y rangos adecuados de salinidad (Prittts *et al.*, 1992; Núñez *et al.*, 2024).

Además, la presencia de raíces en el perfil del suelo es un indicativo de condiciones favorables para su crecimiento, es así como la “profundidad efectiva” se define como el espacio del suelo que no presenta condiciones que limiten el desarrollo del sistema radical o radicular de las plantas (Carrasco *et al.*, 2010a). Para determinar las propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas, es necesario realizar un análisis *in situ*, o dentro de calicata, y muestrear cada horizonte para que se analice mediante un laboratorio de suelos (nutrientes, materia orgánica, conductividad eléctrica, textura, pH, entre otros) o equipos portátiles (penetrómetros, TDR, potenciómetro, entre otros), como se observa en la Figura 12.



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025.

Figura 12. Ejemplos de análisis de horizontes.

Nota. **Fotografía A:** apertura de una calicata de 1 m de frente por 1,5 m de largo y 1 m de profundidad (localidad Yachay INIAP, ubicada en Tumbabiro, Urcuquí, Imbabura). **Fotografía B:** uso de un penetrómetro para medir compactación (finca El Milagro, ubicada en Salinas, Ibarra, Imbabura). **Fotografía C:** uso de un TDR para determinar la conductividad eléctrica, la temperatura y el contenido de humedad volumétrica (localidad San Joaquín, ubicada en Cuellaje, Cotacachi, Imbabura). **Fotografía D:** Uso de una tabla Munsell para determinar colores (Granja Experimental Tumbaco, Pichincha). **Fotografía E:** uso de ácido clorhídrico para detectar la presencia de carbonatos (localidad Pisque, ubicada en Mira, Carchi).

Durante los trabajos realizados en diez localidades ubicadas en cuatro provincias de la Sierra y una del litoral ecuatoriano, el Programa de Fruticultura INIAP, Granja Experimental Tumbaco, usó calicatas y análisis de laboratorio como herramientas de diagnóstico. Con ellas detectó ciertas características edáficas compatibles con el cultivo del arándano, con acondicionamientos, en al menos una localidad: San Joaquín - Seis de Julio, dentro de Cuellaje (Cotacachi, Imbabura). Los resultados obtenidos determinaron una profundidad efectiva de 70 cm, con abundante presencia de raíces y posterior presencia de una capa compacta (Figura 13). Adicionalmente, se encontró un pH entre 5,24 y 5,88, una conductividad eléctrica inferior a 0,04 dS/m⁻¹ (cloruros no analizados), una textura franca en los primeros 40 cm de profundidad (8 % arcilla y 48 % limo), una textura franca-arcillosa entre los 40 y 70 cm de profundidad (de 4 % a 5 % de arcilla y de 40 % a 56 % de limo), un 85 % de pendiente, sin evidencia de napas freáticas, una precipitación anual de 1850 mm y una temperatura media anual de 16,5 °C (Mejía-Bonilla *et al.*, 2025).



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025

Figura 13: Uso de calicatas para un estudio edáfico.

Nota. **Fotografía A:** Vista panorámica de una calicata en proceso de descripción. **Fotografía B:** Perfil de suelo con tres horizontes (1, 2 y 3, separados por flechas rojas). **Fotografía C:** Profundidad efectiva de ≈ 70 cm (flechas verdes), con abundante presencia de raíces (flecha azul) y una capa compacta a partir de ≈ 70 cm. Fotografías tomadas en la localidad San Joaquín, ubicada en Cuellaje, Cotacachi.

Con base en los resultados de los estudios de suelo y la potencialidad del predio seleccionado para la plantación del huerto, se determina si es técnicamente factible continuar con la plantación. Según la información publicada por Pritts *et al.* (1992) en *Highbush Blueberry Production Guide*, de Pritts *et al.* (1992) y Williamson *et al.* (2006), en *Blueberry soil management, nutrition and irrigation*, existen cinco principales características para calificar un suelo como apto para el cultivo. Estas se detallan a continuación:

- Contenido de arcillas y limo inferior al 20 %, puesto que porcentajes mayores dificultarían la capacidad de drenaje del suelo, incrementarían su capacidad de intercambio catiónico y, por ende, la acumulación de cationes, tales como calcio, potasio, magnesio y otros. Esto ocasionaría el incremento del pH, desbalances nutricionales y la afectación de las raíces por pudrición.
- Contenido de calcio inferior a 2250 kg/ha⁻¹ y porcentaje de saturación inferior al 20 %, ya que este catión contribuye a alcalinizar el suelo, una condición antagonista al arándano, siendo esta una especie denominada calcífuga.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC) inferior a 18 (suelos minerales). Mayor CIC contribuiría a una retención de cationes que podría alcalinizar el suelo.
- Suelos con contenidos superiores a 340 kg/ha⁻¹ de fósforo deben ser descartados para el cultivo del arándano porque que los posibles antagonismos con el hierro podrían limitar su disponibilidad y absorción.

- Suelos que no cumplen con las características antes mencionadas no son aptos para el cultivo, ya que su modificación es considerada inviable, poco práctica y costosa.

Más allá de las características edáficas y climáticas del lugar, también deben considerarse la distancia y la accesibilidad a los mercados, y la disponibilidad de agua de riego de calidad, considerando que una planta de arándano en máxima demanda de agua consume más de 20 l/día-1 (Prittts *et al.*, 1992). Según la información reportada por Williamson *et al.* (2006), si fuese posible, para la implementación de un huerto es preferible seleccionar predios que hayan sido destinados al cultivo de bosques de pino, debido a que los mismos tienen un elevado contenido de materia orgánica y pH bajos.

5.2 Modificaciones del suelo (acondicionamiento, enmiendas y otras)

Una vez que el suelo ha sido calificado como apto es necesario identificar posibles limitaciones parciales, para, de esta manera, seleccionar los trabajos de modificación del suelo que sean necesarios para superar ciertas características incompatibles con el cultivo. Estos trabajos se clasifican como *acondicionamiento* cuando se refieren a labores que buscan modificar físicamente el terreno, y como *enmiendas*, cuando se trata de modificaciones químicas. Estas labores deben realizarse por lo menos con 1 año de anticipación a la implementación del campo frutal.

5.2.1 Acondicionamiento

La topografía del lugar y el estudio del perfil de suelos identificará las zonas bajas propensas al encharcamiento, la profundidad efectiva, la presencia de capas compactas e impermeables, la presencia de napas freáticas y otras. En este sentido, y según las particularidades de cada sitio, varios autores (Prittts *et al.*, 1992; Williamson *et al.*, 2006; Gauthier y Bell, 2013; Williamson y Phillips, 2015) mencionan algunas posibles modificaciones:

- **Eliminación de malezas perennes y labranza:** se usan herbicidas sistémicos y maquinaria agrícola con aperos primarios (arado y rastra).
- **Trabajos de nivelación de la superficie del terreno:** se evitan los sectores de acumulación de agua, para lo cual, se efectúan las labores necesarias evitando llegar al subsuelo y, peor aún, disturbarlo.
- **Generación de drenajes artificiales:** se diseñan en función de la pluviosidad del sector, la topografía y las características físicas del suelo, considerando, principalmente, la profundidad donde existe mayor cantidad de raíces (≈ 58 cm) y la posibilidad de la evacuación del exceso de agua en un máximo de 24 horas.

- **Subsolado o roturación profunda:** se realiza en el caso de existir capas compactas e impermeables que reduzcan la profundidad efectiva para el crecimiento de raíces y eleven las tablas de agua. La profundidad del subsolado se define en función de aquella a la que se encuentre el horizonte endurecido. Se utiliza maquinaria pesada de tipo *bulldozer* (orugas), en todo el predio que va a ser plantado. Se evita fracturar suelos compactos mediante hoyos individuales para plantar, pues esto generaría un espacio compacto que retendría agua y agravaría el anegamiento; por ende, se generarían problemas en sistema radical de la planta.
- **Levantamiento de camas elevadas o camellones con suelo del sitio:** se usan en suelos con problemas de drenaje, donde la capa freática supera los 45 cm en épocas lluviosas. Estos tienen el objetivo evitar el anegamiento en la zona de desarrollo de raíces. Su altura se calcula en función de la profundidad de la tabla de agua, la textura del suelo, la profundidad efectiva, tomando en cuenta una variación de la altura de la cama de entre 30 y 40 cm. Generalmente, las camas son construidas con un ancho menor en su cumbre (\approx 120 cm) y mayor en su base (\approx 150 cm) en su base. Además, la cumbre debe ser plana, para evitar procesos erosivos que llevarían a la destrucción del camellón y pérdida de fertilizantes, abonos y coberturas. Estas estructuras se elaboran rápidamente, usando arados de discos o vertederas con sus elementos reubicados para estos fines; adicionalmente, se protegen con coberturas sintéticas, como mallas o plásticos antimaleza (Figura 14).



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025.

Figura 14: Camas elevadas o camellones.

Nota: **Fotografía A:** Huerto conformado por variedades de tipo AAS, plantadas en camas altas (\approx 40 cm); se observa el uso de mallas para el control de arvenses y la protección de camellones; además, se usan cubiertas plásticas móviles para protegerlas de las heladas invernales primaverales y adelantar las cosechas. **Fotografía B:** Huerto a campo abierto conformado por las variedades Duke y Brigitta (AAS), con uso de camas y mallas protectoras de suelo. Fundo Todos los Santos ubicado en la Comuna de Nancagua, de la Sexta Región Libertador Bernardo O'Higgins, Chile.

- **Uso de coberturas orgánicas o mulch:** incrementa el contenido de materia orgánica, previene la erosión de camas, reducen el pH del suelo, entre otros beneficios. Para estos fines, se podría usar una capa de 10 a 15 cm de corteza de pino compostada y molida, hojarasca o aserrín de pino con adición de una fuente de nitrógeno. Otras opciones de materiales son las mezclas de residuos de la industria maderera del pino, como 25 % de corteza y 75 % de fibras alargadas de madera cambial, o 75 % de corteza y 25 % de fibras.
- **Generación de camas con corteza de pino o Pine Bark Bed Culture:** técnica que se usa en suelos profundos y, por ende, con buen drenaje. Este tipo de cultivo consiste en levantar, sobre la superficie del suelo, camas con alturas de entre 15 y 25 cm usando solo corteza de pino molida. En las estructuras mencionadas, se realiza la plantación sin que las raíces entren en contacto con el suelo original del sitio; en un lapso de 3 a 4 años, a medida que la corteza de pino se descompone, esta cama es reabastecida. Además, estas camas pueden cubrirse con mallas antimaleza. Debido a que este sustrato tiene baja retención de agua y nutrientes, es necesario rediseñar los programas de riego y de fertilización.
- **Cultivo en contenedores**

5.2.2 Enmiendas, abonamiento, fertilización y otras incorporaciones

Sobre la base de los resultados de laboratorio, se establecen los requerimientos de incorporación de elementos nutritivos, correctores de pH, materia orgánica y otros, que deben ser incorporados en todo el campo y no limitarse a las futuras zonas que ocuparán las filas de plantas. Los materiales usados como nutrientes y enmiendas deben introducirse a una profundidad de entre 20 y 30 cm. Entre las enmiendas e incorporaciones de materiales usualmente usados para el arándano, Pritts *et al.* (1992), Williamson *et al.* (2006) y Prodorutti *et al.* (2007) mencionan los siguientes:

- **Reducción del pH:** Estudios realizados por Zhou *et al.* (2022) determinaron que los pH superiores a 6 afectan el crecimiento tanto de las raíces como de la parte aérea de estos arbustos, es así que esta práctica se hace necesaria cuando el suelo a profundidades de entre 30 y 60 cm tiene valores de pH que se alejan del límite óptimo de 5,8 (especie acidófila). El elemento más usado y eficiente es el azufre elemental en polvo, que debe ser aplicado anticipadamente en la plantación, dependiendo de la temperatura y humedad de la localidad: de 12 a 6 meses en ambiente frío y seco, y 3 meses antes para el cálido y húmedo. Este tiempo es el que se requiere para que dicho elemento se oxide, se desplacen los cationes, como el calcio, el magnesio y el potasio, y de esta manera, exista una reducción efectiva del pH. Además, el contacto directo del azufre con el sistema radical puede ocasionar graves

daños e, inclusive, quemar raíces. La cantidad de azufre para aplicar depende de las características del suelo, como el pH inicial, la textura y la capacidad de intercambio catiónico (Tabla 8). Antes de la plantación, el pH debe ser evaluado. No se recomienda el uso de azufre en formas *prill* (agregados) por su mala incorporación al suelo y su lenta reacción. La quema de madera y restos vegetales no se recomiendan ya que las cenizas generadas poseen pH alcalinos y, por lo tanto, alterarán este parámetro en el sitio donde se agrupen. Una vez implementado el huerto, para mantener la acidez necesaria en el suelo, también es posible usar ácidos, como el fosfórico o el sulfúrico, y fertilizantes, como el sulfato de amonio y el nitrato de amonio. Los trabajos realizados por Voogt *et al.* (2014) determinaron que las relaciones de 3:1 entre amonio (NH_4) y nitratos (NO_3) son necesarias para mantener pH viables para el cultivo de esta especie.

Tabla 8. Requerimientos aproximados para la incorporación de azufre elemental (kg/ha⁻¹) con base en el pH inicial de suelo para distintas texturas y pH objetivos.

		pH objetivo										
		4,5				5				5,5		
pH inicial		Textura								Arenoso	Limoso	Arcilloso
		Arenoso	Limoso	Arcilloso	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Arenoso	Limoso			
7	930	2.349	3.768	734	1.860	2.985	587	1.419	2.300			
6,5	734	1.860	2.985	587	1.419	2.300	391	979	1.566			
6	587	1.419	2.300	391	979	1.566	196	489	783			
5	391	979	1.566	196	489	783	0	0	0			

Fuente. Elaboración propia. Adaptado de *Blueberry Soil Management, Nutrition and Irrigation* (Williamson *et al.*, 2006) por P. Mejía Bonilla, Programa de Fruticultura del INIAP.

- **Incremento de pH:** Si el pH es inferior a 4,2, y según el contenido de calcio (especie calcícola) y magnesio, se debe usar compuestos que eleven el pH, como el carbonato de calcio y/o el magnesio. En suelos con altos contenidos de manganeso y aluminio, es recomendable mantener el pH del suelo por encima de 5,2, debido a la posibilidad de solubilizar estos elementos y generar toxicidades en las plantas. De igual manera, la cantidad de material de estos carbonatos que se deba incorporar depende de la textura del suelo: aproximadamente, 1123, 2247 y 4494 kg/ha⁻¹ en suelos arenosos, limosos y arcillosos, respectivamente. Es importante considerar que, suelos con niveles de pH inferior a 4,2 tienden a generar deficiencias nutricionales, especialmente, de calcio, magnesio y fósforo, debido a las limitaciones de

disponibilidad y equilibrio de estos elementos. Del mismo modo, se podrían generar toxicidades por aluminio y manganeso a causa de su alta disponibilidad en condiciones ácidas; por consiguiente, los pH muy bajos podrían comprometer drásticamente la longevidad y productividad del cultivo, así como la calidad de las cosechas generadas.

- **Incorporación de materia orgánica:** Considerando que debe ser mayor al 3 % y que mejora la estructura, la retención de nutrientes-agua y el desarrollo de raíces, entre otros, se le puede incorporar materiales ácidos, como corteza de pino molida, aserrín compostado de pino con adición de una fuente de nitrógeno, estiércoles, hojarasca y otros. Asimismo, el uso de cascarilla de arroz, que podría elevar el pH del suelo. Por ende, se debería incrementar el aporte de azufre elemental para acidificar.
- **Uso de abonos verdes:** Con el objetivo de incrementar el contenido de materia orgánica y nutrientes, evitar la germinación o desarrollo de arvenses, y proteger el suelo de procesos erosivos, conviene cultivar especies no susceptibles a los pH bajos, como varios tipos de poáceas (avena, trigo sarraceno, entre otros). Estas prácticas podrían aportar de 45 a 55 kg/ha-1 de nitrógeno.

5.2.3 Recomendaciones generales de selección de variedades por el tipo de suelos

Para estos fines es importante considerar que nuestro país se ubica en el trópico y por tanto el modo de producción será “siempre verde”, por lo que se deberán usar variedades de tipo AAS. Existe una diversidad de programas de mejoramiento de materiales con bajo o nulo requerimiento de frío; uno de los principales se encuentra en la Universidad de Florida (UF/IFAS), donde se originaron algunas variedades clásicas, como Emerald (1999), Jewel (1998) y Star (1995) (Medina *et al.*, 2018; Phillips *et al.*, 2020; Phillips *et al.*, 2024).

Adicionalmente, existen otros importantes factores que tomar en cuenta, como el tipo de mercado objetivo y su distancia, es decir, si las cosechas serán destinadas al consumo en fresco o a la agroindustria, si los frutos serán cosechados manualmente o con maquinaria, o si el tiempo y la distancia de los viajes de las cosechas responderán a exportaciones o mercados locales, lejanos o cercanos (Williamson y Phillips, 2015 y 2024).

5.2.4 Características deseadas de la planta

Según la información reportada por los autores Gauthier y Bell (2013) y Williamson *et al.* (2022), las principales características que deben ser consideradas en la compra de lotes de plantas para la implementación de un huerto son:

- Plántulas con alturas de entre 45 y 60 cm
- Follaje y raíces libres de plagas y enfermedades

- Sanidad de las raíces, ausencia de pudriciones y de colores oscuros relacionados con la pudrición de las raíces a causa de *Phytophthora cinnamomi* (PRP). Especial cuidado con esto.
- Raíces que no hayan crecido hasta tomar contacto con la base de la bolsa del vivero o contenedor.

En la Figura 15 se observan plántulas comerciales de las variedades Biloxi y Emerald provenientes de cultivo *in vitro*, con un tiempo de crecimiento de 4 meses después del trasplante en bolsas de 9 x 6 pulgadas.



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025

Figura 15: Plántulas comerciales de las variedades Biloxi y Emerald cultivadas *in vitro*.

Nota. Fotografía de plántulas comerciales de las variedades Biloxi (izquierda) y Emerald (derecha) multiplicadas mediante cultivo *in vitro*, con una altura de 50 y 60 cm, respectivamente, y resultantes de, aproximadamente, 4 meses de trasplante en sustrato de 60 % tierra y 40 % pomina ($\text{pH} \approx 5$).

5.2.5 Diseño del huerto y de las distancias de plantación

El sitio destinado al huerto debe tener una exposición a la luz solar de, al menos, 4 a 5 horas por día (Williamson *et al.*, 2012). El diseño del campo frutal y las distancias de plantación dependen del hábito de crecimiento y del vigor de la variedad que se va a cultivar, de la fertilidad del suelo y del tipo de maquinaria agrícola que se usará en distintas labores, como la aplicación de fitosanitarios, el corte de coberturas vegetales entre hileras y la cosecha, entre otros factores. Las distancias de plantación tradicionales para los AAAS varían entre 60 y 120 cm entre plantas, y entre 270 y 330 cm entre hileras de plantas, distancias que pueden incrementarse en suelos fértiles. La más común en el Estado de Florida es la de 120 cm por 300 cm (≈ 2777 plantas/ha-1).

En altas densidades y con coberturas orgánicas, suelen usarse marcos de plantación que varían: alrededor de 60 a 90 cm entre plantas y de 200 a 300 cm entre hileras (\approx 8333 a 3700 plantas/ha-1). Este tipo de plantaciones, inicialmente, generan un mayor rendimiento que aquellas que trabajan con densidades convencionales, aunque también demandan de mayor inversión. Sin embargo, con el tiempo, si se presentan manejos defectuosos y sombreadamiento, es posible que la calidad y la cantidad de las cosechas decaigan (Williamson *et al.*, 2006; Whidden, 2008; Retamales y Hancock, 2018).

Las hileras de plantas deben orientarse en sentido norte-sur para procurar una iluminación natural adecuada todo el día; esto solo se alteraría si se diera una compensación de pendientes mediante curvas de nivel. Una vez definidos los sitios para cada planta (trazado del huerto), se realiza el *hoyado*, cuyas dimensiones dependen del tamaño del “pan de tierra” de la planta y de la cantidad de abonos sólidos y fertilizantes de plantación que se usen. En caso emplear una turba ácida u otro material similar, la cantidad que se coloque en el fondo del hoyo varía de 0,5 kg (2,5 litros) a 2,5 kg (14 litros). Estos aportes dependen de algunas características del suelo, como su contenido de materia orgánica; también se debe tener en cuenta la disponibilidad de estos materiales en el mercado y el aspecto económico. En función de los análisis del suelo, se requiere diseñar un programa de nutrición que dependa del estado fenológico del huerto, su edad y sus rendimientos. Se debe usar un fertilizante de “arranque” que incluya especialmente fósforo, que se incorpore al abono y coloque próximo al “pan de tierra”, por su lento movimiento descendente en el suelo y su importancia en el crecimiento y desarrollo del sistema radical. De manera general, se puede usar una fórmula de fertilización posplantación que contenga 12-04-08-02 de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, a razón de 30 g/planta-1 (Williamson *et al.*, 2006; Williamson *et al.*, 2012). Previo a la plantación, se deben implementar sistemas de riego y rompevientos (Orga Porras, 2021).

En el caso de que las condiciones edafoclimáticas de las zonas donde se pretende implementar el huerto tengan limitaciones técnicas y económicas insuperables, con métodos de cultivo convencionales, se han desarrollado varias técnicas de producción innovadoras que se enfocan en la generación de condiciones artificiales idóneas para esta especie y tipo de planta (AAAS). Estas consisten en el cultivo del arándano fuera del suelo, en varios tipos de contenedores y sustratos, y el uso de estructuras tanto móviles como definitivas, que protegen y/o modifican las condiciones ambientales para viabilizar producciones o manipular la fenología del cultivo, ya sea adelantando o atrasando cosechas (Fang *et al.*, 2020, Núñez *et al.*, 2024). Estos métodos se ilustran en la Figura 16.



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025

Figura 16. Distintos métodos de cultivo para generar condiciones óptimas para el arándano.

Nota. Fotografía A: Variedad Biloxi, perteneciente al grupo AAAS, cultivada en bolsas plásticas (≈ 30 l) con sustrato conformado por cascarilla de arroz y tierra negra, y sistema de fertirrigación tipo araña con 4 emisores, dentro de un invernadero estático con paredes. Granja Experimental Tumbaco INIAP, Quito. **Fotografía B:** Plantas de arándano cultivadas en bolsas plásticas (≈ 40 l) ubicadas sobre pedestales que facilitan el drenaje, con sustrato específico para la especie, dentro de una cubierta plástica estática sin paredes. Ecuablue, Yaruquí. **Fotografía C:** Arándanos cultivados a cielo abierto en contenedores plásticos rígidos, irregulares y con orificios laterales (≈ 40 l) para mejorar aireación, tienen un sustrato de fibra de coco. Ecuarándano, Guayllabamba, Quito. **Fotografía D:** Preparación y distribución de contenedores plásticos rígidos (≈ 40 l) y de sistema de riego para el cultivo de arándanos. Fundo Todos Los Santos, Comuna de Nancagua, en la Sexta Región Libertador Bernardo O'Higgins, Chile.

Así también, se han generado sistemas de producción llamados “siempre verde” (Figura 17), que consisten en manejos agronómicos no dependientes del clima, como poda o programas de fertilización y riego que, con el uso de variedades de bajo o nulo requerimiento de frío, han logrado programar cosechas en fechas determinadas (Darnell y Williamson, 1996; Hummer *et al.*, 2007; Phillips *et al.*, 2020).



Fuente: Fotografías por P. Mejía Bonilla. Archivo Personal. 2025

Figura 17. Sistemas de producción “siempre verde”.

Nota. Fotografía A.: Huerto conformado por plantas de la variedad Emerald, perteneciente al tipo AAAS, con un sistema de producción “siempre verde”, cultivadas en contenedores (≈ 40 l), a cielo abierto. Producción desfasada fenológicamente con distintos estados de desarrollo en la misma época del año (agosto 2024). **Fotografía B:** Desarrollo inicial de brotes (flecha roja). **Fotografía C:** Brote desarrollado completamente (flecha azul). **Fotografía D:** Desarrollo de frutos (flecha amarilla). **Fotografía E:** Inicio de cosecha (flecha morada). Fotografías en Ecuarándano, Guayllabamba, Quito.

En la Tabla 9 se realiza una comparación de los sistemas de cultivo de arándano.

Tabla 9. Sistemas de cultivo.

Característica	Cultivo sin cubierta	Cultivo con cubierta	Cultivo en Suelo	Cultivo en contenedores
Costo inicial	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Control climático	Limitado	Alto	Limitado	Alto
Manejo de suelo	Requiere enmiendas	No aplica	Requiere enmiendas	No aplica
Rendimiento	Variable	Alto	Variable	Alto
Recomendación	Climas estables	Climas extremos	Suelos ácidos	Suelos no aptos

06

Sistema de cultivo

El cultivo de arándano se realiza bajo diferentes sistemas, dependiendo de las condiciones climáticas, el ambiente edáfico y los objetivos de producción. Para implementar aquel que se adapte mejor a las necesidades del agricultor, se deben tomar en cuenta varios aspectos, como el tipo de suelo, el pH, las variedades adaptables, las podas y el riego (Williamson *et al.*, 2006). A continuación, se describen cuatro diferentes sistemas de cultivo.

6.1 Por su exposición a la intemperie, medio ambiente o clima

6.1.1 Cubierta

Este sistema utiliza estructuras recubiertas con plásticos o mallas para proteger a las plantas de condiciones climáticas adversas y mejorar el microclima.

- A. Plásticos:** Protegen contra las lluvias intensas y el granizo, y modifican la temperatura y humedad del ambiente.
- B. Mallas:** Reducen la intensidad de la luz solar y protegen contra el estrés térmico.

Utilizar cualquiera de los dos sistemas brinda protección contra eventos climáticos extremos, un mejor control del microclima, que aumenta el rendimiento y la calidad del fruto, y una reducción de la incidencia de plagas y enfermedades. Sin embargo, su costo inicial y mantenimiento son mayores y, además, requiere un manejo cuidadoso para evitar problemas de ventilación y humedad excesiva.

Es por ello que su uso se recomienda para regiones con climas variables o extremos, pues es ideal para la producción de alta calidad y exportación (Medeiros *et al.*, 2021). Los sistemas al aire libre pueden protegerse del viento por medio de cortavientos naturales o artificiales; pero, en general, están muy expuestos al medio ambiente. En este tipo de sistemas es aún más importante que el cultivar seleccionado se adapte bien al clima (Williamson *et al.*, 2006).

6.1.2 Sin cubierta o a la intemperie

El cultivo a la intemperie representa el sistema tradicional, donde las plantas están expuestas directamente a las condiciones climáticas. Requiere un menor costo inicial al no demandar infraestructura adicional. Tiene una mayor exposición a la luz solar, lo que mejora la fotosíntesis y la calidad del fruto. Al ser un

cultivo a campo abierto, existe mayor vulnerabilidad a las condiciones climáticas extremas, como las lluvias intensas, el granizo, los vientos fuertes, además, a la exposición a plagas y enfermedades transmitidas por el aire. Por ello se recomienda implementarlo en regiones con climas estables y baja incidencia de factores meteorológicos intensos (Retamales y Hancock, 2018).

A. Cultivo en suelo

El cultivo en suelo es el sistema más común. En él, las plantas se establecen directamente en suelos que deben tener un pH dentro del rango de acidez requerida y buenas condiciones de drenaje. Tiene un menor costo inicial por no requerir sustratos o contenedores. No obstante, en suelos con un drenaje inadecuado, el riesgo de enfermedades en las raíces se incrementa. Por tanto, este tipo de sistema es adecuado para regiones con suelos ácidos y bien drenados. Requiere enmiendas, como turba o azufre, para ajustar el pH del suelo (Williamson *et al.*, 2006).

B. Cultivo en contenedores

Este sistema utiliza contenedores o macetas llenos de sustratos, como turba, fibra de coco o perlita, lo que permite un mayor seguimiento del ambiente radicular, el pH, la nutrición y el drenaje. Es ideal para regiones con suelos no aptos para el cultivo de arándano pues facilita el control de enfermedades radiculares. Su costo y mantenimiento inicial son mayores. Se recomienda para una producción intensiva en regiones de suelos alcalinos o mal drenados. El riego y la fertilización deben ser más frecuentes debido a esta menor capacidad de retención de agua y nutrientes. Este sistema de cultivo resulta conveniente para la producción en invernaderos o con cubiertas (Retamales y Hancock, 2018).

6.2 Con estructura: cultivo al aire libre vs. cultivo protegido

Para definir la estructura de la operación, se necesita conocer si el cultivo estará expuesto al ambiente abierto o protegido, o bien, si se utilizarán otros implementos agrícolas, como espalderas. Cuando instala estructuras, el productor tiene más control sobre el entorno de plantación y puede usar esto como una herramienta para manipular el cultivo. A continuación, se describen las diferentes estructuras que se utilizan dentro del campo.

