

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“FERTIRRIEGO EN ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L) cv.
VENTURA CULTIVADO EN SUELO, BAJO CONDICIONES DEL
PROYECTO OLMOS - REGIÓN LAMBAYEQUE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

INGENIERA AGRÓNOMA

DIANA MARYBELL CUSTODIO LLONTOP

LIMA – PERÚ

2024

TSP Diano Custodio

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	orcid.org Fuente de Internet	1%
2	www.juntadeandalucia.es Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.uaaan.mx:8080 Fuente de Internet	<1%
6	biblioteca.inia.cl Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	bibliotecadigital.ciren.cl Fuente de Internet	<1%
9	hdl.handle.net Fuente de Internet	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“FERTIRRIEGO EN ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L) cv.
VENTURA CULTIVADO EN SUELO, BAJO CONDICIONES DEL
PROYECTO OLMOS - REGIÓN LAMBAYEQUE”**

DIANA MARYBELL CUSTODIO LLONTOP

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ph. D. Walter Eduardo Apaza Tapia
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vílchez
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal
MIEMBRO

Dra. Ruby Antonieta Vega Ravello
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedico y agradezco a DIOS por haberme otorgado fortaleza, sabiduría y salud en todo el camino recorrido hasta el momento. Gracias por entregarme la valentía necesaria para enfrentar todas las situaciones.

A mis padres Gregorio Custodio y Yolanda Llontop por ser mi motivación diaria, gracias por ser unos padres extraordinarios jamás podré devolverles todo lo que han sacrificado por mí y mis hermanas. Gracias por todo lo que se limitaron para que sus hijas logren sus metas propuestas, es por ello, que dedico este trabajo a ustedes con especial cariño y amor.

A mis hermanas Jessica Custodio y Deysi Custodio por su constante apoyo incondicional y motivación que a pesar de la distancia siempre se mantiene fuerte.

AGRADECIMIENTO

A los profesores de la UNALM por transmitirnos sus enseñanzas que permiten desarrollar grandes profesionales.

A la empresa BM S.R.L por darme la oportunidad de fortalecer mis conocimientos en sus instalaciones y a su vez poder realizar este trabajo, en especial, a la Ing. Elizabeth Tinoco por su gran apoyo y confianza depositada en mi persona.

A mi asesor Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez por sus conocimientos brindados y apoyarme en este proceso de titulación.

A mis colegas Cristina Vegas, Paola Diaz, Sheyla Lavado, Norka Santivañez, Kimberly Blas, Verónica Casapaico, Diego Huaraca y Fernando Carhuallanqui por su amistad, apoyo y consejos desde la etapa universitaria.

A mi compañera de trabajo Estefany Tenorio por su apoyo incondicional y motivación diaria, deseando que el lazo formado en los últimos años perdure por siempre.

A mi hermana gemela Deysi Custodio por ser mi apoyo incondicional en cada etapa e impulsarme a seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 ORIGEN	3
2.2 DISTRIBUCIÓN	3
2.3 SITUACIÓN ACTUAL CULTIVO DE ARÁNDANO:.....	3
2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	5
2.5 MORFOLOGÍA:.....	5
2.5.1 Raíces:	5
2.5.2 Hojas:	6
2.5.3 Flores:.....	6
2.5.4 Fruto:	6
2.6 FENOLOGÍA:	7
2.7 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD VENTURA.....	8
2.8 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO	9
2.8.1 Clima	9
2.8.2 Suelo.....	10
2.8.3 Agua	11
2.9 MANEJO AGRONÓMICO.....	12
2.9.1 Riego y fertilización:.....	12
2.9.2 Tecnología para el monitoreo.....	14
2.9.3 Antecedentes en el manejo agronómico:.....	15
III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	20
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	20
3.2 FACTORES DEL AGROSISTEMA.....	21
3.2.1 Densidad de plantación	21
3.2.2 Datos meteorológicos.....	21
3.2.3 Calidad del agua.....	23
3.2.4 Condiciones de suelo:	26
3.3 RIEGO Y FERTILIZACIÓN	28

3.3.1	Determinación de consumo de agua	28
3.3.2	Consumo de agua por etapa fenológica:	31
3.3.3	Frecuencia y tiempo de riego	35
3.3.4	Soluciones nutritivas	35
3.3.5	Preparación de soluciones nutritivas	38
3.3.6	Lavado de sales	39
3.3.7	Monitoreo de soluciones nutritivas	42
3.3.8	Seguimiento nutricional	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
V.	CONCLUSIONES	47
VI.	RECOMENDACIONES	48
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arándano.....	5
Tabla 2. Etapas de crecimiento del arándano	7
Tabla 3. Duración de la fase reproductiva del arándano	8
Tabla 4. Comparativo del manejo de arándano bajo condiciones de maceta y suelo.....	10
Tabla 5. Niveles de referencia de la calidad del agua de acuerdo con el RAS.....	12
Tabla 6. Niveles de referencia para la evaluación de hojas de arándano	14
Tabla 7. Las necesidades hídricas según los estados morfológicos de la variedad Ventura	16
Tabla 8. Proporción de elementos en las soluciones nutritivas para la variedad.....	16
Tabla 9. Consumo anual de agua.....	17
Tabla 10. Relaciones entre los componentes de la solución nutritiva de la variedad.....	18
Tabla 11. Consumo hídrico bajo manejo de macetas Qali – Irrigación Santa Rosa.....	18
Tabla 12. Consumo hídrico bajo manejo de macetas en Chepén	19
Tabla 13. Consumo hídrico bajo manejo de suelo en Chepén.....	19
Tabla 14. Sensibilidad de los cultivos a la salinidad	23
Tabla 15. Análisis de agua del año 2022	25
Tabla 16. Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola.	25
Tabla 17 Análisis de suelo.....	27
Tabla 18. Niveles de referencia para el análisis de suelo según la textura franco-arenosa	28
Tabla 19. Influencia de la salinidad del arándano en el rendimiento	30
Tabla 20. Requerimiento hídrico	31
Tabla 21. Etapa del ciclo anual del desarrollo del cultivo de arándano	32
Tabla 22. Rangos para evaluación de humedad del suelo al tacto	33
Tabla 23. Comparativo de consumo hídrico.....	34
Tabla 24. Conductividad eléctrica por plantilla de fertilización	35
Tabla 25. Distribución de elementos por solución nutritiva.....	36
Tabla 26. Comparativo de unidades de N	36
Tabla 27. Comparativo de unidades de K ₂ O	37
Tabla 28. Comparativo de unidades de P ₂ O ₅	37
Tabla 29. Cálculo para la determinación de lámina de lavado de sales	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Dinámica de las exportaciones de arándano 2022 - 2023	4
Figura 2. Países donde se exportan los arándanos peruanos.	4
Figura 3. Raíces de arándano variedad Ventura	5
Figura 4. Flores de arándano variedad Ventura.....	6
Figura 5. Flores de arándano variedad Ventura.....	6
Figura 6. Maduración de bayas de arándano variedad Ventura desde la cuaja hasta fruto azul	8
Figura 7. Planta de arándano en estado vegetativo de la variedad Ventura	9
Figura 8. Ubicación del proyecto dentro del departamento Lambayeque.....	20
Figura 9. Data registrada por la estación meteorológica Davis	21
Figura 10. Data registrada por la estación meteorológica Davis	22
Figura 11. Data registrada por la estación meteorológica Davis	22
Figura 12. Data registrada por la estación meteorológica Davis	23
Figura 13. Quemadores de azufre usados para la acidificación de agua en reservorios.....	24
Figura 14. Consumo de agua y evapotranspiración mensual durante la campaña 2022. ...	29
Figura 15. Fracción de lavado vs CE ex máxima	30
Figura 16. Monitoreo de humedad de suelo a través de sensores.....	31
Figura 17. Consumo de agua por etapa fenológica durante la campaña 2022	33
Figura 18. Tanque de preparación de capacidad de 2,000 L	39
Figura 19. Operador colocando la cantidad de fertilizante según la plantilla en los tanques de preparación.	39
Figura 20. Conductividad eléctrica en la solución suelo	41
Figura 21. Sondas lisimétricas.....	41
Figura 22. Partes de sondas lisimétricas, 1. Cápsula cerámica, 2. Tubo rígido de PVC, 3. Tapón de PVC, 4. Machón de acero, 5. Válvula de esfera y prototipo de lisímetro vacío..	41
Figura 23. pH en las soluciones de fertirriego.....	43
Figura 24. Conductividad eléctrica en las soluciones de fertirriego.....	43
Figura 25. Monitoreo de fósforo en las hojas.....	44
Figura 26. Monitoreo de nitrógeno en las hojas.....	44
Figura 27. Monitoreo de calcio en las hojas.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de agua.....	55
Anexo 2: Estación de monitoreo de solución fertirriego.....	55
Anexo 3: Estado de hojas para monitoreo foliar en el cultivo de arándano.	55
Anexo 4: Evaluación de calicatas para revisión del estado de las raíces.	56

RESUMEN

El Perú actualmente es el primer agroexportador de arándanos a nivel mundial, este reconocimiento es gracias a la excelente calidad de los frutos, resaltando entre las variedades de gran potencial genético la variedad Ventura; es por ello, que un manejo adecuado de dicho cultivo es de vital importancia siendo el riego y fertirriego una de las actividades primordiales para obtener rendimientos óptimos.

Es así, que el presente trabajo abordará el tema del riego y fertirriego del cultivo de arándano teniendo como objetivo exponer el manejo nutricional de dicha variedad en estudio mediante la fertilización proporcional bajo las condiciones del proyectos Olmos ubicado en la región de Lambayeque detallándose el uso de plantillas de fertilización realizándose los ajustes anuales de acuerdo a los resultados del seguimiento nutricional como análisis de solución fertirriego, sondas de succión, análisis foliares entre otros; a su vez empleando para el monitoreo la revisión de calicatas, sensores de humedad.

Palabras clave: fertirriego, sondas de succión, seguimiento nutricional, plantillas de fertilización.

ABSTRACT

Peru is currently the first agroexporter of blueberries worldwide, this recognition is thanks to the excellent quality of the fruits, highlighting among the varieties of great genetic potential the Ventura variety; that is why proper management of this crop is of vital importance being irrigation and fertigation one of the primary activities to obtain optimal yields.

Thus, this work will address the issue of irrigation and fertigation of blueberry crop with the objective of exposing the nutritional management of the variety under study through proportional fertilization under the conditions of Olmos project located in the region of Lambayeque detailing the use of fertilization templates making annual adjustments according to the results of nutritional monitoring as fertigation solution analysis, suction probes, foliar analysis among others; in turn using for monitoring the review of calicatas, humidity sensors.

Key words: fertigation, suction probes, nutritional monitoring, fertilization templates.

I. INTRODUCCIÓN

Según la asociación de agroexportadores ADEX, por cuarto año consecutivo, el Perú ha sido principal exportador mundial de arándanos, mientras que Daniel Bustamante menciona que el arándano es un cultivo intensivo generando mucha mano de obra, sobre todo la femenina convirtiéndose en un dinamizador de las economías locales, esto a pesar de haber atravesado por momentos complicados durante los últimos años sobrellevando la disminución de los precios y la gran crisis logística (AGRARIA, 2023). Es así, que la campaña 2022 – 2023 se cerró con 286 657 toneladas exportadas con un valor de US\$ 1 429 millones, con lo cual se obtuvo un crecimiento del 30% en volumen y 9% en valor con respecto a la campaña 2021/2022 (FRESHFRUIT, 2023). Este crecimiento en parte se debe a que cada año se instalan nuevas áreas del cultivo, teniendo actualmente 18 mil hectáreas de arándano lo cual ha permitido al país consolidarse como el líder mundial en exportación de arándano fresco (SIMFRUIT, 2023).

Dentro de los principales mercados donde se envía nuestros arándanos se encuentra Estados Unidos teniendo una participación del 52% en los envíos, seguido por Países Bajos y China con 23% y 16%, respectivamente (FRESHFRUIT, 2023).

En cuanto a las variedades más exportadas encontramos a Ventura con un 32% de participación, seguida por la variedad Biloxi con 26% (REDAGRICOLA, 2023).

En lo que va de la campaña 2023 – 2024 se ha observado una disminución en los envíos de arándano representando un 28% menos en comparación en igual periodo que la campaña pasada, siendo la razón principal de esta disminución el clima atípico del año 2023 lo cual ha provocado el aumento de las temperaturas entre 4 a 5 °C sobre la media de los últimos 25 años (AGRARIA, 2023); es por ello, que se debe realizar un manejo adecuado del cultivo desde la poda, fertilización, sanidad con el objetivo de mantener la productividad de los campos.

Según lo mencionado por Betega (2022), el riego y la fertilización son esenciales en el cultivo para mejorar el rendimiento y calidad de la fruta; además, se debe ser preciso ya que es de gran importancia en los costos de producción.

El presente estudio se centra en el cultivo de arándano, centrándose en la fertilización, una actividad cultural precisa que implica un manejo nutricional mediante la combinación de soluciones madres para cada etapa fenológica para obtener fruta de alta calidad.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Exponer el manejo nutricional del cultivo de arándano en la variedad Ventura mediante la fertilización proporcional bajo las condiciones del Proyecto Olmos ubicado en la región de Lambayeque.
- Plasmar los conocimientos adquiridos durante los años de experiencia en la gestión de la fertilización del cultivo de arándano.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar el consumo de las unidades de fertilizantes implementadas por kilogramo de fruta cosechada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN

El cultivo de arándano es un frutal que pertenece al género *Vaccinium*, dicho género pertenece a la familia de las Ericáceas, originario del hemisferio norte, especialmente de América del Norte y Europa (García, 2010).

Por otro lado, Suárez et al. (2018) manifiestan que dicho género se caracteriza por crecer de forma silvestre y reproducirse de forma vegetativa.

En el año 1908, Frederick Coville obtuvo el primer híbrido de arándano proveniente de cruzamientos y posterior selección de las progenies obtenidas (INTAGRI, 2017b).

2.2 DISTRIBUCIÓN

Gonzales y Morales (2017), afirman que de las especies cultivadas del género *Vaccinium* la de mayor importancia y demanda es la especie Highbush o Alto la cual representa más del 80% de especies cultivadas; mientras, que la especie Rabbiteye u Ojo de conejo, representa un 14%.

2.3 SITUACIÓN ACTUAL CULTIVO DE ARÁNDANO:

El Perú se ha convertido en el primer país en proveer arándanos frescos a nivel mundial, debido a su larga ventana de producción y a las extensas áreas cultivadas (FALLCREEK, 2023).

De acuerdo con lo manifestado por ADEX (2023), el Perú fue el primer exportador mundial de arándanos durante la campaña 2022 – 2023 cerrando con 286 657 toneladas con un valor de US\$1 429 millones, superando a países como EE. UU., España, Canadá, Países Bajos y Marruecos.

Por otra parte, SENASA menciona que en el 2016 el Perú contaba con 1 923 hectáreas; sin embargo, en la actualidad pasó a 18 614 hectáreas consolidándose como el primer exportador del mundo (RED AGRICOLA, 2023).

En la figura N°2 se observan los principales mercados a los cuales se ha exportado el arándano en la última campaña, siendo EE.UU el mercado principal de arándanos peruanos con 53.46% es decir con 152 513 toneladas, seguido por Países Bajos con 64 980 toneladas, en tercer lugar, China con 36 973 toneladas (Macarena, 2023).

