

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“ALTERNATIVA DE CONTROL DE LA OIDIOSIS EN ARÁNDANO
(*Vaccinium corymbosum*) ORGÁNICO EN PIURA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

JHADER ANTHONY ALVAREZ ROMERO

LIMA-PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“ALTERNATIVA DE CONTROL DE LA OIDIOSIS
DEL ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*)
ORGÁNICO EN PIURA”**

Jhader Anthony Alvarez Romero

Tesis para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Jorge Escobedo Alvarez
PRESIDENTE

.....
Dra. Leonor Mattos Calderón
ASESOR

.....
Ing. M. Sc. Carlos Cadenas Giraldo
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Heidi Huarhwa Zaquinaula
MIEMBRO

LIMA - PERÚ
2021

DEDICATORIA

A mis padres Arsemio y Zenaida por brindarme su apoyo incondicional, y por enseñarme el camino correcto para luchar con perseverancia en el ajedrez de la vida

A mi hermano César, por acompañarme en los momentos más difíciles de mi existencia.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Luz Leonor Mattos, por su valiosa orientación en todas las etapas del desarrollo de la presente Tesis.

Al Ing. Alex Risco, por su buena disponibilidad para responder mis consultas y por sus valiosos consejos para mejorar el presente trabajo de Tesis.

A la empresa GREENWAY S.A por brindarme la oportunidad de ejecutar este trabajo de investigación.

Al Ing. Siler Bettega, por brindarme su experiencia en el manejo del cultivo de Arándano para la ejecución de la presente Tesis.

A mis hermanos, por motivarme a seguir creciendo profesionalmente mediante el desarrollo de la presente Tesis.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. DEL CULTIVO.....	3
2.1.1. Importancia del cultivo de Arándano	3
2.1.2. Origen y distribución.....	5
2.1.3. Clasificación taxonómica	5
2.1.4. Descripción botánica	6
2.1.5. Características de la variedad Ventura	6
2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos	7
2.1.7. Manejo agronómico.....	8
2.1.8. Producción del arándano orgánico	13
2.1.9. Principales enfermedades en el cultivo del Arándano	14
2.2. DEL PATÓGENO.....	18
2.2.1. Características de los Erisiphales	18
2.2.2. Efecto de las condiciones ambientales en el desarrollo de la Oidiosis	22
2.2.3. Antecedentes del Oídium en el arándano	23
2.3. PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DE OÍDIUM	24
2.3.1. Azufre.....	24
2.3.2. <i>Bacillus subtilis</i>	25
2.3.3. Bicarbonato de potasio	28
2.3.4. Manano oligosacáridos.....	29
2.3.5. Silicio	29
2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS	31
2.4.1. AGRO MOS	31
2.4.2. BIO SPLENT 70 WP	31
2.4.3. OMEX SW7	32
2.4.4. OSPO VI55	32
2.4.5. SULFA 87 SL.....	33
2.4.6. KALIGREEN 82 SP.....	33
III. METODOLOGÍA	34
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO Y PERIODO DE EJECUCIÓN	34

3.2.	REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS	34
3.3.	MATERIAL BIÓTICO	34
3.4.	COLECTA DE MUESTRA Y RECONOCIMIENTO DE LA ENFERMEDAD.....	34
3.5.	DESCRIPCIÓN DE LA SINTOMATOLOGÍA	35
3.6.	ENSAYO DE CAMPO	35
3.6.1.	Antecedentes y características de la plantación	35
3.6.2.	Tratamientos.....	35
3.6.3.	Método de aplicación de los tratamientos	36
3.6.4.	Diseño experimental.....	39
3.6.5.	Unidad experimental	39
3.6.6.	Análisis estadístico	39
3.6.7.	Croquis experimental	39
3.6.8.	Variables evaluadas.....	42
3.6.9.	Metodología de evaluación de parámetros.....	45
3.6.10.	Actividades realizadas en la parcela experimental.....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS	48
4.2.	SINTOMATOLOGÍA DEL OÍDIUM DEL ARÁNDANO.....	50
4.3.	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL AGENTE CAUSAL	53
4.4.	ENSAYO DE CAMPO	55
4.4.1.	Curva del desarrollo de la incidencia durante el periodo vegetativo	55
4.4.2.	Curva del progreso de la severidad durante el periodo vegetativo	59
4.4.3.	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia	61
4.4.4.	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la Severidad del Oídium.....	63
4.4.5.	Variables de cosecha	71
V.	CONCLUSIONES.....	76
VI.	RECOMENDACIONES.....	77
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	78
VIII.	ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie instalada de Arándano por región en la campaña 2019-2020	4
Tabla 2: Características de los tratamientos alternativos para el control de Oídium en arándano.....	36
Tabla 3: Características de los productos comerciales considerados para el ensayo	36
Tabla 4: Secuencia de aplicación de productos alternativos para el control de Oidiosis del Arándano. Piura, 2021	38
Tabla 5: Escala de severidad del Oidium del Arándano.....	42
Tabla 6: Resumen del efecto de los tratamientos en la incidencia y porcentaje de severidad del Oídium en arándano var. Ventura. Piura 2021	57
Tabla 7: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia de Oidium sp. en Arándano. Tamarindo, 2021	62
Tabla 8: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la severidad de Oidium sp. en Arándano. Tamarindo, 2021	64
Tabla 9: Comparación de medias de los parámetros de cosecha con los tratamientos alternativos para el control del Oídium sp. en el Arándano	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de las exportaciones del Arándano peruano en el periodo 2015-2020	5
Figura 2: Resumen de las características claves de los géneros del orden Erisiphales	20
Figura 3: Ciclo de vida de la Oidiosis en diversos hospederos	21
Figura 4: Barrera mecánica formada por la acumulación de Sílice en las células epidérmicas de las hojas	30
Figura 5: Aplicación de tratamientos para el control del Oidium en arándano. Piura, 2021	37
Figura 6: Distribución de tratamientos en la parcela experimental	40
Figura 7: Distribución de plantas en la unidad experimental. Piura, 2021	41
Figura 8: Escala de 0 a 5 propuesta para la evaluación de la severidad del Oídium en las hojas	43
Figura 9: Esquema del muestreo de hojas para la evaluación del Oidium en un arbusto de Arándano.....	46
Figura 10: Fluctuación de la temperatura del aire entre los meses de enero y marzo del año 2021 en el distrito de Tamarindo	48
Figura 11: Fluctuación de la humedad relativa (HR) y la precipitación entre los meses de enero y marzo del año 2021 en el distrito de Tamarindo.....	49
Figura 12: Síntomas iniciales del Oídium en Arándano, variedad Ventura	51
Figura 13: Síntomas avanzados del Oídium del Arándano, variedad Ventura.....	52
Figura 14: Hoja de arándano con signos del Oídium sp.....	54
Figura 15: Curva del progreso de la incidencia para los tratamientos alternativos contra el Oídium sp. en la etapa vegetativa del cultivo de arándano. Tamarindo, 2021	58
Figura 16: Curva del progreso de la severidad para los tratamientos alternativos contra el Oidium sp. en la etapa vegetativa del cultivo de arándano. Tamarindo, 2021	60
Figura 17: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia de Oidium sp. en Arándano. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)	63
Figura 18: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la severidad de Oidium sp. en	

Arándano. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)	65
Figura 19: Efecto de los tratamientos para el control de <i>Oidium</i> sp. sobre el rendimiento por planta del cultivo de Arándano, en las cinco primeras cosechas. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).....	72
Figura 20: Efecto de los tratamientos para el control de <i>Oidium</i> sp. sobre el calibre de la fruta en el cultivo de Arándano, en la cuarta y quinta cosecha. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)	73
Figura 21: Efecto de los tratamientos para el control de <i>Oidium</i> sp. sobre los sólidos solubles de la fruta en el cultivo de Arándano, en la cuarta y quinta cosecha. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro de variables meteorológicas en el fundo GREENWAY S. A. Tamarindo, 2021.....	86
Anexo 2: Cartilla de evaluación de la incidencia, grado de severidad y el porcentaje de severidad del oídium del Arándano	89
Anexo 3: Incidencia del <i>Oidium</i> en hojas del Arándano Var. Ventura. Piura 2021.....	90
Anexo 4: Incidencia del <i>Oidium</i> en hojas del Arándano Var. Ventura . Piura 2021.....	91
Anexo 5: Datos del rendimiento por planta en las cinco primeras cosechas en la parcela experimental	93
Anexo 6: Datos de la evaluación del calibre en la cuarta cosecha	94
Anexo 7: Datos de la evaluación del calibre en la quinta cosecha	96
Anexo 8: Evaluación de sólidos totales (°Brix) en la cuarta y quinta cosecha	98
Anexo 9: Análisis de variancia para el ABCPE (transformados mediante X) de la incidencia con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021.	100
Anexo 10: Prueba tukey para la comparación de medias del ABCPE de la incidencia de cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5 %.....	100
Anexo 11: Análisis de variancia para el ABCPE (transformados mediante X) de la severidad con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021.	101
Anexo 12: Prueba tukey para la comparación de medias del ABCPE de la severidad de cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5 %.....	101
Anexo 13: Análisis de variancia para El rendimiento por planta (transformados mediante $\log(X)$) alcanzado con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021	102
Anexo 14: Prueba tukey para la comparación de medias del rendimiento por planta con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 1%.	102
Anexo 15: Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial (mm) alcanzado en la cuarta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del	

Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021.....	103
Anexo 16: Prueba tukey para la comparación de medias del diámetro ecuatorial en la cuarta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%.....	103
Anexo 17: Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial (mm) alcanzado en la quinta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021.....	104
Anexo 18: Prueba tukey para la comparación de medias del diámetro ecuatorial en la quinta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%.....	104
Anexo 19: Análisis de variancia para los sólidos solubles alcanzado en la cuarta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021	105
Anexo 20: Análisis de variancia para los sólidos solubles alcanzado en la quinta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021	106
Anexo 21: Prueba tukey para la comparación de medias de los sólidos solubles en la quinta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%.....	106
Anexo 22: Parcela experimental donde se realizó el ensayo.....	107
Anexo 23: Marcación de plantas para la evaluación	107
Anexo 24: Dosificación de tratamientos	108
Anexo 25: Aplicación de tratamientos	108
Anexo 26: ejemplo de ramas evaluadas	109

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la efectividad de doce tratamientos alternativos para el control de *Oidium* sp. en el cultivo del arándano, bajo condiciones de campo. El experimento se instaló bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con trece tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron planteados en base a *Bacillus subtilis*, AP-01, *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Silicio, Azufre, Manano oligosacáridos (inductor de defensas) y bicarbonato de potasio. Los tratamientos que se aplicaron en rotación fueron: *Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio, *Bacillus subtilis* AP-01 + *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Manano oligosacáridos + *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Silicio + Azufre, *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + Azufre y Manano oligosacáridos + Azufre. Los tratamientos sin rotación fueron: *Bacillus subtilis* AP-01, *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Silicio, Azufre, Manano oligosacáridos y bicarbonato de potasio. Las aplicaciones se realizaron semanalmente, desde la brotación hasta la prefloración. Se evaluó con una frecuencia de siete días la incidencia y severidad en hojas. Luego, dichas variables fueron transformadas al área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para los análisis estadísticos. En la cosecha se evaluó el rendimiento por planta, sólidos solubles y calibre. Los resultados indican que los tratamientos a base de bicarbonato de potasio y azufre sin rotación tuvieron el mejor efecto de control de la incidencia con una eficacia de 61.85 y 42.81 % respectivamente. Del mismo modo, los tratamientos a base de bicarbonato de potasio, Azufre y Azufre en rotación con Silicio presentaron el mejor efecto de control de la severidad con una eficacia de 73.96, 56.7 y 54.82 % respectivamente. Asimismo, los tratamientos no influyeron significativamente en los parámetros de cosecha. Estos resultados indican que el bicarbonato de potasio, azufre y silicio constituyen una alternativa para el manejo no convencional del *Oidium* sp. en el cultivo del Arándano.

Palabras clave: *Oidium* sp, Bicarbonato de potasio, Azufre, Arándano.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effectiveness of twelve alternative treatments for the control of *Oidium* sp. in blueberry cultivation, under field conditions. The experiment was installed under a randomized complete block design (RCBD) with thirteen treatments and four repetitions. The treatments were proposed based on *Bacillus subtilis*, AP-01, *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Silicon, Sulfur, Manane oligosaccharides (inducer of defenses) and potassium bicarbonate. The treatments that were applied in rotation were: *Bacillus subtilis* AP-01 + Silicon, *Bacillus subtilis* AP-01 + *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Manano oligosaccharides + *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Silicon + Sulfur, *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + Sulfur and Manano oligosaccharides + Sulfur. The treatments without rotation were: *Bacillus subtilis* AP-01, *Bacillus subtilis* IAB/BS03, Silicon, Sulfur, Manane oligosaccharides and potassium bicarbonate. Applications were performed weekly, from budding to pre-flowering. The incidence and severity in leaves was evaluated with a frequency of seven days. These variables were then transformed to the area under the disease progress curve (AUDPC) for statistical analysis. In the harvest, the yield per plant, soluble solids and caliber was evaluated. The results indicate that treatments based on potassium bicarbonate and sulfur without rotation had the best incidence control effect with an efficacy of 61.85 and 42.81 % respectively. Similarly, treatments based on potassium bicarbonate, sulfur, and sulfur in rotation with silicon presented the best effect of controlling severity with an efficacy of 73.96, 56.7 and 54.82% respectively. Also, the treatments did not significantly influence the harvest parameters. These results indicate that potassium, sulfur and silicon bicarbonate constitute an alternative for the unconventional management of *Oidium* sp. in blueberry cultivation.

Keywords: *Oidium* sp., Potassium bicarbonate, Sulfur, Blueberry

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del Arándano en Perú ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años, llegando a abarcar aproximadamente una superficie de 11176 hectáreas. De esta manera, en el año 2020 se logró a exportar 160 mil toneladas por un valor cercano a 1000 millones de dólares (MIDAGRI, 2020). Por consiguiente, el arándano se ha convertido en uno de los principales cultivos de agroexportación y ha posicionado al Perú como el mayor exportador de esta fruta a nivel mundial. Este crecimiento intensivo del cultivo va acompañado con la aparición de nuevas enfermedades que tienen el potencial de causar daños severos en las plantaciones.

La Oidiosis del Arándano es una enfermedad de reciente aparición, que ya viene afectando al cultivo en la zona norte del Perú. Se conoce que dicha enfermedad es común en América del norte, donde se presenta desde mediados de verano hacia adelante, causando un daño muy leve, por lo que su impacto económico general suele ser mínimo (Retamales y Hancock ,2018). Sin embargo, en condiciones de Perú se ha observado un ataque severo desde etapas tempranas del cultivo, lo cual obliga a tomar medidas para su control, ya que la enfermedad afecta el normal crecimiento de las hojas y puede mermar el rendimiento del cultivo.

Puesto que el oídium del Arándano es una enfermedad nueva en el cultivo, se desconoce su sintomatología, su relación con las variables meteorológicas locales, así como las estrategias de manejo más adecuadas para su control. En ese contexto, el uso de fungicidas sintéticos ampliamente utilizados en otros patosistemas de la Oidiosis puede ser una opción inmediata para el manejo convencional de la enfermedad, sin embargo, los huertos orgánicos están obligados a recurrir a estrategias de control a base de productos alternativos que garanticen el cumplimiento de los estándares de la producción orgánica. Asimismo, las tendencias actuales en la agricultura exigen la búsqueda de estrategias de manejo que permitan reducir el impacto negativo de los tratamientos fitosanitarios en el ambiente, en la salud de los agricultores y en la calidad de los productos agrícolas.

De manera particular, la presente investigación busca obtener información sobre las estrategias del manejo de la Oidiosis del Arándano, en base a fungicidas biológicos y aplicaciones complementarias de Silicio e inductores de defensas. De esta manera se estará contribuyendo a producir fruta de calidad y sin riesgo de presencia de residuos al momento de la cosecha.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de productos alternativos sobre la Oidiosis del Arándano var. Ventura, bajo condiciones de campo en el distrito de Tamarindo, departamento de Piura.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la sintomatología del Oídium del Arándano en condiciones de Piura.
- Evaluar la eficacia de 12 tratamientos a base de productos alternativos sobre la incidencia de la Oidiosis del Arándano Var. Ventura, bajo condiciones de campo, en el distrito de Tamarindo, departamento de Piura
- Evaluar la eficacia de 12 tratamientos a base de productos alternativos sobre la severidad de la Oidiosis del Arándano Var. Ventura, bajo condiciones de campo, en el distrito de Tamarindo, departamento de Piura.
- Evaluar el efecto de 12 tratamientos a base de productos alternativos para el control de la Oidiosis sobre los parámetros de cosecha del Arándano Var. Ventura, bajo condiciones de campo, en el distrito de Tamarindo, departamento de Piura

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DEL CULTIVO

2.1.1. Importancia del cultivo de Arándano

El arándano es un cultivo de agroexportación que en el último quinquenio ha experimentado un desarrollo vertiginoso en nuestro país. Así, según el atlas de la superficie agrícola del Perú (MIDAGRI, 2021) en el año 2020 se alcanzó una superficie de siembra de 11176 hectáreas, siendo La libertad, Lambayeque y Lima las principales regiones productoras (Tabla 1). Sin embargo, en los últimos años otras regiones como Piura se han sumado con nuevas plantaciones de arándano, permitiendo la expansión del cultivo a diversas zonas climáticas del país.