6.2.1 Uso de tela de sombra / cortavientos / netting

Una tela de sombra o sarán es un material de tela porosa que cubre completamente un campo y brinda protección contra múltiples factores ambientales. Ofrece sombra a los cultivos y funciona como una barrera contra el viento, evitando que aves y otras plagas perjudiquen la cosecha. Las mallas de sombra tienen distintos porcentajes de bloqueo de luz y radiación. En general, se utilizan aquellas que proporcionan un bloqueo del 10 % al 15 %, con un tope de alrededor del 35 %. Es decir que algunas áreas con radiación extrema pueden beneficiarse de niveles más altos de sombra.

El sarán brinda un mayor porcentaje de sombra y un menor movimiento de aire, ya que el material de la tela se vuelve menos poroso. En ocasiones, algunos materiales de sombra ocasionan un retraso en la cosecha debido a la protección contra la radiación durante el verano, mientras que otros alteran el espectro de luz y ayudan a mejorar la ramificación de las plantas para que estas sean más compactas. Es muy importante analizar a fondo las características técnicas de la tela y la macroestructura que se piensen instalar. Cabe mencionar que la red de sombra debe elevarse durante la polinización.

6.2.2 Cultivo en túneles

Al elevar la temperatura de la zona de la planta y protegerla del estrés ambiental, los túneles consiguen:

- Promover una cosecha más temprana.
- Aumentar el tamaño y la calidad de la fruta.
- Extender el período de producción (de algunos cultivares).

07

Implementación del cultivo

7.1 Distancias de plantación y orientación

7.1.1 En camellones

Cuando se trata de camellones, se recomienda que estos tengan de 0,3 a 0,5 m de alto, 1 m de ancho y que se instalen a una distancia de 2,5 a 3 m (Undurraga y Vargas, 2013). La densidad de plantación varía: si se siembran a 1m se pueden obtener 4400 plántulas por ha-1, mientras que a una distancia de 0,8 m se alcanzan cerca de 6000 plántulas por ha-1 (Ávila, 2023).

7.1.12 En macetas

En macetas, la distancia de plantación es de al menos 30 cm entre plantas o contenedores, y entre hileras, de más de 2,5 m. Con este método de siembra se pueden llegar a obtener hasta 10 000 plantas por ha, dependiendo de la variedad (Undurraga y Vargas, 2013).

7.2 Trasplante y cuidados

El éxito en el establecimiento del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en zonas tropicales depende en gran medida de un adecuado trasplante y manejo agronómico inicial, considerando especialmente las exigencias del cultivo respecto al tipo de suelo, la humedad y la aireación (Retamales y Hancock, 2012).

En condiciones tropicales, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- **Preparación del terreno:** Abrir hoyos de plantación de aproximadamente 40 × 40 × 40 cm, lo cual permite un adecuado desarrollo radicular y mejora la infiltración del agua.
- **Humedad del suelo:** Se recomienda mirar el terreno al menos tres días antes del trasplante, de manera que el suelo esté en capacidad de campo. Esto favorece el establecimiento evitando el estrés hídrico inicial.
- **Aclimatación de las plantas:** Colocar las plántulas previamente aclimatadas al ambiente externo frente a cada hoyo. La aclimatación es crucial en el trópico, donde los cambios bruscos de temperatura y humedad afectan la supervivencia de las *vitroplantas* (Debnath, 2009a).
- **Extracción de la planta:** Retirar cuidadosamente la bolsa plástica mediante un corte longitudinal. Se debe manipular la raíz con cuidado, abriéndola desde el fondo, para favorecer la expansión radicular sin romper las raíces finas.
- **Ubicación en el hoyo:** Introducir la planta en el hoyo con las raíces orientadas de forma horizontal al suelo. Es fundamental que la plántula quede sembrada a mayor profundidad que en la bolsa, entre 2 y 3 cm más. Esto se debe a que, en ambientes tropicales, con altas lluvias, los camellones suelen compactarse o bajar su nivel, exponiendo el sistema radicular.
- **Compactación suave:** Cubrir con tierra y apisonar levemente con la mano para asegurar el contacto entre las raíces y el sustrato, eliminando bolsas de aire, pero sin comprometer la porosidad del suelo (Hummer y Finn, 2012).
- **Riego inicial:** Instalar la línea de riego por goteo a 5 o 10 cm de distancia de la planta, asegurando que la humedad se mantenga constante en la zona del recipiente radicular, sin generar encharcamientos.
- **Manejo postrasplante:** Los brotes débiles o mal formados deber ser eliminados desde la base para estimular el desarrollo de estructuras fuertes y productivas.
- **Riego continuo:** Durante las primeras semanas, sostener una frecuencia de riego que mantenga la superficie radicular húmeda, especialmente, en las zonas tropicales donde la evaporación es más.

La adaptación del arándano al trópico requiere prácticas específicas debido a una mayor temperatura, humedad y dinámica del suelo. Por ello, un trasplante bien ejecutado y el manejo cuidadoso de las primeras fases garantizan un crecimiento vigoroso y una entrada temprana a producción (Castaño *et al.*, 2018).

08

Sustratos y riego

8.1 Preparación de sustratos

8.1.1 Producción de sustratos

La producción de sustrato es una forma de hidroponía en la que las plantas se cultivan en macetas que contienen un medio sin tierra (generalmente, fibra de coco, turba en bloque y perlita). Este sustrato personalizable permite a los productores elegir texturas y características del medio que sean ideales para el sistema radicular del arándano, lo que ayuda significativamente con el establecimiento y crecimiento de la planta. Con este sistema, los productores son responsables de comprar las macetas y los medios (sustrato) donde se cultivarán las plantas. El cultivo en sustrato se utiliza como una forma de superar las limitaciones causadas por el tipo de suelo, la uniformidad de este y el terreno.

8.1.2 Ventajas y desafíos de la producción de sustratos

- **Ventajas:** El productor tiene más control y visibilidad sobre el equilibrio del fertilizante y el contenido de humedad. Esto ayuda a obtener plantas más uniformes y saludables, con un crecimiento y un establecimiento más acelerados. Las condiciones de la zona radicular se pueden personalizar y cambiar muy rápidamente, lo que, a su vez, permite una rápida manipulación y dirección de las plantas, que al estar en macetas se pueden movilizar. Por otro lado, el agua de escorrentía y los nutrientes se captura y reciclan (BerryCo, 2021).
- **Desafíos:** La producción del sustrato es una forma más intensiva de cultivo y, generalmente, requiere de mayores conocimientos técnicos para establecerlo (Castellanos, 2014). Si bien se tiene más control sobre las condiciones de cultivo, también se exige más responsabilidad en lo que respecta a la gestión adecuada. Se debe prestar atención diaria a las prácticas culturales, como el riego, el manejo de nutrientes y la construcción de túneles. El medio también proporciona menos amortiguamiento que el suelo para factores como la humedad, la fertilidad y el aislamiento de la temperatura. Debido a que la zona de amortiguamiento es limitada, el manejo del riego debe realizarse los siete días de la semana durante la temporada de crecimiento. Man-

tener un material vegetal uniforme es necesario para una gestión exitosa. El hecho de que las plantas vayan a ser regadas, principalmente, mediante un sistema de fertirrigación, hace que la calidad del agua se vuelva extremadamente importante. En algunos casos, este factor se convierte en un limitante para la producción y la selección del sitio. (Uribe, 2017).

8.1.3 Fundamentos del cultivo en sustrato

La calidad y el manejo del sustrato, el agua y la zona radicular de las plantas son los aspectos que determinan el éxito del cultivo y la sostenibilidad de las plantas a largo plazo (Figura 18). A continuación, se exponen algunos fundamentos a considerar:



Fuente. Fotografía por O. Shalev. Archivo personal. 2024

Figura 18. Sustrato para el cultivo de arándano.

Elegir el medio de sustrato es sinónimo de elegir el suelo en el que se desarrollará el cultivo.

- El cultivo en sustrato requiere elegir y mantener la mejor calidad del medio a medida que las plantas se desarrollan.
- La fertilización es constante y las aplicaciones de riego se realizan siempre con agua acidificada, incluyendo eventos de lixiviación.
- En todo momento, es crucial mantener unos niveles adecuados de humedad y oxígeno, así como una conductividad eléctrica (EC) de drenaje inferior a 2,0 mS/cm. Este rango equivale a una EC de análisis de sustrato de, aproximadamente, 0,8 mS/cm (análisis de extracto de laboratorio de 1 a 1,5 volúmenes).

- El estándar para el crecimiento en sustrato es mayor que el estándar para el crecimiento en la mayoría de las plantaciones de suelo (excepto el cultivo en 100 % arena, debajo de túneles). Con un manejo adecuado, se espera que el primer año de crecimiento en sustrato supere al de una plantación en suelo.
- Aunque la producción de sustrato manipula el entorno de crecimiento de la zona de raíces, las características fundamentales del arándano siguen siendo las mismas:
 - El arándano es una planta que requiere un pH constante de 4,0 a 5,5 e, idealmente, de 4,5 a 5,0.
 - La producción de sustrato en una operación al aire libre requiere de factores climáticos adecuados y ajustes de riego para un cultivo saludable.
 - El clima debe ser adecuado para el tipo de variedad y el sistema de producción seleccionados.

8.1.4 Composición del sustrato

Según Rubio (2022), el sustrato está compuesto por una combinación de diferentes medios y actúa al igual que el suelo (Figura 19), que sustentará, hidratará, anclará y proporcionará nutrición a la planta a lo largo de su vida, cumpliendo con las siguientes funciones:

- Sostenimiento de la planta
- Protección de la raíz
- Absorción, retención y disponibilidad de agua
- Absorción, retención y disponibilidad de nutrientes
- Difusión y cambio del aire en la matriz de la zona radicular



Fuente: Fotografía por Ch. Andrade Ruales, 2024, Netafim, Archivo Institucional

Figura 19. Cultivo de arándano en sustrato.

A continuación, se presentan las características más importantes del sustrato, que deben estar disponibles a partir de un análisis químico simple (o proporcionado por los proveedores de los medios):

- Porosidad. En el caso de los arándanos, la porosidad del sustrato debe ser mayor o igual al 30 %.
- Curvas de retención de agua
- Características de absorción de agua
- Estabilidad
- Prueba de cloruro de bario ($BaCl_2$) para fibra de coco con el fin de demostrar que ha sido lavada y tamponada.

8.2 Riego

El suministro de agua afectará el rendimiento y calidad de la fruta, así como el rendimiento y la longevidad de las plantas (BerryCo, 2021). Las raíces superficiales y fibrosas tienen mayor respuesta al riego, además de que no toleran el estrés hídrico o exceso de humedad. La distribución o conducción del agua dentro del sustrato afecta la producción de arándanos; la aplicación del riego incrementa la producción de arándano hasta en un 43 % (Uribe, 2017).

El riego de bajo caudal o riego por goteo (Figura 20) permite eficiencia en el uso del recurso hídrico, sobre todo, cuando la planta entra en períodos críticos (floración y crecimiento del fruto). Adicionalmente, contribuye a lograr menor

presencia de malezas, menor incidencia de enfermedades fúngicas, disminución de la erosión por desnivel, uniformidad de distribución de agua y fertilizantes, y menor demanda de mano de obra (Uribe, 2017).



Fuente: Fotografía por P. Cabarcos, 2024, Netafim.

Figura 20. Cultivo de arándano con riego por goteo.

8.2.1 Calidad del agua

Antes de establecer una plantación comercial, se necesita asegurar un suministro amplio de agua de alta calidad, lo cual debe confirmarse con un análisis químico. La calidad del agua de riego tiene un impacto significativo en el éxito del cultivo de arándanos. Los parámetros básicos que deben ser evaluados son sólidos totales en suspensión, el arándano es sensible al déficit y exceso, y a altos niveles de pH, alcalinidad, CE y RAS; ya que se ven afectadas negativamente por niveles moderados de bicarbonatos, sodio, cloruro y boro. En definitiva, se requiere una fuente de agua sin clorar y con bajo contenido de sales, menos del 0,1 %, y un pH menor a 5,5 (BerryCo, 2021).

Verificar la calidad del agua es parte del proceso de planificación, a continuación, en la Tabla 10 se presenta una guía resumida de la calidad del agua.

Tabla 10. Guía de calidad de agua.

Compuesto del agua	Agua de calidad	Nivel desafiante	Umbral máximo
Acidez/alcalinidad (pH)	5,0 - 5,5	> 6,0	>7,0
EC (mS/m)	<20	45-100	150
RAS	<1,0	1,0-3,0	>3,0
Bicarbonatos (mg/l)	<50	50-92	>100
Cloruros (mg/l)	<50	50-70	>150
Sodio (mg/l)	<10	20-40	>46
Boro (mg/l)	<0,1	0,1-0,9	1,0

Fuente. Tomado de Netafim archivo personal, 2025.

Si el agua tiene mucho bicarbonato (1,50 mmol/l o más), hay que tratarla con ácido antes de usarla para riego. Esto se hace almacenando el agua en un tanque y agregando ácido de 12 a 24 horas, dependiendo de la cantidad de bicarbonato. La mayor parte del bicarbonato se neutraliza, pero se deja un poco para ayudar a equilibrar el pH. Durante este proceso, el pH baja al principio, luego, sube un poco y, finalmente, se estabiliza. Es importante ventilar el CO₂ que se produce para que el pH se mantenga estable (Castellanos, 2014).

Para el agua con concentraciones de sodio (Na) y cloruro (Cl) superiores a 50 ppm (cada una), se requerirán ajustes especiales para los programas de lavado y lixiviación. El agua con una EC superior a 1,2 se considera problemática, y una EC de 1,5 o superior ya no es apropiada para el cultivo (Uribe, 2017).

El riego debe ajustarse a las necesidades del cultivo según su etapa de crecimiento. Durante la fase vegetativa, la frecuencia de riego es menor ya que el exceso de humedad causa enfermedades radiculares, especialmente, por hongos, y la pérdida de agua por evapotranspiración es baja. Se recomienda el uso de riego tecnificado por sus múltiples ventajas: asegura el suministro de agua en las etapas críticas (floración y desarrollo del fruto), reduce malezas, disminuye enfermedades fungosas, previene la erosión en terrenos inclinados, distribuye el agua de manera uniforme en hileras largas, y reduce la necesidad de mano de obra. Por otro lado, la sequía es uno de los principales factores que afectan el rendimiento de los cultivos: reduce la producción de materia seca alterando el tamaño de las células, disminuyendo la fotosíntesis y afectando el crecimiento de la planta y los frutos. Estos efectos varían según la variedad del cultivo y las condiciones climáticas (Morales, 2017).

En el caso del arándano, un cultivo de raíces superficiales y fibrosas, el riego es clave para su desarrollo. Estudios indican que un manejo adecuado del agua aumenta el rendimiento hasta en un 43 %. Se recomienda un potencial hídrico del suelo de 10 cb (centibares) y el uso de riego por goteo, que asegura una distribución óptima del agua (Undurraga y Vargas, 2013). Regar el 100 % de los requerimientos hídricos maximiza el rendimiento, mientras que aumentar al 150 % no genera beneficios adicionales (Rubio, 2022).

8.2.2 Estimación de necesidad hídrica con un cultivo de referencia

La evapotranspiración de cultivo de referencia (ETO) corresponde al consumo de agua de un predio de 10 cm de altura, bien regado, y depende de factores climáticos. La ETO puede ser estimada mediante bandejas de evaporación o ecuaciones basadas en parámetros atmosféricos, como temperatura, radiación solar, humedad relativa, y velocidad y dirección del viento (Chacón, 2024).

8.2.3 Evapotranspiración del cultivo (ETc)

La ecuación básica para calcular la demanda de agua o evapotranspiración del cultivo (ETc) según Chacón (2019) se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 1: Evapotranspiración del cultivo (ETc)

$$ETc = ET0 * Kc * Fc$$

Nota. Ecuación donde Kc es el coeficiente de cultivo y Fc corresponde al factor de cobertura del follaje o porcentaje de área sombreada, que depende del estado fenológico de la planta y de la zona donde se encuentre.

El factor de cobertura (Fc) se calcula a partir del área sombreada o porcentaje de cobertura (Pc), mediante estas ecuaciones:

Ecuación 2: Porcentaje de cobertura (Pc)

$$Pc = \frac{X}{Eh}$$

Ecuación 3: Factor de cobertura (Fc)

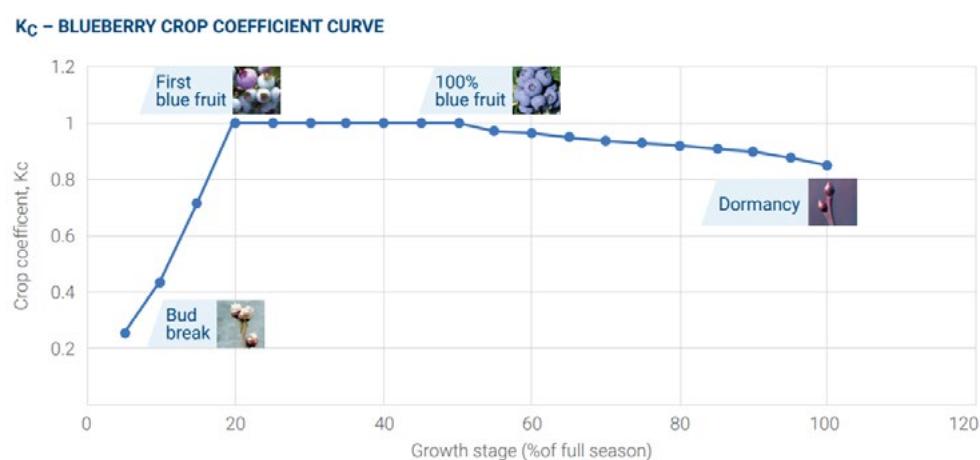
$$Fc = 0,92 \times Pc + 0,187$$

Nota. Ecuaciones donde Pc es el porcentaje de cobertura; X es el área sombreada o ancho de follaje (m), y Eh es el espaciamiento entre hileras (m).

La ecuación para calcular Fc corresponde a un valor promedio de varias formas de estimación.

8.2.4 Coeficiente de cultivo (Kc)

Los requerimientos de agua varían según las etapas fenológicas de la planta. En general, es bajo en la etapa vegetativa de la planta y mayor en las etapas de cuajado y llenado de frutos, como muestra la Figura 21.



Fuente. Tomado de Netafim, s. f. <https://www.netafim.com/en/crop-knowledge/blueberries/>
Figura 21. Curva de coeficiente del cultivo de arándanos.

8.2.5 Tiempo de riego

El tiempo de riego (TR) se calcula sobre la base del requerimiento de agua por metro lineal (L/m) y el caudal total de los emisores que riegan ese metro de plantación. Es importante conocer la tasa de aplicación real de los emisores, que generalmente no corresponde al caudal nominal indicado en los catálogos (Rubio, 2022).

Conocido el caudal real promedio de los emisores, es posible estimar el tiempo de riego real por día. Por ejemplo, se midieron 16 puntos de una parcela y el promedio fue de 2,1 L/h. Además, se tiene un cultivo con dos líneas de riego con goteros cada 50 cm, es decir 4 emisores por metro de hilera. La estimación de requerimiento de agua fue de 11,52 L/m, incluido eficiencia de por tipo de riego, eficiencia por viento además de la precipitación efectiva con lo cual se tiene un tiempo de riego (TR)

Ecuación 4: *Tiempo de riego (TR)*

$$TR = \frac{\text{Requerimiento de agua (L/m)}}{\text{número de emisores por metro} \times \text{caudal del emisor (L/h)}}$$

$$TR = \frac{11,52 \text{ (L/m)}}{4 \times 2,1 \text{ (L/h)}} = 1,37 \text{ h (1h y 22min)}$$

Los riegos por pulsos dependen del sustrato, la edad, el ritmo de transpiración, etc. Este tiempo de pulso normalmente es de 3 a 5 minutos. Se calcula en relación con el requerimiento de agua por planta día (Ecuación 5) y el caudal de los emisores que riegan esa planta.

Ecuación 5: *Requerimiento de agua por planta día*

$$Nb = \frac{7.77 \text{ (L/m)}}{0.75 \times 0.9} = 11.52 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Nota. Ecuación donde ET_c es la evapotranspiración del cultivo, ya considerando el factor de cobertura, coeficiente de cultivo.

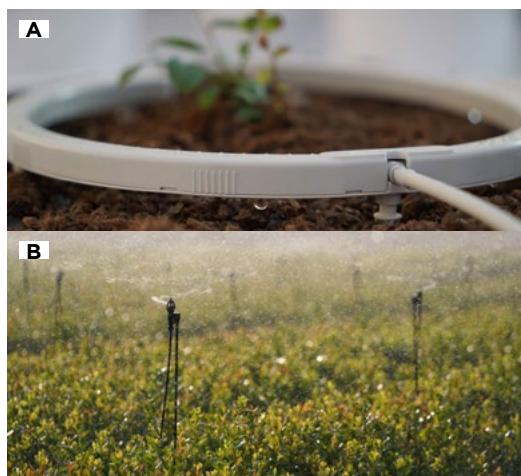
Ecuación 6: *Capacidad del sistema*

$$\text{Capacidad del sistema} = \frac{Q \text{ (l/h)} \times \# \text{ de laterales por hilera de cultivo}}{Dh \times Dg}$$

Nota. Ecuación donde Q es el caudal del gotero; $\#$ es el número de laterales por hilera; Dh es la distancia entre hileras; y Dg es la distancia entre goteros.

8.3 Métodos de riego

Los arándanos pueden ser regados por goteo, microaspersión y aspersión, como se evidencia en la Figura 22. Existen estudios de, la variedad Elliot que han comparado el rendimiento y la calidad del fruto bajo estos tres métodos de riego, y los resultados indican que el riego por goteo fue mejor que la microaspersión y la aspersión, en términos de producción y peso de fruto. Por otra parte, es importante recalcar que la distribución de la humedad en el suelo es un factor fundamental, por ello, en suelos de textura media o liviana se recomienda una doble línea de emisores. Esto es relevante, por ejemplo, cuando se modifica la estructura del suelo al mezclarlo con aserrín, produciendo un comportamiento de la distribución del agua similar al de un suelo liviano. Si existe riesgo de heladas es recomendable tener un sistema de riego adicional por aspersión, para su control (Rebolledo, 2013).



Fuente. Fotografías de cultivos de arándano tomadas de Netafim archivo personal, s.

f. Fotografía A: Riego por goteo. Fotografía B: Riego por microaspersión.

Figura 22. 2025.

Otro factor que se debe tener en cuenta para determinar el método de riego más adecuado es la disponibilidad de agua en forma suficiente y oportuna, dado que la distribución de esta se realiza por turnos. Por ejemplo, una vez por semana existe una limitante para la oportunidad de riego localizado, lo que obliga a complementar el sistema con acumuladores. Si se tiene pozos con baja disponibilidad, se debe privilegiar un método que sea eficiente, como el riego por goteo. Para evaluar la disponibilidad de agua se debe comparar la demanda de del cultivo con relación al agua disponible. La textura del suelo es trascendental puesto que determina la distribución del agua en la zona de las raíces. En suelos livianos se debe asegurar un porcentaje de humedecimiento del suelo adecuado (Undurraga y Vargas, 2013).

En Chile, los agricultores han optado por el riego por goteo dado que el beneficio de aplicar agua en la cantidad y momento adecuados justifica plenamente la inversión. Se debe resaltar que la distribución de la humedad en el suelo es un factor esencial, por ello, en suelos de textura media o liviana, se recomienda una doble línea de emisores. Esto es relevante, por ejemplo, cuan-

do se modifica la estructura del suelo al mezclarlo con aserrín, produciendo un comportamiento de la distribución del agua similar al de un suelo liviano.

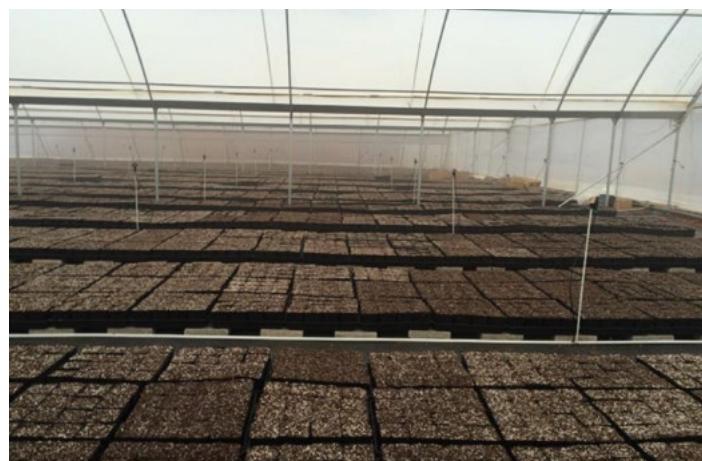
Los sistemas de riego más utilizados en la producción de arándanos son los aspersores y el riego por goteo. Los primeros son sistemas de riego relativamente simples de instalar y mantener, pero la uniformidad depende de su diseño; el segundo (Figura 23) ofrece el control de agua y fertilizantes, además, la uniformidad de la distribución, lo que permite reducir problemas de malezas, enfermedades y capacidad de riego durante la cosecha (Morales, 2017).



Fuente. Fotografía tomada por Netafim, archivo personal. (s. f.)

Figura 23. Riego por goteo en arándanos.

El riego por microaspersión (Figura 24) también es utilizado en arándanos. Los microaspersores humedecen un mayor volumen de suelo que el goteo, así, favorecen el desarrollo radicular en el suelo y una producción mayor.



Fuente. Fotografía tomada por Netafim, archivo personal, 2024.

Figura 24. Riego por microaspersión en propagación del cultivo de arándano

8.3.1 Factores para determinar el método de riego

Otros factores que tener en cuenta para determinar el método de riego más adecuado son:

A. La disponibilidad de agua

El agua debe estar disponible de forma suficiente y oportuna. Dado que su distribución en canales se realiza por turnos, si se cuenta con pozos o norias de baja disponibilidad se necesita privilegiar un método que sea eficiente, como el riego por goteo. Para evaluar la disponibilidad de agua se debe comparar la demanda de agua del cultivo con relación al agua disponible (Uribe, 2017).

B. El tipo de suelo

Determina la distribución del agua en la zona de raíces, factor considerado clave para lograr buen rendimiento y calidad de frutos. En suelos livianos se debe asegurar un porcentaje adecuado de humedecimiento del suelo.

C. La topografía del terreno

Los suelos planos con una pendiente uniforme no presentan problemas; sin embargo, si la pendiente es irregular o existen pendientes fuertes, es recomendable usar emisores autocompensados.

D. La disponibilidad de energía

En general, en huertos de menos de 3 ha, el riego localizado requiere electrificación monofásica. Sin embargo, en superficies mayores, se necesita electrificación trifásica. En cualquiera de los dos casos, es necesario verificar la distancia del tendido eléctrico puesto que se involucran costos que podrían afectar la factibilidad económica del proyecto. Si los costos de electrificación son muy altos, se debe preferir el riego por surcos. Si no existe la posibilidad de una conexión eléctrica a una distancia económicamente factible, es posible evaluar el uso de energías alternativas, como la solar o la eólica.

E. La disponibilidad de mano de obra

Si la disponibilidad de mano de obra es baja, se recomienda el riego tecnificado.

F. Los tipos de goteros utilizados en la implementación del cultivo de arándanos en el CADET

Para la implementación del cultivo en el Centro Académico Docente Experimental La Tola (CADET), se utilizaron tres tipos de gotero: Uniwhite, Netbow y Estaca, con el fin de identificar cuál de estos se adapta a las condiciones del sitio de estudio. Se describen a continuación de acuerdo con Morales (2017).

• Uniwhite

Goteros autocompensantes, diseñados para sistemas de riego por goteo en horticultura protegida. El modelo HCNL (Figura 25) garantiza una entrega uniforme de agua, independientemente de las variaciones de presión, lo que favorece un desarrollo homogéneo del cultivo. Incluye una válvula con mayor capacidad de retención de presión, mecanismo adecuado para las condiciones más exigentes (Netafim, 2023). A continuación, se exponen algunas especificaciones de este gotero:

- Variedad de caudales: 5 caudales diferentes (0,7; 1,0; 1,6; 2,3; 3,5 L / H) que pueden abordar cualquier condición o aplicación.
- Rango CNL: 1,0 a 4,0 barras; Rango HCNL: 1,5 a 4,0 barras.
- Amplia gama de diámetros de tubería: 16,0 - 23,0 mm.
- Espesor de pared: 0,9 mm.