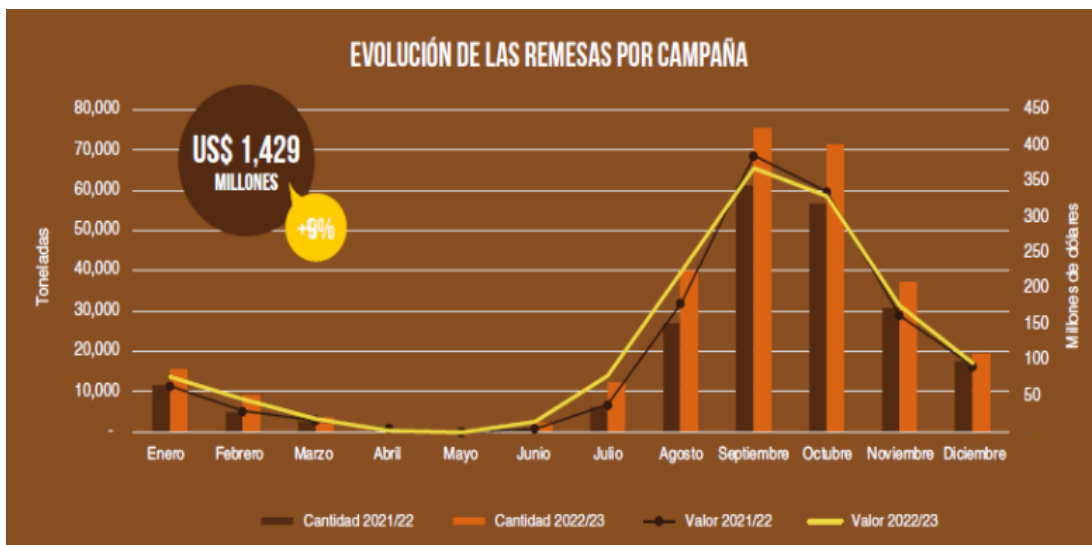


Figura 1: Dinámica de las exportaciones de arándano 2022 - 2023

Nota: Adaptado de Cierre de la campaña de arándano fresco por Fresh fruit, 2023.



Figura 2. Países donde se exportan los arándanos peruanos.

Nota: Adaptado de El arándano peruano alcanza el liderazgo mundial por Fresh fruit, 2020.

2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Cronquist (1981) considera la siguiente clasificación taxonómica del arándano:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arándano

Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Ericales
Familia:	Ericaceae
Subfamilia:	Vaccinioideae
Tribu:	Vaccinieae
Género:	Vaccinium
Especie:	Vaccinium corymbosum L.

Nota: De Sistema integrado de clasificación de plantas con flores, por Cronquist, A, 1981, University Press

2.5 MORFOLOGÍA:

2.5.1 Raíces:

Tiene raíces poco profundas, el 80% de las cuales se ubican en los primeros 40 cm, raíces lisas y fibrosas, caracterizadas por no tener pelos absorbentes (García et al, 2018). Al contar con pelos absorbentes, las raíces jóvenes son responsables de la absorción (Mesa, 2015). Según menciona Trehane (2004), el arándano tiene raíces de más de 11 mm de espesor y raíces fibrosas de aproximadamente de 1 mm, que en condiciones naturales se asocian con hongos micorrízicos específicos



Figura 3. Raíces de arándano variedad Ventura

2.5.2 Hojas:

Presentan hojas alternas, simples, pediceladas de un color verde pálido intenso (Mesa, 2015).

2.5.3 Flores:

Presentan flores pedunculares, axilares o terminales, compuestas por racimos entre 6 a 10 en cada yema (García et al., 2018). Son de color blanco, siendo la corola esférica de color verde (Mesa, 2015).



Figura 4. Flores de arándano variedad Ventura

2.5.4 Fruto:

Según García et al (2018) la fruta de la planta de arándano es una baya esférica con 1 a 3 cm de diámetro y peso en un rango de 0,5 a 4 gramos. Contiene de 20 a 100 semillas, su color depende de la variedad conteniendo una secreción cerosa (Mesa, 2015).



Figura 5. Flores de arándano variedad Ventura

2.6 FENOLOGÍA:

Gonzales et al (2022) sostienen que el arándano tiene una dinámica anual de crecimiento en la cual durante la etapa de otoño e invierno se desarrolla la dormancia, mientras que, durante la primavera y verano se desarrolla el crecimiento vegetativo y formación de frutos. Asimismo, Rivadeneira y Carlazara (2011) mencionan cuatro fases dentro del crecimiento vegetativo y seis fases dentro del crecimiento reproductivo, las cuales son las siguientes:

Tabla 2. Etapas de crecimiento del arándano

ETAPAS DE CRECIMIENTO	FASES
Crecimiento vegetativo Duración de 100 a 120 días	Yema vegetativa
	Formación de brotes con entrenudos cortos
	Crecimiento foliar y alargamiento de entrenudos
	Nueva ramificación con entrenudos largos y hojas extendidas.
Crecimiento reproductivo Duración de 109 a 118 días	Inicio de yemas hinchadas (30 a 35 días)
	Abertura de yemas para inicio de floración (10 a 14 días)
	Aparición de botones flores con corola cerrada (2 días)
	Flores en plena floración con corola abierta (2 días).
	Inicio de cuaje (15 a 20 días)
	Fruto verde (40 a 45 días).

Nota: De Comportamiento fenológico de variedades tradicionales y nuevas de arándano, por Rivadeneira, M., & Carlazara G, 2011, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.

Según Rodríguez (2023), menciona que la duración de la etapa reproductiva del arándano es de 125 días, esto determinado en el distrito de Jayanca del departamento de Lambayeque, clasificando dicha etapa en las siguientes fases:

Tabla 3. Duración de la fase reproductiva del arándano

ETAPA FENOLÓGICA	Duración
Yema hinchada a yema abierta	30
Yema abierta a botón floral	10
Botón floral a flor	4
Floración a cuaja	4
Cuaja a fruto (<8 mm)	16
Fruto (< 8 mm) a fruto (8 – 14 mm)	20
Fruto (>=14 mm) a fruto maduro	30
Fruta cremosa a pintona	7
Fruta pintona a cosecha	4
TOTAL	125

Nota: De Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) var. Ventura, en Jayanca – Lambayeque, por Rodríguez, J, 2023, Universidad Nacional del Santa. Chimbote

2.7 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD VENTURA

La variedad Ventura constituye la primera liberación de la especie Southern Highbush, patentada por el equipo de Fall Creek Genetics, las plantas de esta variedad son de porte vertical y vigorosa, siendo su fruta de maduración temprana con altos rendimientos. Posee bayas grandes y firmes de color azul medio (FALLCREEK, n.f).



Figura 6. Maduración de bayas de arándano variedad Ventura desde la cuaja hasta fruto azul



Figura 7. Planta de arándano en estado vegetativo de la variedad Ventura

2.8 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

2.8.1 Clima

Uno de los factores importantes para decidir si el cultivo de arándanos puede desarrollarse comercialmente es la acumulación de horas frío y debido a la diversidad de oferta varietal ha permitido desarrollar el cultivo en zonas climáticamente diferentes ya que en la actualidad se cuenta con variedades para dos extremos climáticos; es decir, variedades con alto requerimiento de horas frío y variedades con bajo requerimiento de horas frío (García et al, 2018).

Sin embargo, Undurraga (2013) indica que el cultivo de arándano crece mejor en condiciones de clima moderados con un requerimiento de horas frío de 300 a 1200 esto dependiendo de la variedad.

Asimismo, Huamantingo (2016) menciona que la temperatura mínima de crecimiento para el cultivo es de 7°C y la temperatura máxima de 33°C, con un crecimiento óptimo entre los 16 a 25 °C. Además, sostiene que el factor limitante para el desarrollo de las plantas de arándano es el viento, ya que éste puede llegar a ocasionar caída y daño mecánico de frutos.

En ese sentido, García et al (2010) consideran a la temperatura como un factor importante en el desarrollo del cultivo de arándano, debido a que el brote de la flor necesita temperaturas

de 24°C; del mismo modo Meyer y Prinslo (2003) mencionan a la temperatura como factor primordial en el crecimiento de los frutos señalando que los mejores frutos se dan en temperatura nocturna de 10 °C y diurnas de 26 °C.

2.8.2 Suelo

Carrera (2012) menciona que el cultivo de arándano requiere de suelos con pH de 4.5 a 5.5, ligeros con buena aireación y contenidos altos de materia orgánica para asegurar la retención de humedad y drenaje.

Por otro lado, Huamantingo (2016) sostiene que la clase textura óptima para desarrollo de plantas de arándanos deben ser franco arenosos o arcillosos, no profundos y de baja fertilidad. Además, señala que el cultivo de arándano no tolera suelos con arcillas pesadas debido a que dificultan el crecimiento de las raíces.

Según lo mencionado por Valenzuela (1988), suelos con alto porcentaje de calcio o fósforo no son óptimos para el desarrollo del cultivo.

A continuación, se presenta la tabla 4 realizando un comparativo del comportamiento del cultivo de arándano bajo manejo de macetas y suelo:

Tabla 4. Comparativo del manejo de arándano bajo condiciones de maceta y suelo.

	Bajo macetas	Bajo suelo
Enmiendas	No necesitan enmiendas en el suelo; sin embargo, se debe brindar un medio ácido durante el crecimiento de las plantas.	Requieren aplicación de enmiendas en el suelo antes de plantación.
Densidad	Mayor densidad de plantación lo que podría aumentar el rendimiento.	Menor densidad de plantación, lo que permite el mejor manejo de las plantas.
Consumo hídrico	Menor consumo de agua y mayor optimización del consumo de fertilizantes.	Mayor consumo de agua
Costo de inversión inicial	Alta inversión inicial	Menor inversión inicial

Manejo de riego y fertirriego	Más exigente en dicho manejo ya que cualquier error en dichos aspectos puede tener efectos muchos mayores debido a que la planta no tiene la posibilidad de salir de la zona del sustrato.	La homogenización del suelo y el sustrato mejora la aireación y drenaje de las raíces de la planta.
Superficie de plantación	Se requiere de un suelo lo más uniforme posible esto con el fin de ubicar a las macetas sin estorbarse la una con la otra.	Se puede plantar en zonas con pendiente; sin embargo, disminuye la eficacia del uso de espacio.
Sustrato	Tiene como principal limitante el poco espacio que tienen las raíces para formar su masa radicular.	El uso de camellones aumenta la profundidad efectiva, separando las raíces del agua subterránea.

Nota: De ¿Cultivos de arándano con suelo o sin suelo?, por Portal Frutícola, 2018. Ventajas de la Producción de Arándanos en contenedor, por INTAGRI, 2020. Manejo de arándanos (*Vaccinium Corymbosum*) en condiciones de suelos y sustratos en maceta en la zona de Ica, Tielayauri, 2022.

2.8.3 Agua

A decir de Paredes (2022) las plantas de arándano son muy sensibles al déficit de agua debido a que poseen raíces superficiales, fibrosas y de poca extensión, así, el riego por goteo localizado ayuda a mantener una humedad adecuada en los primeros 15 a 20 cm.

Bustillo (2018) menciona que plantaciones de arándano en suelos arenosos, se debe aumentar la frecuencia, pero disminuyendo la duración del riego.

Ruiz (s.f) menciona que los principales criterios que determinan la calidad del agua de riego son el nivel de sodio, salinidad y la toxicidad de iones específicos.

Como primer punto se tiene a la salinidad, la cual se refiere a la presencia de sales solubles, las cuales aumentan la presión osmótica de la solución suelo restringiendo el crecimiento de los cultivos al disminuir la cantidad de agua disponible para ser absorbidas por las plantas (Schiaretti, 2008).

Otro punto es el sodio, que se refiere a la concentración relativamente alta de sodio que provoca segregación coloidal en el suelo a medida que interactúa y desplaza a los cationes magnesio y calcio, reduciendo el acceso y el flujo del agua y oxígeno en el perfil del suelo (FERTILAB, s.f). A continuación, se dan a conocer la clasificación del agua según la sodicidad o RAS:

Tabla 5. Niveles de referencia de la calidad del agua de acuerdo con el RAS

RAS	Clase de agua	Recomendaciones
0 – 10	Baja alcalinidad	Se puede utilizar en casi cualquier suelo.
10 – 18	Alcalinidad media	Puede causar problemas en suelos arcillosos.
18 – 25	Alcalinidad alta	Puede utilizarse en suelos bien drenados y altos en materia orgánica
26 – 30	Alcalinidad muy alta	Solo se puede utilizar si el suelo tiene baja salinidad y se realiza el enyesado.

Nota: Adaptado de Calidad del agua de riego, Vega y Pasto, 2005.

Por otro lado, la toxicidad por iones específicos significa que hay iones que son dañinos para las plantas en concentraciones superiores a las toleradas, como el cloruro, el sodio y el boro. (Ruiz, s.f.).

2.9 MANEJO AGRONÓMICO

2.9.1 Riego y fertilización:

Torres (2018), señala que el manejo del agua en el cultivo de arándano preferentemente se debe hacer bajo sistema de goteo o localizado, pues éste permite asegurar las cantidades adecuadas de agua; además, dicho sistema trae consigo bajo requerimiento en el consumo de energía, disminución de malezas y reducción de pérdidas de agua por percolación y evapotranspiración.

Para Martínez (2019) el riego y fertirriego son factores indispensables en el desarrollo del cultivo siendo ideal la implementación de una solución nutritiva completa; sin embargo, si no se llega a disponer de una, se debe adicionar al menos nitrógeno el cual debe aplicarse en formas amoniacales como sulfato de amonio o fosfato monoamónico. Asimismo, Uribe (2013) menciona que la distribución del agua en el suelo es un factor de vital importancia en la producción de arándanos en la cual además se debe considerar el sistema radical superficial de las plantas. Además, indica que el uso preferente de riego localizado permite que el cultivo reciba la cantidad de agua adecuada ya que un exceso o déficit de ésta, afecta el rendimiento y crecimiento vegetativo.

En la misma línea, Martínez (2010) manifiesta que el riego diario deber ser equivalente a la cantidad de agua utilizada por el cultivo más un adicional que se desplaza en profundidad debido al rápido movimiento del agua por los macroporos.

Fang et al. (2020) menciona dos factores que afectan directamente la dinámica de absorción de los elementos, siendo estos la variedad y zona donde se desarrolla el cultivo.

Torres (2017) menciona que la dosis a aplicar de cada nutriente debe estar relacionado con el nivel de rendimiento y las propiedades químicas del suelo del huerto, por lo que el programa de fertilización debe ser específico a cada huerto campaña tras campaña.

Lira (2023) menciona que el riego bajo maceta debe tener un mayor número de frecuencias de riego con una disminución en el tiempo de riego, generalmente se realiza en ciclos de riego por tiempo a comparación de un riego bajo suelo se debe se debe manejar con un menor número de frecuencia de riego aumentando el tiempo de riego, mayormente se realiza por ciclos de riego por volumen. Además, menciona que, bajo la condición de macetas, debido a los pulsos de riego cortos, se provoca una acumulación de sales debido a que no se puede empujar dichas sales fuera de la zona radícula, es por lo que necesita tener en cuenta: seguimiento de CE en gotero y drenaje, medición del volumen de drenaje y manejar un 25% más de agua durante toda la producción del cultivo. Debido a que las raíces son pequeñas en volumen, el riego de macetas debe garantizar una buena aireación del sustrato, una elevada disponibilidad de agua, una baja CE cerca de las raíces y una alta eficiencia en el manejo de la fertilización.

Benites (2023) también mencionó que los arándanos son sensibles a la sal en macetas o en el suelo, enfatizando que la CE por encima de 1.5 dS/m dañará el sistema radicular, el follaje y la producción de frutos.

En macetas bajo un riego con frecuencias amplias produce condiciones favorables para el sistema radicular las cuales se ve refleja con una mayor producción a diferencia de un manejo bajo suelo con mayor número de frecuencia de riego lo cual provoca una retención de agua y puede producir problemas de aireación en el sistema radicular (PortalFrutícola, 2013).