En la Figura 1 se muestra el crecimiento sostenido de las exportaciones peruanas de arándano en los últimos cinco años. De esta manera, en el año 2020 se logró a exportar 160 mil toneladas por un valor cercano a 1000 millones de dólares. Esto representa un crecimiento de 29 % en el volumen de envíos y 21 % en el valor de la exportación respecto al año 2019. Asimismo, recientemente el Perú se convirtió en el principal proveedor de arándano fresco a nivel mundial, desplazando de esta manera a grandes productores de Arándano como Chile y México. Por otra parte, el principal destino de exportación en el 2020 fue EE. UU representando el 53% de las exportaciones de arándanos peruanos. Le sigue Países Bajos (25%), China (7%), Reino Unido (7%), Hong Kong (4%), entre otros (DIARIO GESTION, 2021).

El cultivo de arándano, aparte de generar divisas por las exportaciones, es un importante generador de empleos permanentes y temporales en las zonas rurales. En ese sentido, las exportaciones de arándano en la campaña 2020/2021 generaron más de 100 mil puestos de trabajo o en las zonas productoras de esta berrie. Esto se debe principalmente a que la

cosecha del arándano se realiza de forma manual, lo cual demanda gran cantidad de mano de obra en la temporada de cosecha.

Otra de las razones que justifican la importancia del cultivo de arándano es el alto valor nutricional de su fruto, debido al cual ocupa los primeros lugares entre los alimentos vegetales tanto en cantidad como en calidad de antioxidantes. En el mismo sentido Retamales Y Hancock (2018) afirman que los arándanos son una de las fuentes más ricas de fitonutrientes antioxidantes entre las frutas frescas, con una capacidad total de antioxidantes entre los cultivares de 13.9 a 45.9 um equivalentes de Trolox/g de baya fresca. Asimismo, Las antocianinas totales en frutos de arándano varían entre 85 y 270 mg oir 100 gr.

Tabla 1: Superficie instalada de Arándano por región en la campaña 2019-2020

Región	Superficie sembrada (ha)
La libertad	6869
Lambayeque	1682
Lima	833
Ica	810
Ancash	595
Piura	352
Moquegua	35
Total	11176

FUENTE: Atlas de la superficie agrícola del Perú (MIDAGRI, 2021)

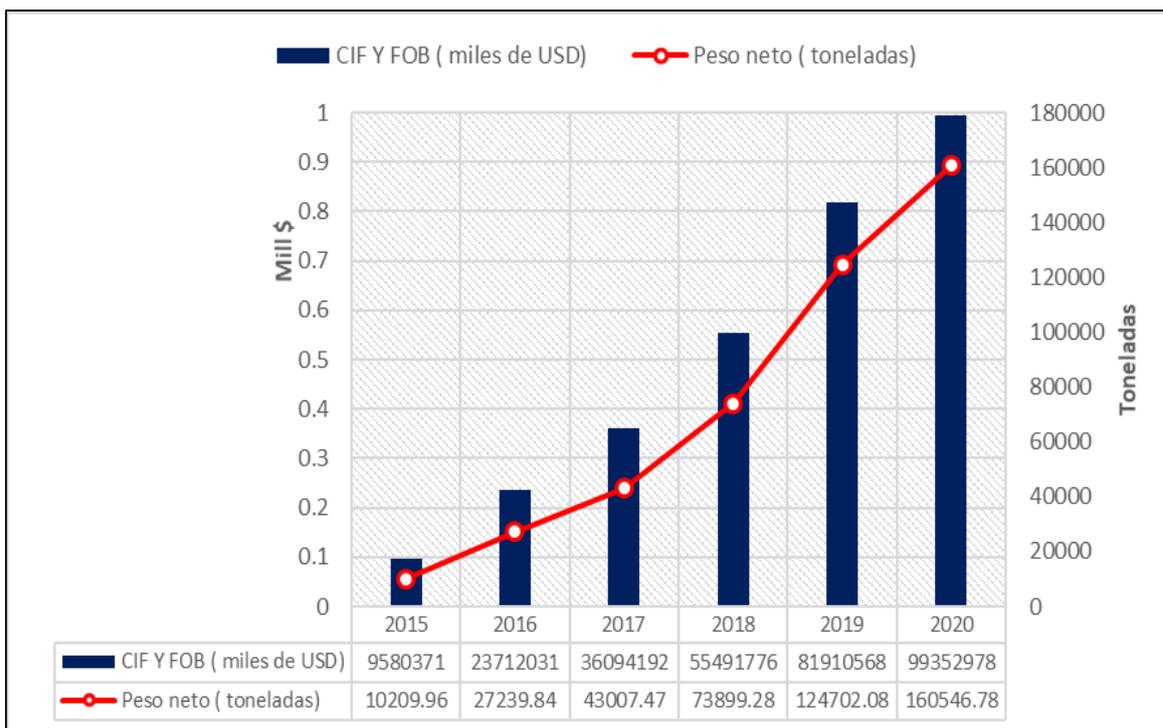


Figura 1: Evolución de las exportaciones del Arándano peruano en el periodo 2015-2020

FUENTE: MIDAGRI (2021)

2.1.2. Origen y distribución

Vaccinium corymbosum, también conocido comúnmente como “highbush” del norte; es una especie del género Ericácea que crece de manera silvestre en el noreste de América del norte, principalmente en los estados de Nueva Jersey, Lllinois, Indiana, Michigan, llegando hasta Quebec en Canadá (García *et al.*, 2013). Esta especie fue domesticada por primera vez en 1908 por Frederick Coville del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), quien fue el primero en determinar las características agronómicas del cultivo (Retamales y Hancock, 2018).

2.1.3. Clasificación taxonómica

Según Kloet (1980) el arándano alto del norte (*Vaccinium corymbosum*) fue descrito inicialmente por Linneo en 1753 a partir de muestras recolectadas en el este de Norteamérica. Asimismo, de acuerdo con Cronquist (1981) el arándano se clasifica de la siguiente forma:

Reino: Plantae

División: Pterophytas

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Subfamilia: Vaccinium

Tribu: Vacciniae

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum* L.

2.1.4. Descripción botánica

Según Retamales y Hancock (2018) las hojas del Arándano son simples, enteras a aserradas y dispuestas en forma alternada a lo largo del tallo. La forma de la hoja desde elíptica, espatulada y ovalada. Asimismo, las hojas del Arándano son bifaciales y realizan fotosíntesis del tipo C3, con la totalidad de estomas en la cara abaxial y el sistema radicular del Arándano se encuentra muy ramificado debido a la simbiosis con micorrizas (Rosa y María Sánchez, 2017).

Las flores del Arándano son de tamaño pequeño, de color blanco o blanco rosado y se disponen en racimos. Sus frutos son falsas bayas, redondeadas, de color negro-azulado, tienen un tamaño que en ciertas variedades pueden alcanzar los 21 mm de diámetro y están cubiertas por un polvillo ceroso (Carrera, 2012).

2.1.5. Características de la variedad Ventura

Ventura (2013, Fall Creek Genetics, Oregón) es un cultivar de arándano alto del sur (AAS) que se caracteriza por ser de maduración muy temprana con un requerimiento de frío de 200 h o menos. El arbusto es erecto y vigoroso. Las bayas son grandes, firmes y de color azul medio, con buen sabor. Se ha cultivado con éxito en sistema de hoja perenne en lugares con pocas horas de frío. Está aumentando en importancia en áreas con un mínimo de horas de frío (Retamales y Hankok, 2018).

2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos

2.1.6.1. Suelo

Las raíces del Arándano requieren de suelos sueltos y bien drenados, con buen contenido de materia orgánica del 3 % al 5 % (Undurraga y Vargas, 2013). Asimismo, Williamson y Lyrenel (1994) refieren que los suelos para establecer plantaciones de Arándano deben tener una profundidad de al menos 18 pulgadas y recomienda sembrar en camas si el agua se acumula en las 18 pulgadas superiores del suelo durante las épocas de lluvias. Esto debido a que el ataque de *Phytophthora* es más severo en suelos saturados con agua.

El rango de pH del suelo recomendado para el Arándano de arbusto alto es 4.5 a 5.5. Cuando los arándanos crecen en un suelo de pH alto manifiestan síntomas de amarillamiento y enanismo en las hojas, las cuales se vuelven pardas y caen de la planta al terminar la temporada. Asimismo, las deficiencias de Fe, Mn y Cu son comunes en suelos de pH alto (Retamales y Hancock, 2018).

2.1.6.2. Agua de riego

El Arándano es un cultivo altamente exigente en cuanto a la calidad del agua, en ese sentido Retamales y Hancock (2018) indican que los constituyentes más importantes de la calidad del agua de riego son los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , y los aniones Cl^- , SO_4^{2-} , bicarbonato y carbonato. Las proporciones relativas de estos iones en el agua de riego determinan su riesgo para el crecimiento de las plantas, siendo las combinaciones de Na^+ , Cl^- y HCO_3^- las más dañinas para la planta. Asimismo, Haby y Pennington (1988) determinaron que el agua de calidad para el cultivo de Arándanos debe ser baja en sales: Na^+ total < 2mM, HCO_3^- y Cl^- total < 4 mM. En relación con el pH del agua de riego, es deseable un rango de pH < 6.5 - 7. El agua de riego alcalino eventualmente subirá el pH del suelo a un nivel dañino para los Arándanos, y es más probable que el agua de pH alto contenga niveles potencialmente dañinos de sales, Na^+ y bicarbonato (Retamales y Hancock, 2018).

2.1.6.3. Temperatura

Los arándanos crecen mejor en climas moderados. Dependiendo de la variedad, requieren entre 400 y 1200 horas frío con un umbral de 7 °C para cumplir su receso invernal. Una vez que las plantas rompen la latencia se vuelven muy sensibles a las bajas temperaturas (Undurraga y Vargas, 2013). Sin embargo, el desarrollo de nuevas variedades ha modificado

totalmente el panorama productivo en todo el mundo, permitiendo desarrollar el cultivo del Arándano en zonas climáticas muy diferentes, como es el caso de Perú en la zona ecuatorial. En ese sentido, existen variedades con altas necesidades en horas frío, que pueden soportar temperaturas muy bajas; y variedades con necesidades bajas de horas frío que pueden tolerar temperaturas muy altas, superiores a 30 °C, sin verse afectada la calidad de la fruta (García *et al.*, 2013).

2.1.6.4. Efecto de la radiación

Retamales y Hancock (2018) señalan que la cantidad de radiación que recibe una planta de arándano no solo determina la producción potencial de carbohidratos a través de la fotosíntesis, sino que también define la calidad de la fruta (color), la morfología de la planta y el número de yemas florales para la próxima temporada. Asimismo, Undurraga y Vargas (2013) señalan que el exceso de radiación provocará un acortamiento del periodo de maduración de la fruta, concentrando la cosecha y promoviendo fruta de inferior calidad. Mientras la nubosidad excesiva favorece la proliferación de hongos.

Por otra parte, el uso de mallas de color para generar sombra artificial al cultivo de arándano en zonas de alta radiación se debe a que naturalmente los arándanos silvestres crecen bajo sombra, por lo tanto, es probable que su cultivo en campo abierto les ocasione estrés por radiación y temperatura. Por esta razón, el uso de mallas sombreadoras de colores en zonas de alta radiación solar puede reducir el estrés, permite mejor crecimiento y aumentar en el rendimiento (Lobos *et al.*, 2012).

2.1.7. Manejo agronómico

2.1.7.1. Manejo del riego y la fertilización

Retamales y Hancock (2018) señalan que los arándanos tienen un sistema radical superficial y son susceptibles al estrés hídrico, ya sea por exceso o déficit. Aunque los arándanos de arbusto alto silvestres suelen crecer en montículos en humedales, las áreas inundadas no deben usarse para cultivar arándanos. El estrés por inundación es causado básicamente por la falta de oxígeno en el suelo, lo que cierra las estomas y reduce la transpiración. Para determinar las cantidades y el momento adecuado de suministro de agua, deben determinarse las variables fisiológicas (potencial hídrico de la planta, intercambio de gases), así como el crecimiento de la planta, la producción y la calidad de la fruta. Asimismo, el agua de buena

calidad (baja sales, conductividad eléctrica de menos de 0.45 mho/cm) permitirá un rendimiento máximo bajo prácticas adecuadas de manejo de suelos y aguas. Los sistemas de riego más comunes utilizados en los arándanos son el goteo y los aspersores elevados.

Los Arándanos evolucionaron en suelos ácidos, donde los niveles de nutrientes son naturalmente bajos. Debido a ello los arbustos de Arándano requieren bajos niveles de nutrientes respecto a otras especies de frutales.

Las necesidades totales de fertilizante de una plantación de arándanos pueden determinarse calculando tanto la demanda como los suministros de cada elemento. La relación entre la demanda, los suministros y las necesidades de fertilización se establece a través de la siguiente ecuación:

Necesidad de fertilizante= (demanda de nutrientes-suministros de nutrientes) /eficiencia.

Para estimar la demanda de nutrientes se debe considerar la edad de la plantación o el tamaño que se consideran apropiadas para los patrones de crecimiento y rendimiento típicos en cada localidad. Así, en el caso de una plantación madura de arándanos, las necesidades de fertilizante se determinarán por la cantidad de nutrientes extraídos de la plantación, que está en función del contenido de nutrientes en la fruta cosechada más el material eliminado mediante la poda. Asimismo, el suministro total de nutrientes depende de la fertilidad del suelo, el contenido de nutrientes del agua de riego y de la adición de cualquier material que contenga nutrientes (Retamales y Hancock, 2018).

El nitrógeno tiene una importancia fundamental en el rendimiento y calidad de la fruta del arándano, en ese sentido Hanson y Hancock (2006) señalan que la deficiencia de N es la deficiencia nutricional más frecuente en arándanos en todo el mundo. Las plantas deficientes en N manifiestan síntomas de enanismo, poco vigor y clorosis uniforme en hojas viejas. Si no se corrige la deficiencia las hojas caen temprano y los rendimientos se reducen. Mientras el exceso de N resulta en plantas con numerosos brotes vigorosos y grandes hojas verdes oscuro, asimismo las plantas con exceso de N reducen su rendimiento y tienen bayas más pequeñas que maduran más tarde.

Con respecto a la fertilización nitrogenada en arándano hay controversias sobre el efecto de la fuente de N (NH_4^+ versus NO_3^-). Al respecto, Retamales y Hancock (2018) en base a diversos estudios realizados en el tema concluyen que: (i) aunque algo de nitrato (NO_3^-) puede ser metabolizado por las plantas de arándano, para fines comerciales, la mayor parte del N debe suministrarse como NH_4^+ ; (ii) existe cierta variabilidad en los efectos de la fuente de N dependiendo del material vegetal; (iii) el impacto de la relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ suministrado a las plantas de arándano se ve afectado por el pH del suelo (o sustrato); y (iv) la relación de formas de N suministradas a los arándanos tiene un impacto en el metabolismo de otros nutrientes de la planta.

Los síntomas de deficiencia de fósforo no son comunes en el arándano. Las plantas deficientes en este elemento pueden atrofiarse y tener hojas pequeñas. Las hojas pueden teñirse de verde oscuro a violeta, especialmente en las puntas y los márgenes. Las ramillas son estrechas en plantas deficientes y también pueden exhibir un color rojo púrpura. Asimismo, la aplicación de P en plantaciones establecidas en el suelo se puede justificar solamente si el contenido de P en las hojas baja de 0.08 % (Hanson y Hancock, 2011).

La deficiencia de potasio en plantas de arándano se manifiesta principalmente en suelos arenosos, en forma de clorosis de los márgenes de las hojas más viejas, este síntoma puede llevar luego a quemaduras a lo largo de los márgenes, encrespamiento, puntos necróticos y muerte de las puntas de los brotes (Hart *et al.*, 2006). El suministro de K es especialmente importante en la etapa reproductiva del cultivo puesto que como señala Hart *et al.* (2006) la fruta es un importante sumidero de K en la planta, los niveles foliares de K también están influenciados por la carga de la fruta. Los niveles de K en la fruta aumentan fuertemente a medida que la fruta madura, con un promedio de alrededor de 60 mg por baya cuando está madura.