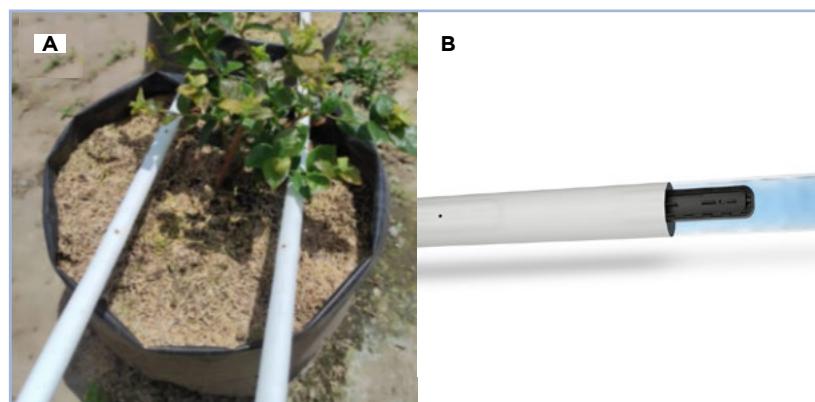


Figura 25. Gotero Uniwhite.

Nota. **Fotografía A:** Sistema de riego con goteo integrado para cultivo de arándano en el CADET de La Morita, por. **Fotografía B:** Gotero Uniwhite. Tomado de Netafim, s. f. <https://www.netafim.com.mx/productos-y-soluciones/nuestros-productos/líneas-de-goteo-y-goteros/uniram/unigray-cnl--hcnl/>.

• PCJ + NetbowTM

Solución avanzada de riego localizado. Diseñado para cultivos de alto valor en contenedores, como el arándano, que requieren estrategias precisas de fertirrigación. Este arco multigoteo, tiene ocho salidas distribuidas uniformemente, asegurando una aplicación homogénea del agua en todo el sustrato (Netafim, s. f.).

El principal beneficio agronómico de NetBow™ (Figura 26) radica en su capacidad de promover un desarrollo radicular uniforme en toda la superficie del contenedor, incluida la capa superior del sustrato, donde el crecimiento de raíces suele ser crítico. Este patrón de humedecimiento completo reduce la incidencia de enfermedades, mejora la absorción de nutrientes y permite un desarrollo vegetativo y productivo más equilibrado (Netafim, 2023). A continuación, se exponen algunas especificaciones de este gotero:

- Compatible con contenedores de 20 a 40 litros (5 a 10 galones).
- Diámetro: 250 mm (10 pulgadas).
- Velocidad de flujo: 8 salidas de goteo con un flujo de 2,0 l/h (0,53 GPH), cada uno a 1,0 bar (14,5 PSI).

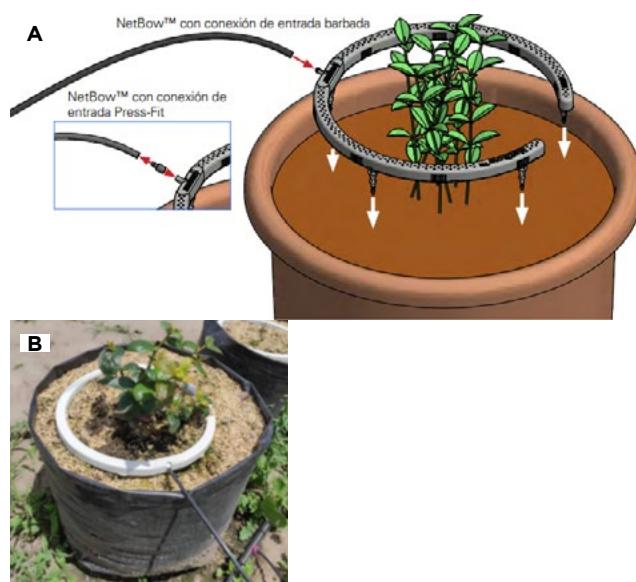


Figura 26. Gotero NetBow.

Nota. Fotografía A: Sistema de goteo integrado empleado para cultivo de arándano en el CADET de La Morita, por K. Aguilar y K. Clavijo, 2025. **Fotografía B:** Gotero PCJ + NetBow™. Tomado de Netafim, 2021. <https://www.netafim.com.mx/productos-y-soluciones/nuestros-productos/lineas-de-goteo-y-goteros/netbow/>.

• Estacas conductoras

Amplia variedad de estacas que aseguran direccionar el riego hacia puntos determinados dentro del sistema o, simplemente, fijar los regantes en el suelo. Se los puede utilizar en invernaderos, viveros y macetas (ideal para el cultivo de arándano). Permite una máxima flexibilidad en invernaderos y viveros (con microtubos de PE suaves), así como la instalación de otros goteros Netafim para agregar funcionalidad compensada y antidrenante (Figura 27) (Netafim, 2023). A continuación, se exponen algunas especificaciones de este gotero:

- Presión máxima de trabajo: 1,2 bar, para ser “insertado” en un microtubo de 3 x 5 mm.
- Caudales: 1,6 l/h. y 2,3 l/h.
- Caudal: 1,0 bar de presión.



Figura 27. Goteros estaca.

Nota. Fotografía A: Sistema de goteo empleado para cultivo de arándano en el CADET de La Morita, por K. Aguilar y K. Clavijo, 2025. **Fotografía B:** Goteros estaca. Tomado de Netafim, s. f. <https://www.netafim.ec/products-and-solutions/nuestros-productos/drippers-and-driplines/>.

8.4 Fertirrigación o nutrición

Dado que las plantas van a ser regadas principalmente a través de un sistema de fertirrigación (Figura 28), la calidad del agua se vuelve extremadamente importante. En algunos casos, esta se convierte en un factor limitante en la producción.



Nota. Fotografía por P. Cabarcos. Tomado de Netafim, 2024.

Figura 28. Sistema de fertiriego para el cultivo de arándano.

8.4.1 Seguimiento y gestión de la fertirrigación

Es necesario medir el pH, la conductividad eléctrica (CE) en dS/m (decisiemens por metro), el volumen de drenaje en litros o porcentajes y la solución de riego, al menos una vez al día (Figura 29). Si solo realiza una medición al día, debe hacerse antes del primer riego de la mañana. El porcentaje de drenaje después del primer riego del día le indicará si el último riego del día anterior se hizo demasiado tarde, si el primer riego del día se hizo demasiado temprano o si hubo una combinación de ambos factores.



Figura 29. Sensores de medición de pH, CE y drenaje.

Nota. Fotografía de los sensores DMS para medir la CE, el pH y el volumen de drenaje en el establecimiento del cultivo de arándano. Tomado de archivo Netafim, 2025.

Si la CE del drenaje es mayor a 2,8 o 3,0 dS/m, es necesario realizar una lixiviación (lavado de sales). Para ello, se debe utilizar agua acidificada en caso de que el agua de riego contenga menos de 0,5 mmol/l (milimoles por litro) de sodio (Na) y/o 0,5 mmol/l de cloruro (Cl). O bien, usar agua acidificada más nitrato de potasio (KNO₃) si el agua de riego contiene más de 0,5 mmol/l de Na y/o 0,5 mmol/l de Cl. Durante el invierno, las plantas pueden estar inactivas o semiinactivas, por lo que se debe ajustar el riego según la necesidad de la planta y no seguir un programa fijo, para evitar el riego excesivo y la creación de condiciones de humedad que propicie enfermedades (Chacón, 2024).

8.4.2 Fertilización para el sistema “siempre verde”

El sistema “siempre verde” en el arándano implica mantener la planta en crecimiento activo durante todo el año, lo que requiere un manejo nutricional preciso y continuo.

8.4.2.1 Fórmulas de fertilización

A. Fertilizantes convencionales

- **Nitrógeno (N):** Aplicar en forma de sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄ o urea (Strik y Vance, 2015).
- **Fósforo (P):** Aplicar como superfosfato simple (SSP) o fosfato diamónico (DAP) (Retamales y Hancock, 2012).
- **Potasio (K):** Aplicar como sulfato de potasio (K₂SO₄) o cloruro de potasio (KCl) (Bryla y Strik, 2007).

B. Fertilizantes orgánicos

- **Compost:** Aporta N, P y K de liberación lenta (Strik y Vance, 2015).
- **Abonos verdes:** Leguminosas como fuente de N (Retamales y Hancock, 2012).
- **Harina de rocas:** Aporta Ca, Mg y micronutrientes (Bryla y Strik, 2007).

C. Fertilizantes compuestos

Se caracterizan por poseer todos los nutrientes en cada uno de los gránulos del fertilizante.

- **Línea hakaphos (Compo)**

Hakaphos suministra todos los nutrientes de forma fácilmente asimilable y sin elementos nocivos como sodio y cloro, lo cual asegura la correcta nutrición

del cultivo y los mejores resultados tanto en cantidad como en calidad de la cosecha. El propósito de la nutrición en los arándanos es proporcionar un suministro balanceado de nutrientes para un desarrollo óptimo del fruto.

Ante lo expuesto, la selección del fertilizante adecuado se fundamenta en los requerimientos nutricionales del cultivo al momento de la siembra. Los fertilizantes estabilizados NovaTec® ofrecen nutrientes de manera más asimilable en comparación con los fertilizantes tradicionales.

El suministro de nutrientes por fertiriego con NovaTec® Solub, en *berries* tiene como objetivo el abastecimiento de nutrientes de manera óptima y adecuada a las condiciones del suelo, el clima y la etapa de cultivo.

El manejo integral en la fertilización complementan la nutrición de suelo y estimulan la floración, amarre y llenado de frutos, así como la calidad poscosecha. NovaTec® es un fertilizante complejo NPK con el inhibidor de la nitrificación DMPP (3,4-dimetilpirazolofosfato).

Beneficios:

- Pérdidas de N más bajas por lixiviación y volatilización.
- Fuente de nitrógeno de acción rápida con amonio y nitrato.
- Mejora del rendimiento y la calidad gracias a la ampliación del suministro de N y al aumento de la nutrición con amonio.
- Efecto positivo del pH en la zona de la raíz (la acidificación de la rizosfera da una mayor disponibilidad de P y micronutrientes).
- Desarrollo y maduración más uniforme de los cultivos debido a un suministro de N estabilizado.
- Fuente de fosfato altamente disponible (> 80 % soluble en agua).
- Baja sedimentación y alta fuerza de gránulos, para unas mejores propiedades de esparcimiento.

En la Tabla 11 se presenta un programa para arándano con gramaje de producto por semana, para 216 plantas con la línea Hakaphos y Novatec.

Tabla 11. Programa para 216 plantas de arándano con gramaje de producto por semana.

SEMANA	g / producto / semana / 216 plantas					TOTAL SEMANA
	HAKA. VIOLETA 13-40-13	HAKA. VERDE 15-10-45	HAKA. BASE 7-12-40	NOVATEC BS CALCIUM	NOVATEC SOLUB 45	
1	1512			266		1778
2	1512			266		1778
3	1512			266		1778
4		1512		266	1000	2778
5		1512		266		1778
6		1512		266		1778
7		1512		266		1778
8		1512		266	1000	2778
9		1512		266		1778
10		1512		266		1778
11		1512		266		1778
12		1512		266	1000	2778
13		1512		266		1778
14		1512		266		1778
15		1512		266		1778
16		1512		266	1000	2778
17		1512		266		1778
18		1512		266		1778
19			1.512	266		1778
20	1512		1.512	266	1000	4290
21	1512		1512	266		3290
22	1512		1512	266		3290
23	1512		1512	266		3290
24			1512	266	1000	2778
25			1512	266		1778
26			1512	266		1778
27			1512	266		1778
28			1512	266	1000	2778
29			1512	266		1778

g / producto / semana / 216 plantas						
SEMANA	HAKA. VIOLETA 13-40-13	HAKA. VERDE 15-10-45	HAKA. BASE 7-12-40	NOVATEC BS CALCIUM	NOVATEC SOLUB 45	TOTAL SEMANA
30			1512	266		1778
31			1512	266		1778
32			1512	266	1000	2778
33			1512	266		1778
34			1512	266		1778
35			1512	266		1778
36			1512	266	1000	2778
37		1512		270		1782
38		1512		270		1782
39	1512	1512		270		3294
40	1512	1512		270	1000	4294
41	1512	1512		270		3294
42	1512	1512		270		3294
43	1512	1512		270		3294
44		1512		270	1000	2782
45		1512		270		1782
46		1512		270		1782
47		1512		270		1782
48		1512		270	1000	2782
49		1512		270		1782
50		1512		270		1782
51		1512		270		1782
52		1512		270	1000	2782
TOTAL	18 144	46 872	27 216	13 896	7000	113 128

Nota. Programa para arándano con gramaje de producto por semana, para 216 plantas con la línea Hakaphos y Novatec. Tomado de EUROFERT, s. f.

8.4.3 Plan de fertilización anual

El cultivo de arándano (*Vaccinium spp.*) en zonas tropicales requiere un manejo nutricional adaptado a las condiciones agroclimáticas locales, como la alta pluviosidad, los suelos ácidos y la pobre disponibilidad de nutrientes esenciales. La fertilización debe planificarse según las fases fenológicas de la planta y las demandas específicas en cada etapa, priorizando la eficiencia en la absorción y el equilibrio nutricional (Retamales y Hancock, 2012; Strik y Vance, 2015).

8.4.3.1 Etapa de crecimiento vegetativo

Durante esta fase inicial, caracterizada por el desarrollo activo de hojas, tallos y raíces, se recomienda aplicar el 50 % del requerimiento anual de nitrógeno (N), acompañado de fósforo (P) y potasio (K), para promover un crecimiento vigoroso y una buena arquitectura foliar y radicular.

Ejemplo de fertilización por hectárea:

- 100 kg de sulfato de amonio (21 % de N)
- 50 kg de superfosfato simple (20 % de P₂O₅)
- 50 kg de sulfato de potasio (50 % de K₂O)

La fertilización debe aplicarse fraccionadamente para mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno (Strik y Vance, 2015).

8.4.3.2 Etapa de floración y fructificación

En esta etapa crítica, donde la planta invierte recursos en la formación de flores y el llenado de frutos, es fundamental ajustar la fertilización. Se sugiere aplicar un 30 % adicional del nitrógeno anual, junto con potasio y micronutrientes clave para garantizar la calidad y cantidad de la fruta producida.

Ejemplo de fertilización por hectárea

- 60 kg de sulfato de amonio
- 30 kg de sulfato de potasio

El potasio es esencial para mejorar el contenido de azúcares, firmeza del fruto y tolerancia al estrés hídrico (Retamales y Hancock, 2012).

8.4.3.3 Aplicación de micronutrientes

La deficiencia de micronutrientes, como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B), es común en suelos ácidos y altamente lixiviados del trópico. Por ello, se recomienda la aplicación complementaria de estos elementos mediante fertirrigación o aplicaciones foliares, ajustadas según el análisis foliar correspondiente.

Ejemplo de dosis recomendadas por hectárea:

- 2 a 3 kg de quelato de hierro (Fe-EDTA)
- 1 a 2 kg de sulfato de zinc (ZnSO_4)
- 1 a 2 kg de sulfato de manganeso (MnSO_4)
- 0,5 a 1 kg de ácido bórico (H_3BO_3)

Una correcta suplementación de micronutrientes mejora la fotosíntesis, el cuajado de frutos y la resistencia a enfermedades (Hummer y Finn, 2012; Strik y Vance, 2015).



CAPITULO V:

MANEJO DEL CULTIVO

09

Manejo del cultivo

9.1 Podas

La poda en el cultivo de arándano es muy importante porque restringe el desarrollo de la fruta durante los tres primeros años en favor del crecimiento vegetativo; mantiene un balance entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo radicular; y aumenta el tamaño y calidad de la fruta por medio del control de la “carga” de la planta.

En los primeros dos años de plantación no se debería dejar que la planta florezca. Para esto existen dos tipos principales de cortes en la poda: el acortamiento y la remoción, cada uno con objetivos distintos. En el corte de acortamiento se elimina la parte terminal de un brote o rama, dejándola a la altura de una yema lateral. Este método se aplica comúnmente en las ramas de un año. Por otro lado, el corte de remoción consiste en eliminar completamente una rama cerca de su base, lo que fomenta el crecimiento vegetativo en la zona inferior al corte (Medeiros et al., 2021). Este tipo de poda se utiliza para controlar la altura o el ancho del arbusto, regular la carga de fruta y eliminar ramas viejas o poco productivas. Además, contribuye a rejuvenecer los arbustos, reducir la densidad del follaje y mejorar la circulación de aire, la penetración de luz y la eficacia de las pulverizaciones (Williamson et al., 2004).

9.1.1 Tipos de podas

9.1.1.1 Poda de formación

Proporciona un número adecuado de ramas para crear una estructura al árbol y comenzar la producción lo antes posible. Dentro de los primeros dos años de la siembra, se deben eliminar los botones florales y las ramas que muestran signos de debilidad, para estimular un crecimiento vegetativo fuerte.

En plantas jóvenes (de 1 a 3 años) se realiza una poda formativa para promover un crecimiento equilibrado y una estructura fuerte (Figura 30). Se recomienda seleccionar entre 4 y 6 ramas principales bien distribuidas alrededor de la planta, con ángulos de inserción amplios (ideales entre 45° y 60°) para evitar roturas a futuro y facilitar el manejo. Las ramas débiles, dañadas o que compiten con las principales deben ser eliminadas (Ávila, 2023). Según Müller (2011), en condiciones de clima cálido, como el de Sudáfrica, una poda más severa en esta etapa inicial estimula un mayor crecimiento vegetativo y el desarrollo de brotes vigorosos; esto favorece la formación de madera productiva de buena calidad en los años posteriores.



Nota. Fotografía de la poda de formación en una planta de arándano, CADET de La Morita, Tum-baco. Fotografía por K. M. Clavijo Pérez, archivo personal.

Figura 30. Poda de formación en planta de arándano.

9.1.1.2 Poda de mantenimiento

La poda de mantenimiento en el cultivo de arándano es esencial para asegurar la salud de las plantas y una producción óptima. Se enfoca en eliminar ramas improductivas, mejorando la estructura de la planta y eliminando las ramas viejas y enfermas, con el fin de prevenir la propagación de patógenos, facilitar la entrada de la luz y mejorar la aireación al interior de la planta. Al eliminar las ramas viejas se fomenta la emisión de brotes jóvenes y vigorosos, que serán más productivos en futuras cosechas (Aliqué *et al.*, 2010). Como menciona Müller (2011), a partir del cuarto o quinto año de cultivo es importante eliminar por completo los brotes más antiguos para rejuvenecer la planta y asegurar una renovación continua de la madera productiva.

La época ideal para la poda varía según el clima y la variedad de arándano, pero se recomienda que sea antes de la brotación o después de la cosecha. En zonas templadas, suele hacerse durante el letargo invernal, antes de la brotación. Sin embargo, en regiones tropicales donde no hay una dormancia marcada, la poda puede realizarse después de la cosecha, cuando la planta reduce su actividad y aún hay tiempo suficiente para que los nuevos brotes se desarrolleen antes del siguiente ciclo productivo (Ávila, 2023; Müller, 2011).

9.1.1.3 Poda de renovación

Es importante renovar las ramas viejas para estimular el crecimiento de nuevas, por lo que se debe realizar cada 3 a 5 años, dependiendo del vigor de la planta. Se debe cortar las ramas viejas a nivel del suelo, con el objetivo de dejar crecer nuevas ramas desde la base de la planta (Figura 31). Esto renueva la planta y evita la disminución de la producción debido al envejecimiento de las ramas (Retamales y Hancock, 2012)



Nota. Poda de formación en plantas de arándano, Pedernales. Fotografía por Ch. Andrade Ruales, archivo personal, 2025.

Figura 31. Poda de formación en plantas de arándano.

9.1.1.4 Poda de producción

Ayuda a mantener el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la fructificación, asegurando así una producción constante de frutos de alta calidad. Se realiza antes de la floración para regular la carga frutal y mejorar el tamaño y la calidad del fruto. Se eliminan las ramas débiles o improductivas y se adelgazan las yemas florales para evitar una sobrecarga de frutos. De esta manera, al reducir la competencia por recursos, mejora el tamaño, la firmeza y el sabor del fruto. Además, evita el agotamiento de la planta y promueve una producción sostenible (Medeiros et al., 2021).

Müller (2011) señala que este tipo de poda, cuando se aplica correctamente, contribuye a una floración más equilibrada, mejora la distribución de la fruta dentro de la planta y permite una cosecha más uniforme. También destaca que un manejo adecuado de la carga frutal mediante poda puede adelantar el momento de la cosecha y aumentar la proporción de fruta de calibre comercial, algo especialmente importante en regiones donde se busca ingresar temprano a los mercados.



Nota. Poda de producción en plantas de arándano, Imbabura. Fotografía por Ch. Andrade Ruales, archivo personal, 2025.

Figura 32. Poda de producción en plantas de arándano.

9.1.2 Recomendaciones para la poda

Como se ha señalado, la poda es una práctica determinante para el manejo agronómico del arándano (*Vaccinium corymbosum*), especialmente en regiones tropicales donde las condiciones climáticas alteran el ritmo natural de dormancia y brotación del cultivo (Retamales y Hancock, 2012). Esta labor permite controlar el tamaño de la planta, mejorar la aireación, aumentar la penetración de luz solar y fomentar una mayor producción de brotes florales en la temporada siguiente (Strik, 2017).

Para realizar una poda eficiente en condiciones tropicales, se recomienda lo siguiente:

- **Uso de herramientas apropiadas:** Emplear tijeras de poda o unos podones bien afilados, diseñados para cortes limpios y precisos. Las herramientas deben ser desinfectadas rigurosamente antes y después de su uso en cada planta, utilizando alcohol al 70 % o una solución de hipoclorito de sodio al 10 %, con el fin de evitar la propagación de patógenos fúngicos o bacterias (Castaño *et al.*, 2018; Hummer y Finn, 2012).

- **Selección de época adecuada:** En el trópico, donde los períodos de frío no son marcados, es fundamental simular el estado de dormancia del cultivo para inducir el rebrote y la floración. Por tanto, la poda debe realizarse en el período de menor actividad vegetativa, generalmente, después de la cosecha o en épocas de menor luminosidad, evitando la etapa de crecimiento activo o la floración.
- **Intensidad de la poda:** Esta debe ajustarse a la edad y vigor de la planta. Cuando es joven, se recomienda una poda de formación para favorecer una estructura abierta y equilibrada, mientras que en plantas adultas se debe priorizar la poda de renovación y eliminación de ramas improductivas o envejecidas. Asimismo, se deben retirar las ramas cruzadas, aquellas afectadas por enfermedades y los brotes débiles (Strik *et al.*, 2014).
- **Manejo pospoda:** Tras la poda, es importante realizar una inspección del cultivo y, si es necesario, aplicar un fungicida preventivo en las heridas abiertas, especialmente, en condiciones de alta humedad, frecuentes en ambientes tropicales. Esto reduce el riesgo de infecciones por hongos, como el *Botrytis cinerea* (Debnath, 2009a).

Implementar una poda técnica y bien calendarizada en sistemas tropicales no solo mejora el desarrollo vegetativo y reproductivo del arándano, sino que también contribuye a la sanidad del cultivo y la longevidad de la plantación (Williamson *et al.*, 2004). Esto se resume en la Tabla 12.

Tabla 12. Resumen de factores que influyen en la poda.

Factor	Influencia en la poda
Variedad	Determina la intensidad y frecuencia de la poda.
Edad de la planta	Jóvenes: poda de formación Adultas: poda de mantenimiento y renovación
Clima	Época de poda varía según las condiciones climáticas.
Suelo	Suelos fértiles requieren podas más frecuentes.
Objetivo de producción	Calidad versus volumen influye en la intensidad de la poda.
Manejo agronómico	Fertilización, riego y control de plagas afectan el vigor y la necesidad de poda.
Costo de mano de obra	La disponibilidad y el costo de mano de obra repercuten en la frecuencia e intensidad de poda.

Fuente: Elaboración propia.

9.2 Nutrición

El manejo nutricional es uno de los factores de mayor importancia en el cultivo del arándano. Para el manejo convencional se puede emplear cualquier tipo de fertilizante en las dosis y épocas más oportunas (Herrera, 2020).

9.2.1 Características relevantes del arándano en la absorción y metabolismo de nutrientes

El arándano tiene un sistema radicular superficial y fibroso, con raíces finas que carecen de pelos radiculares. Esto limita su capacidad de explorar grandes volúmenes de suelo y absorber nutrientes, prefiriendo suelos ácidos (pH de 4,5 a 5,5). En suelos con un pH más alto, la disponibilidad de nutrientes como hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) se reduce, lo que puede causar varias deficiencias. Cabe mencionar que las raíces forman asociaciones simbióticas con hongos micorrízicos para mejorar la absorción de nutrientes (Retamales y Hancock, 2012).

9.2.2 Absorción y metabolismo del nitrógeno (N)

El nitrógeno es el nutriente más demandado por el arándano debido a su papel clave en la síntesis de proteínas y clorofila en el crecimiento vegetativo (hojas, ramas y brotes). Para la formación de yemas florales y frutos, el arándano prefiere el amonio (NH_4^+) sobre el nitrato (NO_3^-), ya que el amonio es más eficientemente absorbido y metabolizado en suelos ácidos. El nitrógeno absorbido se incorpora rápidamente a los aminoácidos y proteínas, esenciales para el crecimiento y desarrollo.

9.2.3 Funciones de algunos nutrientes en el arándano

Para lograr una fertilización equilibrada es importante comprender las funciones que cada nutriente cumple en el desarrollo del cultivo de arándanos. A continuación, se detalla cada una de estas (Retamales y Hancock, 2012):

9.2.3.1 Nitrógeno

Funciones

- Mejorar el crecimiento vegetativo y el vigor de la planta.
- Aumentar el vigor de los brotes.
- Aumentar el vigor de las raíces.
- Aumentar la producción de flores.
- Aumentar el crecimiento de los frutos.
- Aumentar las reservas para la siguiente temporada (yemas, corona y raíces).

Problemas por exceso de nitrógeno

- Exceso de vigor
- Mucho sombreadamiento (menor entrada de luz), que produce frutas blandas.
- Exudación de aminoácidos a través de la fruta en plena cosecha.
- Mayor ataque de enfermedades y plagas.
- Mala maduración de la madera al entrar en invierno.
- Mayor incidencia de malezas

9.2.3.2 Fósforo

Funciones

- Mejorar el crecimiento de las raíces.
- Mejorar la floración.
- Mejorar la defensa contra ataques de enfermedades y plagas.
- Mejorar la acumulación de reservas para la siguiente temporada.

Problemas por exceso de fósforo

- Posible inducción de deficiencia de Zn en aquellos suelos donde su concentración es baja.
- Menor disponibilidad de N (mayor actividad de la biomasa del suelo que fija nutrientes) cuando se usa cobertura orgánica (paja, aserrín, corteza u otro).

9.2.3.3 Potasio

Funciones

- Mejorar el vigor de los brotes.
- Aumentar la eficiencia en el uso del agua y la resistencia a condiciones de estrés por falta de agua.
- Aumentar la resistencia ante los problemas ocasionados por exceso de frío invernal.
- Mejorar el calibre, aumentar la firmeza y mejorar el sabor y el olor de los frutos.

- Aumentar la resistencia a enfermedades y plagas.
- Aumentar el rendimiento.

Problemas por exceso de potasio

- Posibles deficiencias de Mg y Ca.
- Posible generación de partiduras de frutos durante la cosecha en huertos con inadecuado manejo hídrico (muchas variaciones en el potencial hídrico de la planta durante su ciclo de desarrollo) y suelos con alto contenido de K.

9.2.3.4 Calcio

Funciones

- Mejorar la calidad de los brotes, el cuajado y el calibre de los frutos.
- Aumentar la firmeza de frutos.
- Aumentar la resistencia a enfermedades y plagas.
- Mejorar la calidad de la poscosecha (menor respiración de frutos).

Problemas por exceso de calcio

- Posibles deficiencias de Mg y K.
- Posibles deficiencias de P, B, Zn y Mn.

9.2.3.5 Magnesio

Funciones

- Aumentar la intensidad en el color verde de las hojas.
- Inducir vigor de los brotes (futura madera productiva).
- Contribuir a mejorar el rendimiento (mayor actividad fotosintética de las hojas).
- Incrementar la acumulación de reservas para la siguiente temporada.

Problemas por exceso de magnesio

- Posibles deficiencias de Ca y K.

- Posible influencia, aunque esta sea indirecta, en la incidencia de enfermedades y plagas.
- Estimulación de una mayor absorción y utilización del N.

9.2.3.6 Azufre

Funciones

- Mejorar el desarrollo de brotes y coloración de las hojas.
- Contribuir a reducir el pH del suelo (acidificación).
- Mejorar la firmeza de la fruta en su aplicación junto con K.

Problemas por exceso de azufre

- Aumento del parámetro conductividad eléctrica en suelos donde ya es alta y posible afectación del desarrollo de las plantas.
- Posible deficiencia de Ca si se aplica como sulfato en suelos donde su concentración es baja.

9.2.3.7 Boro

Funciones

- Mejorar el cuajo de las flores.
- Aumentar el calibre de los frutos.
- Mejorar la acumulación de reservas para la siguiente temporada.
- Contribuir a una mejor brotación para la siguiente temporada.