2.9.2 Tecnología para el monitoreo

a. Análisis foliares:

Es una técnica que permite diagnosticar el estado nutricional de las plantas, identificar las causas de un síntoma visual y corroborar la efectividad del programa de nutrición; dicha herramienta permite revisar los niveles de nutrientes en la hoja y diagnosticar el estado nutricional de la planta (INTAGRI, 2017a).

Es así como, Mejías et al. (2019) señalan que el cultivo de arándano es un frutal sensible a la deficiencia o exceso de nutrientes; sin embargo, esto puede ser monitoreado a través de un análisis foliar. Para realizar un análisis foliar se debe enviar a laboratorio una muestra compuesta de 200 gramos de hojas maduras del tercio medio de un brote. En la tabla 6 se observa las escalas de referencia para un análisis foliar en arándano.

Tabla 6. Niveles de referencia para la evaluación de hojas de arándano

Nutriente	Unidad de medida	Nivel deficiente	Nivel adecuado	Nivel excesivo
Nitrógeno	%	<1.2	1.5 - 2.0	>2.3
Fósforo	%	<0.07	0.08 - 0.15	>0.3
Potasio	%	<0.3	0.35 - 0.65	>1
Calcio	%	<0.13	0.4 - 0.8	>1
Magnesio	%	<0.08	0.12 - 0.25	>0.45
Hierro	mg kg ⁻¹	<60	60 - 120	>400
Manganeso	mg kg ⁻¹	<23	50 - 350	>450
Zinc	mg kg ⁻¹	<8	8 - 30	>50
Cobre	mg kg ⁻¹	<5	5-20	>80
Boro	mg kg ⁻¹	<20	30-70	>200

Nota: Adaptado de Mejías, B y Hirzel, J. (2019) Niveles de referencia para análisis de suelo y foliar en huertos de arándano.

b. Análisis de sondas de succión:

Berrueta et al. (2021) mencionaron que una herramienta útil para monitorear las concentraciones de nutrientes en la solución del suelo son las sondas de succión permitiendo realizar la corrección al plan de nutrición de acuerdo con la distribución de cada nutriente en el suelo evitando de esta manera las deficiencias o excesos.

Es así como, Gurdián (2010) menciona que la utilización de sondas sirve para medir la concentración de nutrientes ya que expresan mejor que las sondas de lixiviación la composición de la solución suelo; sin embargo, éste es un método muy poco desarrollado a la fecha.

2.9.3 Antecedentes en el manejo agronómico:

Benites (2023) desarrollo su experiencia en la empresa GREENWAY, el cual menciona que debido a que en dicha zona presentan suelos limosos arcillosos los cuales son suelos impermeables dificultando la plantación de arándanos en la provincia de Paita, departamento de Piura; debido a esta condición se optó por usar maceta con un sustrato hidropónico para realizar una plantación de arándanos.

En la zona estudiada por Benites se tiene casi todo el año una baja humedad relativa, temperaturas máximas mayores a 25°C, no hay presencia de horas frío (temperaturas menores a 7°C), es por lo que es frecuente en el cultivo de arándano el estrés térmico y cierre estomático, sobre todo en verano.

En cuanto a la calidad del agua de la zona de estudio, existe una conductividad adecuada para el cultivo de arándano con una EC de 0.4 dS/m. El pH está fuera del rango permitido, por lo que se utiliza un quemador de azufre o ácido como medio de corrección.

El sustrato utilizado es fibra de coco con alta CE, por lo que se debe lavar con abundante agua para eliminar las sales. Además, se maneja con un drenaje del 30% para mantener la capacidad del sustrato en el campo.

La densidad de plantación es de 9 540 plantas por ha, con hileras de 2,10 m de distancia y 0,5 m entre plantas.

El método utilizado para determinar el consumo diario de agua de una planta es mediante el uso y evaluación de un lisímetro; sin embargo, la cantidad de agua consumida es

proporcional a la edad y estado morfológico de la planta y variedad, siendo la cantidad total de agua consumida por lote de la variedad Ventura de 11.200 m³/ha

Tabla 7. Las necesidades hídricas según los estados morfológicos de la variedad Ventura

Etapa fenológica	m ³ /ha	Litros/planta	Litros/planta/día
Brotamiento	1 682	176	3
Inducción	1 052	110	2.5
Floración y cuajado	4 270	447	5
Cosecha	4 264	446	3

Nota: Adaptado de Manejo Agronómico del Cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* l.) con sustrato hidropónico en el valle del Chira, Piura, Benites, 2023.

En cuanto a la fertilización, se utilizaron cinco soluciones nutritivas con una CE de 4 L/m³; estas soluciones no tuvieron una CE superior a 1,5 dS/m.

Tabla 8. Proporción de elementos en las soluciones nutritivas para la variedad

Elementos	Solución vegetativa	Solución pre-inducción	Solución super generativa	Solución generativa	Solución compensada
Periodo (semanas)	16	2	2	20	13
N (meq/L)	5	5	0	0.5	5
P (meq/L)	0.75	0.8	0.75	0.75	1
K (meq/L)	1	2	5	5	5
Ca (meq/L)	2	2	3	2	2.5

Nota: Adaptado de Manejo Agronómico del Cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* l.) con sustrato hidropónico en el valle del Chira, Piura, Benites, 2023.

Betega (2022), por otro lado, desarrolló su experiencia en el fundo con manejo orgánico llamado "El Monte", ubicado en el Valle de Chira, Piura.

En el área analizada por Betega, que tiene una humedad relativa baja del 70 al 80 %, las temperaturas oscilan entre 14 y 35 °C durante todo el año, lo que ayuda a las plantas a crecer bien gracias a las bajas temperaturas nocturnas.

Con respecto a la calidad de agua de la zona de estudio, presenta un agua no apta para el riego del arándano debido a que presenta alta concentración de sodio, es por lo que a dicha agua se le realiza un tratamiento de osmosis inversa con el objetivo de bajar la CE y disminuir la concentración de las sales tóxicas. El sustrato utilizado fue de fibra de coco, la cual tiene la proporción de 80% de fibra de coco gruesa y 20% de fibra de coco fina.

Para el cálculo del volumen de riego se utilizan 2 métodos, el primero se realiza bajo la recolección de datos obtenidos por el lisímetro y gotero control; mientras que, el segundo método es a través del riego por trisondas las cuales miden la humedad del sustrato teniendo como indicador un 45% de humedad para la fibra de coco.

Respecto al consumo total por campaña de la variedad ventura de 10 453 m³/ha, regándose durante los meses de menor demanda con un volumen de 21 a 26 m³/ha/ día; mientras que durante los meses de mayor demanda de 26 a 31 m³/ha/día.

Tabla 9. Consumo anual de agua

Meses	m ³
Ene	649
Feb	777
Mar	1,041
Abr	1,084
May	1,013
Jun	925
Jul	887
Agos	785
Set	823
Oct	861
Nov	973
Dic	633

Nota: Adaptado de Fertilización Continua del cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en contenedores con sustrato bajo condiciones del Valle de Chira – Piura, Betega, 2022.

En la región estudiada por Betega, donde la humedad relativa es tan baja como del 70 al 80%, las temperaturas oscilan entre 14 y 35 °C durante todo el año, lo que permite un buen crecimiento de los cultivos gracias a las bajas temperaturas nocturnas.

Tabla 10. Relaciones entre los componentes de la solución nutritiva de la variedad.

Etapa fenológica	Crecimiento	Pre inducción	Inducción	Pre producción	Producción	Pre poda - crecimiento
Nº días	27	16	15	100	180	27
N (meq/L)	4.0	2.0	0.0	4.0	2.5	0.3
P (meq/L)	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
K (meq/L)	0.8	0.8	4.0	4.0	4.0	0.8
Ca (meq/L)	2.0	2.0	0.8	3.0	2.5	0.5
Mg (meq/L)	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5

Nota: Adaptado de Fertilización Continua del cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en contenedores con sustrato bajo condiciones del Valle de Chira – Piura, Betega, 2022.

Otra experiencia en el cultivo de arándano es la de Lira (2023), el cual cuenta con experiencia en el manejo del arándano bajo condición de maceta con una densidad de 9 204 plantas/ha y bajo condición suelo con una densidad de 4 464 planta/ha.

Lira sostiene que en plantas de primer año se produce un mayor consumo hídrico en suelo siendo este un 50 a 62% mayor que en macetas.

En cuanto a la fertilización, tanto en macetas como en el suelo, se manejaron dosis de fertilización con CE de 0,7 a 1,2 dS/m, dependiendo del estado fenológico.

De acuerdo con la experiencia mencionada por Lira, sostiene que un cultivo bajo manejo de macetas obtiene un mayor rendimiento que bajo suelo siendo el rendimiento de 19.8 toneladas en el primer manejo y 9.1 toneladas bajo manejo en suelo.

Tabla 11. Consumo hídrico bajo manejo de macetas Qali – Irrigación Santa Rosa

Consumo de agua	m ³	Litros/planta	m ³ /kg producido
Poda - prefloración	465.5	50.5	0.02
Floración - formación de frutos	740.2	80.4	0.04
Cosecha	2778.5	301.7	0.14
Total	3984.2		0.20

Nota: Adaptado de El cultivo de Arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en macetas bajo las condiciones de Chepén, La libertad e Irrigación Santa Rosa – Lima, Lira, 2023.

Tabla 12. Consumo hídrico bajo manejo de macetas en Chepén

Consumo de agua	m ³	Litros/planta	m ³ /kg producido
Poda - prefloración	1007.54	105.6	0.05
Floración - formación de frutos	1201.12	125.9	0.06
Cosecha	3049.46	319.5	0.16
Total	5258.12		0.27

Nota: Adaptado de El cultivo de Arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en macetas bajo las condiciones de Chepén, La libertad e Irrigación Santa Rosa – Lima, Lira, 2023.

Tabla 13. Consumo hídrico bajo manejo de suelo en Chepén

Consumo de agua	m ³	Litros/planta	m ³ /kg producido
Poda - prefloración	1715.9	384.4	0.2
Floración - formación de frutos	2165.0	485.0	0.2
Cosecha	6717.8	1504.9	0.7
total	10598.7	2374.3	1.2

Nota: Adaptado de El cultivo de Arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en macetas bajo las condiciones de Chepén, La libertad e Irrigación Santa Rosa – Lima, Lira, 2023.

3.2 FACTORES DEL AGROSISTEMA

3.2.1 Densidad de plantación

La densidad de plantación manejada en el fundo es de 4,902 plantas por hectárea consistiendo en 2.72 metros entre líneas y 0.75 metros entre plantas, sobre una cama de 40 cm de altura y 1 m de ancho.

Debido a que el manejo de las plantaciones bajo un sistema de suelo en camellones permite aumentar la profundidad explorable de las raíces y mejorar la aireación del suelo, mejora el drenaje del agua y evita tener un ambiente propicio para la proliferación de enfermedades radiculares (Orga, 2021).

3.2.2 Datos meteorológicos

A continuación, se mostrarán los datos de las principales variables meteorológicas, que fueron registradas en la campaña 2022 con apoyo de la estación meteorológica Davis Weather Link.

a. Temperatura: en la figura 9 se observa temperaturas máximas entre los meses de diciembre a marzo en un rango de 32 a 33°C, mientras que temperaturas mínimas de junio a octubre en un rango de 14 a 15 °C.

Por otro lado, se observa temperaturas promedio en un rango de 18 a 24 °C.

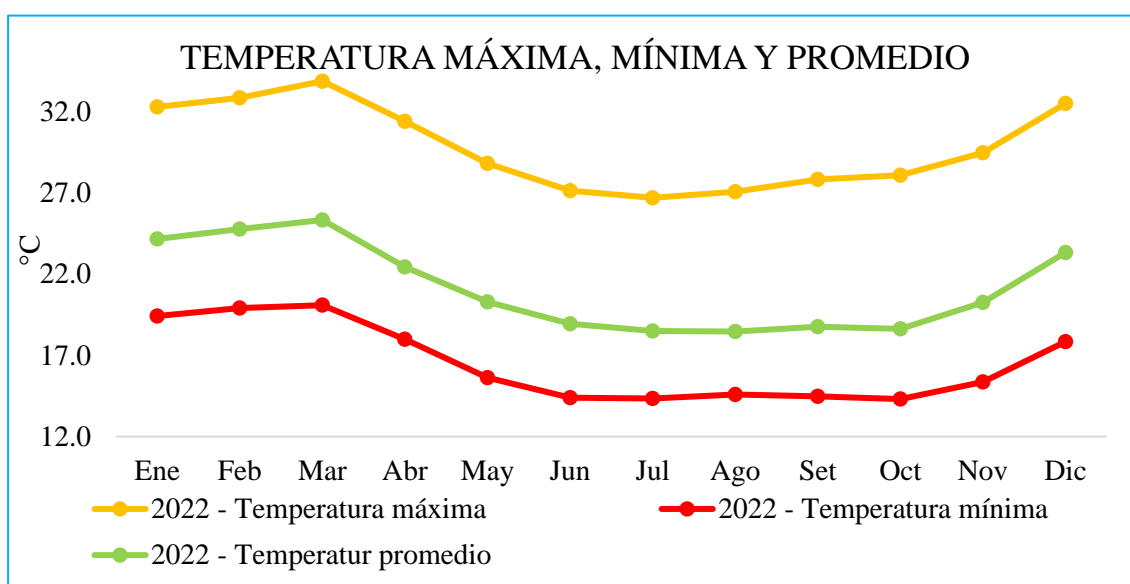


Figura 9. Data registrada por la estación meteorológica Davis

Fuente: Estación meteorológica Davis, 2022.

b. Humedad relativa: en la figura 10 se observa una humedad promedio mayor en los meses de abril a agosto.

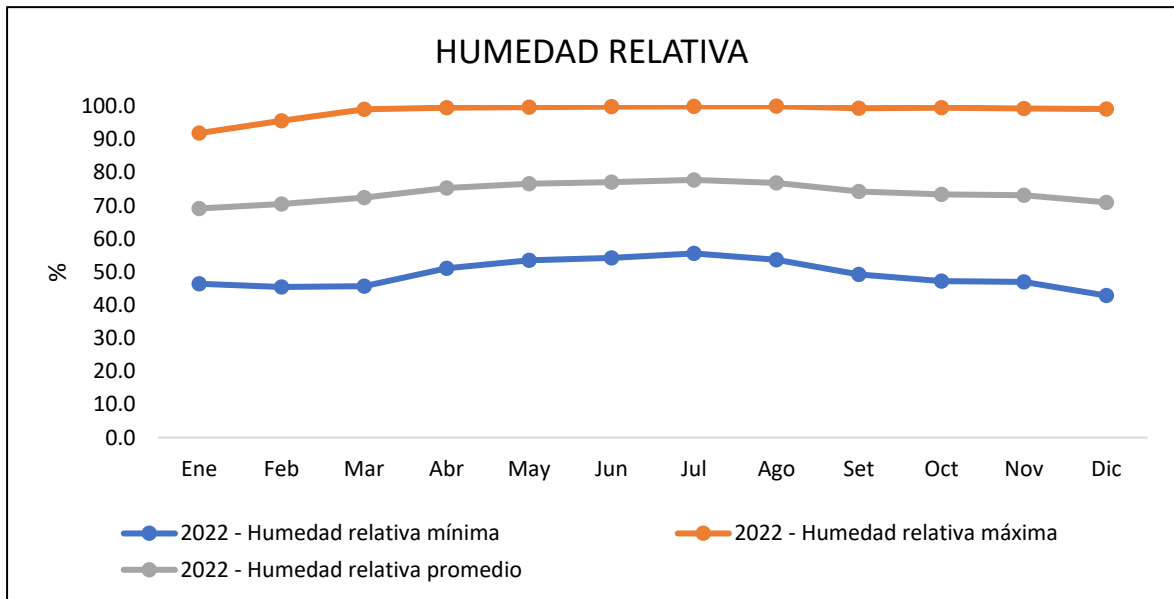


Figura 10. Data registrada por la estación meteorológica Davis

Fuente: Estación meteorológica Davis, 2022.

c. Evapotranspiración: en la figura 11 se observa una mayor ETo en los meses de enero a marzo y una mínima ETo en los meses de mayo a agosto.