La nutrición del calcio en el arándano tiene efectos importantes en varias características de la calidad de la fruta (textura, firmeza y tasa de maduración). Asimismo, el Ca es absorbido preferentemente por raíces jóvenes. El NH_4^+ , K y Mg del suelo interfieren en la absorción de Ca por las raíces; por ende, altos niveles de estos nutrientes reducirán los niveles de Ca en la fruta. Esta es la razón por el cual no se recomienda el uso de amonio como fuente de N en la etapa de cosecha. Por otra parte, uno de los momentos más importantes para la

fertilización del Ca es la etapa de la cuaja del fruto, en dónde la tasa transpiratoria es más alta, por lo tanto, la mayoría del Ca se acumula en el fruto en estas primeras etapas de desarrollo. (Retamales y Hancock, 2018).

Se recomiendan aplicaciones de Mg si los niveles de Mg en el suelo son inferiores a 40 ppm de Mg en suelos minerales y 75 ppm en suelos orgánicos. Los niveles altos de Ca y / o K reducen la absorción de Mg y también pueden indicar una necesidad de Mg. Los rangos deseables del porcentaje de bases son del 60 al 80 por ciento de Ca, del 15 al 30 por ciento de Mg y del 10 al 15 por ciento de K (Hanson y Hancock, 2013).

2.1.7.2. Manejo de la poda

Para una productividad sostenida, los Arándanos altos del norte necesitan poda periódica. En AAN, la mayoría de la poda se hace en invierno, cuando las cañas están en dormancia, mientras los AAS, a menudo se podan tanto en verano después de cosecha, como durante la época de dormancia (Retamales y Hancock, 2018). En las condiciones de Perú, las plantas de arándano se podan en verano, inmediatamente después de la cosecha.

El manejo de la poda en el cultivo de arándano persigue los siguientes objetivos: Frutos de mayor tamaño, maduración más temprana, mayor estabilidad de los rendimientos y control fitosanitario mediante la eliminación de ramas atacadas por hongos de madera y algunas especies de queresas.

Undurraga *et al.* (2013) menciona dos tipos de poda en arándano: de formación y de producción, incluyendo esta última labor la eliminación de madera vieja, improductiva o enferma. La poda de formación se realiza en plantas jóvenes y consiste en la eliminación de ramillas débiles y delgadas, dejando los brotes más largos y vigorosos. Asimismo, todas las yemas florales son eliminadas en los dos primeros años mediante despuntes de brotes que las contengan. La poda de producción se realiza en plantas maduras y consiste en eliminar todas las ramas que produjeron fruta en la temporada anterior, así como las ramas débiles y enfermas, mejorando la aireación e ingreso de la luz hacia el interior de la planta (San Martín, 2012).

Por otra parte, la labor de la poda, independientemente del objetivo o el lugar donde se realice, exige tomar medidas fitosanitarias para evitar el ataque de ciertos patógenos oportunistas que producen infecciones a través de las heridas. En ese sentido, San Martín (2012) recomienda desinfectar periódicamente las herramientas de poda durante la faena, así como proteger las heridas que tienen diámetros superiores a 2 cm. Para dicho fin se recomienda usar pinturas especiales a base de látex y en mezcla con un fungicida de amplio espectro. El resto de los cortes de madera más joven y de un diámetro menor cicatrizan más rápido y solo requieren de aspersiones preventivas con un fungicida de amplio espectro, de buena retención, que proteja estos cortes de menor diámetro, aplicados durante el mismo día de efectuada la poda.

Poda en la variedad Ventura

Ventura se caracteriza por ser una variedad Auxínica, es decir los tallos tienden a crecer indefinidamente en la etapa de crecimiento vegetativo. Asimismo, en las condiciones de Piura la variedad Ventura presenta un crecimiento vegetativo exuberante, favorecido por las condiciones climáticas de esta zona. En consecuencia, en las condiciones mencionadas es una práctica habitual la labor de “despunte” que consiste en eliminar el ápice de los brotes vegetativos para detener la dominancia apical y estimular la ramificación del arbusto. El primer “despunte” se efectúa en brotes de 10 a 15 cm de longitud, con el cual se logra generar nuevos brotes, generalmente más vigorosos y largos que el primer brotamiento. En el segundo flujo vegetativo o en el segundo brotamiento se realiza el segundo “despunte” sobre ramas jóvenes de aproximadamente 25 cm de longitud. Esta labor genera ramificaciones en las cuales aparecen las yemas florales, dando paso a la fase reproductiva. Estas características de la variedad Ventura permiten diferenciar claramente de dos a tres flujos vegetativos o también denominados primer, segundo y tercer brotamiento.

2.1.7.3. Manejo de la polinización

El Arándano es una especie que requiere polinización entomófila, el uso de abejas (*Apis mellífera*) mejora considerablemente el calibre de los frutos. Por lo tanto, la densidad de abejas es un factor crítico para determinar: cuaja, peso de frutos y tasa de maduración. Asimismo, el objetivo de una buena distribución de colmenas es tener cuatro a ocho abejas trabajando en cada planta de arándanos durante la parte más calurosa del día. Se recomienda diferentes densidades de colmenas, dependiendo de las características de floración que

presenta cada cultivar, esas densidades varían desde 2.5 colmenas/ha hasta 6 colmenas/ha. Con relación al momento de ubicación de las colmenas, se recomienda colocar las abejas en el campo al comienzo de la floración (5-25 % de las flores abiertas) y mantenerlas allí hasta la caída de pétalos. Las colmenas deben distribuirse por todo el huerto, con no más de 300 m entre colmenas (Morales, 2017; Retamales y Hancock, 2018).

2.1.7.4. Manejo de la cosecha

Las operaciones de precosecha y postcosecha del arándano deben ir orientadas a maximizar la llegada de un producto de calidad hasta el consumidor. Los índices de calidad normalmente usados por la industria de fruta fresca son: color, tamaño, forma, ausencia de defectos, firmeza y sabor. Para el arándano, gran parte del potencial de duración de postcosecha se define en el momento de la cosecha. El primer factor que se debe considerar es la selección del momento de cosecha adecuado, el cual para arándanos está definido por el color de la fruta, las bayas deben tener un desarrollo de color azul uniforme para obtener una fruta de buena calidad. En las operaciones de la cosecha, se deben tomar todas las precauciones para disminuir daños por golpes y exposición a altas temperaturas, lo que solo se logrará con una buena capacitación del personal de cosecha, puesto que la labor de recolección en el arándano se realiza mayormente de forma manual. Otro factor importante es evitar la exposición de la fruta a altas temperaturas durante las labores de cosecha, por lo que es fundamental un rápido transporte al embalaje (Morales, 2017).

2.1.8. Producción del arándano orgánico

En el Perú, según los reportes del ADEX, la exportación de los arándanos orgánicos representó el 3.7 % de la exportación total de arándanos en el año 2020. Es de esperarse que esta cifra aumente en los próximos años, debido a que la demanda de arándanos orgánicos es alta en el mercado internacional, lo cual favorece que los arándanos orgánicos tengan un mayor precio que la producción convencional.

Los principales desafíos para la rápida expansión de la producción de arándanos orgánicos certificados incluyen elevados costos de producción o insumos (particularmente para la fertilización y manejo de malezas), opciones limitadas para el control fitosanitario, y rendimiento reducido de plantaciones orgánicas (INTA, 2018).

En la producción orgánica de arándanos, los altos niveles de materia orgánica del suelo son especialmente importantes, no solo por su contribución a la capacidad del suelo para retener humedad y suministrarla al cultivo, amortiguar el pH y liberar nutrientes durante su descomposición, sino también porque son un ambiente deseable para los hongos micorrícicos simbióticos que ayudan a las raíces de arándano a absorber agua y nutrientes. Una vez se establece el cultivo de arándano el suministro de nitrógeno es la más grande preocupación en la producción orgánica seguido del potasio. Las recomendaciones de fertilización están basadas sobre análisis foliares. Los fertilizantes orgánicos son generalmente menos solubles que los inorgánicos, por lo cual se sugiere su aplicación de 1 a 4 semanas antes de la fecha programada para fertilizantes solubles. Asimismo, la fertiirrigación es una técnica que actualmente se está adecuando para la producción orgánica empleado productos líquidos derivados de emulsiones de pescado, semillas o algas marinas (Retamales y Hancock, 2018; INTA, 2018).

2.1.9. Principales enfermedades en el cultivo del Arándano

En las condiciones de Perú, el Arándano es afectado por plagas y enfermedades que causan considerables daños económicos en el cultivo. Algunos de ellos se describen a continuación.

2.1.9.1. Botrytis

La pudrición de la fruta por Botrytis es una enfermedad muy extendida en los arándanos de arbusto alto (*Vaccinium corymbosum*) y ojo de conejo. Se ve favorecida por las lesiones de congelación de las flores y el clima fresco y húmedo durante la floración (Retamales y Hancock, 2018).

Los síntomas se observan principalmente en flores y frutos. En el caso de las flores se producen lesiones necróticas, las crecen hasta atizonar por completo la flor y posteriormente el racimo floral. En los frutos inmaduros con resto floral también se observa necrosis. Mientras que en los frutos maduros es donde se alcanza la mayor expresión de síntomas, caracterizada por ablandamiento de la fruta, tonalidad opaca, liberación de jugo, deshidratación y desarrollo de nidos de micelio (Undurraga y Vargas, 2013). Cuando el patógeno infecta a las hojas se desarrollan lesiones marrones e irregulares que a veces las deforman. Las ramillas infectadas son inicialmente de color marrón a negro y luego se vuelven de color bronceadas a gris (Michigan State University, 2017).

Para el manejo de esta enfermedad, Undurraga y Vargas (2013) recomienda realizar un manejo integrado, tales como evitar el exceso de nitrógeno, altas densidades de plantas, uso de variedades de floración prolongada, daño mecánico por viento y heladas. Los controles con fungicidas deben iniciarse junto con la floración, continuar con la cuaja y caída de flores además es necesario continuar con las aplicaciones en apriete de racimos para aquellas variedades con racimos compactos. La frecuencia de aplicación, así como las materias activas a emplearse dependen de la presión de la enfermedad y las condiciones ambientales que se presentan en cada huerto.

2.1.9.2. Roya del Arándano

Según Retamales y Hancock (2018) la Roya de la hoja del Arándano es una enfermedad causada por *Naohidemyces vaccinii* y es común en el sureste de EE.UU, siendo el principal hongo defoliante en Florida. El hongo es más severo en áreas con presencia de la especie *Tsuga* sp., el cual es su hospedante alternante. En las zonas donde no está presente *Tsuga* sp., la enfermedad pasa el invierno en las hojas perennes del Arándano.

Las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son temperaturas cercanas a 20 °C y humedad en las hojas por un periodo mínimo de 48 horas. Las pústulas se evidencian en las hojas 10 días después de la inoculación (Heindenreich, Fiacchino y Koeller, 2017).

Los síntomas iniciales consisten en manchas de color marrón rojizo en las hojas, que se vuelven amarillas y caen prematuramente. En el envés de la hoja se observan esporas de color amarillo a naranja, que se ubican en pústulas rodeadas de anillos oscuros, estas estructuras corresponden a la fase uredia del hongo (Michigan estate University, 2017). Las uredosporas que se liberan de las pústulas infectan a hojas sanas, lo que lleva a la expansión de la enfermedad en el huerto (Heindenreich , Fiacchino y Koeller, 2017).

En Perú, en un trabajo de identificación molecular realizado por Huarhua *et al.* (2020) se determinó que el agente causal de la Roya del arándano en plantaciones de Chavimochic es la especie *Thekopsora minima*. Los síntomas asociados a esta especie se presentan inicialmente en el haz de las hojas, en forma de manchas anaranjadas aproximadamente circulares que luego desarrollan centros necróticos marrones. Posteriormente, las lesiones se fusionan extendiéndose por toda la planta, provocando una grave defoliación. En el envés de la hoja se ubican las pústulas de color amarillo a anaranjado.

Para el control de la enfermedad se recomienda el uso de variedades resistentes, así como labores culturales de limpieza de hojarasca y poda fitosanitaria en infecciones iniciales. Cuando la enfermedad ya está establecida en el huerto es necesario proteger los brotes con aplicaciones de fungicidas hasta inicios de floración. En la fase de cuajado y cosecha solo está permitido la aplicación de fungicidas biológicos y productos con riesgo mínimo de generar residuos.

2.1.9.3. Muerte regresiva

La muerte regresiva es uno de los problemas fitosanitarios más importantes del cultivo de Arándano a nivel mundial. En el Perú se ha reportado en plantaciones de Lima, Huaura y Lambayeque a las especies de *Lasiodiplodia theobromae*, *L. laeliocatleyae* y *Neopestalotiopsis rosae* como los agentes causales de la muerte regresiva del Arándano (Rodríguez, *et al.*, 2020). Por otro lado, Retamales y Hancock (2018) mencionan a *Botryosphaeria dothidea* como la especie más común asociada al tizón del tallo del Arándano en los Estados Unidos.

En general, todos los hongos asociados a la muerte regresiva presentan un comportamiento similar: ingresan a través de las heridas y producen infecciones que avanzan en forma descendente a lo largo de los tallos afectados.

En condiciones de campo, los síntomas empiezan a manifestarse con una necrosis de los tallos después de ser realizados los cortes de la poda, observándose una zona necrótica justo debajo de la zona de corte. Por estas heridas los patógenos ingresan y empiezan a colonizar todos los tejidos del tallo sin excepción: corteza, xilema, floema, parénquima y médula, Asimismo, los brotes ubicados en los tallos infectados se marchitan y finalmente se necrosan y se defolian. En condiciones favorables para la enfermedad, la infección puede llegar con rapidez a la corona y causar la muerte de la planta (Rodríguez, *et al.*, 2020).

La medida de control más importante en el manejo de la muerte regresiva es la estrategia preventiva. En ese sentido es conveniente reducir el inóculo en el huerto antes de efectuar las labores de poda. Esto se logra eliminando del campo ramas y plantas muertas a lo largo de la temporada. Durante la poda se recomienda desinfectar las herramientas de poda y

proteger las heridas pulverizando fungicidas biológicos o sintéticos, inmediatamente después de efectuar los cortes. En el caso de observar los primeros síntomas, se recomienda realizar poda fitosanitaria de los tallos afectados y aplicación de fungicidas para detener la infección.

2.1.9.4. Pudrición de la raíz por *Phytophthora*

Esta enfermedad es causada por el pseudohongo *Phytophthora cinnamomi* y es más común en climas lluviosos y cálidos. La enfermedad a menudo se asocia a suelos pesados en sitios con drenaje pobre, puesto que esta condición favorece la propagación de zoosporas que nadan hasta la punta de las raíces donde ocasionan la infección (Retamales y Hancock, 2018). Michigan State University (2017) menciona que los síntomas en la parte aérea se manifiestan en un amarillamiento o enrojecimiento de hojas y falta de nuevos crecimientos, seguido de la caída de hojas. Los síntomas en la parte subterránea varían desde una leve necrosis de las raicillas jóvenes a una extensa necrosis que abarca la corona y las raíces principales que adquieren un color marrón rojizo. Asimismo, Undurraga y Vargas (2013) menciona que en la etapa de producción las plantas afectadas por *Phytophthora* tienen mayor aborto floral y producen fruta más pequeña y ácida. Los arbustos enfermos eventualmente pueden llegar a morir.

El manejo de la enfermedad consiste, principalmente, en evitar el exceso de humedad en el suelo. Cuando la enfermedad ya está presente en campo se puede recurrir al uso de fungicidas químicos y biológicos para reducir la severidad del ataque, así Mejía (2018) en un estudio sobre la capacidad antagonista de cinco aislamientos de *Trichoderma* sp. encontró que el aislamiento *Trichoderma harzianum* (LM 01) mostró la mejor capacidad antagonista, reflejado en mayores valores de crecimiento de raíces y mejor apariencia, contra *Phytophthora cinnamomi* en plantas de Arándano variedad Biloxi. Por otro lado, Huayhua (2016) reportó que los tratamientos con los inductores de defensa Fosfonato de potasio seguido por Fosfonato potásico + Cu, tuvieron una mejor respuesta frente a la pudrición radicular en plantas de Arándano.

2.2. DEL PATÓGENO

2.2.1. Características de los Erysiphales

Los Erysiphales son un orden monofilético claramente definido de unas 500 especies, todas agrupadas en una sola familia llamada Erysiphaceae (Webster y Weber, 2007). El oídium o mildiu polvoriento (Erysiphaceae) es una familia de hongos ascomicetos que se caracterizan por ser parásitos obligados que crecen principalmente en el follaje de las angiospermas. Los signos del hongo se observan con mayor frecuencia en el haz de las hojas, pero afectan también el envés de estas, los tallos y brotes jóvenes, yemas, flores y frutos inmaduros (Yarwood, 1997; Agrios, 2010).