Problemas por exceso de boro

- Daño en hojas y, consecuentemente, en la producción, pues la toxicidad por B genera en las plantas los mismos síntomas que la salinidad.

9.2.3.8 Zinc

Funciones

- Mejorar la producción de centros de crecimiento.

- Mejorar el enraizamiento de plantas nuevas.
- Aumentar el cuajo de flores.
- Mejorar el vigor de las plantas.

Problemas por exceso de zinc

- Posible deficiencia de P en suelos pobres de este nutriente.
- Posible deficiencia de cobre (Cu) y Fe.

9.3 Consideraciones especiales para el sistema “siempre verde”

9.3.1 Fertirrigación

Es el método más eficiente para aplicar nutrientes en el sistema “siempre verde”, pues permite una dosificación precisa y continua. Ejemplo: aplicación de 50 a 100 ppm de N en el agua de riego durante todo el año (Morales, 2017).

9.3.2 Manejo del pH

Se debe mantener el pH del suelo entre 4,5 y 5,5 para optimizar la disponibilidad de nutrientes, y aplicar azufre elemental (S) o ácido sulfúrico (H_2SO_4) para acidificar suelos alcalinos (Strik y Vance, 2015).

9.4 Etapa productiva

9.4.1 Polinización y polinizadores

Con el fin de obtener fruta de mayor peso y tamaño, el arándano requiere, obligatoriamente, que sus flores sean polinizadas de forma entomófila por insectos. Las flores del arándano, aunque son hermafroditas presentan características que determinan una baja autopolinización. Los estambres forman un círculo alrededor del pistilo, hacia atrás, y solo una pequeña sección del estigma es receptiva. A pesar de la obligatoriedad de polinización entomológica, las flores de este cultivo, blancas o rosadas, son poco vistosas y no presentan una fragancia marcada. Las flores con corolas cortas y redondeadas que, principalmente, corresponden al arándano alto (HB), son más fáciles de polinizar que aquellas de corolas más alargadas y estrechas, como las de Rabbit-eye (Retamales y Hancock, 2012).

Se estima que el 85 % de la polinización de los cultivos entomófilos es realizada por polinizadores. Las abejas (*Apis mellifera*) están entre los más empleados en este cultivo ya que mejoran considerablemente el calibre de los frutos (Morales, 2017).

9.4.1.1 Importancia de la polinización en el arándano

- A. Formación de frutos:** La polinización es esencial para la fertilización de las flores, que resulta en la formación de frutos. Una polinización deficiente conduce a una baja cuajadura y a frutos deformes o pequeños (Retamales y Hancock, 2012).
- B. Calidad de los frutos:** Una polinización adecuada mejora el tamaño, el peso y el contenido de azúcar de los frutos, algo crucial para los mercados de exportación (Strik y Vance, 2015).
- C. Rendimiento económico:** La polinización efectiva aumenta el rendimiento por hectárea, lo cual es especialmente importante en un país como Ecuador, donde el arándano es un cultivo de alto valor (FAO, 2018).

9.4.1.2 Agentes polinizadores en Ecuador

- A. Abejas melíferas (*Apis mellifera*):** Las abejas melíferas representan los principales agentes polinizadores en el cultivo de arándano. Sin embargo, su eficiencia puede verse afectada por factores como la temperatura y la competencia que producen otras flores (Bryla y Strik, 2007).
- B. Abejas nativas:** En Ecuador existen diversas especies de abejas nativas que también contribuyen a la polinización del arándano. Estas son especialmente importantes en las zonas donde las abejas melíferas no son tan efectivas.
- C. Otros insectos polinizadores:** Otros insectos, como los abejorros (*Bombus spp.*) y las moscas sírfidas, también contribuyen a la polinización del arándano (Retamales y Hancock, 2012).

9.4.1.3 Factores que afectan la polinización en Ecuador

- A. Temperatura:** La temperatura es un factor determinante en la polinización del arándano. Las abejas requieren temperaturas superiores a 12 °C para realizar su trabajo de manera efectiva. En zonas altas del Ecuador, donde las temperaturas son más bajas, esto se convierte en un desafío (Strik y Vance, 2015).

B. Otras flores: La presencia de flores alternativas en los alrededores del cultivo distrae a las abejas y reducen su eficiencia en la polinización del arándano (Bryla y Strik, 2007).

C. Sanidad de las colmenas: La salud de las colmenas es fundamental para una polinización efectiva. En Ecuador, es común la infestación cruzada de enfermedades entre colmenas, lo que puede reducir la población de abejas y su eficiencia (Herrera, 2020).

9.4.1.4 Prácticas de manejo para mejorar la polinización

- **Ubicación de colmenas:** Se recomienda colocar las colmenas en un sector soleado dentro del huerto, con la entrada orientada hacia el norte o el este para mantenerla seca. Esto ayuda a maximizar la actividad de las abejas (Retamales y Hancock, 2012).
- **Número de colmenas por hectárea:** Aunque el número ideal es de 8 colmenas por hectárea, muchos productores en Ecuador solo utilizan entre 4 y 6, dependiendo de la variedad y de las condiciones locales (FAO, 2018).
- **Manejo de malezas y flora competitora:** Es crucial controlar las malezas y otras flores que compiten por la atención de las abejas, mediante el uso de herbicidas selectivos y distintas prácticas culturales (Bryla y Strik, 2007).
- **Monitoreo de la salud de las colmenas:** Se recomienda realizar inspecciones regulares para detectar y tratar enfermedades y plagas en las colmenas (Herrera, 2020).

9.4.1.5 Desafíos específicos en Ecuador

- **Variabilidad climática:** La variabilidad climática en Ecuador, especialmente en las zonas altas, afecta la actividad de los polinizadores. Es indispensable adaptar las prácticas de manejo a las condiciones locales (Strik y Vance, 2015).
- **Falta de investigación local:** Aunque el cultivo de arándano ha crecido en Ecuador, aún se necesita una mayor investigación local sobre los polinizadores más efectivos y las mejores prácticas de manejo (Herrera, 2020).

CAPITULO VI:

PLAGAS Y ENFERMEDADES



10

Manejo de plagas (patógenos)

En Ecuador, el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) ha experimentado un crecimiento notable; sin embargo, hoy enfrenta desafíos fitosanitarios significativos debido a la presencia de diversas enfermedades fúngicas. Un estudio cualitativo y descriptivo realizado en el cantón Mira, identificó como principales patologías la antracnosis (*Colletotrichum spp.*) y la pudrición gris (*Botrytis cinerea*), las cuales afectan negativamente la producción y la calidad del fruto (Pantoja Solano, 2023). Por otro lado, en el cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha, se reportó la presencia de *Alternaria alternata*, (Figura 33) una enfermedad que incide en la salud foliar de las plantas de arándano (France, 2017).

Estas enfermedades comprometen la productividad del cultivo, resaltando la necesidad de implementar estrategias de manejo integrado, que incluyen monitoreo constante, prácticas culturales adecuadas y, cuando sea necesario, el uso de fungicidas específicos para mitigar su impacto en la industria del arándano en Ecuador.



Nota. Alternaria sp. en plantas de arándano, CADET de La Morita, Tumbaco. Fotografía por K. M. Clavijo Pérez, archivo personal, 2025.

Figura 33. *Alternaria sp.* en plantas de arándano.

10.1 *Botrytis cinerea*

Familia: Sclerotiniaceae

Clase: Leotiomycetes

Especie: *B. fuckeliana* (de Bary) Whetzel, 1945

Orden: Helotiales

Reino: Fungi

Clasificación superior: *Botrytis*

Nombre común: Moho gris o podredumbre gris

Nombre científico: *Botrytis cinerea*

Fase asexuada: *Botrytis cinerea*

Fase sexuada: *Botryotinia fuckeliana*

10.1.1 Síntomas

El moho gris es una enfermedad fúngica, causada por el hongo *Botrytis cinerea*, que afecta al cultivo de arándano. En Ecuador, donde predominan los climas tropicales, se observa principalmente en la fase anamorfo o asexual de este patógeno. Los síntomas incluyen manchas circulares de color café en pétalos y necrosis parcial o completa de los tejidos florales, lo que provoca la caída prematura de las flores (Figura 34). En los frutos causa una pudrición visible y el desprendimiento de la epidermis; además, suele cubrirlos de una capa de moho gris que les da un aspecto momificado. Las lesiones de color marrón o gris pueden expandirse y causar el marchitamiento y la muerte de los tejidos afectados en las hojas; en los tallos, causa lesiones que provocan el marchitamiento de brotes jóvenes y afectar el desarrollo general de la planta. Estos síntomas comprometen la calidad y el rendimiento del cultivo, destacando la importancia de implementar estrategias de manejo integrado para controlar la propagación de este hongo (Acuña *et al.*, 2019).



Nota. *Botrytis cinerea* en plantas de arándano, CADET de La Morita, Tumbaco. Fotografías por K.

M. Clavijo Pérez, archivo personal

Figura 34. *Botrytis cinerea* en plantas de arándano.

10.1.2 Ciclo de la enfermedad

En regiones tropicales, como Ecuador, predomina la fase anamorfa del hongo *Botrytis cinerea*. En este ciclo asexual, el hongo produce conidios que se dispersan principalmente por el viento y el agua, infectando flores, frutos y tejidos jóvenes del arándano (Williamson *et al.*, 2007). Las condiciones ambientales del Ecuador, caracterizadas por temperaturas moderadas y alta humedad relativa, en especial durante la floración, crean un entorno propicio para la germinación de conidios y el desarrollo de la enfermedad (Acuña *et al.*, 2019).

El ciclo de la enfermedad, en su fase anamorfa, comienza cuando los conidios aterrizan en los tejidos más susceptibles del arándano. Con niveles de humedad elevados y temperaturas de entre 15 °C y 25 °C, estos conidios germinan, penetran en los tejidos vegetales y causan síntomas como manchas necróticas y podredumbre en flores y frutos. El hongo puede sobrevivir en restos de plantas infectadas, formando esclerocios (Latorre y Rioja., 2002). La comprensión detallada del ciclo de vida de *Botrytis cinerea* en su fase anamorfa es esencial para desarrollar estrategias efectivas de manejo y control de la enfermedad en los cultivos de arándano del Ecuador.

10.1.3 Manejo

El manejo de la fase anamorfa de *Botrytis cinerea* en el cultivo de arándano de las zonas tropicales exige estrategias integradas debido a las condiciones climáticas favorables para su desarrollo, como la alta humedad y las temperaturas modera-

das. Prácticas culturales como la poda, que mejora la circulación del aire y evitar el riego por aspersión, son fundamentales para reducir la incidencia del moho gris. Además, la aplicación preventiva de fungicidas durante la floración, especialmente antes de períodos húmedos, ha demostrado ser efectiva para limitar las infecciones tempranas. La implementación de un manejo integrado, que combine prácticas culturales y químicas, es clave para mitigar el impacto de *Botrytis cinerea* en el arándano en climas tropicales (France, 2013; Harmon, 2013).

10.1.3.1 Prácticas culturales:

- **Poda y densidad de plantación:** Mantener una adecuada ventilación dentro del cultivo es esencial. Podar regularmente y evitar una densidad excesiva de las plantas ayudan a reducir la humedad relativa y a mejorar la circulación del aire, creando condiciones menos favorables para el desarrollo del hongo.
- **Manejo del riego:** Se recomienda el uso de sistemas de riego por goteo en lugar de aspersión para minimizar la humedad en la superficie de las plantas, ya que el agua libre favorece la germinación de las esporas de *B. cinerea*.
- **Eliminación de material infectado:** Retirar y destruir los restos de plantas infectadas y frutos caídos reduce la fuente de inóculo y disminuye la propagación del patógeno (Harper *et al.*, 2010).

10.1.3.2 Control biológico:

- **Agentes antagónicos:** La aplicación de microorganismos benéficos, como *Trichoderma* spp. y *Clonostachys rosea*, ha demostrado ser una estrategia eficaz en el control biológico de *Botrytis cinerea*. Estos agentes actúan mediante mecanismos tales como la competencia por espacio y nutrientes, el microparasitismo y la producción de metabolitos antifúngicos que inhiben el desarrollo del patógeno. Según Moraga *et al.* (2011), *Clonostachys rosea* y *Trichoderma* spp. han mostrado una alta capacidad de control en diversos cultivos afectados por *B. cinerea*.

10.1.3.3 Control químico:

- **Uso de fungicidas:** La aplicación de fungicidas específicos puede ser efectiva, en especial, durante períodos críticos como el de la floración y el anterior a la cosecha. Es indispensable rotar los ingredientes activos para prevenir el desarrollo de resistencia en el patógeno (SEIPASA, 2024).
- **Productos de origen natural:** El uso de fungicidas biológicos o de origen natural constituye una alternativa para el control de *Botrytis* sin dejar residuos y minimizando la resistencia del hongo.

10.1.4 Monitoreo y prevención:

- **Condiciones ambientales:** Vigilar constantemente la temperatura y la humedad relativa permite anticipar condiciones favorables para la enfermedad y tomar medidas preventivas oportunas (Harper *et al.*, 2010).
- **Aplicaciones preventivas:** Realizar aplicaciones de fungicidas de manera preventiva, siguiendo las recomendaciones técnicas, es crucial para el control efectivo de *Botrytis* (Harper *et al.*, 2010).

Implementar un manejo integrado que combine estas estrategias resulta esencial para reducir la incidencia de *Botrytis* en el cultivo de arándanos y asegurar, así, tanto calidad como cantidad en la producción. En la Tabla 13 se presenta información adicional sobre *Botrytis cinerea* que obtuvo la Federación Ecuatoriana de Productores y Exportadores de Arándano (FEPEXA) en una finca de Carchi.

Tabla 13. Información de enfermedades en el cultivo de arándano.

Tipo de plaga	Nombre común	Nombre científico	Órganos afectados y descripción del daño	Época del año con mayor presencia (meses)	Método utilizado para el manejo	Productos aplicados o actividades realizadas para el control
Hongo	Botrytis	<i>Botrytis cinerea</i>	Flor (aborts) y fruto (pudrición hasta momificación)	Febrero-Mayo	Cultural	Buena aireación y abejas

Fuente. Tomado de FEPEXA, s. f.

10.2 Alternaria tenuissima

Reino: *Fungi*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Orden: *Pleosporales*

Familia: *Pleosporaceae*

Género: *Alternaria*

Especie: *Alternaria tenuissima*

Nombre común: Mancha foliar por Alternaria

Nombre científico: *Alternaria tenuissima*

Fase asexuada: *Alternaria tenuissima*

Fase sexuada: No conocida

10.2.1 Síntomas

Este hongo afecta principalmente las hojas, aunque también logra dañar los tallos y frutos si las condiciones le son favorables. Los síntomas más comunes incluyen pequeñas manchas marrones o negras que se expanden y presentar halos amarillentos. Con el tiempo, las hojas afectadas tienden a secarse y caer prematuramente. En los frutos, se observan manchas oscuras que reducen su calidad comercial (SINAVIMO, 2025).

10.2.2 Ciclo de la enfermedad

Alternaria tenuissima sobrevive en los restos de cultivo y en el suelo, esperando condiciones ideales para desarrollarse. El ciclo inicia cuando las esporas, dispersadas por el viento o el agua, encuentran tejidos susceptibles, especialmente, si hay heridas, condiciones de alta humedad y temperaturas de entre 20 °C y 30 °C. Bajo estas condiciones, el hongo puede germinar rápidamente, infectar la planta y producir nuevas esporas que continúan este ciclo.

10.2.3 Manejo

10.2.3.1 Prácticas culturales:

El primer paso para reducir la incidencia de esta enfermedad es aplicar buenas prácticas de manejo. Esto incluye evitar el exceso de humedad en el follaje, mantener una buena ventilación dentro del cultivo, eliminar restos vegetales contaminados y realizar una rotación de cultivos con especies no hospederas (Bioworld Organic, 2024).

10.2.3.2 Control biológico:

Existen alternativas amigables con el ambiente que ayudan a reducir la población del hongo, como la aplicación de biofungicidas a base de *Trichoderma* o *Bacillus*. Estos microorganismos compiten con *Alternaria*, lo inhiben o incluso lo degradan, de este modo, reducen su impacto en el cultivo (Control Bío, 2018).

10.2.3.3 Control químico:

Cuando la presión de la enfermedad es alta es necesario aplicar fungicidas específicos. Se recomienda hacer una rotación de ingredientes activos para evitar que el hongo desarrolle resistencia. Las aplicaciones deben hacerse en momentos estratégicos, como antes de la floración o a partir de los primeros síntomas visibles (Bioworld Organic, 2024).

10.2.4 Monitoreo y prevención:

Un monitoreo constante del cultivo permite detectar los primeros signos de la enfermedad y actuar a tiempo. Es necesario revisar las hojas inferiores, donde suelen aparecer los primeros síntomas. Además, herramientas como la información proveniente de estaciones meteorológicas o de modelos climáticos contribuyen a anticipar condiciones favorables para el hongo y a ajustar las prácticas de manejo (Bioworld Organic, 2024).

10.3 Alternaria alternata

Reino: *Fungi*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Orden: *Pleosporales*

Familia: *Pleosporaceae*

Género: *Alternaria*

Especie: *Alternaria alternata*

Nombre común: Mancha foliar por *Alternaria*

Fase asexuada: Conidias (esporas asexuales)

10.3.1 Síntomas

Alternaria alternata es un hongo que afecta a una amplia variedad de cultivos, especialmente en regiones tropicales. Los síntomas iniciales suelen manifestarse en las hojas inferiores como pequeñas manchas marrones o negras, rodeadas por un halo amarillento. A medida que la enfermedad progresá, estas manchas se expanden, se fusionan y provocan la caída prematura de las hojas. En los frutos, aparecen lesiones oscuras que afectan su calidad y valor comercial (SINAVIMO, s. f.).

10.3.2 Ciclo de la enfermedad

Este patógeno se propaga principalmente a través de esporas que se dispersan por el viento y el agua. Estas esporas sobreviven en restos de cultivos y en el suelo, esperando condiciones favorables de alta humedad y temperaturas entre 20 °C y 30 °C para infectar nuevas plantas. Así, consiguen introducirse a través de heridas, estomas o, directamente, por medio de la cutícula de la planta.

10.3.3 Manejo

10.3.3.1 Prácticas culturales:

Se recomienda realizar la rotación de cultivos con especies no hospederas, eliminar restos vegetales infectados y mantener un marco de siembra que favorezca la aireación. También es útil evitar el riego por aspersión durante la tarde o noche, ya que prolonga la humedad sobre el follaje (Bioworld Organic, 2024).

10.3.3.2 Control biológico:

El uso de agentes de control biológico como *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* ha mostrado eficacia contra *A. alternata*. Estos antagonistas compiten por espacio y nutrientes, además de producir compuestos antifúngicos que inhiben su crecimiento (Sempere y Santamarina, 2007; Control Bío, 2018).

10.3.3.3 Control químico:

Cuando las condiciones son favorables para la enfermedad, es necesario utilizar fungicidas específicos, como los que contienen estrobilurinas (por ejemplo, azoxistrobina) o triazoles. Resulta esencial rotar los ingredientes activos para evitar la resistencia del patógeno (Revista Cultivar, s. f.; Bioworld Organic, 2024).

10.3.4 Monitoreo y prevención:

El monitoreo frecuente del cultivo es clave para detectar síntomas tempranos y tomar decisiones rápidas. Se recomienda observar el envés de las hojas en la parte baja de la planta y recurrir a las estaciones meteorológicas para anticipar condiciones favorables a la enfermedad. Además, la capacitación técnica de los agricultores refuerza la identificación y el control oportuno de *Alternaria alternata* (Koppert España, s. f.; Bioworld Organic, 2024).

11

Plagas

En la finca Chulunhuasi, ubicada en la provincia de Carchi, se cultivan variedades como Biloxi, Emerald y Matias en una superficie de 4,5 hectáreas. Los productores asociados a FEPEXA han reportado que las plagas antes mencionadas afectan significativamente la producción, por lo que requieren un monitoreo constante y la implementación de medidas preventivas adecuadas. Además, se ha reportado la presencia de gusano blanco (*Phyllophaga* spp.), que daña las raíces y debe controlarse mediante plaguicidas químicos.

Por otra parte, en la finca Suyana, ubicada en la provincia de Imbabura, donde también se cultivan las variedades Biloxi y Emerald, existen condiciones climáticas que requieren un enfoque adaptado para el control de plagas y enfermedades. Entre las plagas presentes en esta finca se encuentran la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), que afecta las hojas principalmente en verano, y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que también daña las hojas durante la misma estación. Contra ellos se utilizan métodos biológicos y químicos, respectivamente. La colaboración con FEPEXA ha sido fundamental para compartir conocimientos y estrategias efectivas entre los productores locales.

11.1 *Heliothis virescens* (gusano)

Nombre común: Gusano bellotero

Nombre científico: *Heliothis virescens* (actualmente reconocido como *Chloridea virescens*)

Familia: *Noctuidae*

Orden: *Lepidoptera*

11.1.1 Descripción

Polilla nocturna de relevancia económica en América, especialmente en los cultivos de algodón, tabaco, soya y maíz. Las larvas presentan un cuerpo alargado, de color verde o marrón, con líneas longitudinales claras, y alcanzan hasta 35 mm de longitud. Los adultos son polillas de tonos marrones y verdes, con alas anteriores moteadas y posteriores más claras. Esta especie es altamente polífaga y se adapta a diversas condiciones ambientales (Blanco *et al.*, 2009).

11.1.2 Daños

Las larvas de *H. virescens* se alimentan de brotes, botones florales, flores y frutos en desarrollo, lo que ha causado daños significativos en la producción. En cultivos como los de algodón y soya, su alimentación ha provocado la caída prematura de estructuras reproductivas y la reducción del rendimiento. Además, se ha documentado su capacidad para adaptarse a nuevos hospedantes, como las uvas de mesa, donde las larvas dañan los racimos y afectan la calidad del fruto (Ventura *et al.*, 2015).

11.1.3 Monitoreo

El monitoreo efectivo de *H. virescens* incluye la inspección visual de las plantas para detectar huevos y larvas, así como el uso de trampas de feromonas para capturar adultos. Estas prácticas permiten una detección temprana y la implementación oportuna de medidas de control (Blanco *et al.*, 2005).

11.1.4 Control biológico

El control biológico de *H. virescens* se lograr mediante la liberación de parásitoides, como *Campoletis sonorensis*, que atacan las larvas del insecto. Estudios han demostrado que la dieta del hospedante influye en la selección de este por parte del parásitido, lo que afecta la eficacia del control biológico (Elzen *et al.*, 1984).

11.1.5 Control cultural

Las prácticas culturales incluyen la eliminación de los residuos de los cultivos anteriores, la rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes. Estas acciones reducen las fuentes de alimento y refugio para el gusano bellotero, disminuyendo así su población en el campo (Ventura *et al.*, 2015).

11.1.6 Control químico

El uso de insecticidas debe ser considerado como última opción y aplicarse de manera medida para evitar resistencias. Se recomienda utilizar productos selectivos y respetar los umbrales económicos de daño. Además, es indispensable rotar los ingredientes activos para prevenir el desarrollo de resistencia en las poblaciones de *H. virescens* (Blanco *et al.*, 2008).

11.2 *Aphis gossypii*

Nombre común: Pulgón del algodón

Nombre científico: *Aphis gossypii* Glover

11.2.1 Descripción:

Es un áfido de cuerpo blando y coloración verde pálida con negro que se adapta rápidamente a diferentes condiciones ambientales y plantas hospedantes. Es una plaga altamente polífaga, capaz de infestar más de 700 especies de plantas, entre ellas, algodón, cucurbitáceas, cítricos, pimientos y berenjenas. Su reproducción asexual por partenogénesis le permite multiplicarse con rapidez y establecer colonias densas en poco tiempo (Im et al., 2022).

11.2.2 Daños

El daño directo se produce cuando las ninfas y adultos succionan la savia de los tejidos tiernos de la planta, lo que causa arrugamiento de hojas, amarillamiento, reducción del crecimiento y deformaciones en brotes y frutos. Además, liberan una sustancia azucarada llamada melaza, que facilita el desarrollo de fumagina y afecta la fotosíntesis. A esto se suma su papel como vector de más de 50 virus vegetales, incluyendo el virus del mosaico del pepino y el virus de la tristeza de los cítricos (Im et al., 2022; Li R., et al., 2022).

11.2.3 Monitoreo

El monitoreo debe realizarse mediante la observación directa del envés de las hojas y los brotes jóvenes, que suelen ser los sitios preferidos por el áfido. También se están utilizando tecnologías más avanzadas, como sensores ópticos e inteligencia artificial, para detectar la presencia de áfidos en los estadios tempranos del cultivo, lo que permite mejorar el tiempo de respuesta en el manejo.

11.2.4 Control biológico

El uso de enemigos naturales ha demostrado ser una herramienta efectiva y ecológica en el manejo del pulgón del algodón. Parasitoides como *Aphidius colemani* y depredadores como *Aphidoletes aphidimyza* son capaces de reducir significativamente las poblaciones de áfidos en campo (Heimpel et al., 2002). También se ha comprobado la eficacia del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, que infecta y mata al áfido tras el contacto (Im et al., 2022).

11.2.5 Control cultural

Las estrategias culturales incluyen la eliminación de malezas y plantas hospederas alternativas, la rotación con cultivos no susceptibles y el uso de barreras físicas en los invernaderos. Por otro lado, se precisa un manejo balanceado de nitrógeno puesto que los niveles elevados de este nutriente favorecen las infestaciones más severas.

11.2.6 Control químico

El control químico sigue siendo una opción válida, aunque debe usarse con precaución debido al desarrollo de resistencias a varios grupos de insecticidas, como los neonicotinoides y los piretroides (Li R., et al., 2022). Insecticidas más recientes, como el afidopirofen, han mostrado buenos resultados en poblaciones resistentes. Se recomienda emplear estas herramientas dentro de un programa de manejo integrado, combinando diferentes modos de acción y reduciendo al mínimo el impacto ambiental.

11.3 *Scirtothrips dorsalis*

Nombre común: Trips del chile

Nombre científico: *Scirtothrips dorsalis* Hood

11.3.1 Descripción:

Es un insecto diminuto, de aproximadamente 1 mm de longitud, con un cuerpo alargado y una coloración que varía entre el amarillo pálido y el marrón claro. Sus alas estrechas y franjeadas caracterizan a los trips, así como sus antenas segmentadas. Su ciclo de vida es rápido, se completa entre 14 y 20 días bajo condiciones óptimas, lo que facilita su proliferación en diversos cultivos (Kumar et al., 2020).

11.3.2 Daños

Este trips se alimenta de los tejidos jóvenes de hojas, brotes y frutos, a los que causa decoloración, deformaciones y necrosis. Los daños incluyen manchas plateadas o bronceadas en las hojas, caída prematura de flores y frutos, y reducción del crecimiento vegetal. Además, *S. dorsalis* es vector de varios virus de plantas, lo que incrementa su impacto económico en cultivos como los de chile, fresa, mango y algodón (Seal et al., 2010).

11.3.3 Monitoreo

El monitoreo efectivo implica la inspección visual de hojas jóvenes y brotes, donde suelen congregarse los trips. Se recomienda el uso de trampas adhesivas de color azul o amarillo para detectar su presencia y estimar la densidad poblacional. Dado su pequeño tamaño y comportamiento críptico, es esencial realizar muestreos frecuentes y detallados para una detección temprana (Kumar *et al.*, 2020).

11.3.4 Control biológico

El control biológico ha mostrado resultados prometedores mediante el uso de enemigos naturales. Los depredadores, como *Orius insidiosus* y *Amblyseius swirskii*, se alimentan de huevos y larvas de trips, de modo que reducen significativamente sus poblaciones. Además, los hongos entomopatógenos, como el *Beauveria bassiana*, han demostrado eficacia en el control de este insecto, ofreciendo otra alternativa sostenible a los insecticidas químicos (Arthurs *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2020).

11.3.5 Control cultural

Las prácticas culturales son necesarias para reducir las poblaciones de *S. dorsalis*. Estas incluyen la eliminación de malezas y residuos de cultivos que puedan servir de refugio, la rotación de cultivos con especies no hospederas, el manejo adecuado del riego y la fertilización, para evitar el desarrollo de condiciones que favorezcan su proliferación. De igual manera, el uso de plantas acompañantes que atraigan enemigos a naturales contribuye al control del trips (Kumar *et al.*, 2020).

11.3.6 Control químico

El control químico debe ser considerado como última opción y aplicarse de manera estratégica para evitar el desarrollo de resistencias. Insecticidas como el *spinosad* y el *abamectin* han mostrado eficacia contra *S. dorsalis*, pero su uso debe ser parte de un programa de manejo integrado de plagas (MIP). Es crucial rotar los modos de acción y combinar tratamientos químicos con métodos biológicos y culturales para una gestión efectiva y sostenible (Seal *et al.*, 2010).