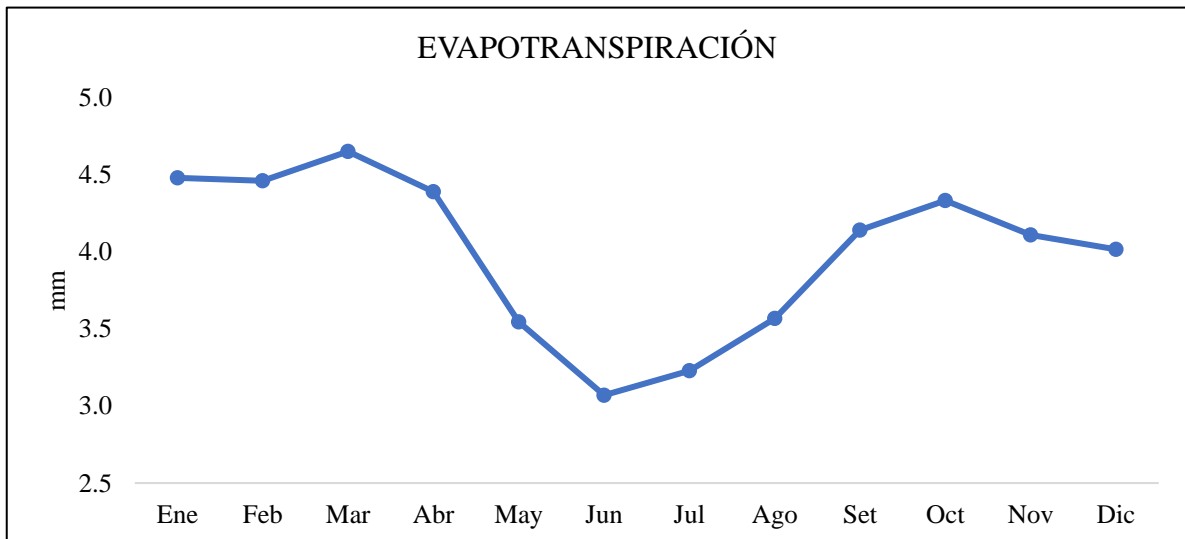


Figura 11. Data registrada por la estación meteorológica Davis

Fuente: Estación meteorológica Davis, 2022.

d. Precipitación: en la figura 12 se observa una mayor precipitación en el mes marzo con 19,2 mm.

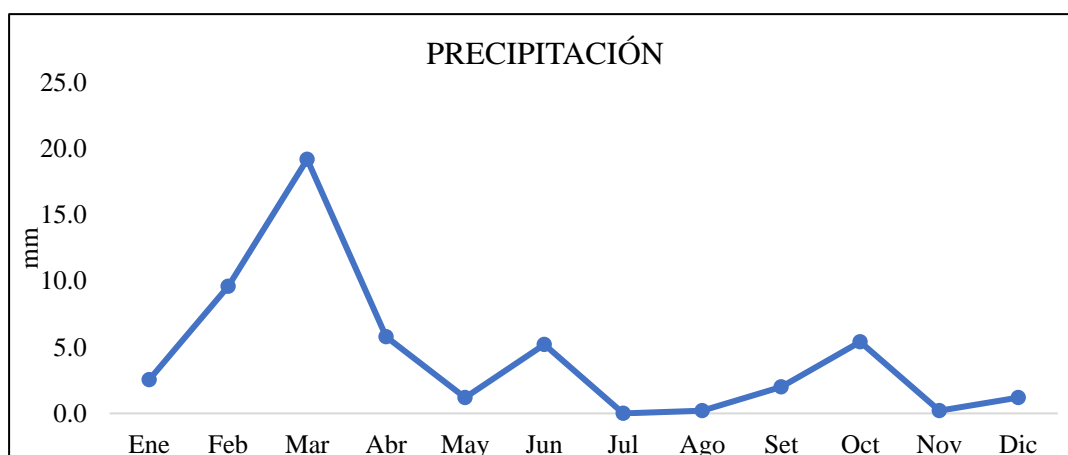


Figura 12. Data registrada por la estación meteorológica Davis

Fuente: Estación meteorológica Davis, 2022.

3.2.3 Calidad del agua

Como se muestra en la Tabla 15, el río Huancabamba es la principal fuente de agua para todo el proyecto, con una conductividad de agua de 0.24 dS/m, lo que lo convierte en una fuente de agua adecuada para riego.

Según lo mencionado por Chirinos (2001) una alta concentración de sales en el agua de riego disminuye el agua disponible en el suelo para el cultivo ocasionando un estrés fisiológico y con ello afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas, es por ello, que esta baja conductividad eléctrica es una ventaja para el riego de las plantas del Proyecto Olmos ya que el cultivo de arándano es muy sensible a la elevada salinidad.

Tabla 14. Sensibilidad de los cultivos a la salinidad

Sensible	Moderadamente sensible	Moderadamente tolerante	Tolerante
Ciruelo	Alfalfa	Festuca	Algodón
Almendro	Apio	Soya	Cebada
Cebolla	Brócoli	Sorgo	Espárrago
Fresa	Coliflor	Trigo	Remolacha
Frejol	Espinaca	Vid	Granado
Zanahoria	Lechuga	Manzanos	Olivo
Arándano	Maíz	Cerezo	Higuera
Frambuesa	Papa	Nogal	
Pimiento	Palto	Tomate	

Fuente: Diplomado de fertirriego, Universidad de Concepción, 2022.

Otra ventaja que tienen el agua del fondo es la baja concentración de sodio y cloro, ya que de lo contrario serían fácilmente absorbidos por la planta debido a dichos elementos se movilizan fácilmente en la solución suelo lo cual provoca acumulación de dichos elementos en las hojas provocando necrosis y quemaduras

Los valores de RAS superiores a 10 meq/L se consideran de riesgo medio según los parámetros de calidad del agua de riego utilizados para la agricultura (Nakayama, 1982; Ayers y Wescot, 1985), así en la tabla 7 observamos que el agua de riego del fondo presenta un RAS de 0.39 meq/L siendo este un valor bajo dándole una ventaja al manejo del fertirriego ya que ayuda a aumentar la fertilidad del suelo mediante el aumento de la aireación y disponibilidad de elementos como hierro y zinc.

Por otro lado, Sela (2020) menciona que el pH del agua influye en la solubilidad de las sales minerales las cuales deben estar disueltas en la solución suelo para estar disponibles para las plantas siendo el rango ideal de 5.5 a 6.5, debido a que el pH del agua del fondo es de 7.75 se considera como una desventaja para el riego de las plantas, es por ello, que se realiza la acidificación del agua mediante quemadores de azufre, la cual mediante una reacción química del azufre con el oxígeno y calor produce SO_2 que en contacto con el agua crea el ácido sulfuroso, al mezclar este gas con el agua a través del doble sistema Venturi se obtiene agua a un pH de 2.0 la cual se lleva a reservorio para mezclarse con el agua de reservorio y se obtiene un pH de 5.0 a 5.5, esto a la vez evita obstrucciones por goteo causadas por la precipitación de minerales.

Otra desventaja del agua del fondo es la dureza moderada que presenta siendo esta de un valor de 73.92 mg/L CaCO_3 , la cual puede provocar la precipitación de sales de calcio y magnesio dañando o reduciendo la eficiencia del sistema.



Figura 13. Quemadores de azufre usados para la acidificación de agua en reservorios.

Tabla 15. Análisis de agua del año 2022

PARÁMETROS	RESULTADO	
Parámetros Fisicoquímicos		
pH		7.75
Conductividad Eléctrica	240 μ S/cm a 25 °C	
ANIONES		
Sulfatos	1.39	meq/L
Nitratos	<10	meq/L
Alcalinidad	0.48	meq/L
Cloruros	<0.28	meq/L
CATIONES		
Calcio	1.19	meq/L
Magnesio	0.39	meq/L
Sodio	0.35	meq/L
Potasio	<0.05	meq/L
METALES		
Hierro	0.11	mg/L
Manganeso	<0.05	mg/L
Cobre	<0.05	mg/L
Zinc	<0.05	mg/L
Boro	<0.05	mg/L
RAS	0.39	meq/L

Tabla 16. Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola.

Parámetro de calidad	Unidades	Grado de restricción		
		Ninguno	Leve a moderado	Severo
1. Salinidad				
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	<0.7	0.7 – 3.0	>3.0
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	<450	450 – 2000	>2000
2. Efecto de iones específicos				
Relación de adsorción de sodio (RAS)		<3	3.0 – 9.0	>9.0
Sodio (Na ⁺)	meq/L	<5	5-10	>10
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	meq/L	<1.5	1.5 – 8.5	>8.5
Cloruros (Cl ⁻)	meq/L	<4.0	4.0 – 10.0	>10
Boro	mg/L	<0.7	0.7 – 3.0	>3.0
Manganeso	mg/L	<0.1	0.1 – 1.5	>1.5
Hierro	mg/L	<0.1	0.1 – 1.5	>1.5
Sulfuro de hidrogeno	mg/L	<0.5	0.5 – 2.0	>2.0

Nota: Adaptado de Water quality for agriculture, Ayers y Wescot, 1985

3.2.4 Condiciones de suelo:

Según Retamales y Hancock (2012), el cultivo de arándano requiere un pH del suelo entre el rango de 4.0 a 5.2 siendo éstos los valores óptimos para el desarrollo vegetativo y calidad de frutos.

Huamantingo (2016), quien sostiene que suelos arenosos son ideales para el desarrollo de las plantas de arándano, pues ayuda a la oxigenación de las raíces y evita la saturación del suelo.

Según Mejía (2008), el cultivo de arándano en condiciones de suelos con mayor porcentaje de arcillas dificulta el crecimiento de las raíces, además requieren estructuras de macroporos, abundante materia orgánica para retención de humedad y un buen drenaje.

Según el análisis, el suelo tiene una textura arenosa con un 78% de arena, lo que lo convierte en un suelo ideal para el cultivo de arándanos porque proporciona condiciones favorables para el crecimiento de las raíces, ventilación y buen drenaje.

Otra ventaja del suelo estudiado se tiene una conductividad eléctrica de 0.287 dS/m, lo cual se encuentra dentro del rango óptimo (menor a 1.5 dS/m).

Como desventaja del suelo, se tiene un bajo porcentaje de materia orgánica de 0,28 %, siendo lo ideal un 2.5 % de materia orgánica, es por lo que durante la preparación de terreno se incorporó turba como materia orgánica en una dosis de 20 ton/ha.

Otra desventaja del suelo del fundo es el pH de 6.55, lo cual se encuentra fuera de rango óptimo para el desarrollo del cultivo para lo cual ayudo la incorporación de materia orgánica debido a que este es medio de sustrato ácido.

Tabla 17 Análisis de suelo

FERTILIDAD FÍSICA		
Clase textural	Franco arenosa	
Arcilla	15	%
Limo	7	%
Arena	78	%
FERTILIDAD		
Parámetro	Resultado	Unidades
Materia orgánica	0.28	%
Nitrógeno total	< 155	mg/kg
Fósforo disponible	122	mg/kg
Caliza activa	< 0.5	% CaCO ₃
Calcio disponible	1.53	meq/100 g
Magnesio disponible	0.547	meq/100 g
Potasio disponible	0.42	meq/100 g
Sodio disponible	0.28	meq/100 g
Conductividad eléctrica (Ext 1/1)	287	uS/cm a 20°C
pH (Extracto 1/1)	6.55	
Suma de bases disponibles	2.78	meq/100 g
MICROELEMENTOS		
Boro	< 0.5	mg/kg
Hierro (DTPA)	33.3	mg/kg
Manganeso (DTPA)	3.13	mg/kg
Cobre (DTPA)	0.6	mg/kg
Zinc (DTPA)	0.86	mg/kg
COMPLEJO DE CAMBIO		
Calcio cambio	0.79	meq/100 g
Magnesio de cambio	0.27	meq/100 g
Potasio cambio	0.19	meq/100 g
Sodio cambio	< 0.05	meq/100 g
Aluminio de cambio	0.08	meq/100 g
CIC efectiva	1	meq/100 g
Bases de cambio	1.25	meq/100 g

Tabla 18. Niveles de referencia para el análisis de suelo según la textura franco-arenosa

Parámetro	Nivel	Unidades
Materia orgánica	> 2.5	%
Nitrógeno total	10 - 20	mg/kg
Fósforo disponible Olsen	> 12	mg/kg
Conductividad eléctrica (Ext 1/1)	< 1.5	dS/m
pH (Extracto 1/1)	4.8 - 5.8	
MICROELEMENTOS		
Boro	0.6 - 1.5	mg/kg
Hierro (DTPA)	4 - 10	mg/kg
Manganeso (DTPA)	3 - 5	mg/kg
Cobre (DTPA)	0.5 - 1	mg/kg
Zinc (DTPA)	0.8 - 1.5	mg/kg
COMPLEJO DE CAMBIO		
Calcio cambio	4 - 8	meq/100 g
Magnesio de cambio	0.8 - 1.5	meq/100 g
Potasio cambio	0.3 - 0.6	meq/100 g
Sodio cambio	0.03 - 0.2	meq/100 g

3.3 RIEGO Y FERTILIZACIÓN

3.3.1 Determinación de consumo de agua

La figura 14, nos indica el consumo mensual de agua durante la campaña 2022 para la producción de 1 ha bajo las condiciones en que se desarrolla el presente trabajo, se observa variación de la lámina de riego mensual conforme va variando la evapotranspiración, así en los meses de octubre a marzo donde los requerimientos son mayores se riega con una lámina total de riego de 46 a 50 m³/ha, mientras que los meses abril a agosto se riega con una lámina de 30 a 45 m³/ha. Además, se observa un ajuste de la lámina de riego en los meses de octubre a diciembre dependiendo de los m³ entregados por el proyecto esto debido a la época de estiaje que ocurre en dichos meses donde el caudal del río Huancabamba disminuye.

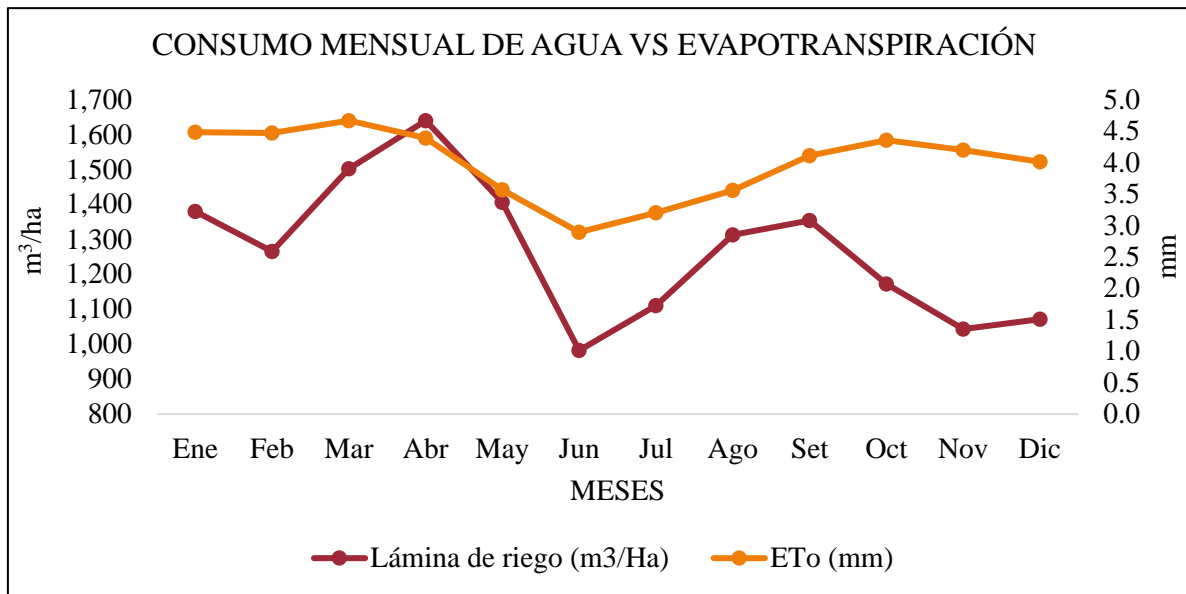


Figura 14. Consumo de agua y evapotranspiración mensual durante la campaña 2022.