Yarwood (1957) menciona que algunas de las principales características del Oídium son su micelio superficial hialino, su haustorio en la epidermis de las células de su hospedante, su abundante desarrollo en condiciones secas, el alto contenido de agua en sus conidios grandes y turgentes que son transportados por el viento, su periodicidad diurna respecto a varios caracteres, la asociación específica con sus hospederos y su vulnerabilidad al control por fungicidas.

2.2.1.1. Aspectos morfológicos

En Erysiphales, el micelio generalmente consta de segmentos haploides uninucleadas. Está casi siempre confinada a la superficie de la hoja y las infecciones se limitan a las células epidérmicas. Los conidióforos se desarrollan directamente a partir del micelio en la superficie del huésped, producen conidios infecciosos uno a la vez o en cadenas cortas (Webster y Weber, 2007).

Yarwood (1957) menciona que las conídias de la Oidiosis se encuentran entre las esporas unicelulares más grandes de los hongos. Son de paredes delgadas, lisa, incolora y vacuoladas cuando están frescas. Típicamente tienen forma ovalada, pero pueden ser cilíndricos, claviformes o en forma de barril.

Webster y Weber (2007) señalan que Barun y Col (2002) acuñaron el término chasmotecio para referirse al ascocarpo de los Erysiphales. Los chasmotecios son cuerpos globosos

pardos que no tienen ostiolo. Dependiendo de la especie, pueden contener uno o varias ascas, y su línea de abertura puede correr alrededor del ecuador del chasmotecio, o a través de su vértice. Estas estructuras sexuales suelen estar adornadas con apéndices muy característicos (Figura 2) que suelen ser suficientes para permitir una identificación inequívoca de especies, en conjunto con el número de ascas y la identificación de la planta huésped. Los chasmotecios son estructuras de hibernación en climas del hemisferio norte, se forman generalmente en la etapa final del cultivo y se abren en la próxima temporada.

2.2.1.2. Clasificación

Tradicionalmente la clasificación de los Erysiphales se basó en los rasgos de los cleistotecios, sin embargo, Webster y Weber (2007) señala que estudios filogenéticos recientes basados en una variedad de secuencias de ADN han revelado que en el orden Erysiphales, a diferencia de la mayoría de otros grupos de organismos, las características de la reproducción asexual son más claramente diagnosticadas que los asociados con la reproducción sexual. Existe una buena correlación entre el estado anamórfico y las agrupaciones obtenidas por análisis de secuencias de ADN. Así, los géneros de Erysiphales se definen actualmente principalmente por sus anamorfos.

Webster y Weber (2007) menciona que los estados conidiales de los Erysiphales corresponden al estado anamorfo y se clasifican como género *Oídium*. Las especies que se ubican dentro de este género se caracterizan por producir conidias ovoides solas o en cadenas. Asimismo, las especies de *Oídium* se dividen en subgénero basado en características morfológicas, y estos se relacionan claramente con los teleomorfos particulares. Otros anamorfos de la familia Erysiphaceae tienen conidios que no son ovoides o nacen solas.

Según Agrios (2010) el mildiu polvoriento es ocasionado por varias especies de hongos de la familia Erysiphaceae agrupadas en nueve géneros principales: *Blumeria*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Microsphaera*, *Oídium*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinula* y *Uncinuliella*. Estos géneros se diferencian entre sí por el número (uno contra varios) de ascas por cleistotecio y por la morfología de los apéndices hifales que se proyectan desde la pared del cleistotecio.

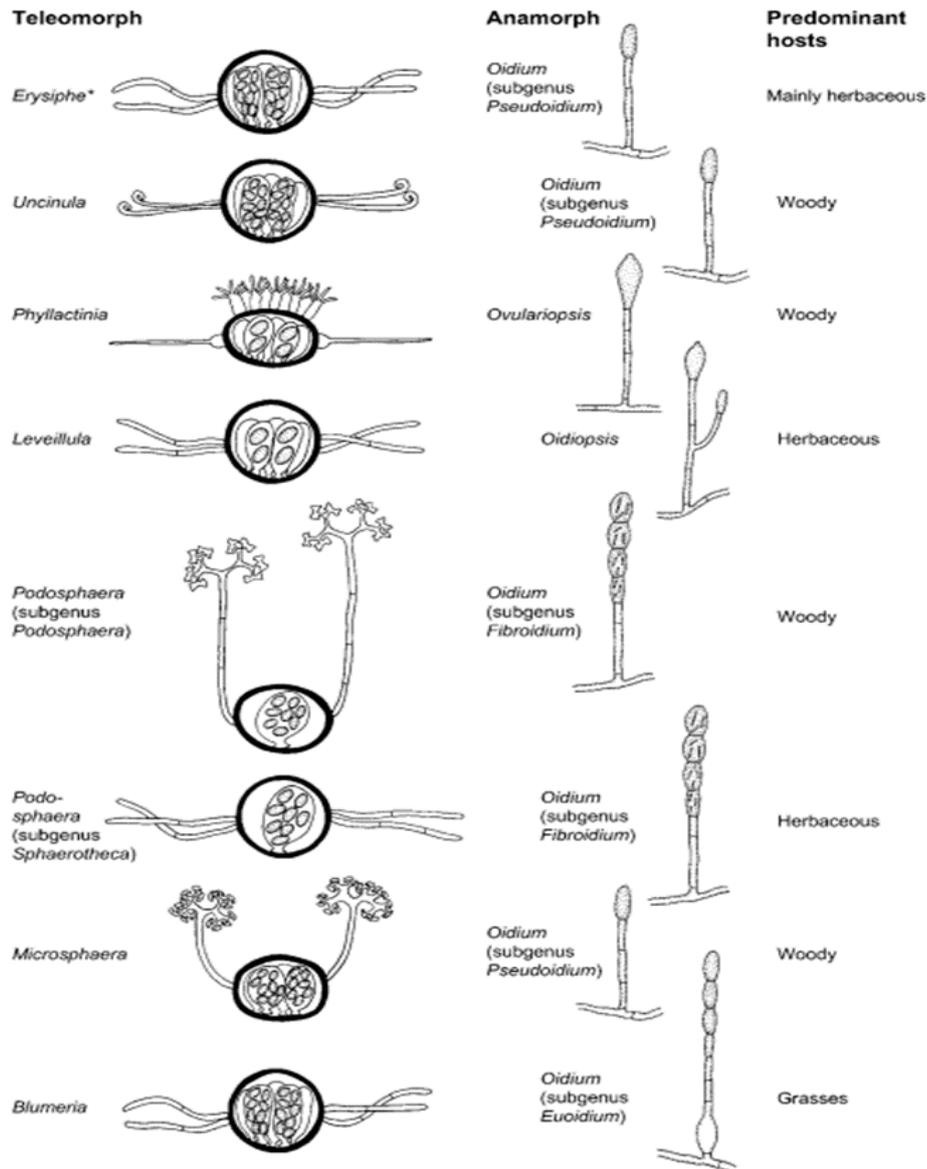


Figura 2: Resumen de las características claves de los géneros del orden Erisiphales

FUENTE: Adaptado de Webster y Weber (2007).

2.2.1.3. Ciclo de la enfermedad

Trigiano *et al.* (2006) describe el proceso de infección de la oídiosis de la siguiente manera: los conidios de oídium depositados en la superficie de una hoja hidrófoba excretan un matiz adhesivo a los pocos minutos de contacto. Se cree que esta matriz media en el reconocimiento del hospedante. En una interacción compatible, los conidios germinan rápidamente por producir uno o más tubos germinativos que siguen los contornos de la superficie del hospedero. En el vértice del del tubo germinativo, se produce un apresorio en el sitio donde ocurrirá la penetración. El hongo sigue creciendo a través de la superficie del

hospedante formando el micelio superficial. El siguiente paso en la infección consiste en la penetración de la pared celular, en esta etapa, una hifa con diámetro estrecho, conocido como clavija de penetración, crece desde la parte inferior de la superficie del apresorio. Mediante una combinación de acción enzimática y mecánica, penetra en la pared de una célula epidérmica. Habiendo ganado la entrada, el hongo produce un haustorium, una célula de alimentación especial que asimila los nutrientes de la planta.

Aproximadamente cuatro días después de la inoculación, los conidióforos comienzan a formarse como hinchazones opuestas a los núcleos en las células vegetativas en el centro de la colonia. A medida que crece la conidia se forman nuevos conidióforos cada vez más lejos del centro de la colonia. La diseminación de conidias es casi exclusivamente por el viento y sigue típicamente un patrón diurno, el mayor número de conidios se libera alrededor del mediodía en respuesta a una disminución en la humedad relativa. Una vez depositado el conidio en la superficie de un hospedero el ciclo de vida asexual se completa y comienza a repetirse, puesto que el ciclo de vida del oídium puede completarse en unos cinco días, muchas infecciones secundarias se pueden consumir durante el ciclo de un cultivo (Yarwood, 1957; Trigiano *et al.*, 2006).

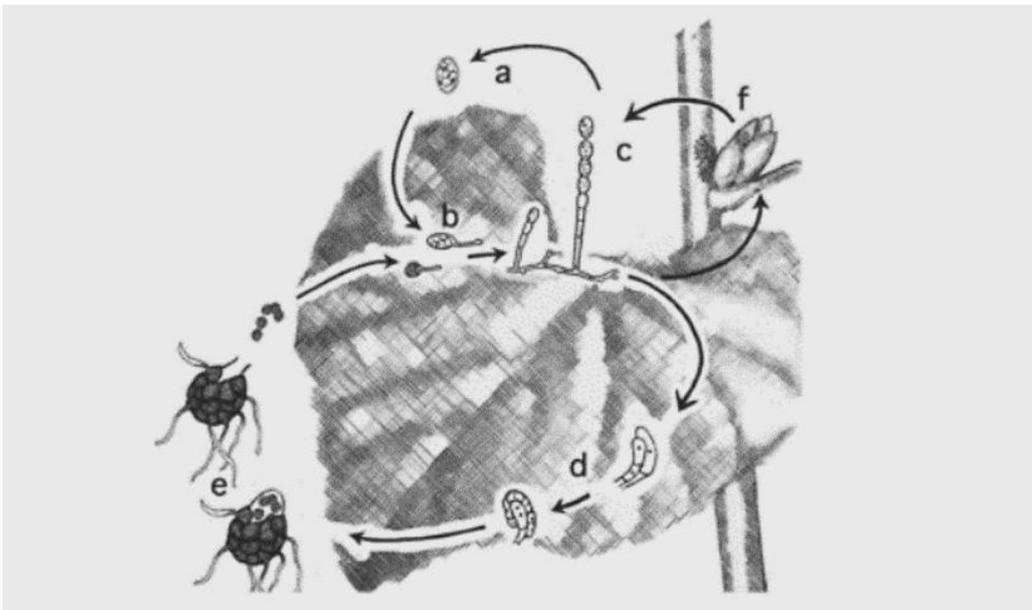


Figura 3: Ciclo de vida de la Oidiosis en diversos hospederos

Nota: (a) Conidio. (b) Conidia germinando y formando un apresorio en la superficie de la hoja. (c) Formación de conidióforos y conidias. (d) reproducción sexual entre tipos de apareamiento compatibles. (e) formación de cleistotecio. (f) micelio hibernando en brote.

FUENTE: Trigiano *et al.* (2006).

2.2.2. Efecto de las condiciones ambientales en el desarrollo de la Oídiosis

Temperatura: Yarwood (1957) menciona que el rango óptimo de temperatura para el desarrollo del oídium es de 11 a 28 °C, con un promedio alrededor de 22 °C. Asimismo, refiere que temperaturas cercanas o superiores 40 °C serían perjudiciales para el *Oidium*, mientras la alternancia de altas y bajas temperaturas favorece al hongo. Asimismo, a temperaturas entre 23 y 30 °C la esporulación ocurre cinco a seis días después de la inoculación (Delp, 1954).

Humedad: en general, las especies del género Oídium son favorecidas por climas secos. Así, Yarwood (1957) sostiene que este efecto de la humedad sobre el oídium se debe a que la lluvia produce daño mecánico en las conídias, que a su vez muestran una baja germinación en presencia de agua libre, mientras aumentan su tasa de multiplicación en humedades relativas moderadas que en altas. Asimismo, Brodie (1945), Clayton (1942), Delp (1954), y Yarwood (1957) manifiestan que la evidencia más resaltante de la tolerancia del Oídium a la baja humedad atmosférica es la germinación de las conidias a humedades relativas cercanas a cero. La explicación es, probablemente, el alto contenido de agua de las conidias y su sistema extremadamente eficiente de conservación del agua.

Luz: Willocquet *et al.* (1996) señalan que la radiación ultravioleta (UVB) afecta el ciclo del oídium inhibiendo la germinación de conidios. Sin embargo, este factor actúa en forma conjunta con los efectos de la temperatura y humedad del aire.

Circulación de aire: en general, la reducida circulación de aire favorece el desarrollo de la Oídiosis. Esto explica la gravedad del oídium en los invernaderos respecto al cultivo en el aire libre (Yarwood, 1957).

Fertilidad del suelo: en términos generales la gravedad del oídium está estrecha y positivamente correlacionada con el vigor de la planta, por lo tanto, cualquier factor del suelo que promueva el crecimiento vigoroso de las plantas favorece la susceptibilidad al oídium. Así, la severidad del oídium disminuye con niveles bajos de Nitrógeno y alto contenido de potasio; y es menos afectado por el fósforo (Yarwood, 1957).

2.2.3. Antecedentes del Oídium en el arándano

El mildiú polvoriento del Arándano es causado por el hongo *Erysiphe penicillata* (Wallr.) Link o *Microsphaera vaccinii*, y se encuentra extendido en la mayoría de plantaciones de Arándano de los Estados Unidos de Norteamérica (Heidenreich *et al.*, 2017).

El Oídium del Arándano, también conocido como Mildiú polvoriento, es una enfermedad muy extendida en el hemisferio norte, afecta a todos los cultivares de Arándanos de arbusto alto y ojo de conejo. Los síntomas son pequeñas manchas (3-6 mm) irregulares de color rojizo cubiertos con un moho blanquecino. Las hojas afectadas llegan a deformarse levemente. Al final del verano se forman los cleistotecios, que son las estructuras de sobrevivencia del hongo (Retamales y Hancock, 2018).

Las hojas afectadas por el mildiú polvoriento del Arándano muestran áreas amarillentas, verde claras y rojizas. En el envés de las hojas se observan lesiones acuosas y en el haz un moho blanquecino. En casos severos, la planta puede defoliarse (Michigan State University, 2017).

Al final del verano, cuerpos fructíferos de coloración amarillenta a oscura (cleistotecios) se forman en la superficie de las hojas infectadas. En primavera, las esporas liberadas por los cleistotecios son transportados por el viento y causan infección en las hojas jóvenes. El micelio es superficial y penetra solo la epidermis. Las hojas infectadas producen esporas secundarias que se dispersan a través del viento a lo largo del verano. Alta temperatura y humedad relativa favorecen el desarrollo de la enfermedad (Michigan State University, 2017). La infección no depende estrictamente de la presencia de agua libre en la superficie de las hojas. El proceso de infección puede completarse en 23 h y la producción de nuevas esporas puede darse en 5 días después de la infección (Heidenreich, Fiacchino, y Koeller, 2017).

En condiciones de Perú se ha observado que la enfermedad se inicia a fines de otoño y en invierno produce un enrojecimiento inusual de la hoja (Ortiz, 2020).

En zonas donde la presión de la enfermedad es potencialmente alta, es recomendable el uso

de cultivares resistentes. Asimismo, para el control de la enfermedad, es recomendable reducir la humedad en la plantación a través de la orientación de surcos, espaciamiento entre plantas y prácticas de poda. En casos en que sea necesario el uso de fungicidas, es importante realizar la primera aplicación de forma temprana para reducir el inóculo primario (Heidenreich *et al*, 2017).

2.3. PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DE OÍDIUM

2.3.1. Azufre

El azufre se usa en diversos cultivos para el control de Oídium y se aplica mayormente en proporción de 120 a 720 gramos para 100 litros de agua (Agrios, 2010). Puede actuar por contacto directo y a distancia, este último gracias a los compuestos gaseosos que produce (INTAGRI, 2017). Asimismo, de acuerdo con Ellis y Nita (2017) el azufre es un fungicida eficaz contra el Oídium cuando se utiliza en un programa preventivo con intervalos de 7 a 10 días entre aplicaciones. Hay muchas formulaciones disponibles de azufre, sin embargo, las formulaciones líquidas parecen ser las más efectivas y las más adecuadas para su aplicación. Asimismo, el azufre puede ocasionar fitotoxicidad en variedades susceptibles, especialmente si se aplica en temperaturas superiores a 30 °C.