11.4 *Bemisia tabaci* (mosca blanca)

11.4.1 Descripción

La mosca blanca es una plaga de repercusión económica debido a su capacidad para transmitir virus y causar daños directos al alimentarse de la savia de las plantas. En Ecuador, *Bemisia tabaci* ha sido identificada en diversos cultivos, incluyendo el arándano.

11.4.2 Daños

La mosca blanca causa daños directos al succionar la savia de las hojas, lo que provoca manchas amarillas y debilitamiento de la planta. Además, sus desechos favorecen el crecimiento de hongos, como los que producen la fumagina (Redagrícola, 2020).

11.4.3 Monitoreo

Se realiza mediante la inspección visual de las hojas, especialmente del envés, y el uso de trampas adhesivas amarillas. Es recomendable realizar un monitoreo semanal para detectar la presencia de la plaga y evaluar su densidad poblacional (CESAVEG, 2023).

11.4.4 Control biológico

El control biológico incluye el uso de enemigos naturales a modo de depredadores, como mariquitas y crisopas; parasitoides, como *Encarsia formosa*; y hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana*.

11.4.5 Control cultural

Las prácticas culturales incluyen la rotación de cultivos, la eliminación de malezas y la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados, que favorecen la proliferación de la plaga (CESAVEG, 2023).

11.4.6 Control químico

Se deben aplicar productos químicos de manera racional, priorizando aquellos que sean selectivos y tengan un menor impacto ambiental. Sin embargo, es preferible adoptar medidas preventivas y de control, con el fin de minimizar su impacto en la producción.

12

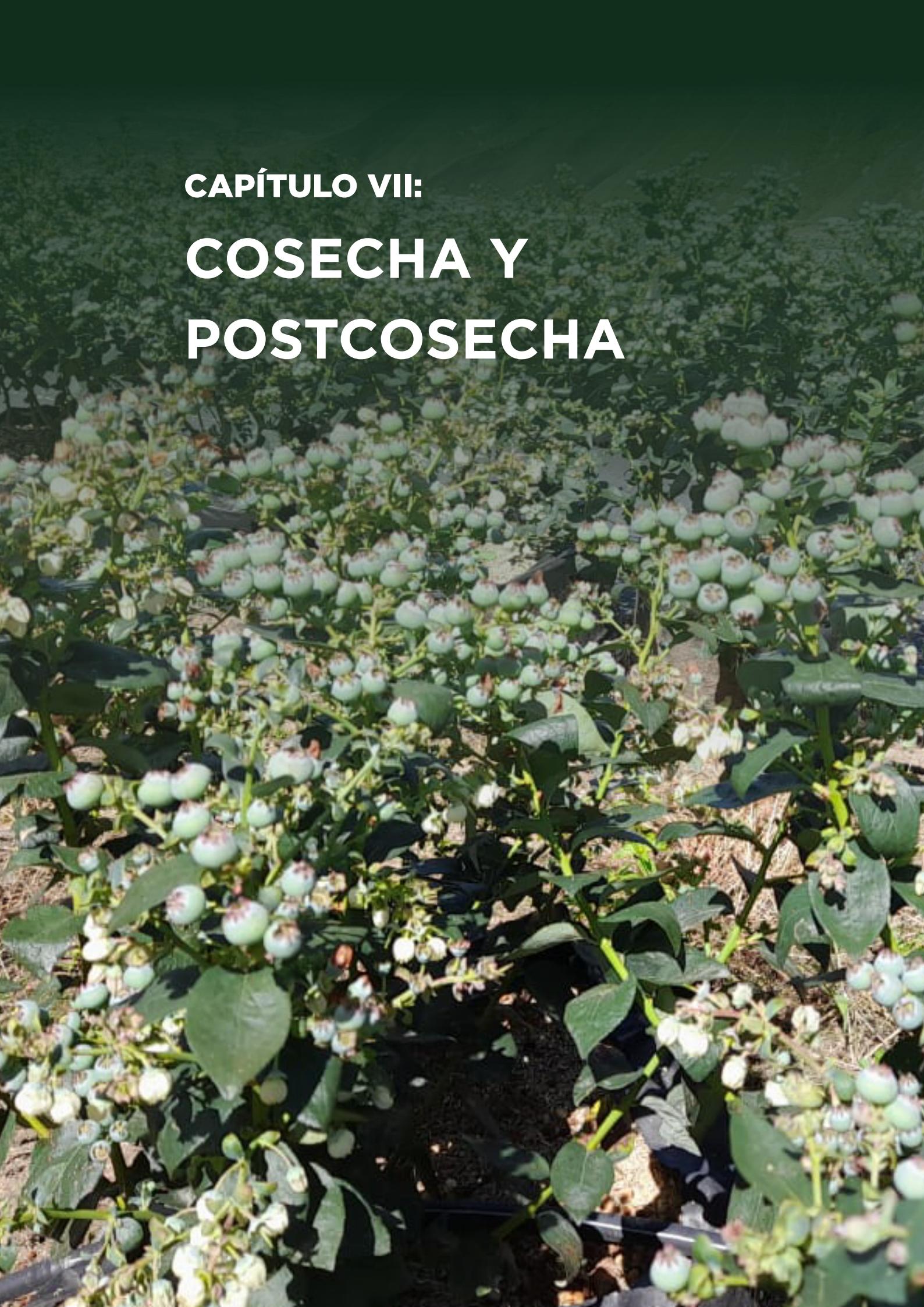
Control de arvenses

12.1 Cultural

Estas medidas favorecen el desarrollo del cultivo y aumentan su capacidad competitiva frente a las malezas. Entre los método de control están la elección de variedades adecuadas en la zona; la revisión de las plantas en el vivero para evitar acarrear malezas; la fertilización y el riego adecuados; la eliminación manual de malezas; plantación en la época correcta; la buena calidad de las plantas, para asegurar una población y un crecimiento inicial vigoroso; el control de plagas y enfermedades; el evitar sectores con acumulación de agua y los suelos compactados. Estas medidas buscan disminuir cualquier estrés al cultivo, para que no se afecte su crecimiento y sea capaz de competir de manera eficiente contra las malezas, por el espacio, los nutrientes, la luz y el agua (Casas, 2017; La Rosa *et al.*, 2017).

12.2 Químico

Un adecuado sistema de manejo en el cultivo de arándanos debería partir de un control químico al menos en dos etapas: antes de establecer la plantación y después de la plantación, pues no existen herbicidas que se puedan utilizar en todas las épocas de desarrollo. Es necesario considerar el control químico como un complemento de los otros sistemas, puesto que las malezas no suelen considerarse de forma previa al establecimiento del cultivo; por lo general, no hay una preocupación mayor frente a otros problemas sanitarios (Prasanna *et al.*, 2013).



CAPÍTULO VII:

COSECHA Y POSTCOSECHA

13

Cosecha y postcosecha

13.1 Cuidados en el proceso de cosecha

Una cosecha adecuada es fundamental para mantener la calidad, la vida útil y el valor comercial del arándano (*Vaccinium spp.*), especialmente en condiciones tropicales, donde las temperaturas elevadas y la humedad pueden acelerar la pérdida de calidad poscosecha. A continuación, se detallan los cuidados básicos que se deben considerar en este proceso:

13.1.1 Selección del momento adecuado de cosecha

La madurez del fruto debe ser homogénea y evidenciarse por un color azul profundo y uniforme en toda su superficie. Frutos con tonalidades rojizas aún pueden continuar su maduración, pero se ha demostrado que presentan menor calidad organoléptica, así como una vida útil reducida (Perkins *et al.*, 2008). Además, el contenido de sólidos solubles totales y la firmeza del fruto alcanzan su pico óptimo cuando el color es completamente azul (Chiabrandi *et al.*, 2009).

13.1.2 Manipulación cuidadosa del fruto

Durante la recolección, es indispensable evitar la pérdida de la capa cerosa o floración, que protege al fruto contra la deshidratación y la entrada de patógenos (Moggia *et al.*, 2017). El uso de guantes limpios y la manipulación manual delicada son prácticas recomendadas. Asimismo, los contenedores no deben llenarse en exceso, ya que esto provoca compresión y daños físicos, lo que compromete la calidad visual y facilita el deterioro (Vicente *et al.*, 2014). Un llenado moderado también facilita una refrigeración más eficiente, aspecto clave en ambientes cálidos.

13.1.3 Condiciones de higiene y buenas prácticas del personal

El personal de recolección debe seguir normas estrictas de higiene. Esto incluye el lavado frecuente de manos y la prohibición de fumar, comer o masticar chicle durante la cosecha, para evitar la contaminación de los frutos (FAO, 2018). Las bandejas de cosecha deben mantenerse limpias y protegidas del sol directo para evitar el calentamiento de la fruta, que afecta negativamente su firmeza, color y contenido nutricional.

13.2 Características de calidad

El concepto de calidad en los arándanos abarca varios aspectos que incluyen la apariencia visual, las características sensoriales y el valor nutricional. La calidad sensorial se refiere a la cantidad de azúcares, ácidos y compuestos que proporcionan el sabor y aroma distintivos. Por lo tanto, es imprescindible que las prácticas de manejo antes y después de la cosecha se enfoquen en asegurar que los productos que lleguen al consumidor mantengan estas cualidades (Defilippi *et al.*, 2013a).

La calidad poscosecha de los arándanos depende en gran medida de la madurez que hayan alcanzado en ese momento. El color azul uniforme es un indicativo de la adecuada, garantiza un mejor perfil organoléptico. En el caso de cosechar los frutos de tono rojo, aunque evolucionen al color adecuado más tarde, su sabor y aroma no serán tan buenos como los de los frutos recogidos en el punto óptimo de madurez (Defilippi *et al.*, 2013a).

Durante la cosecha, es crucial minimizar el daño físico y evitar la exposición de la fruta a temperaturas elevadas. El personal debe estar bien entrenado para manejarla con cuidado y debe usar contenedores adecuados para evitar la compresión y facilitar un enfriamiento eficiente. Si la cosecha se coloca directamente en los contenedores de exportación, se reduce un manejo adicional, lo que contribuye a mantener la calidad de la fruta. Además de lo indicado, es esencial conseguir un transporte rápido hacia el proceso de empaquetado para prevenir el daño por calor (Defilippi *et al.*, 2013).

13.3 Contenedores

Estos deben garantizar que la fruta no se exponga al sol. Su diseño y sus dimensiones para la cosecha a granel deben elegirse de tal forma que prioricen la calidad del fruto y minimicen los daños por presión. Al usarlos, se debe respetar el volumen o peso máximo recomendado para cada uno. (Defilippi *et al.*, 2013b). Es necesario situar los contenedores a la sombra y, si es posible, cubrirlos con lonas reflectantes o de tonalidades claras, que reduzcan la absorción de calor. Las investigaciones han evidenciado que la aplicación de lonas reflectantes durante la recolección incrementa la calidad poscosecha de los arándanos pues se mantienen al resguardo de la exposición directa al sol (Toivonen *et al.*, 2004). Un estudio sobre el desarrollo de nuevos contenedores para arándanos silvestres muestra que, para reducir el daño de la fruta durante la cosecha, el transporte y el procesamiento, es aceptable que tengan una profundidad de hasta 25,4 cm o 10 pulgadas (Forney *et al.*, 2006).

Se recomienda utilizar materiales que faciliten la limpieza y la desinfección, como el plástico de alimentos. Los contenedores deben ser suaves, con bordes que no ocasionen daños a los arándanos. Además, es rentable que cuenten con perforación o un diseño que les permita ventilar, esto promueve el drenaje de calor y la reducción de la humedad (Luchsinger *et al.*, 2018).

13.4 Manejo poscosecha y almacenamiento

El manejo poscosecha tiene como objetivo preservar la calidad, la vida útil y el valor comercial del fruto. En condiciones tropicales, el control de la cadena de frío, la higiene en el manejo y la trazabilidad de puntos críticos son aspectos indispensables (Vicente *et al.*, 2014; Moggia *et al.*, 2017).

13.4.1 Transporte dentro de la finca

El transporte dentro de la finca influye directamente en la condición final del fruto. Las unidades de transporte deben ser limpias y exclusivas para la fruta fresca; además deben proteger el producto del sol, el viento, los golpes mecánicos, la humedad excesiva y la contaminación cruzada por bacterias u hongos acumulados. Los contenedores necesitan estar ventilados, evitar el apilamiento excesivo y ser trasladados con suavidad hasta el centro de acopio para prevenir pérdidas físicas y fisiológicas.

13.4.2 Centros de acopio

Una vez en el centro de acopio, la fruta debe mantenerse en un ambiente fresco y sombreado, a temperaturas que no superen los 20 ± 2 °C. En condiciones tropicales, se recomienda aplicar un tratamiento de preenfriamiento inmediato para detener la respiración del fruto y reducir el metabolismo poscosecha. Este puede realizarse con aire forzado o en cuartos fríos a temperaturas de 0 a 4 °C. El preenfriamiento ha demostrado extender significativamente la vida útil del arándano (Perkins *et al.*, 2008; Chiabrandi *et al.*, 2009).

13.4.3 Técnicas de higiene y sanitización

Durante el empaque deben cumplirse estrictamente las buenas prácticas de fabricación (BPM), que incluye la desinfección de las superficies de contacto, los equipos y materiales de empaque, y los pocios de exportación. El personal debe utilizar guantes limpios y mascarillas, y seguir protocolos de higiene para minimizar la contaminación microbiológica (FAO, 2018). Además, se recomienda la implementación de un sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) para garantizar un monitoreo eficiente a lo largo de toda la cadena poscosecha.

13.4.4 Embalaje

Es fundamental mantener un ambiente limpio y ordenado en todo el proceso de empaque. Los mesones, equipos y líneas de selección también deben ser limpiados y desinfectados diariamente, preferentemente al final de cada turno o siempre que se produzca un cambio de lote a procesar, y al final de todo el proceso de embalaje. Lo mismo con el piso al cierre de cada jornada, con el fin de evitar la contaminación cruzada de productos. Estas prácticas son esenciales para mantener la calidad higiénica del producto y prevenir la propagación de microorganismos (FAO, 2018).

13.4.5 Material de empaque

Es importante para la conservación de la calidad del arándano durante el proceso de poscosecha. Si no se maneja adecuadamente puede contaminarse y, a su vez, transferir la contaminación a la fruta. Para evitar esta situación, es necesario que las cajas y conchas de almejas nunca se coloquen directamente sobre el suelo. Siempre deben utilizarse tarimas y/o carros de cosecha para almacenar y transportar el material de empaque. Además, se debe evitar reutilizar el material de empaque usado en otros productos u objetos. Es recomendable desechar cualquier material contaminado o que presente residuos de materia extraña. Así, la fruta estará protegida en todo momento.

13.4.6 Manejo de temperatura y humedad relativa

Uno de los factores más críticos para la prolongación de la vida útil de los arándanos en poscosecha es el manejo adecuado de la temperatura y la humedad relativa. Desde el momento de la cosecha, la fruta se debe mantener a temperaturas bajas para evitar una aceleración del metabolismo respiratorio, que, al generar calor y agua, contribuye a la deshidratación y deterioro de la calidad de la fruta (Vicente *et al.*, 2014).

Es recomendable que los arándanos se trasladen rápidamente a las zonas de embalaje (*packing*) donde se debe controlar la temperatura, utilizando *sombreaderos* en caso de necesidad. Si el traslado rápido no es posible, se debe cubrir las bandejas con materiales que reflejen el sol, de modo que la fruta no experimente un aumento de temperatura (Strik y Vance, 2015). La respiración de la fruta, que es un proceso vital para mantener la actividad celular; consume y genera dióxido de carbono (CO₂), lo cual aumenta la temperatura y, por ende, la tasa de deterioro. Para evitar esto, se recomienda que los arándanos sean preenfriados inmediatamente después de la cosecha y alcance una temperatura cercana a 0 o 1 °C, óptima para su almacenamiento y transporte.

13.4.7 Almacenamiento

El almacenamiento adecuado de los arándanos debe realizarse a 0 °C y con una humedad relativa del 90 % al 95 %, lo que garantiza una vida útil de entre 10 y 18 días. Durante el transporte y almacenamiento, el uso de atmósfera controlada es altamente recomendado. Mantener niveles de CO₂ entre el 10 % y 20 % contribuye a la disminución de la tasa de respiración, lo que a su vez retarda el proceso de deterioro y permite que los frutos se conserven en condiciones óptimas por más tiempo. Este sistema es ampliamente utilizado por productores para asegurar la calidad y minimizar el desperdicio durante la cadena de suministro (Chiabrandy *et al.*, 2009; Perkins *et al.*, 2008).

13.5 Fisiología del fruto cosechado

Es importante conocer la fisiología del fruto cosechado para mantener su calidad y prolongar la vida útil. Aunque no se dispone de estudios específicos para Ecuador, se pueden aplicar principios generales que son relevantes para su cultivo en diversas regiones (Defilippi y Ulloa, 2023).

13.5.1 Crecimiento y desarrollo del fruto

El arándano tiene un patrón de crecimiento doble sigmoidal. La primera fase se centra en la división celular, posteriormente se presenta una etapa de crecimiento reducido y termina con la expansión rápida del fruto. Este desarrollo influye en la composición química y las características físicas del fruto, aspectos cruciales para su manejo en la poscosecha. A medida que el fruto crece y madura, se produce la acumulación de compuestos de tipo fenilpropanoides, muy apreciados por sus capacidades antioxidantes (Wang *et al.*, 2015).

13.5.2 Respiración y metabolismo

Los arándanos presentan una tasa respiratoria moderada y son sensibles al etileno. La eliminación de este gas en las cámaras de almacenamiento puede reducir el desarrollo de enfermedades y prolongar la vida útil del fruto (Defilippi y Ulloa, 2023).

13.5.3 Etileno y maduración

A pesar de no ser frutos climáticos, debido a su baja producción endógena de etileno, diversos estudios han demostrado que son sensibles a este gas. Cuando se exponen a este, incluso en concentraciones bajas, se induce el ablandamiento prematuro del fruto y se aceleran los procesos de senescencia, lo que afecta negativamente a la firmeza, textura y vida útil de los arándanos. Por ello, se recomienda evitar su almacenamiento a frutas climáticas, como manzanas, plátanos o tomates, que liberan etileno en cantidades significativas (Vicente *et al.*, 2006; Watkins, 2006).

13.5.4 Pérdida de agua y deshidratación

La deshidratación constituye uno de los principales factores de deterioro poscosecha en los arándanos, pues provoca pérdida de peso, arrugamiento y reducción de la calidad visual y sensorial del fruto. Esta pérdida de agua está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales, especialmente, la temperatura y la humedad relativa. Un ambiente con alta temperatura y baja humedad relativa incrementa el déficit de presión de vapor, lo que intensifica la pérdida de agua a través de la epidermis del fruto (Beaudry, 1993; Forney *et al.*, 2012). Es necesario mantener una humedad relativa del 90 % al 95 % y una temperatura cercana a 0 °C.

13.5.5 Manejo de atmósferas modificadas

El uso de atmósferas modificadas (AM) y atmósferas controladas (AC) se ha convertido en una herramienta eficaz para prolongar la vida poscosecha de los arándanos. Estas tecnologías permiten reducir la tasa de respiración y ralentizar el desarrollo de microorganismos patógenos. Las concentraciones de 2 % a 5 % de oxígeno (O_2) y de 10 % a 15 % de dióxido de carbono (CO_2), a temperaturas cercanas a 0 °C, han mostrado ser las óptimas para conservar la calidad del fruto durante varias semanas (Chiabrandi *et al.*, 2009; Perkins *et al.*, 2008). Sin embargo, es importante considerar la sensibilidad varietal a condiciones hipoxicas o a niveles elevados de CO_2 , ya que un manejo inadecuado puede desencadenar algunos desórdenes fisiológicos, como la fermentación o el pardeamiento interno.

13.5.6 Importancia del calcio en la calidad poscosecha

El calcio desempeña un papel prioritario en la estabilidad de las membranas celulares y la integridad de la pared celular; contribuye a mantener la firmeza y la resistencia mecánica del fruto. Una adecuada nutrición cálcica durante el cultivo mejora notablemente la calidad poscosecha del arándano y reduce la incidencia de ablandamiento y de otros desórdenes fisiológicos, como el colapso celular y la podredumbre (de Freitas y Mitcham, 2012). Además, se ha demostrado que la implementación de calcio en la poscosecha complementa este efecto, aunque su eficacia depende de su forma de aplicación y de la penetración del ion en el tejido del fruto.

13.5.7 Recomendaciones para el manejo postcosecha

El manejo poscosecha del arándano debe enfocarse en prácticas que preserven la calidad organoléptica y extiendan la vida útil del fruto. A continuación, se detallan algunas recomendaciones fundamentales.

A. Temperatura y humedad:

Mantener los frutos a temperaturas cercanas a 0 °C y una humedad relativa de 90 % a 95 % resulta indispensable para reducir la tasa respiratoria y minimizar la pérdida de agua, factores determinantes en la ralentización del deterioro fisiológico (Vicente *et al.*, 2006; Perkins *et al.*, 2008).

B. Manejo del etileno:

Aunque los arándanos no son productores significativos de etileno, su sensibilidad a este gas induce el ablandamiento y la aceleración del deterioro. Por ello, se recomienda evitar la exposición a fuentes de etileno, como son la frutas climáticas, y considerar el uso de absorbentes de etileno en las cámaras de almacenamiento (Watkins, 2006).

C. Atmósferas modificadas y controladas:

El empleo de tecnologías de modificación atmosférica puede disminuir la actividad metabólica y la proliferación de microorganismos. Existen dos estrategias principales:

- **Empaque con atmósfera modificada pasiva (AM pasiva):** Consiste en utilizar envases con películas de permeabilidad selectiva, las cuales permiten que la respiración del fruto genere una atmósfera equilibrada dentro del envase, con menores niveles de oxígeno y mayores de CO₂. Esta técnica ha demostrado ser eficaz en la prolongación de la vida poscosecha de frutos como los arándanos (Defilippi *et al.*, 2013a).
- **Empaque con atmósfera modificada activa (AM activa):** Incluye la modificación intencional de la atmósfera mediante la inyección de gases específicos o el uso de absorbentes de oxígeno y etileno. Esta tecnología permite una gestión más precisa y adaptable a las necesidades fisiológicas de distintas variedades de arándanos (Defilippi *et al.*, 2013a; Beaudry, 1993).

D. Nutrición adecuada:

Un programa de fertilización equilibrado, con un enfoque en el aporte adecuado de calcio, mejora la firmeza del fruto y fortalece las paredes celulares, lo que aumenta la resistencia mecánica y reduce la incidencia de desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento (Freitas y Mitcham, 2012).

13.5.8 Consideraciones de poscosecha para Ecuador

Las variaciones de altitud, temperatura y humedad relativa ejercen una influencia directa sobre la fisiología del cultivo de arándano en Ecuador, así como sobre su comportamiento poscosecha. Estas particularidades exigen una adaptación precisa de las estrategias de manejo poscosecha para preservar la calidad del fruto y garantizar su competitividad en el mercado nacional e internacional (Retamales y Hancock, 2012).

En las regiones andinas del país, la altitud puede influir en la tasa de respiración y en la acumulación de compuestos fenólicos y azúcares del fruto, que afectan tanto la firmeza como la vida útil. De igual forma, la temperatura ambiental y la humedad relativa condicionan la velocidad de deshidratación y el riesgo de colonización por patógenos poscosecha, como *Botrytis cinerea*. Por este motivo, se recomienda implementar sistemas de refrigeración rápida y mantener condiciones óptimas de almacenamiento desde el momento de la cosecha.

La comprensión y aplicación de los principios de fisiología para la poscosecha (como la regulación de la atmósfera, el control del etileno y el aporte nutricional en precosecha) resultan fundamentales para mantener la calidad organoléptica y la vida comercial del arándano (Vicente *et al.*, 2006; Beaudry, 1993). Asimismo, la implementación de prácticas basadas en evidencia científica permitirá establecer protocolos adaptados a las condiciones locales, favoreciendo la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo en el contexto ecuatoriano (Defilippi *et al.*, 2013b).





CAPÍTULO VIII:

COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIO EXTERIOR

14

Estructura y costos de producción

Conocer y calcular los costos de producción es determinante para que los productores puedan planificar correctamente y tomar decisiones que aseguren la rentabilidad de sus cultivos. Este conocimiento permite controlar los gastos, usar mejor los recursos disponibles y evaluar si la actividad agrícola es sostenible en el tiempo.

En cultivos de alto valor, como el arándano, calcular bien los costos ayuda a optimizar cada etapa del proceso y mejorar los ingresos del productor. Instituciones como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Ecuador han desarrollado varias metodologías participativas para recolectar datos reales en territorio, asegurando así que las cifras reflejen la experiencia de los agricultores (MAG, s. f.).

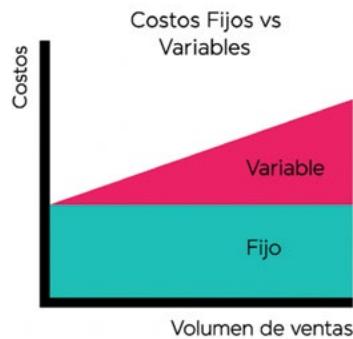
Del mismo modo, la FAO destaca que un análisis detallado de los costos permite identificar cuellos de botella y mejorar la eficiencia productiva, lo que se traduce en mayores ganancias para los productores (FAO, 2020). Además, el Banco Mundial señala que una buena gestión de costos contribuye a reducir riesgos y facilitar el acceso al crédito u otros apoyos financieros (Banco Mundial, 2018).

Por esta razón, el MAG, a través de la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA), ha levantado información agropecuaria en territorio garantizando la calidad de los datos. Este insumo resulta imprescindible para la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos desde el sector público y privado.

Con este fin, la CGINA ha utilizado una metodología de análisis cualitativa, mediante entrevistas realizadas a un *focus group* que le ha permitido asegurar la representatividad y la precisión de los resultados. Ha recopilado datos sobre la estructura y los costos de producción del cultivo de arándano a través del siguiente proceso:

- Elaboración de los perfiles de los participantes
- Identificación de las personas productoras experimentadas
- Elaboración de la encuesta física
- Desarrollo de la encuesta en plataformas digitales
- Validación y socialización de la información

La estructura de costos de producción considera la clasificación de estos según su comportamiento respecto al volumen de producción (Figura 35). Esta información permite planificar, controlar y tomar decisiones estratégicas para optimizar la rentabilidad del proceso productivo.



Nota. Clasificación de los costos según su comportamiento respecto al volumen de producción.

Tomado de DGDA-MAG. Archivo personal. (s. f.)

Figura 35. Clasificación de costos según la CGINA.

Como se comentó anteriormente, comprender la estructura de los costos en una actividad productiva es fundamental para una adecuada toma de decisiones económicas. En este contexto, diferenciar los costos fijos y variables permite analizar su comportamiento respecto al volumen de producción o ventas. A continuación, se definen los principales componentes del gráfico para facilitar su interpretación y aplicación en la planificación financiera.

A. Costos de producción

Los costos de producción se clasifican de la siguiente manera:

- **Costos variables:** Son aquellos que están directamente relacionados con la producción y cambian según el volumen producido. Algunos ejemplos: la mano de obra, los insumos, el transporte de la cosecha y el uso de maquinarias y equipos.
- **Costos fijos:** Son independientes de la cantidad producida y se mantienen constantes en un período determinado. Algunos ejemplos: el arrendamiento del terreno, la depreciación de activos, los costos administrativos y los financieros.

B. Depreciación

Es la pérdida de valor que un activo sufre con el tiempo debido al uso, desgaste o envejecimiento. En el cálculo de los costos de producción agrícola, se suele emplear el método de depreciación lineal (Ecuación 7), el cual distribuye equitativamente el valor del bien a lo largo de su vida útil. Este método permite anticipar el impacto financiero y optimizar la rentabilidad del activo (FAO, 2018b).

Ecuación 7: *Depreciación lineal (Línea Recta LR).*

$$Dt = \frac{B}{n}$$

Nota. Ecuación donde t equivale a anual; Dt equivale a cargo por depreciación anual; B es valor inicial; y n es vida útil.

En el Ejercicio 1 se aplicará la fórmula de la depreciación lineal, para determinar la carga por depreciación anual de los equipos o infraestructura agrícola en una plantación de arándano.

Ejercicio 1. Se adquiere un sistema de riego por goteo para una plantación de arándano. Se requiere calcular su depreciación anual.

Datos:

- Valor inicial (B): USD \$ 20 000 (costo del sistema de riego por goteo)
- Vida útil (n): 10 años (vida útil estimada del sistema de riego)
- Año (t): 1 (se calculando la depreciación para el primer año)

Aplicación de la fórmula:

La fórmula de la depreciación lineal es:

$$Dt = \frac{B}{n}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$Dt = \frac{\$20\,000}{10\,años}$$

$$Dt = 2000 \frac{\$}{año}$$

Resultados:

La carga por depreciación anual del sistema de riego es de USD \$ 2000 cada año, durante los 10 años de vida útil del equipo. Esto significa que, cada año, el valor del sistema de riego disminuirá en USD \$ 2000. Al final de los 10 años, el valor del equipo será de USD \$ 0 si se utiliza la depreciación lineal de manera constante.