Para la determinación de la lámina de riego diaria a ejecutar se consideró la evapotranspiración diaria del cultivo la cual es determinada a través de la estación meteorológica Davis, 95% de eficiencia del sistema debido a que el sistema por goteo ayuda a minimizar las pérdidas por evapotranspiración directa del suelo, respecto al coeficiente del cultivo (K_c) se utilizó un K_c promedio de 1 para toda la campaña esto debido a que aún no se determina el K_c por etapa fenológica a condiciones del fundo y no se cuenta con referencias de literatura de K_c para el cultivo de arándano según las diferentes variedades y ubicaciones geográficas, la fracción de lavado que se considero fue muy variada durante la campaña ya que esto dependió de la conductividad eléctrica de la plantilla de fertilización del cultivo y la $CE_{ex\ max}$ la cual es la conductividad eléctrica máxima del extracto de saturación del suelo para un rendimiento esperado del cultivo (dS/m) la cual se escoge de acuerdo a un rendimiento esperado del 100%, o lo que es lo mismo, un 0% de disminución del rendimiento; sin embargo, a condiciones del fundo se considera la disponibilidad de agua que es entregada por el Proyecto Olmos debido a que durante los meses de octubre a diciembre se encuentran las épocas de estiaje.

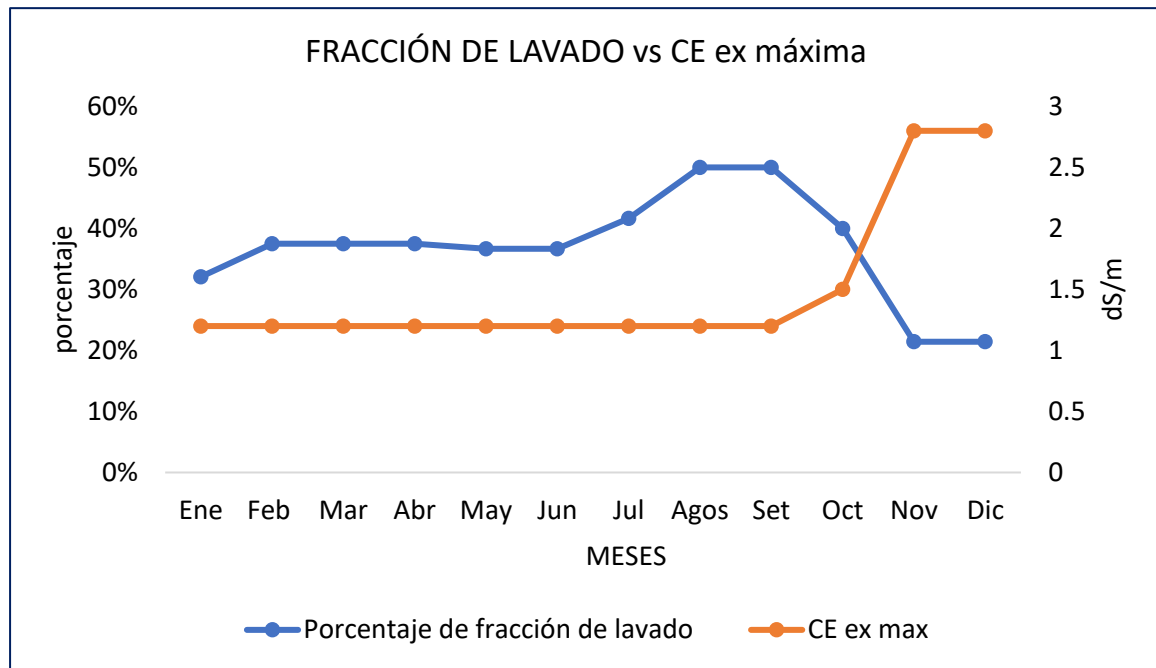


Figura 15. Fracción de lavado vs CE ex máxima

Tabla 19. Influencia de la salinidad del arándano en el rendimiento

CE (dS/m)	10%	25%	50%
Arándano	1,0	1,5	2,0
Frambuesa y moras	1,5	2,0	2,5
Frutilla	1,5	2,0	2,5

Nota: Adaptado de Diplomado de fertirriego, Universidad de Concepción, 2022.

Como parte del monitoreo diario de la lámina de riego se realiza un seguimiento con el sensor de humedad, lo cual nos ayuda a realizar una programación de riego basada en la información agroclimática de la zona y cultivo, contenido hídrico del suelo y estado hídrico del cultivo que permita limitar las pérdidas de agua. La figura 16 muestra el seguimiento de la humedad a profundidades de 15 cm, 25 cm y 40 cm, donde se registró la humedad ideal en agosto.; sin embargo, a finales de setiembre e inicios de octubre se observa una disminución de la humedad del suelo a un inicio de estrés esto debido a una evapotranspiración y menor disponibilidad de agua debido al inicio de la época de estiaje.

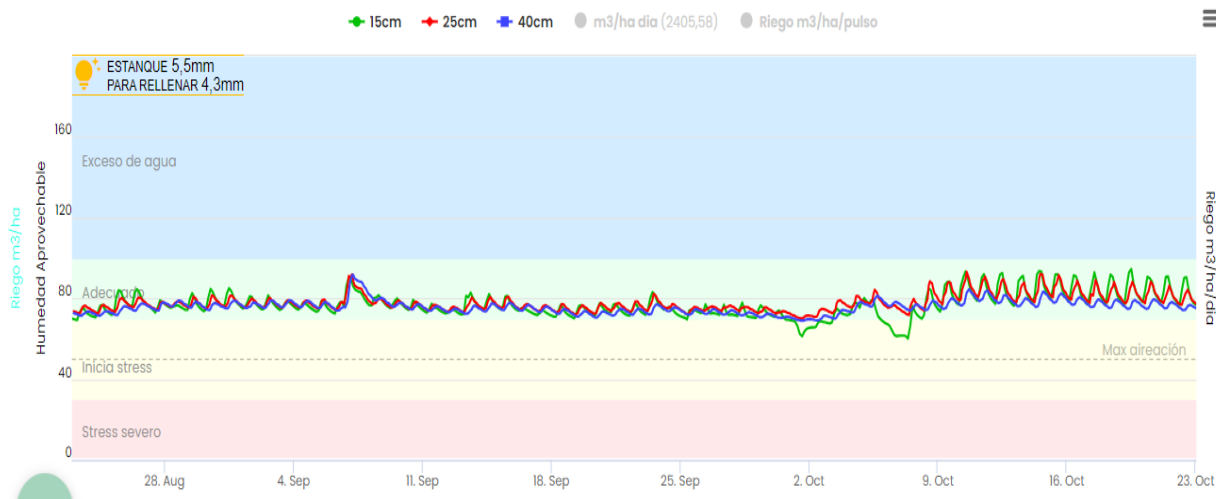


Figura 16. Monitoreo de humedad de suelo a través de sensores.

En la tabla 20, muestra que para un rendimiento de 36 toneladas se requirió un volumen de 15,175 m³/ha; generando un gasto de 422 ml por kg de arándano producido.

Tabla 20. Requerimiento hídrico

Consumo de agua	m³	Litros/planta	m³/kg producido
Poda	1,068	217.9	0.030
Crecimiento vegetativo	5,749	1172.8	0.160
Inducción y floración	1,400	285.6	0.039
Crecimiento de fruta	980	199.9	0.027
Plena producción	5,978	1219.5	0.166
TOTAL	15,175	3,096	0.422

3.3.2 Consumo de agua por etapa fenológica:

El cultivo de arándano cuenta con 5 etapas fenológicas en su desarrollo, estando estas muy ligadas a los cambios de soluciones nutritivas, dichas etapas fenológicas se establecieron a través de un seguimiento de la fenología de la planta durante la campaña 2021 y referencia bibliográfica de Meyer y Prislo (2023), las cuales se han ido ajustando campaña a campaña a través de las evaluaciones diarias de fenología, los porcentajes de cada etapa fenológica se han ido ajustando debido a que a condiciones del Perú el cultivo de arándano presenta superposición de diferentes estados fenológicos en una misma planta, es decir, una planta de arándano puede llegar a tener brotes vegetativos, flores, botones, cuajas y fruta madura en una misma época, por lo que se vio conveniente establecer porcentajes de cada estadio mencionado para considerarlo como etapa fenológica propiamente dicha.

- Poda: se realiza en los meses de diciembre por fines comerciales consistiendo en el reinicio del cultivo. Se considera una duración de 1 mes desde el corte de las ramas de la campaña anterior hasta la obtención del 80% de brotes entre 5 a 10 cm. Presenta una duración de 30 días.
- Brotamiento: consiste desde la presencia del 80% de brotes entre 5 a 10 cm hasta el 30% de plantas en floración. Tiene una duración de 120 días.
- Floración: consiste desde el 30% de plantas en floración hasta el 10% de plantas con cuajas. Tiene una duración de 30 días.
- Engorde de fruto: consiste desde el 10% de plantas con cuajas hasta el 30% de plantas con frutos mayores a 10 mm. Tiene una duración de 30 días.
- Plena producción: consiste desde la presencia del 10% de plantas con frutos mayores a 10 mm hasta un día antes de la poda.

A continuación, se presenta una referencia bibliográfica usada para la determinación del ciclo anual de desarrollo del cultivo:

Tabla 21. Etapa del ciclo anual del desarrollo del cultivo de arándano

Etapa fenológica	Descripción
Desarrollo vegetativo	Es el crecimiento de los ápices vegetativos y acumulación de carbono y reservas de nutrientes.
Botón floral de iniciación	Al estimular la floración y hacer la transición de los ápices de la etapa vegetativa a la reproductiva.
Dormancia	Cuando no hay crecimiento vegetativo ni diferenciación de estructuras vegetativas.
Floración	Cuando se llevan a cabo procesos biológicos como la polinización y fertilización
Desarrollo del fruto	Las estructuras reproductivas crecen y se desarrollan.

En la figura 17 se muestra el requerimiento hídrico por etapa fenológica en donde se observa un mayor consumo de volumen de agua en la etapa de brotamiento o crecimiento vegetativo la cual coincide con los meses de mayor evapotranspiración y con ello el aumento del volumen de riego, como se mencionó anteriormente el Kc utilizado para la dotación hídrica

es de 1 para todo el ciclo del cultivo esto debido a que aún no se determina el Kc específico por cada etapa fenológica para las condiciones en donde se desarrolla el trabajo en mención; sin embargo, se realiza monitoreo de humedad aprovechable a través de sensores de humedad, seguimiento de calicatas mensuales con el objetivo de observar presencia de raíces nuevas o activas las cuales nos dan un indicativo de una buena relación entre aire y agua en el suelo y monitoreo de humedad al tacto, seguimiento de la conductividad eléctrica del suelo con el fin de evitar una reconcentración de sales en el perfil del suelo.

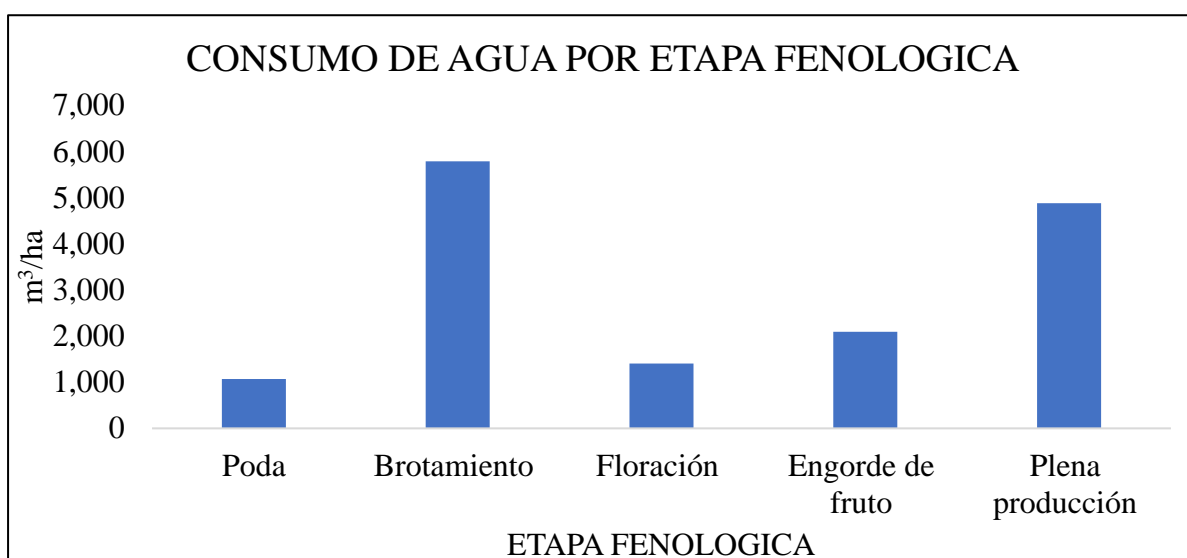


Figura 17. Consumo de agua por etapa fenológica durante la campaña 2022

Tabla 22. Rangos para evaluación de humedad del suelo al tacto

Rango de humedad	Visualización en campo
1 – Humedad aprovechable 100% (Capacidad de campo)	Se toma una cantidad de arena al comprimirla se forma una bola, esta no se debe destruir al levantar con 3 dedos y al frotarla en las manos debe huella o manchar.
2– Humedad aprovechable 75- 100%	Se toma una cantidad de arena al comprimirla se forma una bola, se destruye un poco más rápido además casi no mancha la mano.
3– Humedad aprovechable 50- 75%	Casi ya no se puede formar la bola de arena.
4– Humedad aprovechable 25-50%	Ya no se forma la bolita de arena y no mancha o deja huella.
5– Humedad aprovechable 0-25% (Punto de marchitez permanente)	Se observa una arena blanca y seca. En este grado la planta ya no se recupera.

A continuación, en la tabla 23 se comparan los m³ de agua consumidos por planta y kg de arándanos producidos a través de dos manejos mencionados por: Betega (2022) con experiencia en el manejo de arándanos en maceta en el fundo El Monte, Lira (2023) con experiencia en el manejo en los fundos Chepén, La Libertad y Santa Rosa en condiciones de suelo y macetas respectivamente

Se observa un menor consumo de m³ por planta en el manejo en macetas lo cual está ligado a la alta densidad de plantación; además, en este mismo manejo se observa un menor consumo de m³ de agua por kilo de arándano producido, esto debido al menor rendimiento en comparación con el trabajo expuesto.

Tabla 23. Comparativo de consumo hídrico

Localidades	Condición	Rendimiento (kg/ha)	Consumo de agua (m ³)	Densidad (plantas/ha)	m ³ de agua/planta	m ³ /kg producido
Proyecto Olmos	Suelo	36,000	15,175	4,902	3.10	0.42
Fundo Chepén	Suelo	9,174	10,599	4,464	2.37	1.16
Fundo El Monte	Macetas	26,929	10,453	9,090	1.15	0.39
Fundo La Libertad	Macetas	19,811	3,984	9,209	0.43	0.20
Fundo Santa Rosa	Macetas	19,538	5,258	9,544	0.55	0.27

Nota: De Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) con sustrato hidropónico en el Valle de Chira, Piura, por Benites, 2023. De Fertilización continua del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en contenedores con sustrato bajo condiciones del Valle de Chira, Piura, por Betega, 2022. De El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en macetas bajo condiciones de Chepén, La Libertad e Irrigación Santa Rosa, Lim, por Lira, 2023.