Respecto al modo de acción del Azufre elemental, Williams y Coper (2004) señalan que aún es incierto, pero la principal hipótesis actual es que las células fúngicas son permeables al azufre (las esporas pueden absorber casi el 2 % p /p de azufre) y este se incorpora al citoplasma donde afecta a la cadena respiratoria mitocondrial. Estas reacciones bioquímicas podrían ser afectadas debido a una transferencia de iones hidrogeno a azufre en lugar de O₂, lo que provoca la formación de sulfuro de hidrógeno tóxico. Asimismo, los mismos autores mencionados, señalan otros fenómenos asociados a la respiración mitocondrial que podrían producir una modificación del estado de oxidación de los complejos respiratorios, perturbar el flujo de electrones en la cadena respiratoria mitocondrial y consecuentemente alterar la fosforilación oxidativa, resultando en fungitoxicidad.

Respecto a la eficacia del Azufre en el control del oídium, existen diversos reportes en cultivos diferentes al Arándano. Así, la aplicación de azufre en el cultivo de Alcachofa

ocasionó una reducción del número de conidias del oídio (*Leveillula taurica*) con las diferentes dosis probadas durante los 7, 9 y 14 días después de la aplicación, comparado con el tratamiento testigo (sin aplicación de fungicida), mostrando un control aceptable (Mauricio y Leal, 2011). Por otro lado, Lloren *et al.* (2016) reportaron que los tratamientos preventivos por vía radicular, así como los curativos vía foliar con azufre líquido bio asimilable resultaron altamente efectivos en el control del oídio (*Oidium neolycopersici*) del tomate. En este estudio se demostró que los tratamientos preventivos con azufre son capaces de inducir los mecanismos de respuesta inmune de las plantas, incrementando significativamente el depósito de callosa en hojas, pudiéndose evitar así la entrada e infección del patógeno. Mientras los tratamientos preventivos con azufre fueron capaces de controlar la enfermedad ya que se demostró su capacidad para detener el desarrollo del patógeno sobre el tejido vegetal tras la infección hasta en un 75 %.

Asimismo, Montenegro (2018) en un estudio acerca del el azufre y su influencia en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.), los resultados obtenidos en el ensayo de campo mostraron que el tratamiento con la mayor dosis de azufre T1 (232 ppm de azufre) tuvo el mejor efecto en el control de la enfermedad, mostrando diferencias estadísticas sobre los otros tratamientos y en laboratorio también el efecto de control fue mayor en los tratamientos con mayor dosis de azufre.

2.3.2. *Bacillus subtilis*

2.3.2.1. Características generales

Bacillus subtilis pertenece a la familia *Bacillaceae*, género *Bacillus* y sus características son: bacilo gram-positivo, catalasa positiva, aerobio estricto (aunque puede crecer en vía anaeróbica), productor de endosporas, de antibióticos y matriz extracelular (biofilm) que comúnmente se encuentran en el suelo (Yañez, 2012). Otra característica resaltante de *Bacillus subtilis* es su capacidad para producir una amplia gama de moléculas bioactivas, que muestran fuertes propiedades antifúngicas, junto con una baja toxicidad y alta biodegradabilidad (Chen *et al.* citado por Yañez, 2012). Asimismo, este grupo de microorganismos se caracterizan por formar endosporas, que le proporcionan un alto nivel de resistencia a condiciones ambientales extremas, posibilita que se puedan desarrollar diversos bioproductos a base de *Bacillus* (Errington, 2003; Ongena *et al.*, 2009, Citado por Yañez, 2012).

El *Bacillus subtilis* es un fungicida microbiano ampliamente usado en la agricultura orgánica. Así, la mayoría de los productores orgánicos de Arándano en Georgia usan el Serenade (QST 713 strain de *Bacillus subtilis*) para el control de patógenos foliares, entre ellos el Oídium, durante el verano (Scherm y Krewer, 2008).

2.3.2.2. Mecanismo de acción

El modo de acción contra los patógenos de plantas más ampliamente conocido para *B. subtilis* es la antibiosis a través de lipopéptidos antifúngicos. Sin embargo, otros mecanismos menos conocidos como competencia por espacio e inducción de defensas secundarias en el hospedero han sido también descritos (Ongena *et al.*, 2005).

Antibiosis

Las iturinas son el grupo de lipopéptido más estudiados por su fuerte actividad biocida contra un amplio rango de patógenos del suelo, foliares y de postcosecha. Asimismo, las fengicinas han demostrado tener una fuerte actividad antifúngica específicamente contra los hongos filamentosos, en los cuales se ha demostrado que interactúan fácilmente con componentes principales de la membrana del patógeno como el ergosterol alterando la estructura y la permeabilidad de forma dosis dependiente (Yañez, 2012).

Competencia e inducción de defensas secundarias

Otra característica de los lipopéptidos es sus capacidades para influir en el mecanismo de *B. subtilis* contra los patógenos mediante la competencia e inducción de defensas secundarias en el hospedero (Ongena *et al.*, 2005). Así, se ha demostrado que el grupo de lipopéptidos surfactinas cumplen un importante papel en la colonización de cepas de *Bacillus* mediante la producción de películas en la interfase aire-agua, en entramado o en la formación de biopelículas en las raíces. Asimismo, nuevos trabajos en el potencial de fengicinas describen que éstas actúan como inductores de defensas en el hospedero solas o en sinergismo con otros lipopéptidos (Yañez, 2012).

Respecto al efecto del *Bacillus subtilis* en el control de Oídium, Ni y Punja (2019) informaron que la aplicación de *Bacillus subtilis* QST713 mostró efectos tanto preventivos como erradicantes sobre el desarrollo del oídio (*Podosphaera xanthii*) en el cultivo de

Cucumis sativus en condiciones de invernadero. Así, los resultados mostraron que las aplicaciones preventivas fueron efectivas para reducir el desarrollo del oídio en un 70 por ciento después de tres aplicaciones. Asimismo, las aplicaciones después del establecimiento de la enfermedad mostraron un efecto erradicante, reduciendo significativamente el porcentaje de área foliar infectada. En otro estudio concerniente al manejo del mildiú polvoroso, causado por *Erysiphe cruciferarum*, en plantas de wasabi (*Wasabia japonica*) en Columbia Británica, la aplicación de *Bacillus subtilis* cepa QST713 redujo significativamente el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) respecto al tratamiento testigo con aplicación de agua, no obstante este efecto fue menor al control obtenido con los tratamientos Regalia Maxx (de *Reynoutria sachalinensis*) y un fungicida a base cobre (Betz y Punja, 2020).

Asimismo, Fuertes (2015) obtuvo resultados significativos en el control de *Erysiphe necator* en el cultivo de vid con los tratamientos a base de *Bacillus subtilis* cepa QST 713y *Bacillus pumilus*, sin embargo, observó incongruencia en los resultados al tener mayor efectividad las concentraciones menores de cada biofungicida. Este resultado demuestra el efecto de las cepas de los microorganismos antagonistas y el nivel de las dosis en el control de la enfermedad. Al respecto, Mantecón (2008) informó que los fungicidas biológicos a base de *Bacillus subtilis* cepa QST 713y *Bacillus pumilus* mostraron una efectividad similar a los fungicidas sintéticos solo con mayor número de aplicaciones y a las dosis más altas.

Asimismo, Hinarejos *et al.* (2016) reportaron que en diversos ensayos conducidos en condiciones de campo, la aplicación foliar de *Bacillus subtilis* cepa IAB/BS03 redujo eficazmente la incidencia de enfermedades foliares como *Botrytis cinerea* y *Pseudomonas syringae*. Además, el mismo ensayo indica que el mecanismo de acción implicado es la síntesis de lipopéptidos antifungicos como la iturina y surfactina.

Respecto a la eficacia de la cepa AP-01 en el control de patógenos foliares, Maketon *et al.* (2008) informó que *B. subtilis* AP-01 por sí solo no logró controlar las enfermedades del Tabaco, sin embargo, en combinación con *T. harzianum* AP-001 su capacidad de control fue tan efectiva como un tratamiento químico. Esto se debe a que la combinación de múltiples organismos proporciona múltiples mecanismos de acción, que permiten superar las inconsistencias en el desempeño de los aislados individuales.

2.3.3. Bicarbonato de potasio

Homma *et al.* (1981) al define la fitomineraloterapia como la protección contra algunas enfermedades de plantas basada en el empleo de sales inorgánicas que además influyen directamente en la nutrición de las plantas. Asimismo, estas sales son denominados “compuestos biocompatibles” por tener baja toxicidad en mamíferos y en el ambiente (Horst *et al.*, 1992). Zavaleta y Mejía (1999) mencionan que las sales comúnmente utilizadas para el control de enfermedades de plantas son: bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, bicarbonato de amonio y sulfato de cobre. Los mismos autores indican que la protección de cultivos por las sales minerales se explica por efectos tóxicos sobre las estructuras del patógeno, reducción de la susceptibilidad del hospedante y modificación del pH en la superficie de la hoja. Del mismo modo, el ion bicarbonato se ha identificado como la causa probable de inhibición del crecimiento en algunas bacterias y hongos. En el caso de los hongos, las paredes de las hifas colapsan en presencia de bicarbonato, lo que provoca inhibición del crecimiento o muerte del hongo (Palmer *et al.*, 1997; Ordoñez–Valencia *et al.*, 2009). Entre las enfermedades controladas por la aplicación de sales inorgánicas se encuentran las que inducen las cenicillas en diversos cultivos.

La efectividad de bicarbonato de potasio ha sido reportada en diversos estudios que se han desarrollado en otras latitudes. Así, Yañes *et al.* (2014), en un estudio del efecto de bicarbonatos en el control de *Oidium* sp. en *Cucumis sativus*, encontraron que con la aplicación de bicarbonato de potasio a dosis de 4 g/L se obtuvo la mayor disminución de hojas enfermas por *Oidium* sp. (94.6, 93.3 y 92,4%) a los respectivos 31,33 y 35 días después de la aplicación. Asimismo, en el mismo estudio mencionado, la máxima disminución (48.4 puntos porcentuales) de incidencia de cenicilla, se observó en plantas con 4 g L⁻¹ de Bicarbonato de potasio ($p \leq 0.05$); con la misma dosis, la severidad de cenicilla disminuyó hasta 84.3 y 60.5 puntos porcentuales en las hojas tres y cuatro, respectivamente; mientras que en la hoja cinco la enfermedad fue nula. De la misma manera, Pérez *et al.* (2010) reportaron que el bicarbonato de potasio a una dosis alta de 10 g /L a 1 % de ingrediente activo fue uno de los tratamientos más efectivos en reducir la severidad del daño de *Oidium* (*Sphaerotheca fuliginea*) en el follaje del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

En el cultivo de soya, Medice *et al.* (2013) reportaron que la aplicación del fungicida KALIGREEN, con su ingrediente activo bicarbonato de potasio a concentraciones de 0;

0,25%, 0,5%, 0,75% y 1 %, controló al oídium causado por *Erysiphe diffusa* en todas las concentraciones, pero causó fitotoxicidad a partir de la concentración de 0.5 %. En el mismo estudio, en el análisis ultraestructural se pudo observar que el producto mostró acción directa sobre el patógeno provocando marchitez y reducción de la germinación de conidios.

2.3.4. Manano oligosacáridos

Los productos a base de manano oligosacáridos son compuestos de sólidos solubles fermentados, que según Dildey *et al.* (1997) citado por Soto (2018) corresponden a azúcares complejos derivados de la pared celular externa de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Asimismo, Costa *et al.* (2010) en un estudio del control de *Monilia pernicioso* reportaron que la aplicación de AGRO MOS (manano oligosacáridos) a intervalos de dosis de 3.6 a 7 ml/L tuvo un efecto directo contra el crecimiento micelial del hongo y mejoró la actividad de enzimas relacionadas con la respuesta de defensa, tales como quitinasas, b- 1,3-gluconasas, guaiacol peroxidasas y polifenol oxidasas, lo cual sugiere que el AGRO MOS activa el mecanismo de defensa de las plantas.

Risco (2014) reportó que la aplicación de AGRO MOS (manano oligosacáridos) sin alternar con otros principios activos, no tuvo control sobre el mildiú de la quinua (*Peronospora variabilis*), no obstante, la aplicación alternada de AGRO MOS y fosfito de potasio si tuvo un nivel de control significativamente mayor al tratamiento testigo. De la misma forma, More (2016) reportó que la aplicación de AGRO MOS en combinación con SOIL SET fue eficaz en el control de *Peronospora variabilis* en el cultivo de quinua. Por otra parte, Soto (2018) determinó que la aplicación de AGRO MOS a dosis de 2.5 ml/L induce la defensa ante *L. theobromae* en plantas de vid.

2.3.5. Silicio

Los efectos benéficos del silicio han sido demostrados en varias especies de plantas y, en el caso de problemas fitosanitarios, es capaz de aumentar la resistencia de las plantas al ataque de insectos y patógenos. El silicio puede conferir resistencia a las plantas por su depósito, formando una barrera mecánica, y por su acción como inductor del proceso de resistencia (Castellanos *et al.*, 2015). De acuerdo con la explicación de por SEPHU (2009), la barrera mecánica se debe a la acumulación de Silicio en forma de sílice (SiO₂) debajo de la cutícula y sobre las células epidérmicas de las hojas. Esta capa constituye una barrera física a la

penetración y desarrollo de hifas de hongos (Figura 4).

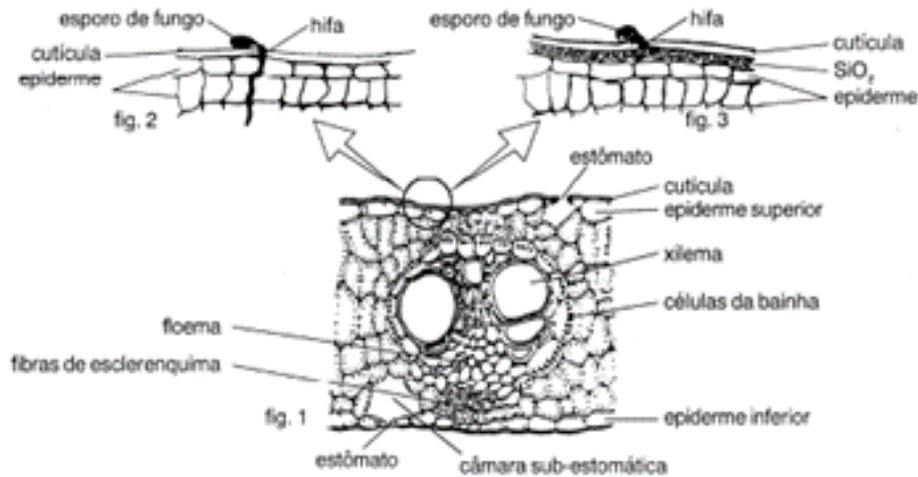


Figura 4: Barrera mecánica formada por la acumulación de Sílice en las células epidérmicas de las hojas

FUENTE: SEPHU (2009).

Respecto al efecto de las aplicaciones foliares y radiculares del silicio en el control de hongos fitopatógenos, Liang *et al.* (2005), mencionan que las aspersiones foliares de silicio no mejoraron la resistencia sistémica adquirida (SAR) en plantas de *Cucumis sativus* inoculadas con *Sphaerotheca fuliginea*, por lo tanto, la eficacia mostrada en algunos trabajos previos se atribuye al papel físico del Si depositado en la superficie de las hojas y / o al efecto osmótico del silicato aplicado después de una aspersión foliar de Si a alta concentración. Mientras el silicio aplicado a la raíz suprimió significativamente el ataque de la enfermedad, siendo el índice de la severidad más baja en plantas con suministro de silicio que en plantas sin la aplicación de silicio. Además, con el Si aplicado a la raíz, las actividades de las proteínas relacionadas a la patogénesis (por ejemplo, peroxidasa, polifenoloxidasas y quitinasa) mejoraron significativamente en todas las hojas de la planta, independientemente de la zona de inoculación realizado para inducir la resistencia sistémica adquirida (SAR).

Asimismo, en un estudio acerca del efecto de las aplicaciones de silicio soluble en el control del oídio de la vid, Bowen *et al.* (1952) reportan que la aplicación radicular de silicio no tuvo ningún efecto en la severidad de la enfermedad, pero las aplicaciones foliares si redujeron significativamente el número de colonias de Oídio que se desarrollaron en las

hojas inoculadas. Por otra parte, las micrografías electrónicas de barrido relevaron que, en las hojas rociadas con silicio, las hifas no se desarrollaron en áreas donde estaban presentes depósitos gruesos de Si en la superficie de la hoja. Esto podría deberse al papel que ejerce el Si como una barrera física a la penetración de hifas y a una respuesta de resistencia que involucra el movimiento lateral del silicio y su depósito dentro de la hoja en los sitios de penetración del hongo.