Este cálculo es muy útil para evaluar los costos anuales y determinar el impacto financiero en la operación agrícola.

14.1 Costos de producción

Es la valoración económica que se da a los costos variables y fijos que componen la estructura del costo de producción.

El proceso se puede realizar una o varias veces al año utilizando una misma estructura de costo de producción (Tabla 14).

Tabla 14. Costos de producción de cultivos transitorios a nivel del sistema de producción semitecnificado.

Sistema productivo:		Semitecnificado			
Rendimiento en sacas de 200 lb/ha:		67			
Costos variables					
Rubro	Actividades	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD/ha)	Valor Total (USD/ha)
Mano de obra	Preparación del terreno	Jornal	2	\$ 15,00	\$ 30,00
	Semillero	Jornal	1	\$ 15,00	\$ 15,00
	Siembra (trasplante)	Hectárea	1	\$ 220,00	\$ 220,00
	Aplicación de herbicidas	Jornal	4	\$ 15,00	\$ 60,00
	Aplicación de insumos	Jornal	6	\$ 15,00	\$ 90,00
	Aplicación de fertilizantes edáficos	Saco	13	\$ 3,50	\$ 45,50
	Labores culturales - riego	Jornal	8	\$ 15,00	\$ 120,00
	Labores culturales - deshierba manual	Jornal	4	\$ 15,00	\$ 60,00

Fuente. Tomado de DGDA-MAG, archivo institucional. 2025.

En este manual se presenta la información de sistemas de producción bajo cubierta (macrotúnel) y a campo abierto, donde se prioriza el uso de tecnologías avanzadas para optimizar el manejo y la productividad del cultivo.

Los sistemas de producción para el cultivo de arándano están conformados por la fuerza de trabajo, la tierra y el capital, principalmente. Sin embargo, existen otros factores que, en mayor o menor medida, integran la producción,

lo cual determina la diversidad de los sistemas existentes. Así, por ejemplo, el clima, los suelos, el modo de tenencia de la tierra, la tecnología disponible, el nivel de formación, las posibilidades de financiación, los mercados, y los diferentes niveles de precios, entre otros, condicionan la forma en la que se organiza la producción agrícola en cada sistema.

14.2 Costos de producción del arándano en un sistema bajo cubierta (macrotúnel).

Entre los costos de producción de un sistema de macrotúnel encontramos el uso de la mano de obra para la cosecha, la caseta de riego, el reservorio, el *ground cover*, el material vegetal que incluye Royalty, en otros (Figura 36).



Fuente. Archivo personal, 2024

Figura 36.Cultivo de arándano bajo cubierta (macrotúnel).

El cultivo de arándano en zonas tropicales requiere una planificación cuidadosa y una inversión inicial significativa en infraestructura y equipamiento, especialmente debido a las condiciones climáticas que no son naturalmente óptimas para esta especie. Según Retamales y Hancock (2018), el éxito del arándano en climas tropicales depende en gran medida del manejo agronómico, del uso de variedades adaptadas al calor y de una infraestructura adecuada que permita controlar factores como el pH del suelo, la disponibilidad de agua y la exposición solar (Tabla 15).

Tabla 15. Requisitos mínimos para el cultivo de arándano en zonas tropicales.

N.º	Requisito
1	Variedades adaptadas
2	Suelo ácido o sustrato
3	Sistema de riego tecnificado
4	Cobertura o malla sombra (opcional)
5	Sistema de drenaje eficiente
6	Ánalisis previo de suelo y agua
7	Plántulas certificadas y de calidad genética comprobada
8	Manejo agronómico especializado y seguimiento nutricional
9	Infraestructura básica: herramientas, bodega, transporte interno.

Fuente. Adaptado de Medina *et al.* (2019) y Retamales y Hancock (2018).

Además, estudios destacan que la inversión inicial puede representar entre el 40 % y el 60 % del costo total del proyecto (Tabla 16), considerando la preparación del terreno, los sistemas de riego y la adquisición de plantas de calidad:

Tabla 16. Estructura del costo de producción para la inversión inicial del cultivo de arándano bajo cubierta (macrotúnel).

	Material / Infraestructura	Unidad	Cantidad
Infraestructura, maquinaria y equipos	Elaboración del reservorio + geomembrana	Reservorio	1
	Sistema de riego (fertilriego)	Equipo completo	1
	Invernadero (macrotúneles)	m ²	10000
	Malla antipájaro	m ²	10000
	Mulch plástico (ground cover)	m ²	10000
	Infraestructura de poscosecha	m ²	10
Material vegetativo	Infraestructura de caseta de riego y bodega	m ²	10
	Planta arándano (Royalty)	Unidad	10000
	Sustrato de coco (Cocogreen)	Funda	10000

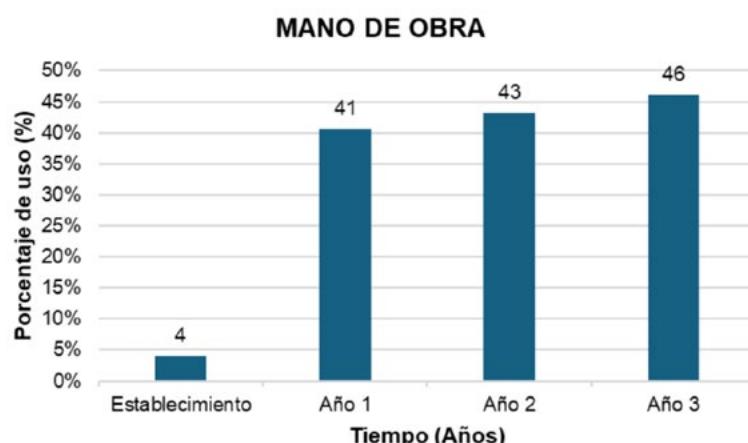
Fuente: Tomado de MAG-DGDA, archivo personal, 2024.

14.2.1 Costos variables

A. Mano de obra

En el sistema de producción de arándano, bajo condiciones de macrotúnel, la mano de obra representa un componente irremplazable en todas las etapas del cultivo. Sus actividades incluyen el análisis inicial del suelo y del sustrato, la instalación del sistema de riego, la siembra, la aplicación programada de insumos, así como las labores culturales intensivas, el monitoreo integrado de plagas y enfermedades, entre otras.

A medida que avanza el desarrollo productivo de las plantas, especialmente entre el primer y el tercer año, se evidencia un aumento progresivo de la demanda de mano de obra (Figura 37). Este incremento está directamente relacionado con el aumento de los volúmenes de producción y con la intensificación de las labores de manejo que requiere el ambiente protegido del macrotúnel, donde es necesario mantener condiciones óptimas de ventilación, temperatura y humedad para asegurar la calidad del fruto (Retamales y Hancock, 2018). Además, el control de variables microambientales y el manejo de enfermedades bajo cubierta exigen una atención constante, lo que eleva la participación porcentual de la mano de obra dentro del costo total del sistema.



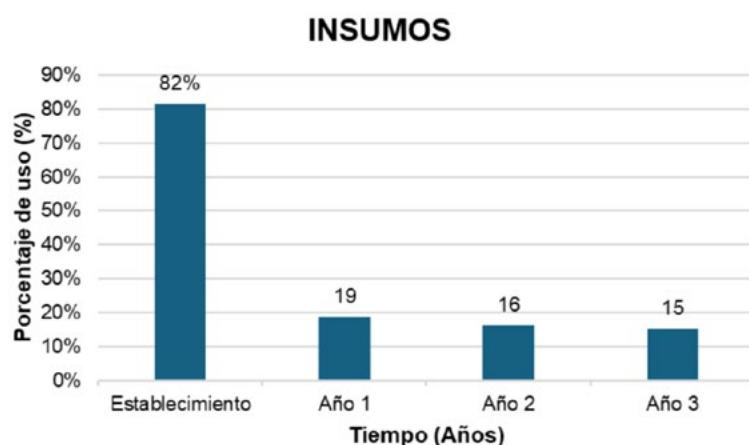
Fuente: Tomado de MAG-DGDA, 2024.

Figura 37. Mano de obra utilizada en el cultivo de arándano con un sistema bajo cubierta (macrotúnel).

B. Insumos

Entre los principales insumos considerados se incluyen los sustratos especializados, como la fibra de coco, por ejemplo, Cocogreen; plántulas certificadas con Royalty (patente), para asegurar alta productividad y sanidad vegetal, un sistema de riego por goteo eficiente junto con un fertirriego ajustado a las fases fenológicas del cultivo (trasplante, crecimiento vegetativo, floración y fructificación).

Asimismo, se contemplan productos para el control preventivo y curativo de plagas y enfermedades, esenciales en un entorno protegido como el macrotúnel, donde la alta humedad y las temperaturas moderadas pueden favorecer la proliferación de patógenos si no se maneja adecuadamente el microclima (Retamales y Hancock, 2018). Tal como se observa en la Figura 38, el mayor porcentaje de inversión durante la etapa de establecimiento corresponde a la adquisición de plántulas con derechos de patente y al sustrato, ambos son insumos clave para garantizar la homogeneidad y el rendimiento del sistema productivo.

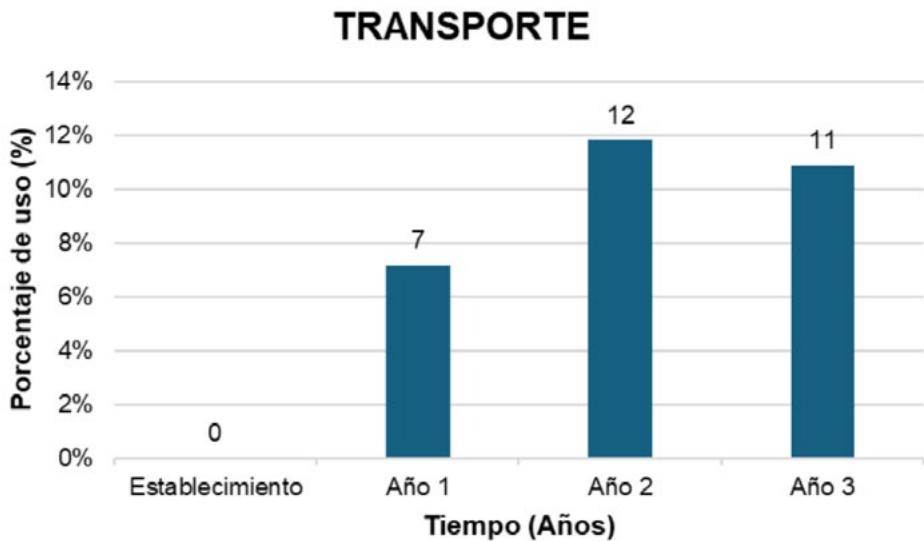


Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 38. Insumos utilizados para el cultivo de arándano en un sistema bajo cubierta (macrotúnel).

C. Transporte

En los cultivos de arándano bajo macrotúnel, la producción se comercializa directamente con el consumidor final: pastelerías, supermercados y mercados de exportación. El productor se encarga del transporte desde la finca hasta los puntos de venta, lo que implica mayor participación logística. A medida que aumenta la cosecha anual, especialmente desde el segundo año, también crece la frecuencia de distribución (Figura 39). Bajo cubierta, la producción es más temprana y uniforme; esto exige mantener altos estándares de calidad para satisfacer la demanda de los mercados especializados (Retamales y Hancock, 2018).

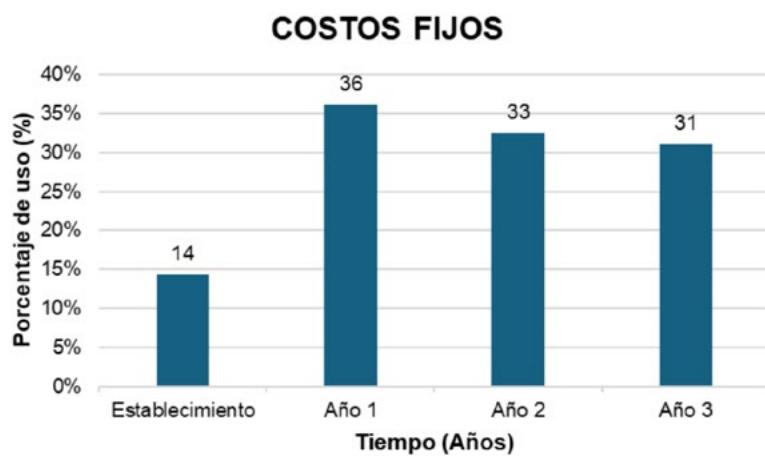


Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 39. Transporte del cultivo de arándano en un sistema bajo cubierta (macrotúnel).

D. Costos fijos

Dentro de los costos fijos del sistema de producción de arándano bajo macrotúnel se contemplan el arriendo del terreno, los gastos administrativos, la asesoría técnica, las certificaciones (BPA y GLOBAL G.A.P.) y el costo financiero, calculado sobre el 80 % de los costos variables con una tasa de interés del 11,83 % (Figura 40).



Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 40. Costos fijos para el establecimiento y producción del cultivo de arándano en un sistema bajo cubierta (macrotúnel).

Además, se incluye la depreciación de activos productivos, como el sistema de riego por goteo, las estructuras del macrotúnel, el *mulch* plástico, las mallas antipájaros, la bomba de motor, el reservorio y la infraestructura de apoyo, que comprende casetas de riego, bodega y área de poscosecha (Tabla 17).

Tabla 17. Porcentaje de participación del costo de producción para el establecimiento y el mantenimiento del cultivo.

Rubros	Establecimiento	Año 1	Año 2	Año 3
Mano de obra (trasplante, control fitosanitario, monitoreo de plagas y enfermedades)	4 %	41 %	43 %	46 %
Insumos (Material vegetal y sustrato, control fitosanitario, fertirrigación)	82 %	19 %	16 %	15 %
Maquinaria y equipos / transporte	0 %	5 %	8 %	8 %
Costos fijos (costos administrativos, arriendo del terreno, costos financieros, asistencia técnica, certificaciones y depreciación)	14 %	36 %	33 %	31 %

Fuente: MAG-DGDA, 2024.

14.3 Costos de producción del arándano en el sistema a campo abierto

Este sistema de producción (Figura 41) considera componentes como el material vegetal sin Royalty. Adicionalmente, no dispone de infraestructura de cobertura, ya que en algunas zonas de producción las condiciones biofísicas son favorables para el cultivo (clima, humedad, precipitaciones, etc.).



Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 41. Cultivo de arándano a campo abierto.

Este sistema de producción considera los siguientes componentes para la inversión (Tabla 18):

Tabla 18. Estructura del costo de producción para la inversión inicial del cultivo de arándano para campo abierto.

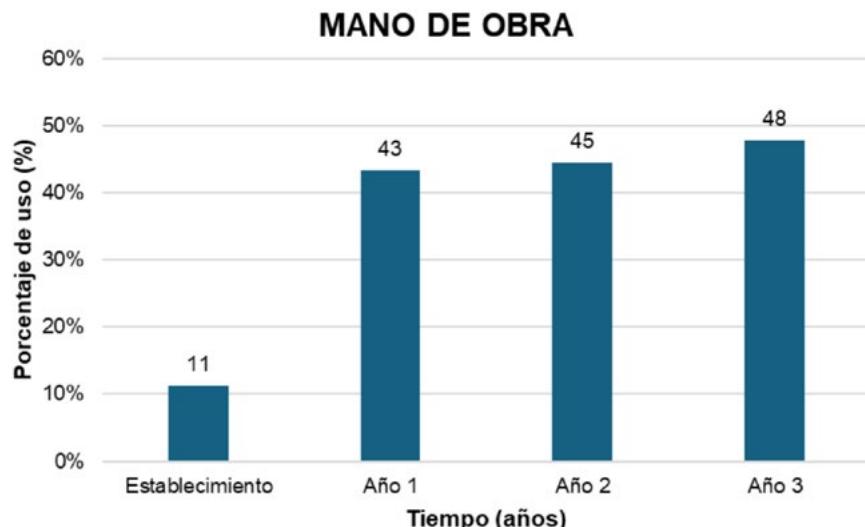
	Actividades / productos	Unidad	Cantidad
Maquinaria y equipos	Elaboración del reservorio + geomembrana	Reservorio	1
	Sistema de riego (fertilriego)	Equipo completo	1
	Mulch plástico (ground cover)	m ²	5000
	Infraestructura caseta de riego y bodega	m ²	10
Material vegetativo	Planta de arándano	Planta	10000
	Sustrato	unidad	10000

Fuente: MAG-DGDA, 2024.

14.3.1 Costos variables

A. Mano de obra

En el sistema de cultivo de arándano a campo abierto, la mano de obra representa un componente clave. Sus actividades incluyen el análisis de suelo, el trasplante, la aplicación de insumos, los trabajos culturales, como deshierbe, poda y monitoreo fitosanitario, así como la cosecha. A diferencia de los sistemas bajo cubierta, el establecimiento del cultivo en campo abierto requiere un mayor esfuerzo físico en la preparación del suelo y en el trasplante, lo que incrementa la demanda de mano de obra en el primer año (Retamales y Hancock, 2018). Además, entre el segundo y tercer año, el aumento progresivo de la producción incide en el crecimiento proporcional de la participación de la mano de obra (Figura 42), principalmente, en labores de manejo y cosecha.

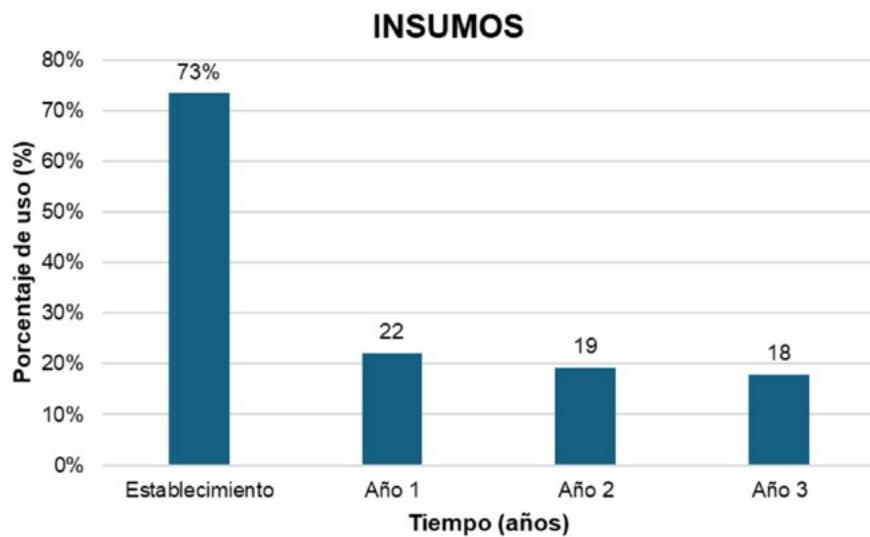


Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 42. Mano de obra utilizada en el cultivo de arándano en un sistema de campo abierto.

B. Insumos

Los insumos que están considerados para el cultivo de arándano en campo abierto incluyen los materiales para la elaboración del sustrato, las plántulas de variedades libres, un sistema de riego por goteo y un programa de fertiriego con soluciones nutricionales adaptadas a las fases de desarrollo del cultivo. Asimismo, se incorporan insumos para el control preventivo y curativo de plagas y enfermedades. La inversión de este rubro concentra una mayor proporción en la etapa de establecimiento (Figura 43), en gran medida, debido a los costos asociados al material vegetal y a la preparación del sustrato.

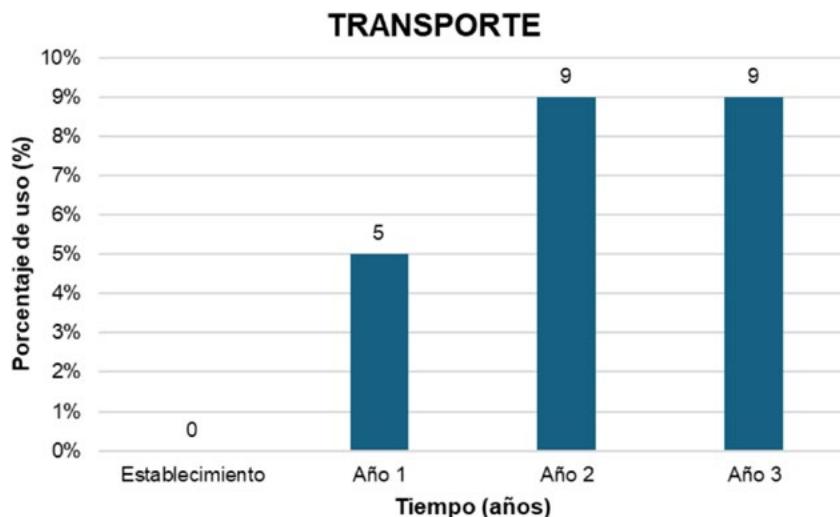


Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 43. Insumos utilizados en el cultivo de arándano en un sistema a campo abierto.

c. Transporte

La venta de los arándanos se realiza directamente al consumidor final: pasteles e intermediarios, para lo cual el productor traslada la producción desde la finca hasta estos puntos de comercialización. De esta manera, la participación del transporte se incrementa en función del volumen de la cosecha de cada año (Figura 44).



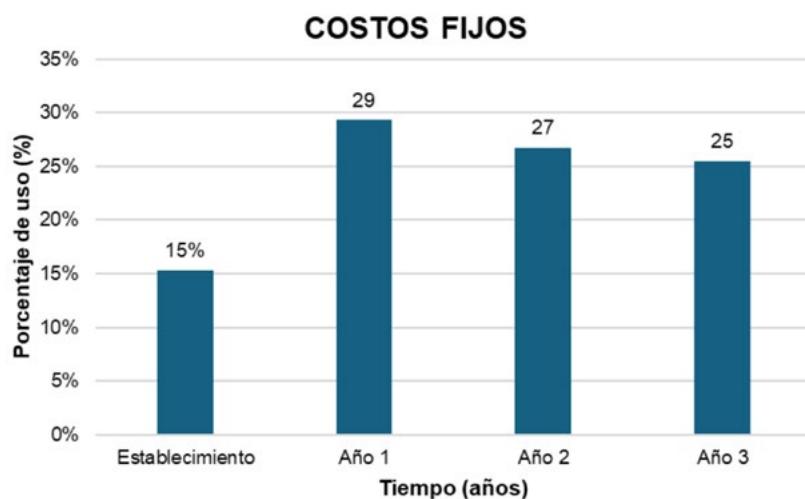
Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 44. Transporte para el cultivo de arándano en un sistema a campo abierto.

D. Costos fijos

Incluye los gastos de maquinaria e insumos propios de la producción de arándano: sistema de riego, *mulch* plástico, bomba de motor, reservorio, infraestructura.

Adicionalmente, se incluyen aquí el costo administrativo, el arriendo del terreno, el costo financiero (11,83 % de interés), la asesoría técnica, las certificaciones (BPA) y la depreciación de los equipos y la infraestructura (Figura 45).



Fuente: MAG-DGDA, 2024.

Figura 45. Costos fijos utilizados en el cálculo del cultivo de arándano en un sistema de campo abierto.

La Tabla 19, por su lado, muestra la distribución porcentual de los principales rubros que conforman el costo de producción durante las fases de establecimiento y mantenimiento del cultivo de arándano en un sistema a campo abierto. Se desglosan los componentes de mano de obra, insumos, maquinaria y equipos/transporte, y costos fijos, desde la instalación del cultivo hasta el tercer año de producción. Esta información permite identificar la evolución del gasto a lo largo del tiempo, resaltando la alta participación de los insumos durante el establecimiento y el aumento progresivo del costo de mano de obra.

Tabla 19. Porcentaje de participación del costo de producción para establecimiento y mantenimiento del cultivo para el sistema a campo abierto.

Rubros	Establecimien-to	Año 1	Año 2	Año 3
Mano de obra (trasplante, control fitosanitario, monitoreo de plagas y enfermedades)	11 %	43 %	45 %	48 %
Insumos (material vegetal y sustrato, control fitosanitario, fertirrigación)	73 %	22 %	19 %	18 %
Maquinaria y equipos/transporte	0 %	5 %	9 %	9 %
Costos fijos (costos administrativos, arriendo del terreno, costos financieros, asistencia técnica, certificaciones y depreciación)	15 %	29 %	27 %	25 %

Nota. El costo de producción del cultivo de arándano presentado en este manual es referencial y no busca representar la realidad de todos los sistemas productivos. Factores como el clima, el tipo de suelo y el manejo agronómico varían según la zona agroecológica y afectan la estructura de costos. Por ello, se recomienda ajustar los valores según las condiciones particulares de cada región.

A continuación, se presenta el Ejercicio 2, donde se calculan los costos para una hectárea de cultivo de arándano a campo abierto, en condiciones tropicales, durante el primer año de producción. Se han considerado los costos asociados a insumos, mano de obra y transporte, con base en prácticas estándar y valores de mercado referenciales.

Ejercicio 2. Estimar el costo total asociado a transporte, insumos y mano de obra durante el primer año de cultivo de arándano a campo abierto.

Datos para el ejercicio

- Superficie cultivada: 1 hectárea
- Densidad de siembra: 10 000 plantas por hectárea

Ecuaciones

A. Costo total por rubro

Ecuación 8

$$CT = \sum_{i=1}^n C_i$$

Nota. Ecuación del costo total del rubro, donde CT es costo total del rubro; C_i es el costo de cada ítem o actividad dentro del rubro; y N es el número de ítems por rubro.

B. Costo total general

Ecuación 9

$$CTG = CI + CM + CT$$

Nota. Ecuación del costo total general, donde CTG es el costo total general; CI es el costo total de insumos; CM es el costo total de mano de obra; y CT es el costo total de transporte.

C. Costo por planta

Ecuación 10

$$Cp = \frac{CTG}{N}$$

Nota. Ecuación del costo por planta, donde Cp es el costo por planta; CTG es el costo total general; y N es el número total de plantas.

D. Porcentaje de participación por rubro

Ecuación 11

$$\%R = \left(\frac{C_r}{CTG} \right) * 100$$

Nota. Ecuación del porcentaje del rubro donde $\%R$ es el porcentaje del rubro; C_r es el costo total del rubro correspondiente; y CTG es el costo total general.

Costos por categoría

A. Costos de insumos

Concepto	Costo (USD)/Ha
Plántulas (variedades libres)	7000
Sustrato (cascarilla + compost)	2800
Fertilizantes y correctores	1000
Fungicidas e insecticidas	600
Materiales menores (bolsas, cintas, etc.)	200
Subtotal insumos	11 600

B. Costos de mano de obra

Concepto	Costo (USD) /Ha
Trasplante de plántulas	300
Aplicación de fertilizantes e insumos	350
Labores culturales (deshierbe, poda)	400
Monitoreo sanitario	180
Cosecha	500
Subtotal mano de obra	1730

C. Costos de transporte

Concepto	Costo (USD) /Ha
Transporte de plántulas	100
Transporte de insumos	150
Transporte de fruta cosechada	240
Subtotal transporte	490

Instrucciones:

1. Calcular el costo promedio por planta.
2. Explicar cuál de los tres rubros representa el mayor porcentaje del total.

Resumen general de costos

Categoría	Total (USD)	Porcentaje (%)
Insumos	11 600	83,9 %
Mano de obra	1730	12,5 %
Transporte	490	3,5 %
Total general	13 820	100 %
Costo por planta	USD 1,38	

El mayor peso del costo total recae en los insumos, que representan cerca del 84 % del total, principalmente por la inversión inicial en plántulas y sustrato. La mano de obra alcanza un 12,5 %, mientras que el transporte representa un 3,5 %; este último aumenta su relevancia cuando la unidad productiva se encuentra alejada de los centros de distribución o comercialización.

14.4 Aspectos del comercio exterior

Todo productor que aspire a exportar su producción debe considerar que cada país de destino, así como cada comprador, establece requisitos específicos en función de las normativas locales y las preferencias del consumidor final. Estas exigencias varían ampliamente e incluyen aspectos como la calidad, la inocuidad, las prácticas de producción sostenibles y la trazabilidad. Por ejemplo, muchos mercados internacionales demandan certificaciones como GLOBAL G.A.P., GRASP o FairTrade, que avalan el cumplimiento de buenas prácticas agrícolas, estándares de sostenibilidad y respeto por los derechos laborales (FAO, 2021; GLOBAL G.A.P., 2023).

Entre los principales requerimientos comerciales se encuentran las características físicas del producto (calibre, firmeza, color, presentación), las propiedades organolépticas (sabor, textura, aroma), y el grado de madurez al momento de la cosecha. Estos aspectos son determinantes para satisfacer las expectativas del consumidor y cumplir con los estándares de calidad exigidos por los importadores. Además, es fundamental realizar un análisis previo del mercado objetivo, para alinear la producción a sus demandas específicas y garantizar así un producto comercializable (USDA, 2021).