Por otro lado, en condición de suelo hay un menor consumo de volumen de agua en el fundo ubicado en Chepén, lo cual está muy influenciado por las condiciones agroclimáticas de cada fundo. Respecto al rendimiento se observa un menor rendimiento con 9 toneladas; sin embargo, se debe tener en cuenta que son plantas de primer año según lo expuesto por Lira (2023). Además, se observa un mayor consumo de volumen de agua por kilo de arándano producido, siendo este el doble de consumo que del Proyecto Olmos esto ligado al menor rendimiento por hectárea del fundo de la localidad de Chepén.

3.3.3 Frecuencia y tiempo de riego

El riego diario se desarrolla bajo láminas de riego fijas variando las frecuencias, así a lámina de 30 a 40 m³/ha se ejecutan en 3 pulsos mientras que a láminas superiores de 40 m³/ha se ejecutan bajo 4 pulsos.

Las láminas de riego se calculan bajo la siguiente fórmula en donde primero se determina la evapotranspiración del cultivo resultando de la multiplicación de la evapotranspiración del tanque evaporímetro con factor del tanque y el coeficiente de desarrollo del cultivo. Luego de ello, se determina la lámina de riego la cual es la relación de la evapotranspiración del cultivo sobre la eficiencia del riego.

De este modo, cada pulso de riego presenta una duración de 15 a 20 minutos, esto dependiendo de la lámina de riego, caudal y capacidad del turno de riego.

El Proyecto Olmos cuenta con 8 módulos, cada uno con 8 turnos de riego conformados por 7.34 hectáreas, por lo que para evitar la variabilidad en el riego se rota diariamente las unidades de fertirriego.

3.3.4 Soluciones nutritivas

De acuerdo con las necesidades de la planta por etapas fenológicas del cultivo se manejan 5 soluciones nutritivas bajo el sistema de fertilización proporcional continuo, es decir durante todo el riego se fertiliza; sin embargo, se debe considerar que cada solución nutritiva no debe pasar de 1.5 dS/m de conductividad eléctrica, con el fin de no salinizar la solución suelo ya que según lo mencionado por Ramírez (2022) CE mayores a 1.5 dS/m provocan una disminución del rendimiento del arándano en un 25%, aproximadamente.

A continuación, se presenta la tabla 25 donde se observan la conductividad eléctrica por plantilla ejecutada:

Tabla 24. Conductividad eléctrica por plantilla de fertilización

Etapa fenológica	CE (dS/m)
Brotamiento	0.90
Floración	0.88
Crecimiento de fruto	1.00
Plena Producción	1.20
Poda	0.77

Cada solución madre se realiza a través de tasas de fertilización de 2 litro de solución nutritiva por m³ de agua.

A continuación, se presentan los miliequivalentes por L manejados durante la campaña 2022, los cuales están muy ligados a los estados fenológicos de la planta, para la formulación de las plantillas de fertilización se disminuye a los aportes objetivos la contribución de los elementos aportados por el agua en donde los elementos faltantes son compensados por los fertilizantes como fosfato monoamónico, sulfato de amonio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio y nitrato de calcio.

Tabla 25. Distribución de elementos por solución nutritiva

Elementos	Brotamiento	Floración	Engorde de fruto	Plena producción	Poda
N (meq/L)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.0
P (meq/L)	0.8	0.6	0.6	0.6	1.0
K (meq/L)	0.5	1.0	1.5	2.0	0.8
Ca (meq/L)	2.0	2.5	3.5	4.5	2.0
Mg(meq/L)	1.2	1.5	1.8	2.0	1.0

A continuación, se realiza un comparativo del consumo de unidades de los principales elementos utilizados en el Proyecto Olmos vs otros manejos agronómicos.

En el Cuadro 27 se muestra el consumo de unidades de nitrógeno por kg de producción, donde se observa un mayor consumo de unidades de nitrógeno en el manejo del suelo; sin embargo, los rendimientos de los cultivos son mayores.

Con respecto al manejo en macetas se observa que a mayor aporte de unidades de N una mayor expresión del rendimiento del cultivo. Debemos señalar que la fuente más usada de N en arándano es el sulfato de amonio debido al aporte en forma amoniacal hacia las plantas.

Para llegar a la cantidad de consumo total de N se sumaron todos los aportes mensuales de N teniendo en cuenta la plantilla de fertilización, lámina de riego y tasa de inyección ejecutada durante la campaña 2022.

Tabla 26. Comparativo de unidades de N

Localidades	Condición	Rendimiento (kg/ha)	Consumo de N total (und/ha)	Densidad (plantas/ha)	unidades N/kg producido
Proyecto Olmos	Suelo	36,000	907.9	4,902	0.025
Chepén	Suelo	9,174	596.8	4,464	0.065
El Monte	Macetas	26,929	474.3	9,090	0.018
La Libertad	Macetas	19,811	381.7	9,209	0.019
Fundo Santa Rosa	Macetas	19,538	272.6	9,544	0.014

Con respecto a las unidades de K_2O se observa en tabla 28 un mayor consumo en un manejo en condición de suelo de la localidad de Chepén, sin embargo, dicha cantidad no se ve reflejada en el rendimiento potencial del cultivo; es por ello, que se debe revisar otros factores en el manejo como edad de planta, fecha de poda, manejo fitosanitario entre otros factores que influyen directamente en el rendimiento del cultivo y con respecto al manejo en macetas se observa un mayor rendimiento a mayor consumo de unidades de K_2O .

Tabla 27. Comparativo de unidades de K_2O

Localidades	Condición	Rendimiento (kg/ha)	Consumo de K_2O total	Densidad (plantas/ha)	unidades K_2O /kg producido
Proyecto Olmos	Suelo	36,000	956.7	4,902	0.027
Chepén	Suelo	9,174	647.2	4,464	0.071
El Monte	Macetas	26,929	1,582.7	9,090	0.059
La Libertad	Macetas	19,811	312.9	9,209	0.016
Fundo Santa Rosa	Macetas	19,538	247.9	9,544	0.013

A continuación, se observa un mayor consumo de P_2O_5 en el manejo en condición de macetas con un rendimiento de 26 ton/ha, con respecto al MgO se observa un mayor consumo bajo manejo de suelo y con respecto al CaO se observa un rendimiento muy similar; sin embargo, en un manejo en condición de suelo se obtuvo un mayor rendimiento.

Tabla 28. Comparativo de unidades de P_2O_5

Localidades	Condición	Consumo de P_2O_5 total	unidades P_2O_5 /kg producido	Consumo de MgO total	unidades MgO /kg producido	Consumo de CaO total	unidades CaO /kg producido
Proyecto Olmos	Suelo	744.8	0.021	389.8	0.011	905.4	0.025
El Monte	Macetas	610.8	0.023	198.9	0.007	696.0	0.026

Cabe señalar que el consumo de unidades de fertilizantes en fertilización proporcional por miliequivalente por litro está muy ligada al consumo hídrico de la planta ya que éste varía de acuerdo con las variables climáticas del lugar, edad de planta, suelo, entre otros.

3.3.5 Preparación de soluciones nutritivas

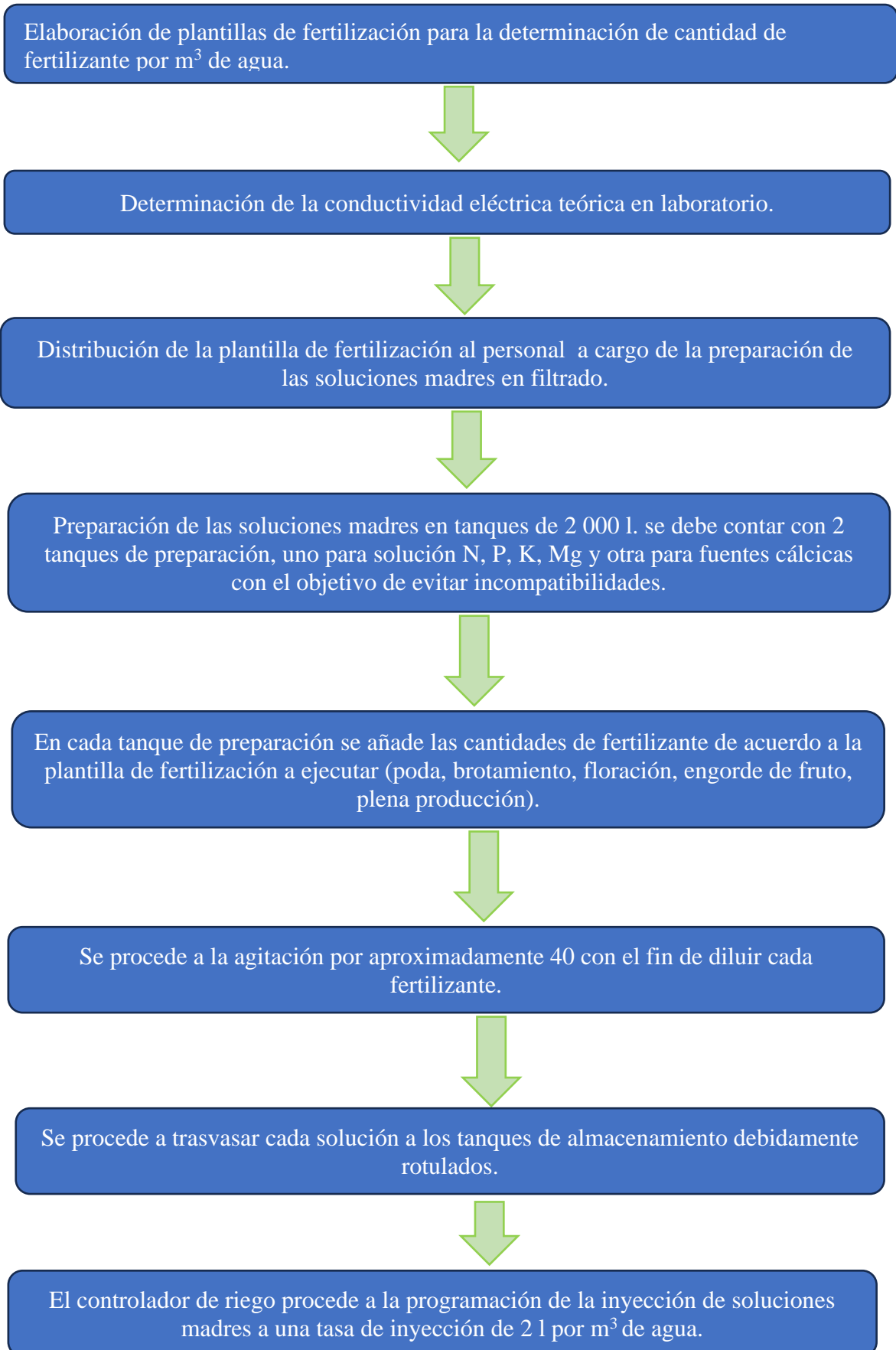




Figura 18. Tanque de preparación de capacidad de 2,000 L



Figura 19. Operador colocando la cantidad de fertilizante según la plantilla en los tanques de preparación.

3.3.6 Lavado de sales

El constante aporte de sales a través de las soluciones de fertirriego en muchos casos provoca la acumulación de sales en la solución suelo provocando una salinización, y según Lamz et al., (2013) indican que un estrés salino causa reducción en el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que estas requieren de una mayor inversión energética para la absorción del agua lo cual provoca una reducción en el rendimiento.

Bajo las condiciones anteriormente mencionadas se monitorea quincenalmente la solución de suelo con ayuda de lisímetros apreciándose en la figura 20, los cuales se instalan en campo

a profundidades de 15, 25 y 40 cm con el objetivo de verificar que la CE se encuentre menor al rango máximo permitido (CE máxima en solución suelo de 1.5 dS/m) y bajo este parámetro proceder a la programación de lavado de sales. De esta manera, para el lavado de sales se utiliza el agua entregada por el proyecto H₂OImos que cuenta con una conductividad eléctrica de 0.21dS/m, ya que, según lo manifestado por Ruiz (s.f) cuanto menor sea el contenido de sales en el agua de lavado, el proceso de desalinización es más efectivo, la conductividad eléctrica del agua que se usará para el lavado de sales debe ser más baja que la de la solución de suelo.

Para el riego de lavado de sales se utiliza una lámina de riego de 90 m³/ha en un solo pulso de riego, esto con el fin de profundizar la concentración de sales fuera del alcance de las raíces. Para el cálculo de la lámina de lavado se basó en la fórmula de balance de sales y agua, en donde a una lámina de 100 m³/ha se observa una disminución de sales en un rango de 0.27 a 0.3 dS/m.

Tabla 29. Cálculo para la determinación de lámina de lavado de sales

Parámetros	Valor	Unidad
Profundidad de suelo a Lavar (Ds) =	0.40	M
Conductividad Eléctrica Inicial del Suelo (CE.i) =	0.04	dS/m
Conductividad Eléctrica Final del Suelo (CE.f) =	0.31	dS/m
Conductividad Eléctrica del Agua de Riego =	0.24	dS/m
Factor	1.3	
Ds * CE.i	0.02	
5 * CE.f	1.56	
Lámina de riego	0.010	M
Lámina de riego en mm =	10.26	mm
Lámina de riego en m ³ /ha =	102.56	m ³ /ha

A continuación, se presenta la figura 20 en la cual se aprecia un aumento gradual de la CE conforme van pasando los meses y con ello los cambios de plantilla por etapa fenológica, por lo cual de manera preventiva se realizó un primer lavado de sales en el mes de agosto ya que se observaba una concentración de sales en las 3 profundidades evaluadas, mismo panorama se observa en el mes de noviembre cuando se realizó un segundo lavado de sales observándose una disminución de la CE del 30% en ambas profundidades

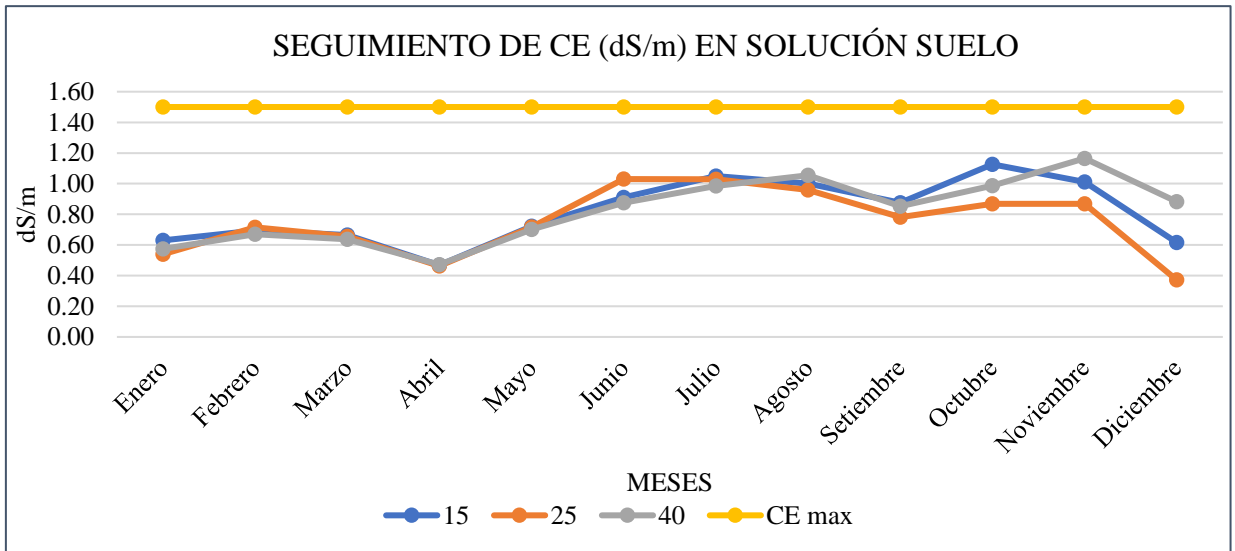


Figura 20. Conductividad eléctrica en la solución suelo



Figura 21. Sondas lisimétricas



Figura 22. Partes de sondas lisimétricas, 1. Cápsula cerámica, 2. Tubo rígido de PVC, 3. Tapón de PVC, 4. Machón de acero, 5. Válvula de esfera y prototipo de lisímetro vacío.