Otros estudios también confirmaron la efectividad de las aplicaciones radiculares y foliares de silicio en el control del Oídium. Así, Domínguez *et al.* (2015) reportan que las aplicaciones foliares de Silicio, a intervalos semanales, redujeron significativamente el ABCPE de la incidencia y severidad de *Podosphaera pannosa*, agente causal de la cenicilla del rosal. Este nivel de control resultó estadísticamente similar al efecto de la aplicación del fungicida sintético acetato de dodemorf. De la misma forma, la aplicación de silicio mediante fertiriego dio como resultado una reducción de la severidad del oídium del rosal (*Sphaerotheca pannosa*) en un 75 % (Albornoz *et al.*, 2016).

2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LOS TRATAMIENTOS

2.4.1. AGRO MOS

AGRO MOS es un producto compuesto de sólidos solubles fermentados, rico en nutrientes que ayudan a las plantas en sus procesos fisiológicos y le dan mayor resistencia. Adicionalmente en su composición contiene azufre, cobre y zinc al 2.28 %, 3%, y 2% respectivamente. Por otra parte, el producto tiene la propiedad de activar la respuesta sistémica e inespecífica, fortaleciendo el sistema de defensa de las plantas. Se recomienda realizar su aplicación vía foliar, al inicio del fulgo vegetativo, repitiendo cada dos semanas (ALLTECH, 2021).

2.4.2. BIO SPLENT 70 WP

Bio splent 70 WP es un fungicida biológico de uso agrícola clasificado como ligeramente tóxico. En su composición contiene esporas de cepas naturales de la bacteria *Bacillus subtilis* AP-01 a la concentración de 1×10^9 ufc/g en formulación polvo mojable. Esta cepa natural

es antagonista de diversos patógenos de plantas, entre ellos el Oídium de la Vid. Su mecanismo de acción consiste en que la bacteria puede detener la germinación de las esporas del patógeno, a través de disrupción del tubo germinativo en crecimiento e inhibiendo la unión del hongo a la hoja. Se recomienda su uso como fungicida principalmente preventivo, realizando aplicaciones antes de manifestarse los síntomas, con una frecuencia de 7 a 10 días (SILVESTRE PERÚ, 2015).

2.4.3. OMEX SW7

OMEX SW7 es un insecticida, fungicida y acaricida biológico categorizado como ligeramente tóxico. Tiene una formulación de concentrado soluble y en su composición contiene Tetraethyl silicate a una concentración de 700 g/L. Contribuye con las propiedades mecánicas de la pared celular, el silicio forma complejos con el calcio, fortificando la pared celular. Esta acción es beneficiosa para la planta ya que reduce la infección de enfermedades como el Oídium. El silicio es depositado como sílica hidratada amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), en el retículo endoplasmático, pared celular y en los espacios intercelulares, se solidifica debajo de las cutículas y se inmoviliza, formando una barrera protectora. Intracelularmente, se acumula también en células epidérmicas especializadas llamadas células silíceas. Así mismo, forma complejos con polifenoles reforzando la pared celular. Por lo tanto, al acumularse el silicio debajo de la cutícula de las hojas ofrece una resistencia mecánica al ataque de plagas y enfermedades (SILVESTRE PERÚ, 2021).

2.4.4. OSPO VI55

Ospo Vi55 es un fungicida que actúa por contacto, de acción preventiva y curativa que forma una barrera física sobre el área cubierta por el caldo de aplicación. En su composición contiene la bacteria *Bacillus subtilis* (cepa IAB/BS03) a una concentración de 10^6 UFC /g. Puede utilizarse para controlar los ataques de hongos causantes de oídios y oídiosis en diversos cultivos como el de uva y algunas hortícolas como la alcachofa. El número de aplicaciones depende de la gravedad del problema, recomendándose realizar de dos a tres aplicaciones por campaña a intervalos de 10 a 15 días entre aplicaciones. El número máximo de aplicaciones por campaña es de tres. Debido a que es un producto biológico no produce residuos en los frutos y vegetales (AGROTECNOLOGÍA, 2020).

2.4.5. SULFA 87 SL

SULFA 87 SL es un fertilizante foliar altamente concentrado en Azufre (SO₃) y nitrógeno (N), con una composición de 87.5 y 15 % p/v respectivamente, destinado a mejorar la nutrición de los cultivos con estos elementos y brindar la protección sanitaria contra plagas y enfermedades. este producto utiliza una fuente de Azufre altamente soluble en agua, por tanto, no taponea las boquillas de las pulverizadoras a diferencia de otras fuentes. además, es incoloro, lo cual no produce manchado en los frutos, siendo ideal su uso en cultivos de exportación.

SULFA 87 SL es eficaz en el control de enfermedades por hongos, principalmente de la clase de los ascomicetos como el Oídium, actuando por contacto directo y a distancia (mediante los compuestos gaseosos producidos). Su aplicación se recomienda desde el brotamiento hasta la cosecha (SILVESTRE PERÚ, 2021).

2.4.6. KALIGREEN 82 SP

KALIGREEN 82 SP es un fungicida biológico orgánico cuyo ingrediente activo es bicarbonato de potasio a una concentración de 82 %. Tiene acción de contacto (preventivo y curativo), su mecanismo de acción está ligado con la presión osmótica, provocando un desequilibrio interno en el hongo, interrumpiendo así el balance del ion potasio en la célula del hongo causando el colapso de la pared celular de este, además controla las esporas de forma física, así mismo se puede usar como herramienta anti-resistencia cuando se usa en alternancia con otros fungicidas. Cuenta además con una formulación de alta tecnología que otorga una alta concentración de ingrediente activo (K⁺) y mejor adherencia a las paredes fúngicas dando como resultado un mejor control sobre las enfermedades. Se recomienda aplicar el producto vía foliar cada siete a diez días con volúmenes de agua que aseguren la total cobertura de los tejidos de la planta (SUMMIT AGRO, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO Y PERIODO DE EJECUCIÓN

El trabajo experimental se ejecutó en la región Piura, provincia de Paita, distrito de Tamarindo; en un lote de arándano orgánico perteneciente al fundo GREENWAY S.A. El periodo de ejecución estuvo comprendido entre los meses de enero y julio del año 2021.

3.2. REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos de las variables meteorológicas, como temperatura y humedad relativa del aire fueron obtenidos de la estación meteorológica del fundo GREENWAY S.A.

3.3. MATERIAL BIÓTICO

En el experimento se utilizaron plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum*) de la variedad Ventura, con dos años de plantación.

3.4. COLECTA DE MUESTRA Y RECONOCIMIENTO DE LA ENFERMEDAD

Hojas con síntomas característicos del *Oídium* del arándano fueron colectadas, identificadas y enviadas al laboratorio para la caracterización morfológica y el diagnóstico molecular del agente causal de la enfermedad. La colecta de muestras se realizó en la parcela experimental, en las repeticiones del tratamiento testigo absoluto. La caracterización morfométrica fue realizada por el laboratorio Ciencia para la Sanidad del Agro (CSA) en la ciudad de Chiclayo.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA SINTOMATOLOGÍA

La descripción de la sintomatología se realizó en plantas correspondientes al testigo absoluto, en la fase fenológica del crecimiento vegetativo. Se observó el desarrollo de la enfermedad en hojas y se tomó fotografías a los cambios ocurridos desde la manifestación de la enfermedad hasta la finalización del ensayo de campo.

3.6. ENSAYO DE CAMPO

3.6.1. Antecedentes y características de la plantación

El ensayo se instaló en un lote comercial de arándanos, variedad ventura con dos años de plantación. Las plantas estuvieron sembradas en sustrato a base de fibra de coco, en bolsas de 30 litros. El riego y fertilización se trabajó con un sistema de riego por goteo, con dos goteros por planta. El techo de la plantación estuvo cubierto al 20 % por malla de polietileno y el suelo tuvo una cobertura antimaleza (Groundcover) reflectante. El distanciamiento de la plantación fue de 0.5 metros entre plantas y 2.1 metros entre hileras, el cual resultó en una densidad de 9500 plantas por hectárea.

El campo experimental tuvo antecedentes de un ataque fuerte de Oídium en la temporada 2020, entre los meses de marzo y agosto, siendo la pre-floración y floración las etapas más sensibles al ataque del hongo.

3.6.2. Tratamientos

Se evaluó el efecto de 13 tratamientos alternativos para el control del Oídium del Arándano en un huerto orgánico. Para ello, se consideró la aplicación individual y alternada de fungicidas biológicos, inductores de defensas y productos a base de Azufre y Silicio. Asimismo, como testigo absoluto se consideró el tratamiento sin control y como testigo relativo se consideró el tratamiento con bicarbonato de potasio, el cual es parte del programa fitosanitario del fundo. Las características de los tratamientos se describen en la Tabla 2.

Tabla 2: Características de los tratamientos alternativos para el control de Oídium en arándano

Tratamiento	Principios activos
T1	<i>Bacillus subtilis</i> AP-01+ Silicio
T2	<i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03 + <i>Bacillus subtilis</i> AP-01
T3	Manano oligosacáridos + <i>Bacillus subtilis</i> AP-01
T4	Silicio + Azufre
T5	<i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03 + Azufre
T6	Manano oligosacáridos + Azufre
T7	<i>Bacillus subtilis</i> cepa AP-01
T8	Silicio
T9	Azufre
T10	<i>Bacillus subtilis</i> cepa IAB/BS03
T11	Manano oligosacáridos
T12	Bicarbonato de potasio (testigo relativo)
T13	Tratamiento sin control (testigo absoluto)

Las características de los productos comerciales que se consideraron para la presente investigación se describen en la Tabla 3.

Tabla 3: Características de los productos comerciales considerados para el ensayo

Producto comercial	Principio activo	Dosis	Concentración	Clase de uso
AGRO MOS	Manano oligosacáridos	1 ml. L ⁻¹		Inductor de defensas
BIO-SPLENT 70 WP	<i>Bacillus subtilis</i> AP-01	2.5 g. L ⁻¹	1 x 10 ⁹ ufc/g	Fungicida biológico
OMEX SW 7	Tetraethylsilicate 700g / L	1.5 ml. L ⁻¹	700 g / L	Fungicida biológico
OSPO VI55	<i>Bacillus subtilis</i> (cepa IAB/BS03)	5 g. L ⁻¹	1 x 10 ⁶ UFC/g	Fungicida agrícola
SULFA 87 SL	Azufre 87.5 %; N 15 %	2.5 ml. L ⁻¹	87.5 % P/V	Fertilizante fitoprotector
KALIGREEN 82 SP	Bicarbonato de potasio	4 gr. L ⁻¹	820 g / Kg	Fungicida biológico
SPRAYFIX	Terpineol	0.25ml. L ⁻¹	66.5 % p/p	Coadyuvante

3.6.3. Método de aplicación de los tratamientos

Los productos considerados en los tratamientos fueron aplicados siguiendo los procedimientos de las buenas prácticas agrícolas (BPA). Se consideró la dosis y las indicaciones de la etiqueta del producto.

Los productos fueron aplicados al follaje con una mochila motorizada previamente calibrada. Se usó boquillas ATF de cono lleno para garantizar una buena cobertura, principalmente en el envés de la hoja, ya que inicialmente el hongo se presentó en dicha zona. Las aplicaciones se realizaron en horas de la mañana con la finalidad de evitar la radiación y la deriva por el viento. La aplicación de los tratamientos se inició a los 40 días después de la poda, al manifestarse los primeros síntomas y signos de la enfermedad. Posteriormente fueron aplicados semanalmente hasta finalizar el periodo de crecimiento vegetativo. Los fungicidas a base de *Bacillus subtilis*, Azufre y Silicio fueron aplicados con una frecuencia de siete días en los tratamientos de un solo producto y con una frecuencia de 14 días en los tratamientos con rotación de dos productos. Los inductores de defensas fueron aplicados con una frecuencia de 14 días, mientras el bicarbonato de potasio fue aplicado a intervalos de siete días. En todas las aplicaciones se utilizó el coadyuvante SPRAYFIX con la finalidad de romper la tensión del agua de aplicación y mejorar la cobertura en la planta.

Se realizó un total de nueve aplicaciones (Figura 5) para cada tratamiento, entre los meses de enero y marzo del 2021. El cronograma de aplicaciones se presenta en la Tabla 4.



Figura 5: Aplicación de tratamientos para el control del *Oidium* en arándano. Piura, 2021

3.6.4. Diseño experimental

El experimento fue instalado bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (D.B.C.A), con 13 tratamientos y 4 repeticiones (bloques).

Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 \quad j = 1,2,3,4$$

Donde:

Y_{ij} : Es el valor observado en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

μ : Es el efecto de la media general

t_i : Es el efecto de la i -ésimo tratamiento

β_j : Es el efecto del j -ésimo bloque

ε_{ij} : Es el efecto del error experimental en la i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque

3.6.5. Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 9.5 m de largo y 10 m de ancho con 95 plantas de arándano distribuidos en cinco hileras o surcos. Para la evaluación de variables se consideró 15 plantas ubicadas en la hilera central. Cada unidad experimental representó una repetición.

3.6.6. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de variancia (ANVA) y la comparación de medias de los tratamientos con las pruebas de Tukey y Duncan ($\alpha=0.05$) previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de variancias. Los datos que no cumplieron con los supuestos mencionados fueron transformados a \sqrt{x} y Log X antes de continuar con los análisis respectivos.

Los datos fueron procesados con el paquete estadístico Infostad versión estudiantil 2017.

3.6.7. Croquis experimental

La distribución aleatoria de los tratamientos en los bloques experimentales se muestra en la Figura 6.

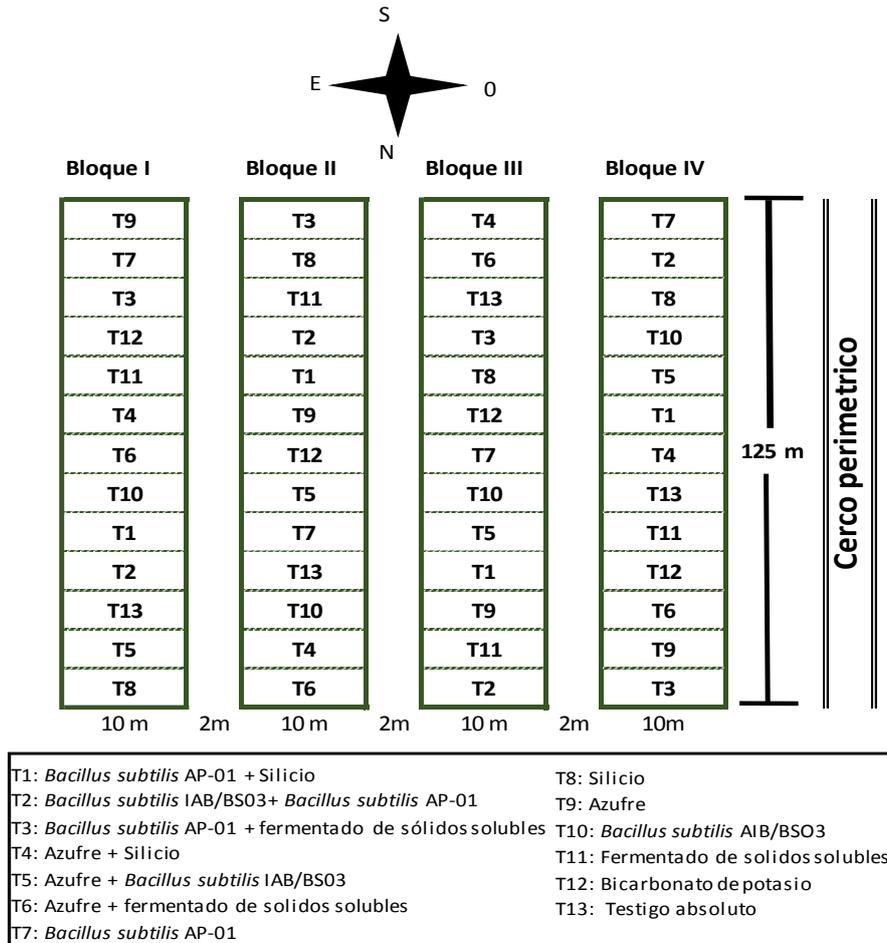


Figura 6: Distribución de tratamientos en la parcela experimental

La parcela experimental presentó las siguientes características;

A. Unidad experimental

- Número de hileras** : 5
- Largo** : 9.5 m
- Ancho** : 10 m
- Número de plantas** : 95
- Área** : 95 m²

B. Bloques

- Número de hileras** : 5
- Largo** : 125 m
- Ancho** : 10 m

Número de plantas : 1250
Área : 1250 m²

C. Campo experimental

Número de hileras : 20
Largo : 125 m
Ancho : 46 m
Número de plantas : 5000
Área : 5750 m²

En la Figura 7 se presenta la distribución de plantas en las unidades o parcelas experimentales.