Durante el segundo y tercer año del cultivo de arándano, en campo abierto o bajo macrotúnel, se experimenta un aumento significativo en la capacidad de producción. En ese lapso, las plantas alcanzan su fase de mayor rendimiento, con una producción promedio que, en condiciones óptimas, puede superar los 12 000 kg/ha (Fajardo y Rojas, 2023). Esta etapa es estratégica para iniciar procesos de comercialización internacional, pues permite garantizar volúmenes constantes y calidad uniforme, aspectos clave para mantener relaciones comerciales estables con compradores internacionales (SENASICA, 2023).

De igual manera, es importante destacar que la exportación de productos vegetales frescos está sujeta a regulaciones fitosanitarias estrictas por parte de los países importadores. Estas buscan prevenir la introducción de plagas o enfermedades que no estén presentes en el país de destino. En este sentido, el producto puede requerir tratamientos poscosecha, inspecciones fitosanitarias o una autorización previa para su ingreso, la cual debe ser gestionada por el Organismo Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país exportador, en coordinación con el país importador (IPPC, 2021).

Antes de concretar cualquier acuerdo comercial, es imprescindible verificar si el producto vegetal está autorizado para ser exportado al mercado deseado. Esta autorización depende de múltiples factores, incluyendo el tipo de procesamiento del producto (fresco, deshidratado, procesado), su origen y los protocolos bilaterales vigentes entre los países involucrados. La adecuada gestión de esta información y el cumplimiento de los requisitos técnicos permite evitar rechazos en la frontera y garantizar el acceso sostenido al mercado internacional (WTO, 2022).

14.4.1 Mercados internacionales

El cumplimiento de los requisitos fitosanitarios del país importador es una garantía desde el punto de vista de la sanidad vegetal, ya que la partida exportada no tendrá inconvenientes para ingresar a ese país. Para tal efecto, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD) es la encargada de la certificación fitosanitaria de los productos, cuando el requisito del país importador así lo establece.

Para poder realizar una exportación de productos en fresco una de las condiciones es que el país tenga establecido el análisis de riesgo de plagas con el país de destino. Actualmente, por medio de la gestión de AGROCALIDAD, el país cuenta con los siguientes mercados internacionales para exportar arándano (Tabla 20):

Tabla 20. Posibles mercados internacionales para exportar arándano.

Producto:	Arándano (<i>Vaccinium spp.</i>)
Subpartida arancelaria:	0810400000
Tipo:	Frutas, hortalizas y tubérculos frescos
País	Requisitos fitosanitarios
Alemania, Arabia Saudita, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Emiratos Árabes Unidos, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hong Kong, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Qatar, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Singapur, Suecia y Suiza.	<p>R1. Certificado fitosanitario de exportación.</p> <p>R2. Inspección fitosanitaria en origen e inspección fitosanitaria en el punto de ingreso.</p> <p>R3. El material va libre de impurezas o material extraño.</p> <p>R4. El envío se encuentra en envases nuevos y de primer uso.</p> <p>R5. El envío va libre de plagas y suelo.</p>
Bielorrusia, Kazakstán, Kirguistán, Tayikistán, Rusia.	<p>R1. Certificado fitosanitario de exportación.</p> <p>R2. Inspección fitosanitaria en origen e inspección fitosanitaria en el punto de ingreso.</p> <p>R3. El material va libre de impurezas o material extraño.</p> <p>R4. El envío se encuentra en envases nuevos y de primer uso.</p> <p>R5. El envío va libre de plagas y suelo.</p> <p>R6. De conformidad con los párrafos 36 y 37 de la Decisión N.º 157 del Consejo de la Comisión Económica Euroasiática.</p>

Producto:	Arándano (<i>Vaccinium spp.</i>)
Subpartida arancelaria:	0810400000
Tipo:	Frutas, hortalizas y tubérculos frescos
País	Requisitos fitosanitarios
Estados Unidos	<p>R1. Certificado fitosanitario de exportación.</p> <p>R2. Inspección fitosanitaria en origen e inspección fitosanitaria en el punto de ingreso.</p> <p>R3. El material va libre de impurezas o material extraño.</p> <p>R4. El envío se encuentra en envases nuevos y de primer uso.</p> <p>R5. El envío va libre de plagas y suelo.</p> <p>R6. En el caso de envíos marítimos, la fruta debe ser sometida a tratamiento de frío en tránsito T107-a-1. Las temperaturas del tratamiento podrán ser de 1,11°C o menos por 15 días; o 1,67° C o menos por 17 días. Consignar los detalles en la Sección III (Tratamiento de Desinfestación y/o Desinfección) del CFE. Para el caso de envíos aéreos, la fruta será sometida a tratamiento de fumigación con Bromuro de Metilo, en destino, para lo cual, el envío puede llegar únicamente a aeropuertos ubicados al norte de los 39° de latitud y al este de los 104° de longitud.</p> <p>R7. Para la realización del Tratamiento T107-a-1, favor consulte con la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, para obtener detalles de su realización.</p> <p>R8. Presentar permiso de importación del país de destino (o AFIDI) y colocar su número de referencia en el CFE casillero 15, Información Adicional.</p>

Se puede mantener actualizada esta información visitando el enlace del Sistema Gestionador Unificado de Información, de Agrocalidad, perteneciente al MAG: <https://guia.agrocalidad.gob.ec/agrodb/aplicaciones/publico/productos1/consultaRequisitoComercio.php>

Al ingresar al enlace se visualiza un recuadro con opciones a seleccionar. En primer lugar, se elige Exportación. Más abajo, en el menú de Área, se selecciona Sanidad vegetal. En Producto, se escribe Arándano. Tras completar los datos solicitados, se pueden visualizar todos los países que tienen apertura fitosanitaria y sus respectivos requisitos.

14.4.1.1 Exportaciones

El comercio global de arándanos ha experimentado un crecimiento continuo en la última década. Su alta demanda se debe a la difusión de las propiedades nutricionales y los beneficios para la salud que aporta esta fruta. No obstante, durante 2023 se observó una caída del 15 % en el volumen global exportado, en comparación con 2022, a raíz de lo cual alcanzó un total de 465 230 t. La causa principal se relacionó con las condiciones climáticas adversas en países líderes, como Perú y Chile (IBO, 2024).

Según los datos del portal Trade Map, herramienta del International Trade Centre que proporciona estadísticas confiables de comercio internacional por país, producto y año, los principales países exportadores de arándano en 2023 fueron Perú (207 000 t, 27,7 % del total mundial), Chile (83 000 t), Canadá (82 000 t), España (71 000 t), Estados Unidos (58 000 t), México (55 000 t) y Marruecos (53 000 t) (Tabla 21) (Trade Map, 2024). Esta plataforma, ampliamente utilizada por exportadores, gobiernos y analistas de mercado, permite visualizar tendencias, identificar competidores y explorar oportunidades comerciales por destino y producto. Su utilidad radica en que consolida información del comercio global a nivel de subpartida arancelaria.

Tabla 21. Principales exportadores de arándano en 2023.

País	Volumen exportado (t)	Participación (%)
Perú	207 000	27,7
Chile	83 000	11,2
Canadá	82 000	11,1
España	71 000	9,6
Estados Unidos	58 000	7,9
México	55 000	7,5
Marruecos	53 000	7,2

Fuente. Campos, 2024.

Perú se ha posicionado como el principal exportador mundial de arándano gracias a su producción tecnificada en sus cultivos de la costa norte y a asociaciones de productores que han consolidado la cadena de exportación. A pesar de una reducción del 25 % en 2023 por los impactos del fenómeno de El Niño, sigue liderando el comercio internacional por su infraestructura, capacidad logística y cumplimiento de exigencias fitosanitarias (Campos, 2024).

Por otra parte, Chile, que fue el líder histórico en el sector, ha visto disminuir sus volúmenes debido al recambio varietal y a desafíos logísticos. En 2023, exportó 83 000 t, enfocándose en mejorar la calidad y la productividad. México, por su parte, continúa creciendo y aprovechando el beneficio de su cercanía al mercado estadounidense y de la adopción de tecnologías modernas en producción protegida, lo que le permite ofrecer la fruta en ventanas de alta demanda.

Ecuador, en tanto, se cataloga como un actor emergente en el mercado del arándano. Las exportaciones comenzaron en 2021 y, aunque todavía no se refleja una tendencia consolidada, se evidencia una disminución del 38 % en el volumen exportado hasta noviembre de 2023, respecto al mismo período en 2022 (Trade Map, 2024). Esta caída se atribuye principalmente a la sequía que afectó a las zonas productoras, como Imbabura y Pichincha (Tabla 22).

Tabla 22. Exportaciones ecuatorianas de arándano fresco.

Exportación arándano fresco 0810.40.00			
Año	Volumen (t)	USD FOB	USD FOB/t
2022	204	1 164 377	5714
2023	149	940 771	6300
2024	727	3 891 352	5354

Fuente. SENAE. Elaborado por técnicos del Ministerio de Agricultura información proveniente de archivos, 2025

Actualmente, Ecuador tiene, aproximadamente, 300 hectáreas dedicadas a este cultivo, y proyecta alcanzar más de 1000 en los próximos cinco años. Las principales variedades cultivadas incluyen Biloxi, Emerald, Jewel, Legacy, Atlas, Eureka Sunrise y Matias. Además, muchos productores han accedido a certificaciones como GLOBAL G.A.P. y Rainforest Alliance, lo que facilita su ingreso a mercados exigentes.

Entre los principales destinos de exportación en 2023 figuran Estados Unidos, Países Bajos, Hong Kong, Singapur, Malasia, España y Panamá. En la actualidad, Ecuador está en proceso de negociación para acceder al mercado chino, lo que podría representar una oportunidad clave para diversificar destinos (IBO, 2024).

Entre los principales desafíos para el sector exportador ecuatoriano se encuentran:

- La infraestructura y la logística: mejorar rutas de transporte y capacidad de frío poscosecha.
- El acceso a mercados: obtener protocolos fitosanitarios para nuevos destinos.
- El clima y la productividad: enfrentar eventos climáticos extremos y mejorar la eficiencia agronómica.

Por otra parte, las exportaciones de arándano en conserva o deshidratado bajo la subpartida arancelaria 2008.93.00.00 son incipientes y menores a 5 t en promedio anual. Presentan un comportamiento hacia la baja: durante el 2024 las exportaciones decrecieron en 53 %, como se detalla en la Tabla 23.

Tabla 23. Exportación de arándano en conserva.

Exportación de arándano en conserva 2008.93.00.00			
Año	Volumen (t)	USD FOB	USD FOB/t
2020	0,16	1 670	10 600,00
2021	2,20	23 105	10 490,52
2022	0,60	6 285	10 448,88
2023	2,32	20 873	9 015,15
2024	1,07	12 135	11 324,47

Fuente. BCE. Elaborado por técnicos del Ministerio de Agricultura información proveniente de archivos, 2025

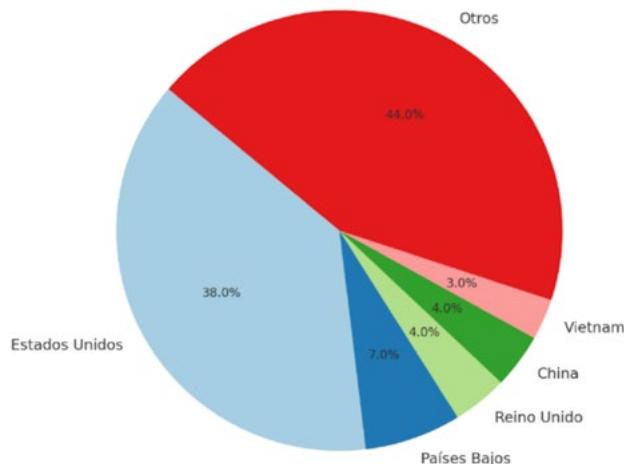
El destino de estas exportaciones en el 2024 fue Panamá en un 100 %.

14.5 Importaciones

En 2023, las importaciones globales de arándanos frescos (subpartida arancelaria 0810.40.00) continuaron su tendencia al alza, impulsadas por la creciente demanda en mercados clave. Según datos de Volza (2024), los principales países importadores fueron:

- Estados Unidos: 155 753 envíos (38 % del total mundial)
- Países Bajos: 30 077 envíos (7 %)
- Reino Unido: 16 690 envíos (4 %)
- China: 15 509 envíos (4 %)
- Vietnam: 14 363 envíos (3 %)

Estos cinco países concentraron aproximadamente el 56 % de las importaciones globales de arándanos frescos en 2023, como se aprecia en la Figura 46.



Fuente. Volza, 2024

Figura 46. Participación de los principales países importadores de arándano fresco en 2023.

En el caso de Ecuador, no se registran importaciones significativas de arándanos frescos bajo la subpartida 0810.40.00. Sin embargo, las importaciones de arándanos deshidratados (subpartida 2008.93.00.00), tienen una tendencia estable, con un promedio anual de 258 t durante los últimos años (Tabla 24). Estas importaciones provienen principalmente de países como Estados Unidos y Canadá, y están destinadas al consumo interno y a la industria alimentaria local.

Tabla 24. Importaciones de arándanos en conserva.

Importación de arándanos en conserva 2008.93.00.00			
Año	Volumen (t)	USD FOB	USD FOB/t
2019	140	568 520	4075,33
2020	101	457 078	4520,90
2021	244	1 004 256	4115,37
2022	261	1 100 878	4215,73
2023	317	1 296 265	4095,19
2024	305	1 237 472	4059,61

Fuente: SENA. Elaborado por técnicos del Ministerio de Agricultura información proveniente de archivos, 2025

El origen de las importaciones en 2024 fue: 84 % Chile, 11 % Canadá y 5 % Estados Unidos.

Por otra parte, es evidente que las importaciones ecuatorianas presentan una marcada diferencia entre el comportamiento de los arándanos frescos y los deshidratados. En el caso del arándano fresco (subpartida 0810.40.00), el país no registra importaciones significativas durante los últimos años. Por otro lado, las importaciones de arándano deshidratado (subpartida 2008.93.00.00) muestran una tendencia estable entre 2019 y 2023 (Trade Map, 2024). Esto indica una demanda interna sostenida de productos procesados, especialmente para la industria alimentaria, panificadora y de suplementos, que utilizan este producto debido a su vida útil prolongada y sus beneficios nutricionales (FAO, 2021).

Por tanto, el comercio internacional y nacional del arándano indica que Ecuador se encuentra en una etapa inicial de desarrollo del cultivo. Las cifras actuales de exportación y la estabilidad de las importaciones de arándano deshidratado reflejan una demanda sostenida en productos procesados, mientras que el mercado de arándano fresco aún no alcanza una participación relevante en términos de exportación.

Para mejorar la competitividad del sector, es fundamental fortalecer los sistemas de producción tecnificada, especialmente en campo abierto y bajo cubierta, incorporando variedades mejoradas que respondan tanto a la productividad como a las exigencias del mercado internacional (calibre, firmeza, sabor). En esta línea, también se recomienda fortalecer la asociatividad entre productores, con el fin de optimizar el acceso a certificaciones, asistencia técnica y mejores condiciones logísticas, además de reducir costos operativos mediante infraestructura compartida de poscosecha y transporte.

En el corto y mediano plazo, se sugiere consolidar la oferta nacional, apuntando a satisfacer la creciente demanda de arándano fresco y deshidratado en el mercado local. Esta estrategia permitirá al productor adquirir experiencia comercial, mejorar los procesos productivos y estabilizar los rendimientos antes de escalar a mercados internacionales. En paralelo, se recomienda trabajar en la identificación de nichos de exportación de alto valor, aprovechando acuerdos comerciales vigentes, como los firmados con la Unión Europea, Chile o Reino Unido, que otorgan preferencias arancelarias y de acceso al mercado. A largo plazo, una hoja de ruta para exportación debe contemplar inversiones en trazabilidad, logística refrigerada y certificaciones como GLOBAL G.A.P. y GRASP, elementos cada vez más demandados por los compradores globales.

Bibliografía



Abalco, H. (2023). Propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) con diferente material vegetal, enraizante y sustratos bajo invernadero [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana],104-116.

Acuña, R., López, S., & Rodríguez, M. (2019). Primer reporte de *Botrytis cinerea* causante del moho gris en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas, 40(2), 123-130.

Aliquó, G., Catania, A., & Aguado, G. (2010). *La poda de la vid*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://frutales.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/01/v-16-la-poda-de-la-vid.pdf>

Alvarado, A., Gutiérrez, C., & Pérez, L. (2021). *Buenas prácticas agrícolas en viveros de frutales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Álvarez, O. (2020). *Determinantes del crecimiento de exportación de arándanos a Estados Unidos durante el período 2010-2018*. [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola].

Arthurs, S. P., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K., & Osborne, L. S. (2009). Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biological Control*, 49(1), 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.002>

Ávila, G. (2023). Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L), en el Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13844>

Banco Mundial. (2018). *Informe anual 2018*. Washington, DC: Banco Mundial. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/598221538161162261/pdf/The-World-Bank-Annual-Report-2018.pdf>

Bañados, M. P. (2006). Blueberry production in South America: Recent trends and future prospects. *Acta Horticulturae*, 715, 165-172. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.24>

Bastida, J. (2018). Escala extendida BBCH para el arándano. Gobierno de Aragón.

Beaudry, R. M. (1993). Effect of carbon dioxide partial pressure on blueberry fruit respiration and respiratory quotient. *Postharvest Biology and Technology*, 3(3), 249-258. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(93\)90060-G](https://doi.org/10.1016/0925-5214(93)90060-G)

BerryCo. (2021). Ventajas del sistema de fertirrigación en cultivo de arándano. <https://www.berryco.com/ventajas-fertirrigacion-arandano>

Bioworld Organic. (2024). *Alternaria en cultivos: prevención y control efectivo.* <https://bioworldorganic.net/blogs/noticias/alternaria-en-cultivos-prevention-y-control-efectivo>

Blanco, C. A., Ali, I., Luttrell, R., Sivasupramaniam, S., & Martínez-Carrillo, J. L. (2005). Susceptibility of four *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* reference colonies to a homogeneous Cry1Ac incorporated insect diet: Implications for an area-wide monitoring program. *Beltwide Cotton Conferences*, 1226-1233. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/35245/cab5.pdf>

Blanco, C. A., Gould, F., Vega-Aquino, P., Jurat-Fuentes, J. L., Perera, O. P., & Abel, C. A. (2009). Response of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) strains to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac incorporated into different insect artificial diets. *Journal of Economic Entomology*, 102(4), 1599-1606. <https://doi.org/10.1603/029.102.0426>

Blanco, C. A., Storer, N. P., Abel, C. A., Jackson, R., Leonard, R., Lopez, J. D., Payne, G., Siegfried, B. D., Spencer, T., & Terán-Vargas, A. P. (2008). Baseline susceptibility of tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Cry1F toxin from *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Economic Entomology*, 101(1), 168-173. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.168>

Brenes, A., Matamoros, R., & Gómez-Alpízar, L. (2015). Micropropagación de cuatro cultivares de arándanos (*Vaccinium* spp.) a partir de segmentos foliares de dos procedencias. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 7-23. <https://doi.org/10.15517/rac.v39i1.19541>

Bryla, D. R., & Strik, B. C. (2007). Fertigation of highbush blueberry in the Pacific Northwest. *HortScience*, 42(5), 1157-1161. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.5.1157>

Callejas, R., Vera, J. & Kremer, C. (2016). *Riego de precisión en frutales con sensores de suelo*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. (Serie Ciencias Agronómicas, N.º 23). ISBN 978-956-19-0893-2.

Campos, M. (2024). Peru remains top blueberry exporter despite drop in 2023. *Blue Book Services*. <https://www.bluebookservices.com/peru-remains-top-blueberry-exporter-despite-drop-in-2023/>

Carrasco, J., Antúnez, A., & Lemus, G. (2010a). Caracterización de un suelo para el establecimiento de un huerto frutal. En *Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales: Boletín INIA N° 207*, 71-79. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/fd9f8e38-3154-44b6-bcf9-3b89892c16d7/content>

Carrasco, J., Antúnez, A., & Lemus, G. (2010b). Conozca como es el suelo antes de establecer un huerto frutal. *Tierra Adentro*, 88, 28-30.

Carrión Jaramillo, D. (2011). Proyecto de inversión para la fabricación y comercialización de sustrato para jardines a partir de la cascarilla de arroz. <http://repositorio.uees.edu.ec/123456789/773>

Casas, V. (2017). *Establecimiento preliminar de las condiciones agroclimáticas, zonas de adaptación y cultivares potenciales para el desarrollo del cultivo del Arándano (Vaccinium corymbosum) en Colombia* [Tesis de ingeniería, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio UCundinamarca.

Cassells, A. C., & Curry, R. F. (2001). Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture: implications for micropropagators and genetic engineers. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 64(2), 145–157. <https://doi.org/10.1023/A:1010692104861>

Castaño, C. E., Morales, J., & Ortega, F. (2018). *Guía técnica para el cultivo de arándanos en el trópico andino*. AgroAndes.

Castellanos, J. Z. (2014). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>

Chacha, J. (2020). *Acción de la respuesta del mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) a la multiplicación en medios líquidos mediante la aplicación de sistemas de inmersión temporal* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12696>

Chacón, K. V. (2024). *Diseño de cuatro sistemas automatizados de riego por goteo y fertiriego en ambientes protegidos para familias productoras de hortalizas en el cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Costa Rica]. Repositorio TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/15741>

Chávez, J. L., López, L., España, M. L., Pedraza, M. E., Rebollar, A., & Cárdenas, R. (2023). 24-Epibrasinólido (24-EBL) como inductor de enraizamiento de esquejes de arándano azul en diferentes sustratos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(1), 63-74. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.3115>

Chiabrandi, V., Giacalone, G., & Rolle, L. (2009). Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 989–992. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3544>

Cisternas, E. (2013). Insectos plaga de importancia económica asociados al arándano. En *Manual del arándano: Boletín INIA N° 263*, pp. 91-106. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/65a86457-ec09-4d6f-be2f-7b3ac4cd12ee/content>

Cleves, J. A. (2021). *Fundamentos técnicos del cultivo del arándano (Vaccinium corymbosum L.) en la región central de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <https://www.researchgate.net/publication/350841756>

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). (2023). Manual de plagas y enfermedades en arándano. <http://cesaveg.org.mx/boletines/Frutillas/Manual%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20arandano.pdf>

Control Bío. (2018, 17 de noviembre). *Control biológico de Alternaria*. https://controlbio.es/blog/c/98_control-biologico-de-alternaria.html

Cunningham, J. P., & Zalucki, M. P. (2014). Understanding heliothine (Lepidoptera: Heliothinae) pests: what is a host plant? *Journal of Economic Entomology*, 107(3), 881-896. <https://doi.org/10.1603/EC14036>

De Klerk, G. J., van der Krieken, W., & de Jong, J. C. (1999). Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. In *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 35(3), 189-199. <https://doi.org/10.1007/s11627-999-0076-z>

Debnath, S. C. (2009a). Influence of genotype and growth conditions on micropropagation of berry crops. *Acta Horticulturae*, 846, 45-52. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.846.6>.

Debnath, S. C. (2009b). A two-step procedure for adventitious shoot regeneration on excised leaves of lowbush blueberry. In *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 45(2), 122-128. <https://doi.org/10.1007/s11627-008-9186-2>.

Defilippi, B. G., & Ulloa, P. F. (2023). Bases fisiológicas de la postcosecha de arándano. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, N° 477, 9-18. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <http://hdl.handle.net/20.500.14001/69608>

Defilippi, B., Lurie, S., & Giovannoni, J. (2013). Postharvest management: A systemic approach. En D. Ortiz & G. Crisosto (Eds.), Biología y tecnología poscosecha de frutas, hortalizas y flores (pp. 351-373). Springer.

Defilippi, B., Robledo, P., & Becerra, C. (2013). Manejo de cosecha y poscosecha en arándano. *Manual del arándano: Boletín INIA N° 263*, 107-115. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7636>

Eck, P. (1988). *Blueberry science*. Rutgers University Press.

Ehlenfeldt, M. K., & Ogden, E. (2020). Blueberry fruit quality: Consumer preference and postharvest traits. *Acta Horticulturae*, 1287, 77-84. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.128710>

Elzen, G. W., Williams, H. J., & Vinson, S. B. (1984). Role of diet in host selection of *Heliothis virescens* by parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Chemical Ecology*, 10(11), 1535-1541. <https://doi.org/10.1007/BF00988422>

Etienne, H., & Berthouly, M. (2002). Temporary immersion systems in plant micropropagation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69, 215-231. <https://doi.org/10.1023/A:1015668610465>

Fajardo Galindo, E., & Rojas Tarquino, C. A. (2023). Manejo técnico del arándano (*Vaccinium corymbosum*) con fines de exportación a mercados norteamericanos. Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/items/54f2b532-c043-4fad-a79a-5a7c4f063515>.

Fang, Y., Nunez, G. H., Silva, M. N. d., Phillips, D. A., & Munoz, P. R. (2020). A review for Southern Highbush Blueberry alternative production systems. *Agronomy*, 10(10), 1531. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101531>

FAO. (1997). *Zonificación agro-ecológica. Guía general.* (Boletín de suelos de la FAO, 17). FAO. <https://www.fao.org/4/w2962s/w2962s00.htm>

FAO. (2018a). *Código de prácticas de higiene para frutas y hortalizas frescas (CXC 53-2003).* FAO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/es/>.

FAO. (2018b). *Guía para la Formulación de los Proyectos de Inversión del sector Agropecuario. Bajo el Enfoque de Planificación Estratégica y Gestión Por Resultado.* FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8097es>

FAO. (2020). The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture (o la página principal de la edición 2020). FAO. <https://www.fao.org/publications/the-state-of-food-and-agriculture/en/>.

FAO. (2021). *Transformación de los sistemas agroalimentarios agrícolas: Impactos del cambio climático y estrategias de adaptación en América Latina.* FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c5880f99-2d03-4325-bba4-3f21b8eb2869/conten>.

Food Forest Nursery. (2025). Sharpblue Blueberry Plant For Sale - 10"-14" Tall, 1 Liter Pot. Recuperado el 28 de septiembre de 2025, de <https://foodforestnursery.com/product/Sharpblue-Blueberry>

Forney, C. F., Eaton, L. J., & Gao, L. (2006). evelopment of a new harvest container for wild blueberries. *HortTechnology*, 16(1), 33-38. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.16.1.0033>

Forney, C. F., Kalt, W., Abrams, S. R., & Owens, S. J. (2012). Blueberry and cranberry fruit composition during development. *Journal of Berry Research*, 2(3), 169-177. <https://doi.org/10.3233/JBR-2012-034>

France, A. (2013). Manejo de enfermedades en arándano. En P. Undurraga y S. Vargas (Eds.), *Manual del arándano: Boletín INIA N° 263* (pp. 55-70). INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7636>

France, A. (2017). Enfermedades claves del Arandano. En C. Morales, *Manual de manejo agronómico del arándano* (6.^a ed., pp. 48-68). INIA. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/f5e8c8a0-8bc7-4759-891a-4115523d82a4/content>

Freitas, S. T. de, & Mitcham, E. J. (2012). Factors implicated in calcium deficiency disorders in fruits. *Horticultural Reviews*, 40, 107-146. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch3>

García, J. C., García, G., & Ciordia, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España. Gobierno de Serida. <https://castacelta.serida.org/images/pdf/Tecnologia-Agroalimentaria-n21.pdf>

George, EF, Hall, MA, & De Klerk, G-J. (2008). Antecedentes del procedimiento del cultivo de tejidos vegetales. En *Propagación de plantas mediante cultivo de tejidos* (Vol.1, *El contexto*). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3>

Georgiev, V., Schumann, A., Pavlov, A., & Bley, T. (2014). Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in Life Sciences*, 14(6), 607-621. <https://doi.org/10.1002/elsc.201300166>

GLOBAL G.A.P. (2023). *Integrated Farm Assurance Standard*. www.globalgap.org

Godoy, C. (2008). Comportamiento fenológico de dos cultivares de arándano en el sudeste bonaerense. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Recuperado de <https://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/2005godoyc.pdf>

Gordó, M. (2008). *Guía práctica para el cultivo de arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires*. INTA.

Harmon, P. F. (2013). Botrytis blossom blight of southern highbush blueberry. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS). <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/PP119>

Harper, S. J., Ward, L. I., & Clover, G. R. G. (2010). Development of LAMP and real-time PCR methods for the rapid detection of *Xylella fastidiosa* for quarantine and field applications. *Phytopathology*, 100(12), 1282-1288. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-10-0168>

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2011). *Propagación de plantas: principios y prácticas* (8^a ed.). Prentice Hall.