3.3.7 Monitoreo de soluciones nutritivas

Para el seguimiento de las soluciones nutritivas se evaluaron de manera diaria las soluciones de fertirriego. Dicho muestreo se realiza instalando en campo un envase con el objetivo de recolectar toda la solución fertirriego que se ha inyectado a las plantas durante el día, terminada la recolección se evalúa en laboratorio determinando la CE y pH de la solución fertirriego, dichos parámetros deben estar dentro del 10% de variación con respecto a los objetivos de plantilla.

A continuación, en la figura 23 muestra los meses de la campaña 2022 en donde se mantuvo la conductividad eléctrica dentro del rango permitido excepto en los meses de marzo y junio en donde se observa un aumento de la CE procediéndose a revisar llegada de fertilizante a campo, preparación de soluciones madres, titulaciones de soluciones, entre otros. Para la evaluación de llegada de fertilizante a campo se procedió a monitorear la CE durante todo tiempo de ejecución del riego la cual debe estar dentro del rango del 10% de variación con respecto a la CE objetivo. Para la verificación de preparación adecuada de soluciones madres se procedió a verificar la actividad de cada operador de filtrado monitoreando los kilogramos usados para la preparación de solución madre, agitación de ésta y posterior trasvase a tanques de almacenamiento; mientras que, para la titulación de soluciones madres se sacaron muestras de los tanques de almacenamiento simulándose una muestra de solución fertirriego a nivel laboratorio en donde se colocó un litro de agua y se añadió los ml según la tasa de inyección usada en el día midiéndose la CE y pH la cual debe estar dentro de los rangos óptimos (10% de variación con respecto a la CE objetivo).

En la figura 24, se observa el pH en solución fertirriego en donde se observa desviaciones fuera del rango en los meses de junio y julio, por lo cual se procedió a revisar la acidificación a nivel de reservorios con el quemador de azufre, para ello se regulo los caudales de llenado en cada reservorio con el objetivo de llegar a un pH en ingreso a reservorio de 2.0, esto con el fin de que el agua a dicho pH se mezcle con el agua almacenada en reservorio y se obtenga una mezcla de agua con pH entre los rangos de 5 a 5,5.

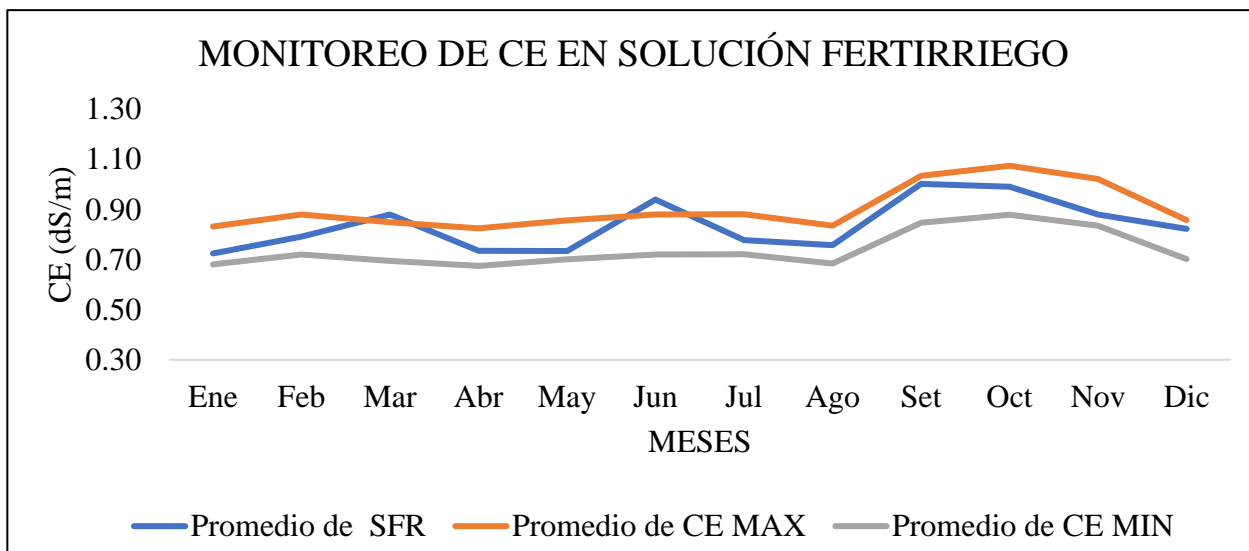


Figura 23. pH en las soluciones de fertirriego

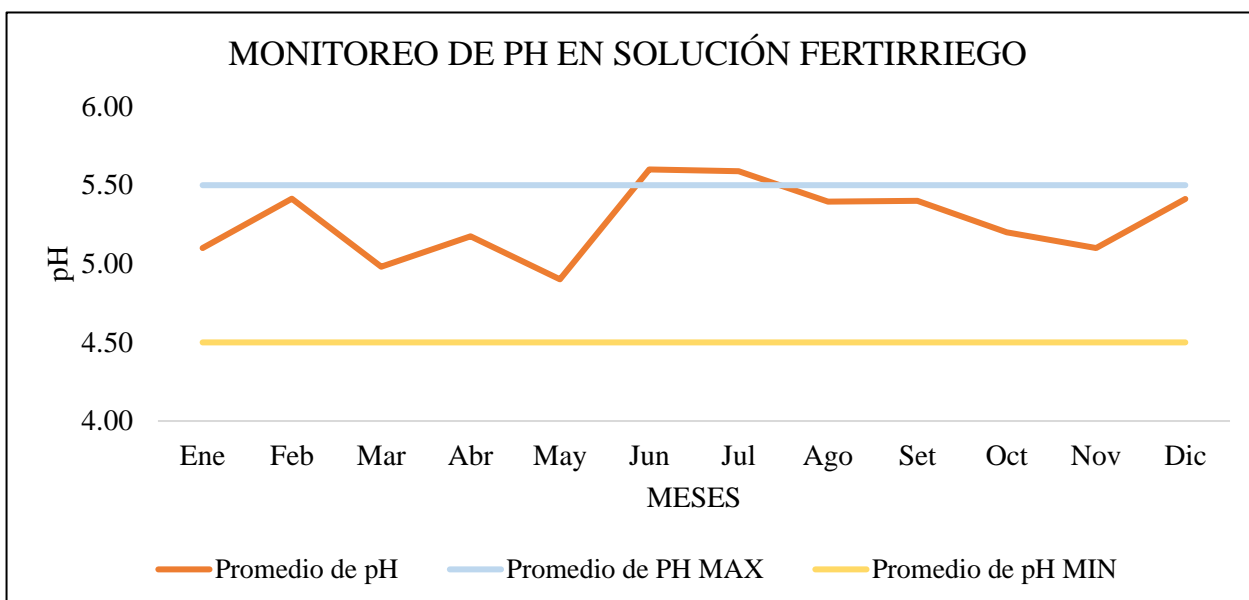


Figura 24. Conductividad eléctrica en las soluciones de fertirriego

3.3.8 Seguimiento nutricional

A continuación, se muestran las figuras de seguimiento nutricional del cultivo siguiendo los niveles de referencia mencionado por Mejía y Hirzel (2019), observamos en la figura 26 una disminución del nitrógeno conforme va avanzando la fenología de la planta observándose en la muestra N°05 un exceso de nitrógeno lo cual contribuyo a ajustar el aporte de dicho elemento al cultivo ya que de lo contrario un exceso de vigor de las plantas provoca un mayor ataque de plagas como trips, mosca blanca, entre otras.

Con respecto al fósforo se observa en la figura 25 una caída de este elemento al finalizar la plena producción o cosecha; además, durante la campaña 2022 se observan valores fuera del rango óptimo, pero sin llegar a un exceso de este elemento (P mayor a 3% se considera exceso).

La figura 27 se observa el calcio a nivel foliar en donde se muestra un aumento de este elemento conforme avance la fenología del cultivo, debido a que dicho elemento ayuda a mejorar la firmeza de las bayas y la vida post cosecha de esta; sin embargo, en la etapa de brotamiento se observa valores menores al óptimo sin llegar a ser menor del valor de deficiencia.

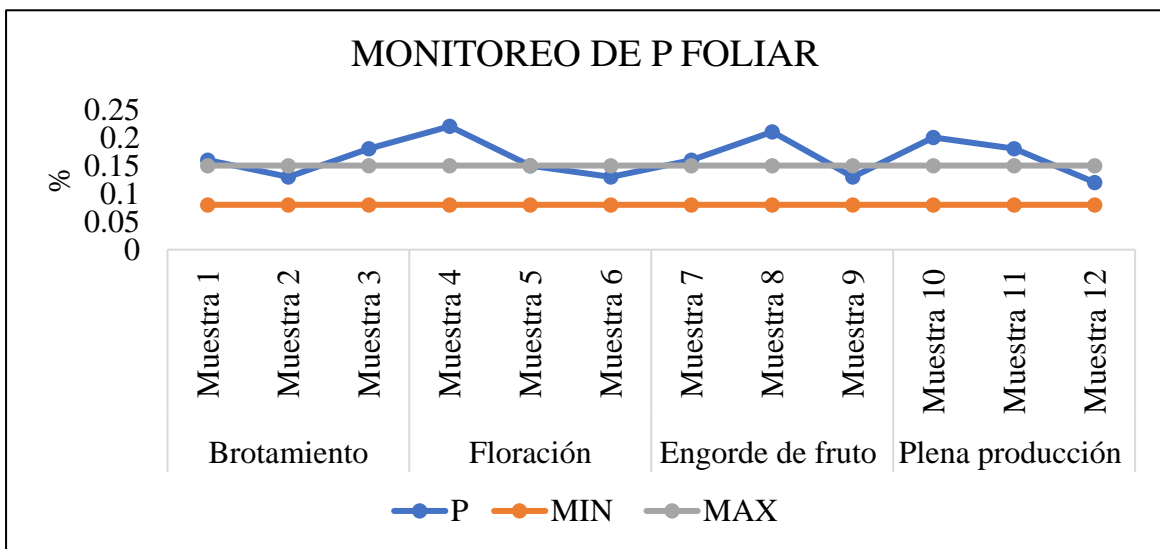


Figura 25. Monitoreo de fósforo en las hojas.

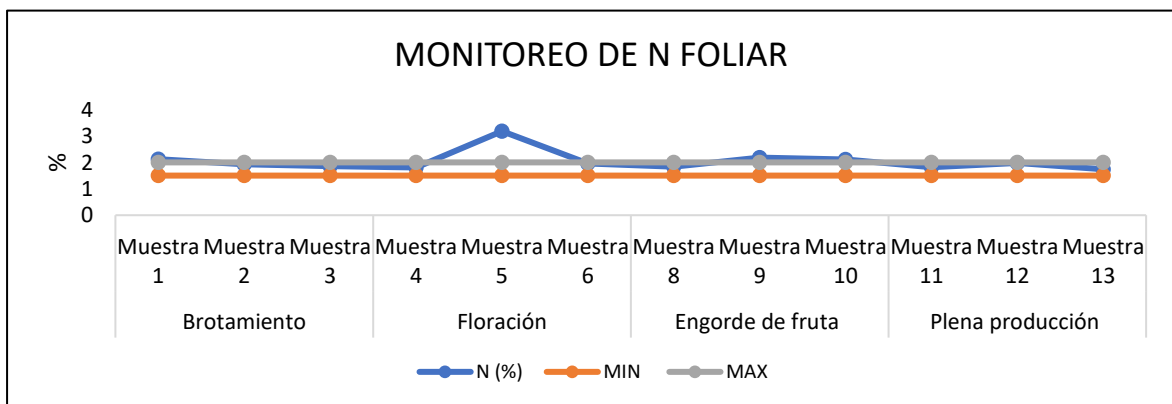


Figura 26. Monitoreo de nitrógeno en las hojas.

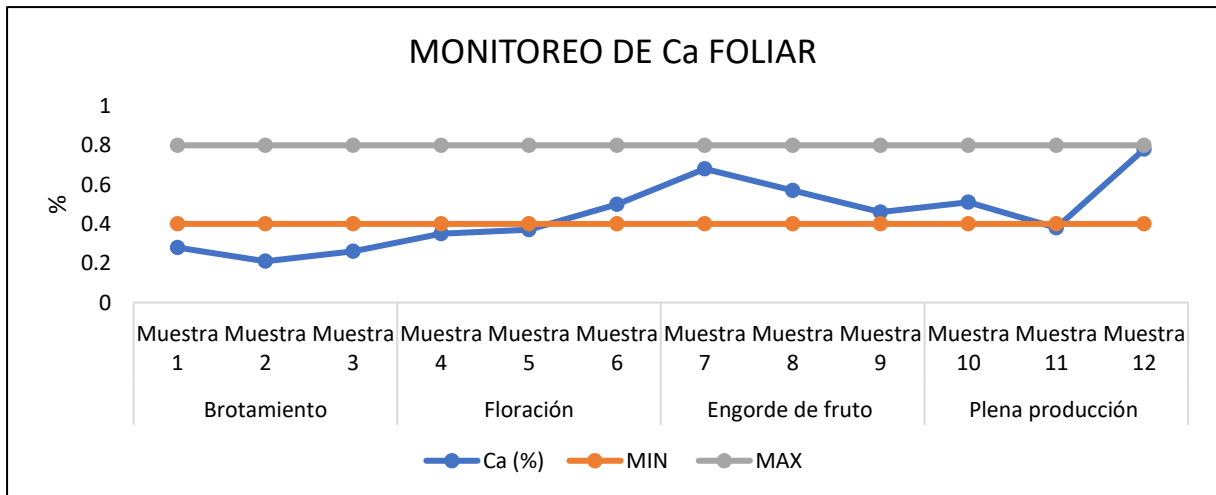


Figura 27. Monitoreo de calcio en las hojas.

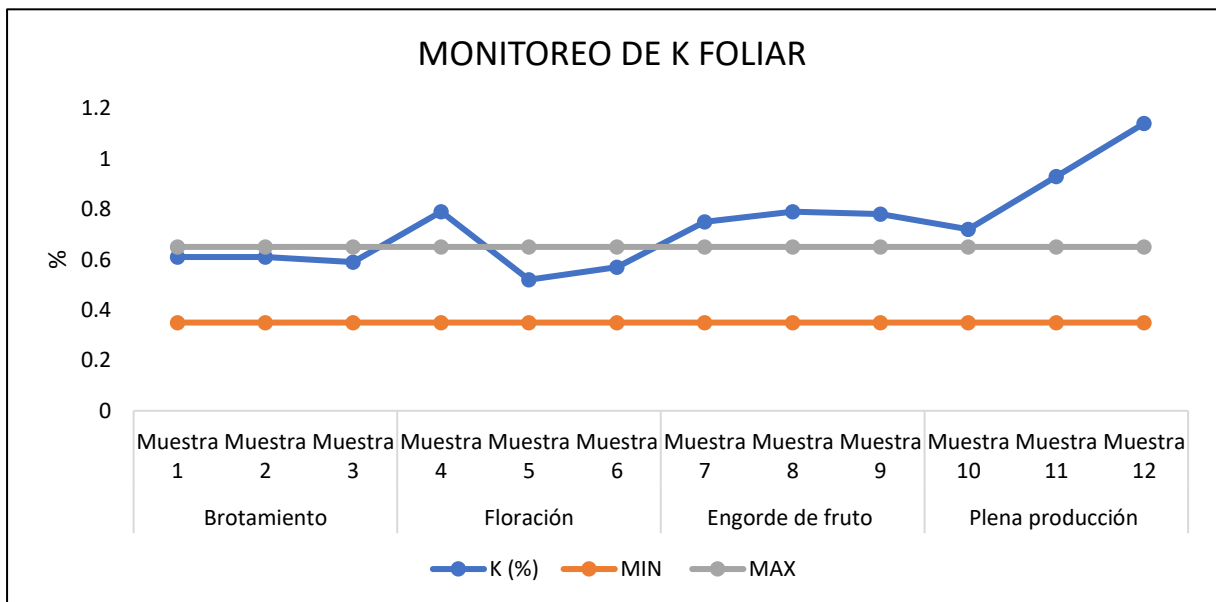


Figura 28 Monitoreo de potasio en las hojas.