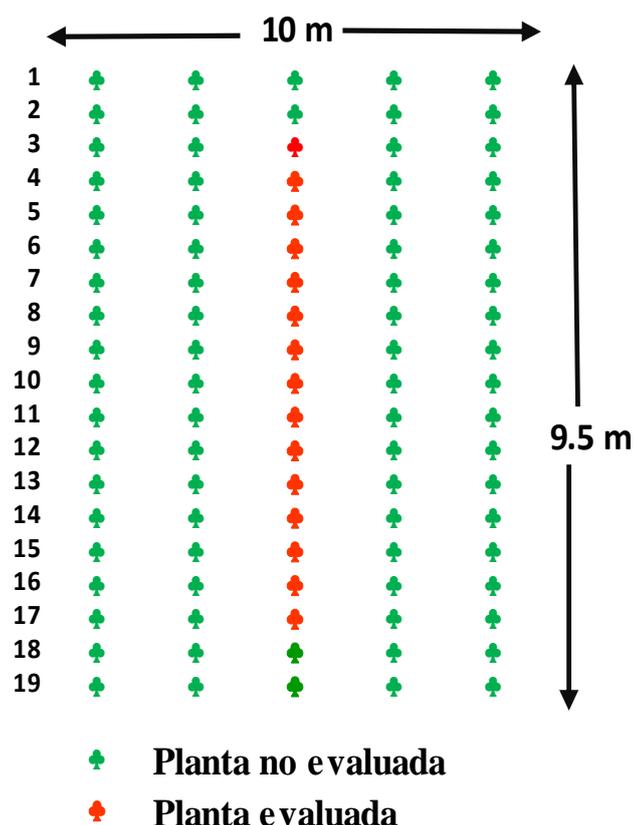


Figura 7: Distribución de plantas en la unidad experimental. Piura, 2021

3.6.8. Variables evaluadas

3.6.8.1. Incidencia en hojas

La evaluación de la incidencia en cada repetición se realizó en 75 hojas que fueron tomadas de 15 plantas ubicadas en la hilera central. En cada planta se evaluó cinco hojas ubicadas en un brote del tercio superior. Se consideró como hoja enferma aquella que presentara lesiones húmedas o signos de esporulación en el envés de la hoja evaluada. El resultado de la medición se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \left(\frac{\text{Número de hojas enfermas}}{\text{Número de hojas evaluadas}} \right) * 100$$

3.6.8.2. Severidad

La severidad de la enfermedad se evaluó con una escala de 0 a 5 grados (Figura 8 y Tabla 5) diseñada para esta investigación en base a la escala propuesta por Alva (2020). Se consideró el área de las lesiones o signos del patógeno en el envés de la hoja y se clasificó en niveles de daño que van de 0 a 100 %. Se evaluó la severidad en cada hoja y luego se calculó el porcentaje de severidad para cada repetición.

El porcentaje de severidad para cada tratamiento se calculará con la fórmula de Townsend y Heuberger (1943).

$$\% \text{ Severidad} = \frac{\sum(A.B)}{X.N} * 100$$

Donde:

A: Número de hojas afectadas en cada grado

B: Valor de cada escala

X: Grado mayor de la escala

N: Número total de hojas evaluadas

Tabla 5: Escala de severidad del *Oidium* del Arándano

Grado	Porcentaje de área foliar afectado
0	Hoja sana
1	1 a 5 %
2	> 5 a 25%
3	>25 a 50 %
4	>50 a 75 %
5	>75 a 100 %

FUENTE: Adaptado de Alva (2020)

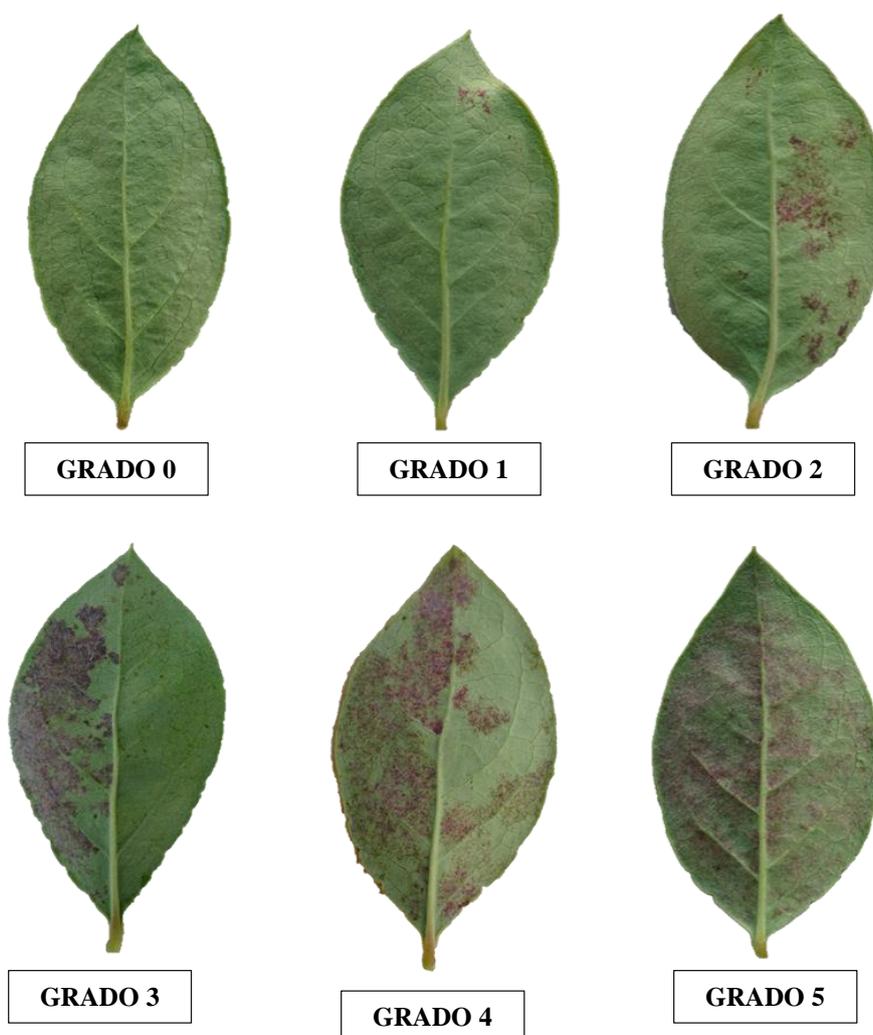


Figura 8: Escala de 0 a 5 propuesta para la evaluación de la severidad del Oídium en las hojas

3.6.8.3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

Para la comparación entre los tratamientos después de finalizar el periodo de aplicaciones se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). Para ello, los datos de incidencia y severidad se transformaron al ABCPE, aplicando el método de integración trapezoidal (Campbell y Madden, 1990).

Se consideró la siguiente formula:

$$\text{ABCPE} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde “t” es el tiempo de cada lectura, “y” el porcentaje de incidencia o porcentaje de severidad en cada lectura y “n” el número de evaluaciones. La variable “t” puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia (Vanderplank, 1963; Shaner y Finney, 1977, citado por Risco, 2014, p. 23).

3.6.8.4. Porcentaje de eficacia

Con los resultados del ABCPE se calculó mediante la fórmula de Abbott el porcentaje de eficacia de control de cada tratamiento:

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{\text{Infección en el testigo absoluto} - \text{infección en el tratamiento}}{\text{infección en el testigo absoluto}} \times 100$$

3.6.8.5. Parámetros de cosecha

Las cosechas fueron expresadas en gramos, y se realizaron en las plantas previamente marcadas en los que se realizó la evaluación de la incidencia y severidad del oídio. Se anotó el peso en cada repetición y luego se sumarán todas cosechas que correspondan a un mismo tratamiento. Las cosechas se realizaron en el primer mes de iniciada.

En la etapa de cosecha se evaluó el efecto indirecto de los tratamientos de control del Oídio en los siguientes parámetros:

- a. **Calibre de la fruta:** En cada unidad experimental se midió el diámetro ecuatorial expresado en mm, de 10 bayas maduras tomadas al azar. Se utilizó calibradores comerciales. Esta evaluación se realizó en las cinco primeras cosechas.
- b. **Porcentaje de sólidos solubles:** El contenido de sólidos solubles, expresado en grados Brix, se midió con un refractómetro digital según el procedimiento propuesto por Flores (2019), colocándose en el refractómetro unas gotas del jugo de la pulpa de Arándano resultante de exprimir 5 bayas al azar, para cada unidad experimental. Esta evaluación se realizó en la cuarta y quinta cosecha.
- c. **Rendimiento por planta (gr/planta):** este parámetro se midió en las cinco primeras cosechas, en las 15 plantas marcadas en la hilera central de cada unidad experimental. El resultado final se expresó como la suma de las cinco cosechas acumuladas por cada repetición.

3.6.9. Metodología de evaluación de parámetros

Las evaluaciones fueron realizadas por el investigador, de acuerdo con el protocolo que se describe a continuación:

3.6.9.1. Muestreo

En cada repetición se marcaron 15 plantas ubicadas en la hilera central y se dejó como borde dos hileras laterales y cuatro plantas en los extremos de la hilera central (Figura 7). En las plantas marcadas para la evaluación, se tomó al azar un brote de 15 cm de longitud ubicado siempre en el tercio superior de la planta, en dicho brote se evaluó la incidencia y severidad del Oídium en cinco hojas ubicadas en el estrato superior del brote, sin considerar las hojas apicales. Las evaluaciones se realizaron en la etapa del crecimiento vegetativo, cinco en el primer brotamiento y cuatro en el segundo brotamiento. Un esquema de este procedimiento se muestra en la Figura 9.

En cada evaluación se evaluó 75 hojas por repetición y 300 hojas por tratamiento. La evaluación de la incidencia tuvo un nivel de 1.3 por ciento de detección de la enfermedad. Esta metodología de evaluación ha sido propuesta para la presente investigación en base al protocolo de evaluación fitosanitaria del fundo GREENWAY S.A; y en base a las recomendaciones de Alva (2020) y Abanto (2016).

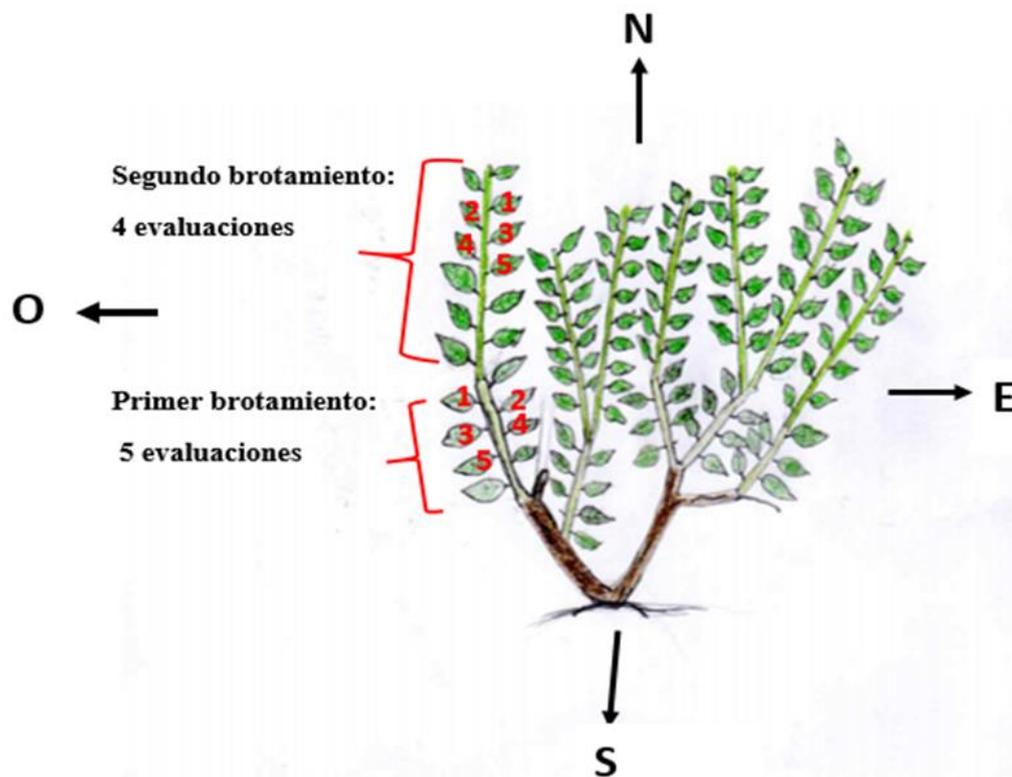


Figura 9: Esquema del muestreo de hojas para la evaluación del *Oidium* en un arbusto de Arándano

3.6.9.2. Frecuencia de evaluación

Las evaluaciones se realizaron con una frecuencia de siete días. Se realizó una evaluación previa a la primera aplicación, no encontrándose diferencias entre las unidades experimentales. Posteriormente se realizaron evaluaciones semanales, desde el 17 enero hasta el 20 de marzo del año 2021.

3.6.10. Actividades realizadas en la parcela experimental

La labor de poda en la parcela experimental se realizó el 9 de diciembre, en dicha labor se realizaron aplicaciones de fungicidas biológicos para la prevención de los hongos de madera. Asimismo, posteriormente a la poda se realizó la delimitación y señalización de bloques y repeticiones en la parcela experimental. La labor del primer despunte se realizó el 13 de enero, en brotes de 10 cm de tamaño. La primera evaluación previa a la aplicación de los tratamientos se realizó el 17 de enero. La primera aplicación de tratamientos se realizó el 18

de enero, posteriormente se realizaron aplicaciones semanales hasta el 15 de marzo, fecha en que se realizó la última aplicación. El segundo despunte se realizó el 13 de febrero en brotes de 15 cm de longitud. Asimismo, durante el periodo del experimento correspondiente a la fase vegetativa se realizaron tratamientos con insecticidas botánicos para el control de Chanchito blanco, trips y *Argyrotaenia*.

Durante el periodo de ensayo la parcela experimental se regó con agua osmotizada que presentó un rango de pH entre 5.5 y 6.1, y una conductividad eléctrica inferior a 1 mc/ cm. La fertilización correspondiente a la fase vegetativa se realizó mediante el sistema de riego, con un acumulado por hectárea de 167.88 unidades de Nitrógeno (N), 60.55 unidades de Fósforo (P) y 149.27 de potasio (K).

Las evaluaciones de parámetros de cosecha se realizaron en las cinco primeras cosechas de la parcela experimental, desde el 8 de julio al 11 de agosto, con frecuencias de reingreso de 7 a 10 días.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS

La Figura 10 muestra las variaciones de las temperaturas media, máxima y mínima que se presentaron en el fundo GREENWAY entre los meses de enero y marzo del año 2021. La temperatura media del aire durante el periodo de evaluación del ensayo (17 de enero a 20 de marzo) fue de 26.1 grados. Mientras las temperaturas máxima y mínima fueron de 35.6 y 19.3 grados respectivamente. Asimismo, la Figura 11 muestra la variación de humedad relativa y la precipitación durante el periodo de evaluación del ensayo. La humedad relativa promedio fue de 74 %. Mientras la precipitación acumulada fue de 35.6 mm, presentándose la mayor parte de las precipitaciones en el mes de marzo, los días 2, 3, 9 y 15 con 9.8, 3.8, 6.6 y 14.2 mm respectivamente.