Hartmann's Plant Company. (2025). *Biloxi Blueberry*. <https://hartmannsplant-company.com/>

- Heimpel, G. E., Neuhauser, C., & Hoogendoorn, M. (2003). Effects of parasitoid fecundity and host resistance on indirect interactions among hosts sharing a parasitoid. *Ecology Letters*, 6(6), 556–566. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00466.x>.
- Herrera, J. (2020). Determinación de la eficiencia en el uso del nitrógeno (UEN) en genotipos forrajeros de clima tropical. Alianza Bioversity-CIAT. <https://cgspace.cgiar.org/bitstreams/58823305-779c-44ee-8d4c-0d546ffcb5b4/download>
- Hine, A., & Abdelnour-Esquivel, A. (2013). Establecimiento in vitro de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Tecnología en Marcha*, 26(4), 35–44. <https://doi.org/10.18845/tm.v26i4.1584>
- Hummer, K. E., & Finn, C. E. (2012). Arándanos. En *Mejoramiento de Cultivos Frutales Templados* (pp. 123–145). Editorial Agropecuaria.
- Hummer, K., Zee, F., Strauss, A., Keith, L., & Nishijima, W. (2007). Evergreen production of southern highbush blueberries in Hawai'i. *Journal of the American Pomological Society*, 61(4), 188-195. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/2674/EvergreenProductionofSouthernHighbush.pdf>
- Im Y, Park S.E., Lee S.Y., Kim J.C., y Kim J.S. (2022). Early-Stage Defense Mechanism of the Cotton Aphid *Aphis gossypii* Against Infection With the Insect-Killing Fungus *Beauveria bassiana* JEF-544. *Frontiers in Immunology*, 13, 907088. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.907088>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Biotecnología. (2021). Informe anual 2021. Quito, Ecuador: INIAP-EESC. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6035>
- International Blueberry Organization (IBO). (2024). Global state of the blueberry industry report 2024. <https://www.internationalblueberry.org/2024/07/25/ibo-announces-2024-global-state-of-the-blueberry-industry-report/>
- International Blueberry Organization (IBO). (2024). Peru and Chile continue to lead global blueberry market. <https://www.internationalblueberry.org>
- International Plant Protection Convention. (2021). International standards for phytosanitary measures (ISPMs). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/en/2021/03/CA8476EN.pdf>.
- Jiménez, V. M. (2005). Participación de fitohormonas y reguladores del crecimiento vegetal en la embriogénesis somática. *Plant Growth Regulation*, 47(2-3), 91-110. <https://doi.org/10.1007/s10725-005-3478-x>

Keen, B., & Slavich, P. (2011). Comparison of irrigation scheduling strategies for achieving water use efficiency in highbush blueberry. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 40(1), 3-20. <https://doi.org/10.1080/01140671.2011.599398>

Koppert España. (s. f.). *Tizón temprano - Alternaria alternata*. Recuperado el 19 de mayo de 2025, de <https://www.koppert.es/enfermedades-de-las-plantas/tizon-temprano/>

Kumar, V., Seal, D. R., & Liburd, O. E. (2020). Managing Scirtothrips dorsalis Hood (Thysanoptera: Thripidae) in strawberry using biological control agents. *Crop Protection*, 135, 104866.

La Rosa, R., Sánchez, M., & Pérez, E. (2017). Morfología interna e histología de arándano *Vaccinium corymbosum L.* (Ericaceae) en Lima, Perú. *Agronomía Colombiana*, 35(2), 176-181. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.63146>

Latorre, B. A., & Rioja, M. E. (2002). Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la germinación de conidias de Botrytis cinerea. *Ciencia e Investigación Agraria*, 29(2), 66-72. <https://doi.org/10.7764/cia.v29i2.2193134>

Li, R., Cheng, S., Chen, Z., Ren, L., & Gao, X. (2022). Status of the resistance of *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) to afidopyopen originating from microbial secondary metabolites in China. *Toxins*, 14(11), 750. <https://doi.org/10.3390/toxins14110750>.

Lobos, G. A., & Hancock, J. F. (2015). Breeding blueberries for a changing global environment: a review. *Frontiers in plant science*, 6, 782. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2015.00782/full>

López-Puc, G., Gutiérrez-Luna, F. M., & Robert, M. L. (2006). Aclimatación de plantas obtenidas in vitro. En V. M. Loyola-Vargas, & N. Ochoa-Alejo, (Eds.), *Cultivo de tejidos vegetales: Fundamentos y aplicaciones*. AGT Editor.

Loyola-Vargas, V. M., & Ochoa-Alejo, N. (Eds.). (2012). *Protocolos de cultivo de células vegetales*. Humana Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-61779-818-4>

Luchsinger, L. M., McDonald, R. E., & McRae, A. (2018). Blueberry harvest and postharvest operations: Quality maintenance and food safety. *HortTechnology*, 28(4).

Lyrne, P. M. (2008). Method to determine chilling requirement in blueberries. *HortScience*, 43(5), 1456-1460. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.766.45>

Mainland, C. M. M. (2012). Frederick V. Coville and the history of North American highbush blueberry culture. *International Journal of Fruit Science*, 12(1-3), 4-13. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.619117>

Medeiros, J. G. S., Biasi, L. A., Bona, C. M. de, & Cuquel, F. L. (2021). Production of blueberries in subtropical climate of altitude. *Comunicata Scientiae*, 12, e3529. <https://doi.org/10.14295/cs.v12.3529>.

Medina, D., Ortega, M., & Pérez, C. (2019). Aptitud edafoclimática del cultivo de arándano en el trópico andino. En *Avances en el cultivo de las berries en el trópico*. (pp. 1-10). https://www.researchgate.net/publication/356760922_Avan-ces_en_el_cultivo_de_las berries_en_el_tropico?utm_source=chatgpt.com

Medina, R. B., Cantuarias-Avilés, T. E., Angolini, S. F., & Rodrigues da Silva, S. (2018). Performance of 'Emerald' and 'Jewel' blueberry cultivars under no-chill incidence. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(2), 147-152.

Mejía-Bonilla, P., Merino, J., Moreno, J., Gaona, P., Noboa, M., Viteri, P., Viera, W., Escobar, J. C., & Hwan Park, C. (2025). Physical characterization of soil profiles from the main avocado (*Persea americana* Mill) producing areas in Ecuador. *Peruvian Agricultural Research*, 6(2). <https://doi.org/10.51431/par.v6i2.971>

Meneses, C., Morillo, X., & Viteri, A. (2022). *Protocolos de propagación in vitro en especies frutales nativas*. Repositorio CIDE. <https://repositorio.cidecuador.org/bitstream/123456789/2869/3/Libro%20Protocolo%20de%20Propagacion%C-C%81n.pdf>.

Meneses, L. S., Morillo, E., & Vásquez, W. (2022). In vitro propagation of *Vaccinium floribundum* Kunth from seeds: promissory technology for mortiño accelerated production. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(1), 1-9. <https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0290>

Meneses, L., Dueñas, F., Recto, L., & Morillo, E. (2018). Establecimiento *in vitro* de Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) y avances en su Micropagación. En C. Yáñez, M. Racines, C. Sangoquiza, & X. Cuesta (Eds.), *Primer Congreso Internacional Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (pp. 60-61). INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5029>

Mesa Torres, P. A. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. × *V. darrowii*) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia) [Tesis de licenciatura, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://hdl.handle.net/10654/6675>

Milkovich, M. (2022, 19 de julio). Breeders introduce new blues. *Good Fruit Grower*. <https://www.goodfruit.com/breeders-introduce-new-blues/>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2025). Política pública agropecuaria 2025-2034: Manos para el campo. Recuperado de https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/05/Poli%CC%81tica-Pu%CC%81blica-Agropecuaria-2025-2034_MANOS-PARA-EL-CAMPO3.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG). (2020). Zonificación agroecológica del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en regiones temperadas en condiciones naturales en el Ecuador continental. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/manual_manejo_productivo_aguacate.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Subsecretaría de Producción Agrícola. (2024). Manual de manejo productivo de aguacate. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/manual_manejo_productivo_aguacate.pdf

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2016). *Zonificación Agroecológica del Ecuador*. https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/AM_068_PEI2.pdf?utm_source=chatgpt.com

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2019). Acuerdo Ministerial No. 048. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/Acuerdo-Ministerial-No.-048.pdf>

Miranda, D. (2021). El arándano, ¿Un cultivo rentable y sostenible para Colombia? (14-36). En *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícola, Avances en el cultivo de las berries en el trópico*. <https://doi.org/10.17584/lBerries>

Moggia, C., Graell, J., Lara, I., & Lobos, G. A. (2017). Firmness at harvest impacts postharvest fruit softening and internal browning development in mechanically damaged and non-damaged highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8, 535. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00535>.

Moraga-Suazo, P., Opazo, A., Zaldúa, S., González, G., & Sanfuentes, E. (2011). Evaluation of *Trichoderma* spp. and *Clonostachys* spp. strains to control *Fusarium circinatum* in *Pinus radiata* seedlings. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(4), 522–528. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392011000400007>.

Morales, C. G. (Ed.). (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*: (Boletín INIA N° 371). <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/1f6fcc86-ae02-4561-a238-1d10ee441d0e>

Müller, J. L. (2011). *Pruning and pollination studies on southern highbush blueberries (*V. corymbosum* L. interspecific hybrids)* [Tesis de maestría, Universidad de Stellenbosch]. <https://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/18198>

Netafim. (2023). *Guía de soluciones hídricas para arándanos*. <https://www.netafim.ec/crop-knowledge/blueberries/>

Nishiyama, S., Fujikawa, M., Yamane, H., Shirasawa, K., Babiker, E., & Tao, R. (2020). Genomic insight into the developmental history of southern highbush blueberry populations. *Heredity*, 126(1), 194-205. <https://doi.org/10.1038/s41437-020-00362-0>

Núñez, G. H., Zapien, M., & Phillips, D. (2024). *Introduction to Southern Highbush Blueberry Cultivation in Containers*. UF: UFAS Extension University of Florida. https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1476?utm_source=chatgpt.com

Orga Porras, J. (2021). *Manejo agronómico del cultivo de Arándano (Vaccinium corymbosum L.) en contenedores en Villacurí, Ica* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.

Oyanedel Moya, E. (2021). *Propagación de berries: Arándano, frutilla, frambuesa, moras e híbridos* (Boletín 5). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Cátedra de Propagación de Frutales. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/5576daab-8b8e-4239-9cd8-d012f85714fe/content>.

Palma, C., Martínez, J., & González, R. (2023). Fenología y manejo del cultivo de arándano en regiones subtropicales. *Revista Latinoamericana de Horticultura*, 45(2), 123-135. <https://doi.org/10.1234/rhh.2023.45.2.123>

Pantoja, S. E. A. (2023). Evaluación de plagas y enfermedades en el cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en el cantón Mira, provincia de Carchi, Ecuador [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15114>

Paredes Caiza, D. M. (2022). Adaptación de dos variedades de arándano (Vaccinium corymbosum), Biloxi y Emerald, bajo cubierta y semicubierta en el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica Agropecuaria Tungurahua - Píllaro (CIITAT) [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34713>

Perkins-Veazie, P., Collins, J. K., & Howard, L. (2008). Respuesta del fruto de arándano a la aplicación postcosecha de radiación ultravioleta. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3), 280-285. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.08.002>.

Phillips, D. A., Williamson, J. G., Lyrene, P. M., & Muñoz, P. R. (2024). Southern Highbush Blueberry Cultivars from the University of Florida: HS1245. EDIS, 5. <https://doi.org/10.32473/edis-hs1245-2022>

Phillips, D., Williamson, J. G., & Munoz, P. R. (2020). Evergreen Production System for Southern Highbush Blueberries in Florida: HS1362, 3/2020. EDIS, 2020(2). <https://doi.org/10.32473/edis-hs1362-2020>

Prasanna, B. M., Chaikam, V., & Mahuku, G. (Eds.). (2013). *Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento de maíz: Teoría y práctica*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

Pritts, M. P., Hancock, J. F., & Strik, B. (Eds.). (1992). *Highbush blueberry production Guide*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Prodorutti, D., Pertot, I., Giongo, L., & Gessler, C. (2007). Highbush Blueberry: Cultivation, Protection, Breeding and Biotechnology. *The European journal of plant science and biotechnology*, 1(1), 44-56. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOonline/images/0706/EJPSB_1\(1\)/EJPSB_1\(1\)44-56o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOonline/images/0706/EJPSB_1(1)/EJPSB_1(1)44-56o.pdf)

Putrino, F. M.; Tedesco, M.; Bodini, R. B., & Oliveira, A. L. 2020. Study of supercritical carbon dioxide pretreatment processes on green coconut fiber to enhance enzymatic hydrolysis of cellulose. *Bioresource Technology*, 309, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123387>

Quiroz-Figueroa, F., Rojas-Herrera, R., Galaz-Ávalos, R. M., & Loyola-Vargas, V. M. (2006). Embryo production through somatic embryogenesis can be used to study cell differentiation in plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 86(3), 285-301. <https://doi.org/10.1007/s11240-006-9139-6>.

Ramírez, I. L. (2023). *Evaluación de aspectos fenológicos en dos variedades de arándano (Vaccinium corymbosum L.) Biloxi y Legacy en la empresa Blue Berries de San Rafael S.A.S (Sopó - Cundinamarca)* [Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12558/4564>

Rebolledo, C. (2013). Poda y Polinización en Arándano. En Undurraga, P. & Vargas, S. Manual de Arándano. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA, Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile. 120 pp.

Redagrícola. (2020, abril 06). MIP, una herramienta eficaz contra las plagas del arándano. *Redagrícola*. <https://redagrícola.com/mip-una-herramienta-eficaz-las-plagas-del-arandano/>

Retamales, J. B., & Hancock, J. F. (2012). Blueberries. CABI. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781780647265.0000>

Retamales, J. B., & Hancock, J. F. (2018). *Blueberries: Crop Production Science in Horticulture* (Vol. 27). CABI.

Revista Cultivar. (2020, 15 de septiembre). Manejo de la mancha marrón por Alternaria en cítricos. *Revista Cultivar*. <https://revistacultivar-es.com/noticias/Manejo-de-la-mancha-marr%C3%B3n-por-alternaria-en-c%C3%ADtricos>.

Ross, S., & Castillo, A. (2009). Mass propagation of *Vaccinium corymbosum* in bioreactors. *Agrociencia*, 13(2), 1-8. <https://doi.org/10.31285/AGRO.13.713>

Rubio Ames, Z. (2022). *Los arándanos y su producción*. Extensión en español de la Universidad de Maryland. <https://extensionesp.umd.edu/2022/03/22/los-arandanos-y-su-produccion/>

San Martín, J. (2013). Situación varietal en arándano. *Manual del arándano: Boletín INIA N° 263*, (pp. 15-22). file:///C:/Users/usuario/Downloads/Boletin_INIA_263.pdf

Seal, D. R., Kumar, V., y Jha, V. (2010). Biology and management of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, 39(1), 311-320. <https://www.jstor.org/stable/27893779>

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). (2015). *Agenda Zonal 1: Zona Norte y Centro del Ecuador*. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-1.pdf>

SEIPASA. (2024). Botrytis en arándano: cuando la prevención lo es todo. <https://www.seipasa.com/es/blog/botrytis-en-arandano-cuando-la-prevencion-lo-es-todo/>

Sempere, F., & Santamarina, M. P. (2007). In vitro biocontrol analysis of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler under different environmental conditions. *Mycopathologia*, 163(3), 183-190. <https://doi.org/10.1007/s11046-007-0101-x>

SENASICA. (2023). *Requisitos fitosanitarios para la exportación de productos vegetales frescos*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/señasica/documentos/modulo-de-requisitos-fitosanitario>.

Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO). (2020). Alternaria alternata. *Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas*. Recuperado el 19 de mayo de 2025, de <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/alternaria-alternata>

Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO). (2025). *Alternaria tenuissima*. <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/alternaria-tenuissima>

Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO). (s. f.). *Alternaria alternata*. <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/alternaria-alternata>

Smart Gardener. (s. f.). *Sharpblue Blueberry*. Smart Gardener. <https://www.smartgardener.com>

Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3a ed.). Academic Press.

Song, G. Q., & Hancock, J. F. (2011). Vaccinium. En C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Temperate Fruits* (pp. 197-222). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8_10

Strik, B. C. (2017). Blueberry production in the Pacific Northwest and adaptations to warmer climates. *HortScience*, 52(3), 1201-1213. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12179-17>

- Strik, B. C., & Vance, A. J. (2015). Estrategias de fertilización en sistemas de producción de arándanos. *HortScience*, 50(10), 1453-1466. <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/50/10/article-p1453.xml>
- Strik, B. C., Finn, C. E., & Wrolstad, R. E. (2014). *Manejo y procesamiento de arándanos*. CRC Press.
- Toivonen, P. M. A., Delaquis, P. J., Stan, S., & Stanich, K. (2004). The use of reflective tarps at harvest to improve postharvest quality of blueberries. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(3), 873-875. <https://doi.org/10.4141/P03-226>
- Trade Map. (2024). *International Trade Statistics by product (08104000)*. International Trade Centre. <https://www.trademap.org>
- Trade Map. (2024). *Trade statistics for international business development*. International Trade Centre. https://www.trademap.org/news/trademap_latest_updates_es.html
- Undurraga, P., & Vargas, S. (2013). Riego en arándano. En *Manual de arándano: Boletín INIA N° 263* (pp. 43-54). <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39094.pdf>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2021). *Export requirements for fruits and vegetables*. <https://www.aphis.usda.gov/traveling-with-ag-products/fruits-vegetables>
- Uriarte, B. Y., & Solorzano, S. S. (2024). Estrategias para la internacionalización del arándano ecuatoriano a Países Bajos en 2024. *Ciencia Latina Internacional*, 8(4), 5003-5034. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4
- Uribe, H. (2017). Riego. En *Manual de manejo agronómico del arándano: Boletín INIA N° 371* (pp. 76-85). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6673/NR40907.pdf?sequence=41>
- Valenzuela, A., Rodríguez, M., & Cisternas, M. (2019). *Micropropagación de arándano: aspectos prácticos y desafíos en viveros comerciales*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6673>.
- Vander Kloet, S. P. (1988). *The genus Vaccinium in North America*. Agriculture Canada. https://publications.gc.ca/collections/collection_2014/aac-aafc/agrhist/A43-1828-1988-eng.pdf
- Vásquez-Castillo, W., Ayala, K., Almeida, M., Barrientos-Priego, A. F., Moncayo-Moncayo, P., & Monteros-Altamirano, Á. (2022). Caracterización morfológica in situ del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los Andes de Ecuador. *International Journal of Applied Science and Engineering Technology*, 12(5), 5334-5344.

Ventura, M. U., Roberto, R. S., Hoshino, A. T., Gimenez Carvalho, M., Hata, F. T., & Genta, W. (2015). First record of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) damaging table grape bunches. *Florida Entomologist*, 98(2), 783-786. <https://doi.org/10.1653/024.098.0259>

Vicente, A. R., Manganaris, G. A., Sozzi, G. O., & Crisosto, C. H. (2006). *Manejo poscosecha: un enfoque de sistemas*. Prensa académica.

Vicente, A. R., Ortugno, C., & Martínez, GA (2014). Manejo poscosecha del arándano: Problemas y avances. En *Manejo Poscosecha: Un Enfoque Sistémico* (3.^a ed.). Academic Press.

Viteri, A. (2022). *Optimizar la micropropagación de dos variedades comerciales de arándano (Vaccinium corymbosum L.) utilizando la tecnología de Sistemas de Inmersión Temporal (SIT's)*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador].

Volza. (2024). *Blueberries fruit imports in world - market size & demand based on import trade data*. <https://www.volza.com/p/blueberry-fruit/import/>

Voogt, W., Van Dijk, P., Douven, F., & Van Der Maas, R. (2012). Development of a soilless growing system for blueberries (*Vaccinium corymbosum*): Nutrient demand and nutrient solution. *Acta Horticulturae*, 1017, 215-221. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.27>

Wang, J. (2024). How fruit moves: Crop systems, culture, and the making of the commercial blueberry, 1870-1930. *Plants, People, Planet*, 6(5), 1080-1093. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10178>

Wang, L., Liu, G., Wang, H., & Xu, G. (2023). Morning star: A New Cultivar Selected from Highbush Blueberry. *HortScience*, 58(11), 1461-1462. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17378-23>

Wang, L-J., Wu, J., Wang, H-X., Li, S-S., Zheng, X-C., Du, H., Xu, Y-J., & Wang, L. (2015). Composition of phenolic compounds and antioxidant activity in the leaves of blueberry cultivars. *Journal of Functional Foods*, 16, 295-304. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.027>

Ward N. A. (2013). *Blueberry root rot*. University of Kentucky College of Agriculture. Extension Plant Pathologist PPFS-FR-S-19. <https://publications.ca.uky.edu/sites/publications.ca.uky.edu/files/ppfs-fr-s-19.pdf>

Watkins, CB (2006). El uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) en frutas y verduras. *Biotechnology Advances*, 24(4), 389-409. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.01.005>

Wellspring Gardens. (s. f.). *Sharpblue Blueberry Plant*. Wellspring Gardens. <https://www.wellspringgardens.com>

Whidden, A. (2008). Commercial blueberry production methods in Hillsborough County. En *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121, (pp. 36-37).

Williamson, J. G., & Phillips, D. A. (2024). Preparing a Southern Highbush Blueberry Field for Machine Harvesting. *EDIS*, 3. <https://doi.org/10.32473/edis-hs1481-2024>

Williamson, J. G., Davies, F. S., & Lyrene, P. M. (2004). Pruning Blueberry Plants in Florida. *EDIS*, 12. <https://doi.org/10.32473/edis-hs223-2004>

Williamson, J., Krewer, G., Pavlis, G., & Mainland, C. M. (2006). Blueberry soil management, nutrition and irrigation. En N. F. Childers y P. M. Lyrene (Eds.), *Blueberries for growers, gardeners and promoters* (pp. 60-74). Norman F. Childers.

Williamson, J., Lyrene, P. M., & Olmstead, J. W. (2012). Blueberry gardener's guide. *EDIS*, 1. <https://doi.org/10.32473/edis-mg359-2012>

World Trade Organization (WTO). (2022). *Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS)*. https://www.wto.org/english/tratop_e/sps_e/spsagr_e.htm

Xu, G., Qi, A., & Wang, H. (2022). 'Yumeilan' northern highbush blueberry. *HortScience*, 57(4), 506-508. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16298-21>

Zheng, Y., Li, R., Sun, Y., Xu, M., Zhang, H., Huang, L., Zhu, Y., Wang, H., Li, G., Liu, L., Li, F., Guo, L., & Zhang, X. (2017). The optimal temperature for the growth of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 49(3), 965-979.

Zhou, Y., Liu, Y., Zhang, X., Gao, X., Shao, T., Long, X., & Rengel, Z. (2022). Effects of soil properties and microbiome on highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) growth. *Agronomy*, 12(6), 1263. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061263>

16

Anexos

Anexo 1. Descripción de las categorías de Zonificación agroecológica, Susceptibilidad a inundaciones y Zonas prioritarias de irrigación.

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA

La zonificación agroecológica presenta cuatro categorías, cuyas características son las siguientes:

ÓPTIMA (O): Zonas donde las condiciones naturales del suelo, el relieve y el clima presentan las mejores características para el establecimiento del cultivo.

MODERADA (M): Zonas donde las condiciones naturales del suelo, el relieve y el clima presentan limitaciones ligeras y pueden ser mejoradas con prácticas de manejo adecuadas.

MARGINAL (m): Zonas donde se presentan limitaciones importantes de suelo, relieve y clima, lo cual impide el establecimiento y desarrollo normal del cultivo en condiciones naturales.

NO APTA (N): Zonas donde no se puede establecer el cultivo en condiciones naturales por tener limitaciones muy severas.

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

La susceptibilidad a inundaciones se clasifica en cuatro clases, que se detallan a continuación:

NIVEL 1. SIN SUSCEPTIBILIDAD: Áreas donde los niveles de concentración del escurrimiento superficial son bajos. Los niveles de la superficie del agua no producen daños, afectaciones o pérdida alguna.

NIVEL 2. SUSCEPTIBILIDAD BAJA: Áreas donde los niveles de concentración del escurrimiento superficial son moderados. Áreas propensas a inundarse por el desbordamiento de los ríos, originado por eventos hidrometeorológicos extraordinarios.

NIVEL 3. SUSCEPTIBILIDAD MEDIA: Áreas donde los niveles de concentración del escurrimiento superficial son desde altos a muy altos. Áreas propensas a inundaciones tanto pluviales (por anegamiento) como fluviales (por desbordamiento de los ríos), generadas por precipitaciones fuertes o extraordinarias.

NIVEL 4. SUSCEPTIBILIDAD ALTA: Áreas donde los niveles de concentración del escurrimiento superficial son regularmente muy altos. Zonas donde la inundación pluvial, en cualquier frecuencia (baja, media, alta), produce anegamientos; de forma general, son aquellas inundaciones cíclicas que ocurren todos los años en la época lluviosa.

ZONAS PRIORITARIAS DE IRRIGACIÓN

La categoría de Zonas prioritarias de Irrigación presentan cuatro subcategorías que se describen así:

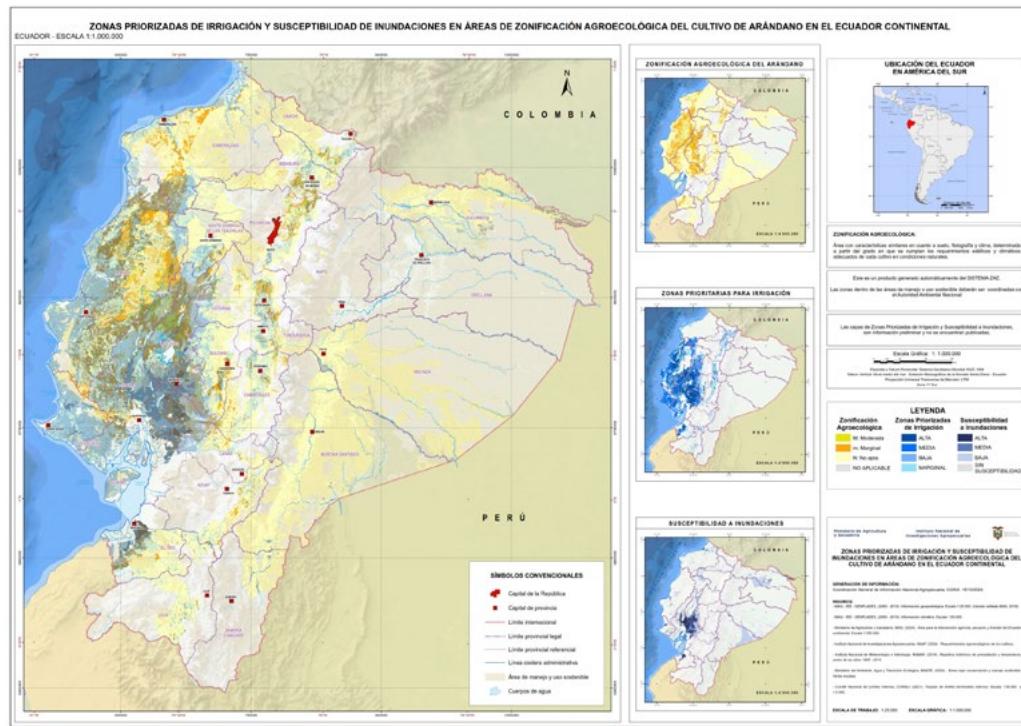
ALTA: Áreas donde existe una infraestructura en condiciones óptimas. Cuentan con una autorización vigente, y el caudal cubre el déficit hídrico en sitios de pequeños y/o medianos productores, para autoconsumo y mercado interno.

MEDIA: Áreas donde la infraestructura requiere de rehabilitación. Suelen tener una autorización caducada, y el caudal cubre déficit hídrico, en sitios de pequeños y/o medianos productores, para mercados internos o de explotación.

BAJA: Áreas donde la infraestructura está inconclusa y requiere incrementar el caudal para cubrir el déficit hídrico en zonas de medianos productores, para mercados internos o de exportación. Presentan riesgo de inundación.

MARGINAL: Áreas donde no tienen infraestructura ni autorización. Sitios de grandes productores y riesgos naturales.

Anexo 2. Mapa de zonificación agroecológica de arándano con variables de susceptibilidad a inundaciones y zonas prioritarias de irrigación.





El sello editorial de la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia - CEDIA, nace con la finalidad de apoyar a la creación y la publicación de resultados, investigaciones y procesos académicos, que fomenten el desarrollo de la ciencia y la innovación a nivel nacional e internacional.



EL NUEVO
ECUADOR / /

Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca

FIASA
FONDO DE INVESTIGACIONES PARA LA
AGROINDUSTRIA, EN EL LLAN Y
AGRICULTURA SUSTENTABLE



ISBN: 978-9942-7317-6-0



9 789942 731760