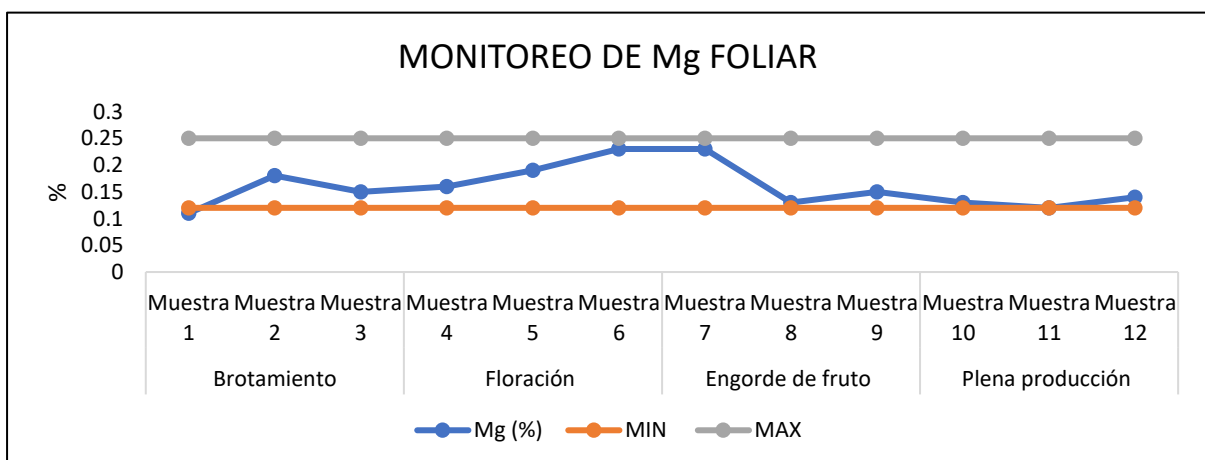


Figura 29. Monitoreo de magnesio en las hojas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

- Manejar la fertilización del cultivo de arándano sin el uso o implementación de equipos de medición pueden provocar tener rendimientos menores a los proyectados, es por ello, que es imprescindible el uso de equipos de medición en campo con el fin de realizar los siguientes monitoreos como lecturas de sondas de succión, estación SFR, sensores de humedad entre otros con el fin de proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones.
- Manejar arándanos bajo condición de suelo presenta un mayor consumo de agua en comparación con la condición de macetas, pero a su vez un mayor rendimiento en ton/ha bajo la primera condición; sin embargo, se debe buscar alternativas para reducir la huella hídrica del cultivo sin afectar la producción del mismo esto con el fin de ser lo más eficiente posible con el consumo hídrico para lograr dicho propósito se puede instalar una mayor cantidad de sensores de humedad, determinar el coeficiente de uniformidad a las condiciones del estudio.
- El manejo a través de un programa de seguimiento de análisis de agua, suelo, foliar y frutos es ideal para monitorear el aporte de la fertilización y realizar los ajustes necesarios en los momentos precisos; sin embargo, se debe determinar la frecuencia de estas evaluaciones con el fin de ser eficientes tanto en la toma de decisiones como en los costos asociados con este monitoreo.

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que el cultivo de arándano bajo condición de suelo realiza un mayor consumo de m³ de agua y con ello se observa una mejor respuesta del cultivo presentando un mayor rendimiento por hectárea. Además, realizar el seguimiento de las sondas de succión nos permite mantener el cultivo en una conductividad eléctrica y pH adecuados para la absorción de nutrientes para la planta.
- Realizar el muestreo del seguimiento nutricional del cultivo nos permite realizar los ajustes en la fertilización de los elementos que se estén concentrando en la solución suelo.
- Realizar un adecuado monitoreo de las soluciones de fertirriego (SFR) es de vital importancia ya que permite realizar las correcciones diarias en la fertilización a través del ajuste en la preparación e inyección de las soluciones.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un ajuste de los m³ de agua usados por campaña a través del uso de sensores de humedad ya que con ello se podrá mejorar la huella hídrica del cultivo. Además, se debe realizar la determinación del coeficiente del cultivo bajo las condiciones del presente estudio según sea la variedad.
- Realizar el muestreo de sondas de succión de más puntos dentro del predio con el fin de tener una menor variabilidad entre muestras.
- Realizar una curva de extracción de nutrientes con el fin de obtener los requerimientos óptimos para el cultivo bajo condiciones del fundo en estudio.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agraria.pe, (2023). Exportaciones de arándanos. Consultado el 23 de setiembre del 2023. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-arandanos-alcanzarian-las-300-mil-toneladas-32174#:~:text=El%20presidente%20de%20Proar%C3%A1ndanos%20destac%C3%B3,dinamizador%20de%20las%20econom%C3%ADas%20locales>
- Agraria.pe, (2023). Caída de exportaciones de arándano. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/proarandanos-exportaciones-peruanas-de-arandano-caerian-entr-32583>
- Ayers, R. S. y D. W. Wescot. 1985. Water quality for agricultura. FAO. Irrigation and Drainage Paper No. 29. 174 p
- Ayers, R. S. y D. W. Wescot. 1985. Water quality for agricultura. FAO. Irrigation and Drainage paper No. 29. 174 p
- Benites, L. (2023). Manejo Agronómico del cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) con sustrato hidropónico en el Valle del Chira, Piura. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional UNALM.
- Berrueta, C; Grasso, R.; Giménez, G.; Bentancur, J.; Rivero, D. 2021. Análisis de savia para la determinación rápida del nivel de potasio, nitrato y calcio en el campo. Revista INIA N° 67, p. 122- 126.
- Betega, S. (2022). *Fertilización continua del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en contenedores con sustrato bajo condiciones del Valle de Chira, Piura*. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional UNALM.

- Bustillo, A (2018). El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) y su proyección en Colombia [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales].
Repositorio institucional UDCA.
- Carrera, J. (2012). Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándanos en Asturias, España (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, Ed).
- Cronquis, A. (1981). An Integrated system of classification of flowering plants. US, University Press.
- Chirinos U. (2001). ¿Es su agua de riego adecuada para los cultivos? Nota informativa. 2 p.
- ELPERUANO. (2022). El Perú mantendrá este año el liderazgo en arándano. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/196035-peru-mantendra-este-ano-liderazgo-en-arandanos>
- Fallcreek (2023). Variedades de arándano. Disponible en: <https://www.fallcreeknursery.com/es/productores-de-frutas-comerciales/variedades/ventura>
- Fang, Y., Williamson, J., Darnell, R., Li, Y., and Liu, G. 2020. Optimizing Nitrogen Fertigation Rates for Young Southern Highbush Blueberry. *Agronomy* 10, 389
- FERTILAB (s.f.). Cálculo del ras en aguas de riego. Disponible: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/CALCULO%20DEL%20RAS%20EN%20AGUAS%20DE%20RIEGO.pdf>
- FreshFruit, (2023). Cierre de la campaña de arándano fresco. Consultado el 23 de setiembre del 2023. Disponible en: <https://freshfruit.pe/2023/04/16/cierre-de-la-campana-de-arandano-fresco/>
- INTAGRI (2020). Ventajas de la producción de Arándano en contenedor. INTAGRI – México.
- García, J. (2010). *Guía del cultivo del arándano*. (Servicio regional de investigación y desarrollo alimentario, Ed).

- García, R et al (2018). El cultivo de arándano en el norte de España. (Servicio regional de investigación y desarrollo alimentario, Ed).
- Gonzales, A y Morales, C. (2017). Variedades de arándano. INIA – Chile.
- González, J y Morales, C (2022). Producción intensiva de berries en macetas en Maule: clima, adaptación y costo de establecimiento. INIA – Chile.
- Gurdian, J. (2010). Validación de una sonda de lixiviación como método para determinar la fertilidad del suelo en el cultivo de café (*Coffea arabica*), en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Honduras. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana].
Repositorio institucional ZAMORANO.
- Huamantigo, J. (2016). Evaluación del crecimiento de plantines de dos variedades de arándano (*Vaccinium corymbosum* l.) en tres pisos altitudinales a condiciones de vivero en Abancay – Apurímac. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional del Santa].
Repositorio institucional UNS.
- 1aObra. INTAGRI (2017). Análisis Foliar en las Berries. Disponible en:
<https://www.intagri.com/articulos/frutillas/analisis-foliar-en-el-cultivo-de-berries>
- 2bObra. INTAGRI (2017). Variedades comerciales de Arándano en el mundo. Disponible en:
<https://www.intagri.com/articulos/frutillas/variedades-comerciales-de-arandanos-en-el-mundo#:~:text=Algunas%20variedades%20son%3B%20%60O%C2%B4,adem%C3%A1s%20de%20ser%20muy%20productiva.>
- Lamz, A y Gonzáles, C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. En Cultivos Tropicales (pp. 31-42).
- Lira, L. (2023). El cultivo de Arándanos (*vaccinium corymbosum*) en macetas bajo las condiciones de Chepén, La Libertad e Irrigación Santa Rosa, Lima. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina].
Repositorio institucional UNALM.

- Martínez, L. (2019). Factibilidad para la implementación de un cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en la Vereda Llano Verde del Municipio de Umbita, Boyacá. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].
Repositorio institucional UPTC.
- Martínez, L. (2010). *Manejo del riego en arándanos en la región de Coquimbo*. INIA – Chile.
- Paredes, D. (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 – Pillaro. CIITAT.
- Mejías B. y Hirzel, J. (2019) *Niveles de referencia para análisis de suelo y foliar en huertos de arándano*. INIA – Chile.
- Mejía, K. (2018). Control de *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi con diferentes aislamientos de *Trichoderma*. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina].
Repositorio institucional UNALM.
- Meyer, H.J. & Prinsloo N. 2003. Assessment of the potential of blueberry production in South Africa. *Small Fruits Review* 2:3-21
- Mesa, P. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x *V. darowii*) plantados en Guasca. Colombia. [Tesis para optar el título de biólogo, Universidad Militar Nueva Granada].
Repositorio institucional UMNG
- PortalFruticola. (2018). ¿Cultivo de arándano con suelo o sin suelo? Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/09/11/cultivos-de-arandano-con-suelo-o-sin-suelo-ventajas-y-desventajas/>
- PortalFruticola (2013). Análisis de suelo y foliar en huertos de arándano: Niveles de referencia. Disponible en:

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/09/30/analisis-de-suelo-y-foliar-en-huertos-de-arandano-niveles-de-referencia/>

Redagricola, (2023). Arándanos hacia un menor crecimiento. Disponible en: <https://redagricola.com/arandanos-hacia-un-menor-crecimiento/>

Redagricola (2023). Entrevista a Ing. Federico Beltrán, gerente general de Terra Business. Disponible en: <https://redagricola.com/peru-alcanza-en-este-trimestre-las-20-mil-hectareas-de-arandanos-pero-comenzara-a-ralentizar-su-crecimiento/#:~:text=Aunque%20se%20pensaba%20que%20suceder%C3%ADa,como%20principal%20exportador%20del%20mundo.>

Redagricola. (2023). Proarándanos anticipa desaceleración de plantaciones de nuevas hectáreas por Macarena,B. Disponible en: <https://redagricola.com/proarandanos-anticipa-desaceleracion-de-plantaciones-de-nuevas-hectareas-pese-a-crecimiento-de-28-de-las-exportaciones/>

Retamales, J y Hancock, J. (2012) Arándanos: Ciencias De La Producción Del Cultivo En Horticultura. EN Nutrición. (pp. 5)

Rivadeneira, M. y Carlazara G, (2011). Comportamiento fenológico de variedades tradicionales y nuevas de arándano. INTA – Argentina.

Rodriguez, J. (2023). Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium Corymbosum* L.) var. Ventura, en Jayanca - Lambayeque. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional UNS.

Ruiz, N. (s.f.). La salinidad del agua de riego y suelo. IFAPA – Chile.

Orga, J (2021). Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* l.) en contenedores en Villacurí, Ica. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional UNALM.


Schiaretti, J. (2008). Manual de Uso e Interpretación de Aguas. INTA – Chile.

Sela, G. (2020). Riego y fertirriego. Ed. Cropaia.

- Simfruit, (2023). Envíos de arándanos peruanos. Consultado el 23 de setiembre del 2023. Disponible en: <https://www.simfruit.cl/proarandanos-envios-de-arandanos-peruanos-alcanzarian-las-300-mil-toneladas-en-la-campana-2023-2024/>
- Suárez-Ballesteros, C, Calderón-Hernández, M, Mancipe-Murillo, C. (2018). Propagación sexual y tolerancia a la desecación del agraz (*Vaccinium meridionale* Sw) de tres fuentes semilleras localizadas en Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gachetá (Cundinamarca).
- Trehane J. (2004). Blueberries, Cranberries, and other Vacciniums Royal Horticultural Society. Plant Collector Guide. Timber Press. United States of America. 34(2): 12p
- Ticlayauri, H. (2022). Manejo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en condiciones de suelos y sustratos en maceta en la zona de Ica. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional UNALM.
- Torres, J. (2017). El cultivo de arándano (*Vaccinium mytilus* L.). [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional UAAAN.
- Undurruga, P., y Vargas, S. (2013). Manual del arándano. INIA - Chile.
- Uribe, H. (2013) *Riego en arándano*. INIA – Chile.
- Valenzuela, J. (1988). Requerimientos agroclimáticos de las especies de arándano; Instituto de investigaciones agropecuarias. Seminario: El cultivo del arándano. Estación Experimental Carillanca; Temuco Chile. Recuperado de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR06971.pdf>.
- Vega V. y Pastor M. (2005). Calidad del agua de riego. Riego con aguas salinas. (Coedición Consejería de Agricultura y Pesca, Ed. Mundi Prensa).

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de agua

INFORME DE SEGUIMIENTO NUTRICIONAL										TABLA DE DATOS ANALÍTICOS						05/02/2022	
		Cliente (^):	BOMAREA S.R.L.							Cultivo:	ARANDANO						
		Finca:	FUNDO BOMAREA							Variedad:	ARANDANO						
		Parcela:	HIDRANTE							Fenología:	-						
		Fecha:	29/01/2022														
- AGUA	pH	CE	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	B	Fe	Mn	Cu	Zn		
		dS/m a 25 °C	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		
29/01/2022	7,79	0,22	1,51	<0,28	0,51	<0,16	1,18	0,40	0,36	<0,05	<0,05	0,41	<0,05	<0,05	<0,05		

Anexo 2: Estación de monitoreo de solución fertirriego



Anexo 3: Estado de hojas para monitoreo foliar en el cultivo de arándano.



Anexo 4: Evaluación de calicatas para revisión del estado de las raíces.