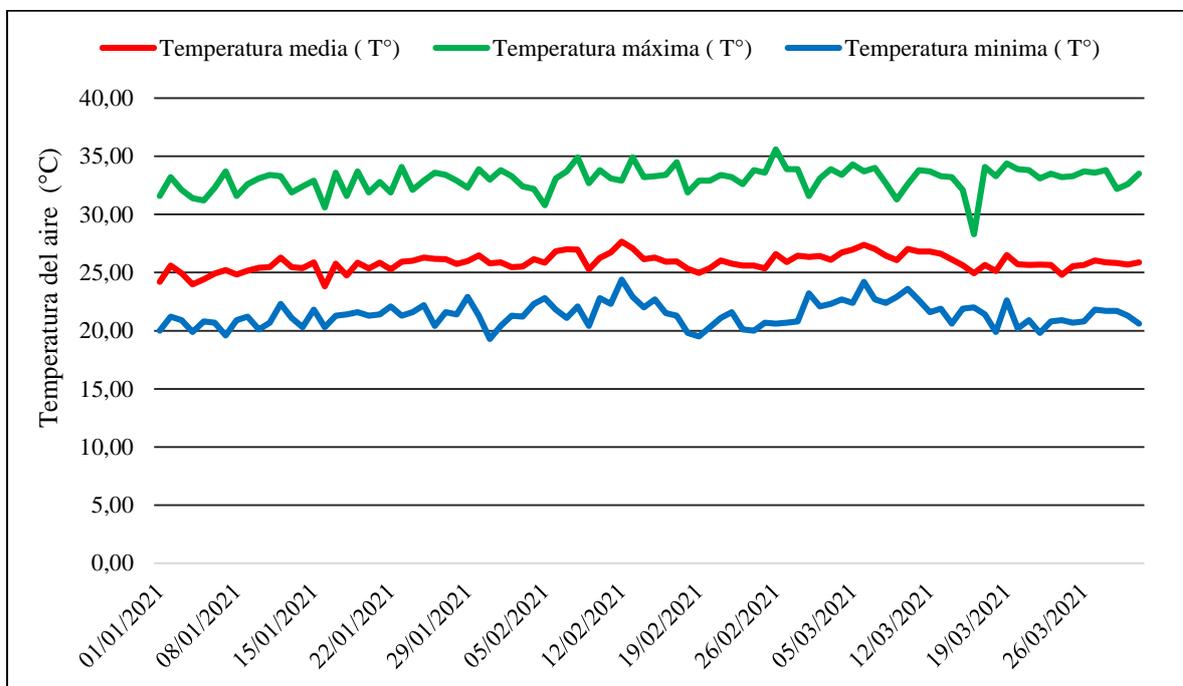


Figura 10: Fluctuación de la temperatura del aire entre los meses de enero y marzo del año 2021 en el distrito de Tamarindo

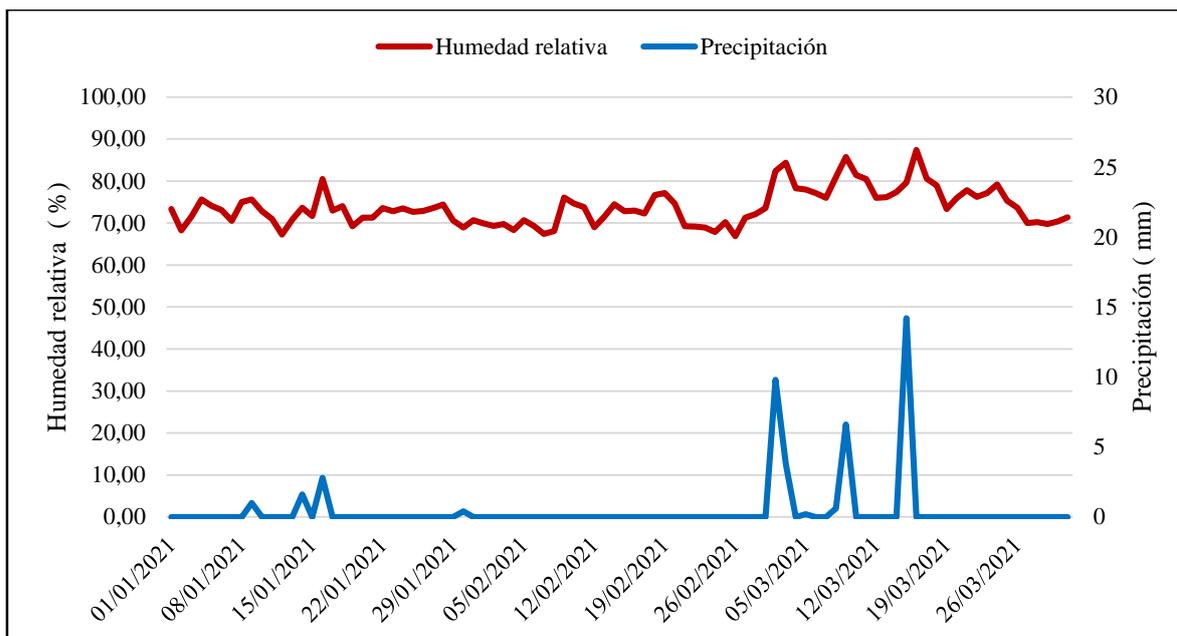


Figura 11: Fluctuación de la humedad relativa (HR) y la precipitación entre los meses de enero y marzo del año 2021 en el distrito de Tamarindo

De acuerdo con Yarwood (1957) el rango óptimo de temperatura para el desarrollo del género oídium es de 11 a 28 C°, y además de acuerdo con Aust y Hoyningen (1986) la baja humedad relativa y las precipitaciones escasas propician un ambiente seco que favorece el desarrollo del oídium. Por lo tanto, las condiciones meteorológicas que se presentaron durante la evaluación del ensayo con temperaturas medias que oscilaron entre 24 a 25 C° y una humedad relativa que se mantuvo por debajo de 85 % favorecieron positivamente el desarrollo de la enfermedad del Oídium en el cultivo de Arándano. Esto se evidenció en el progreso del ataque de la enfermedad en las plantas del tratamiento testigo absoluto, que presentaron síntomas característicos del oídium y alcanzaron una incidencia en hojas cercana al 100 % y un grado de severidad en hojas superior al 50 %. Este nivel de agresividad del patógeno indica que las temperaturas cálidas, baja humedad relativa, escasas precipitaciones, así como las limitaciones de luz, favorecida por la frondosidad de los arbustos y la alta densidad de la plantación, fueron condiciones óptimas para infección del hongo en el periodo de evaluación que estuvo comprendida entre el 17 de enero y 20 de marzo del año 2021 en la localidad de Tamarindo, fundo GREENWAY.

4.2. SINTOMATOLOGÍA DEL OÍDIUM DEL ARÁNDANO

Los síntomas iniciales de la enfermedad se observaron a partir de los 35 días después de la poda (ddp). Sobre el haz de la hoja se observó pequeñas manchas cloróticas irregulares (Figura 12-A) y en la cara inferior de la hoja, justo debajo de las manchas cloróticas se observaron lesiones acuosas cubiertas por una tenue mancha blanquecina, que al estereoscopio mostraba la presencia de micelio superficial del hongo (Figura 12-B). Posteriormente, a partir de los 60 ddp, se incrementó el número de manchas cloróticas sobre el haz de las hojas y el tamaño de las lesiones húmedas en el envés de estas (Figura 12-C y D). En la sexta evaluación (20 de febrero) se observaron pequeñas manchas blanquecinas, constituidas por hifas y conidios del hongo, sobre el haz de las hojas más viejas ubicadas en el tercio inferior de la planta (Figura 12-E).

A partir de la novena evaluación, 90 días después de la poda, se observó un ataque más severo de la enfermedad, en forma de numerosas manchas cloróticas irregulares en el haz de la hoja, acompañadas por una abundante masa de micelio en el envés de la hoja (Figura 13 A-B). Asimismo, se observó que el ataque del hongo en brotes tiernos produce abarquillamiento y deformación de hojas, sin embargo, en hojas maduras no produce esta clase de daños. En ramas ubicadas en el tercio medio y superior, especialmente en aquellas expuestas directamente a la radiación solar, se observó un intenso enrojecimiento de hojas producto del ataque del hongo (Figura 13 C). Las lesiones rojizas, en casos severos, llegaron a cubrir hasta el 100% del área foliar. Posteriormente, en el pico más alto de la enfermedad, se observó abundantes depósitos blanquecinos de micelio y conidias que llegaron a cubrir hasta la totalidad de la superficie del haz de la hoja, observándose con más frecuencia en los tercios medio e inferior de la planta (Figura 13 D).

Para las condiciones del presente estudio no se observó defoliación o necrosis de las hojas afectadas bajo ningún grado de ataque de la enfermedad.

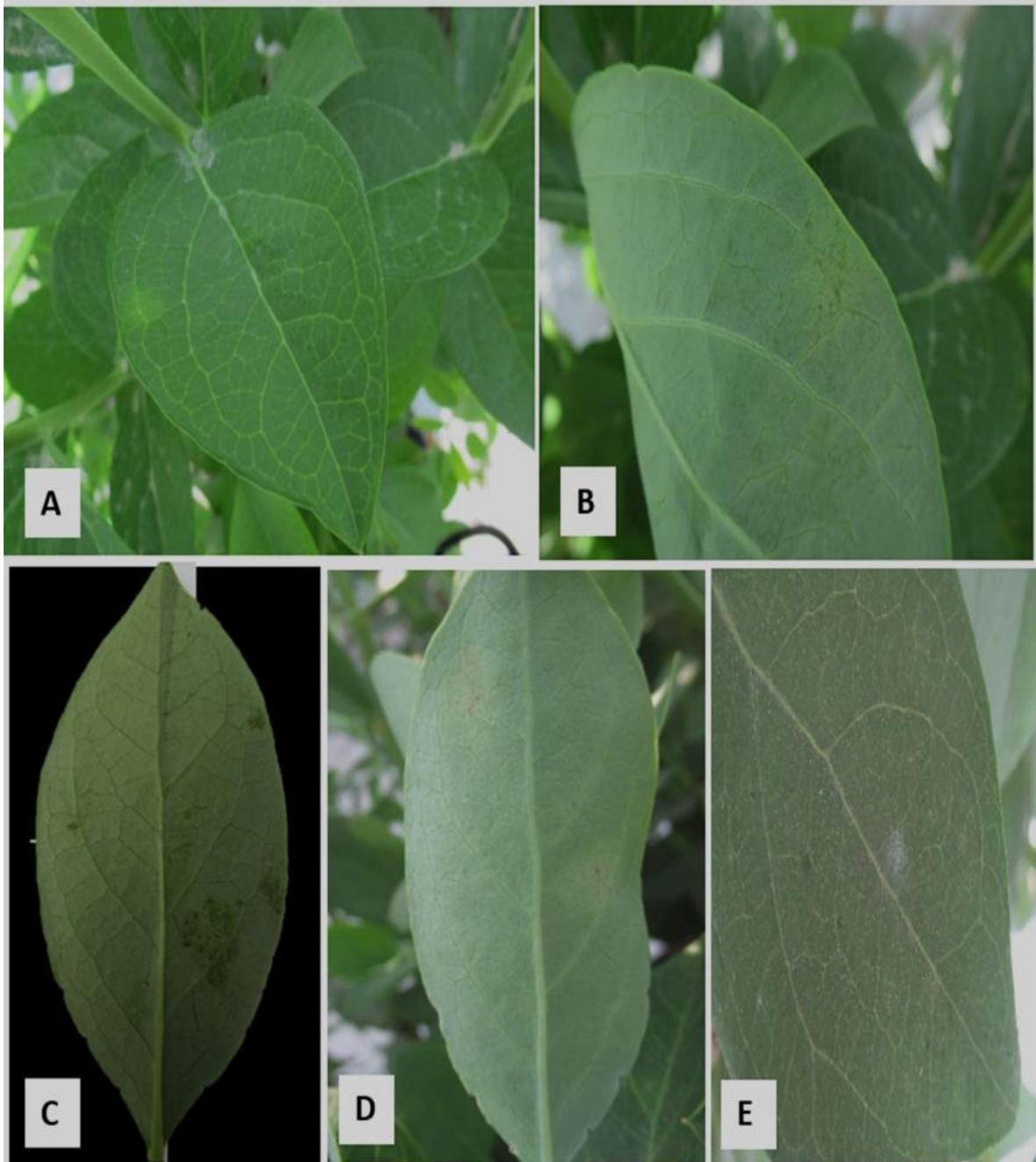


Figura 12: Síntomas iniciales del Oídium en Arándano, variedad Ventura

Nota: A) Mancha clorótica en el haz de la hoja. B) Lesión acuosa irregular cubierta por una tenue pelusilla blanquecina en el envés de la hoja, justo debajo de la mancha clorótica. C) Lesiones húmedas en el envés de la hoja. D) Lesiones húmedas cubiertas por micelio superficial y conidios activos del Oídium. E). Depósito de micelio y conidias en el haz de las hojas del tercio inferior de la planta.

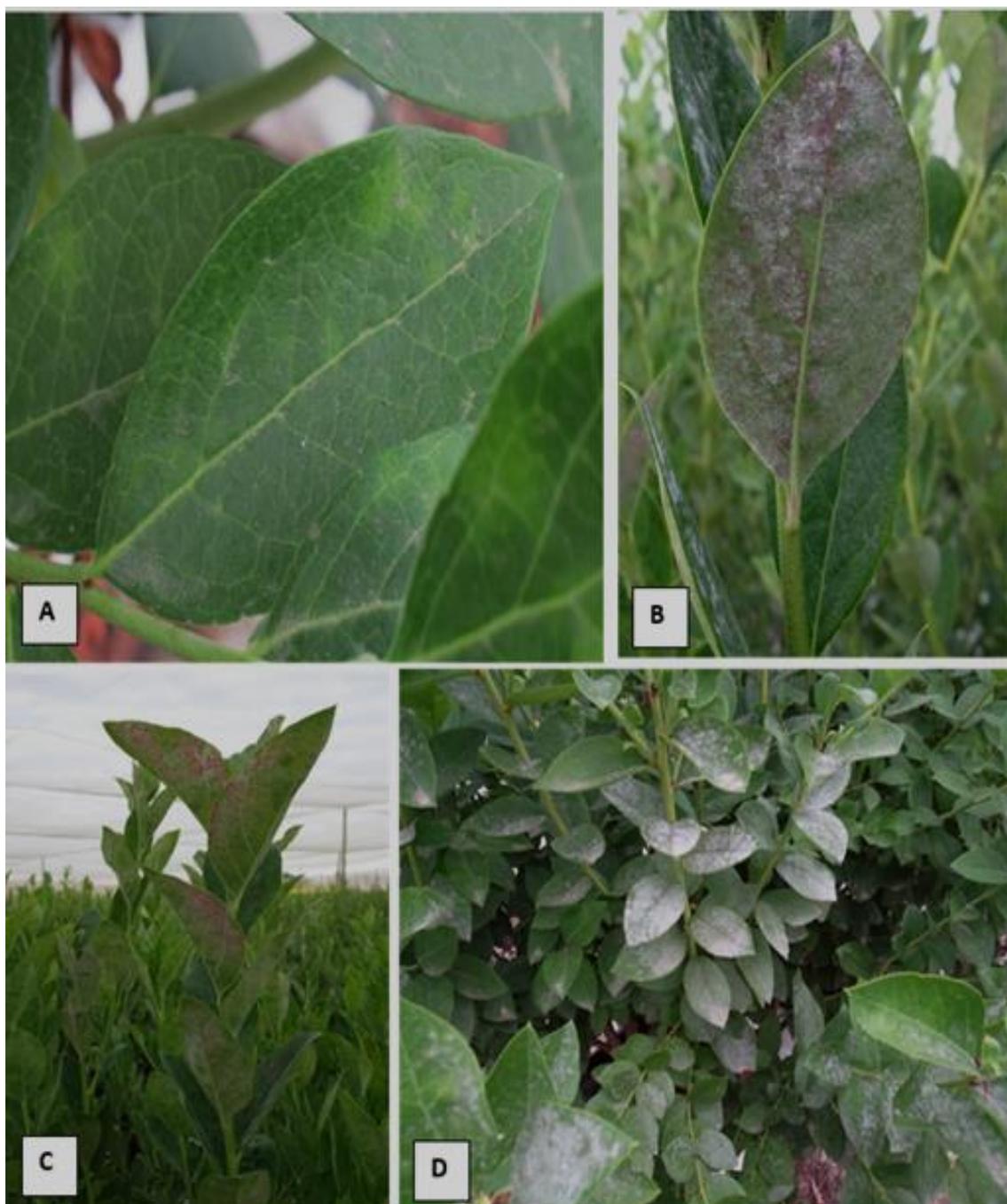


Figura 13: Síntomas avanzados del Oídium del Arándano, variedad Ventura

Nota: A) Numerosas manchas cloróticas irregulares sobre el haz de la hoja. B) Abundante masa de micelio y conidias en el envés de la hoja. C) Enrojecimiento y deformación de hojas jóvenes en el tercio superior de la planta. D) Abundantes depósitos de micelio y conidias en el haz de la hoja, esto ocurre principalmente en el tercio medio e inferior de la planta.

4.3. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL AGENTE CAUSAL

De acuerdo con lo observado en el laboratorio el agente causal de la enfermedad se caracterizó por producir un micelio desarrollado sobre las hojas y constituido por conidióforos dispuestos de manera vertical y simple, como también conidias tipo artrosporas ovaladas y cilíndricas de una célula y hialinas que se producen de forma basipétala en cadenas. Estas características corresponden al género *Oidium*, de acuerdo con la descripción de Barnett y Hunter (1998) (Ver Figura 14).

En relación a las medidas de las estructuras fúngicas, las conidias se generaron en cadena de 7 oídias como máximo, con un promedio de 3.6 oídias generadas en un conidióforo, estas conidias presentaron un longitud que fluctuó entre 27.5 μm y 42.5 μm con un promedio de 34.8 μm , asimismo el diámetro de las conidias fluctuó entre 12.5 μm y 17.5 μm con un promedio de 14.4 μm . Los conidióforos presentaron una longitud entre 35.5 μm y 100 μm con un promedio de 64.7 μm , el diámetro del micelio fluctuó entre 2.5 μm y 7.5 μm con un promedio de 4.4 μm .

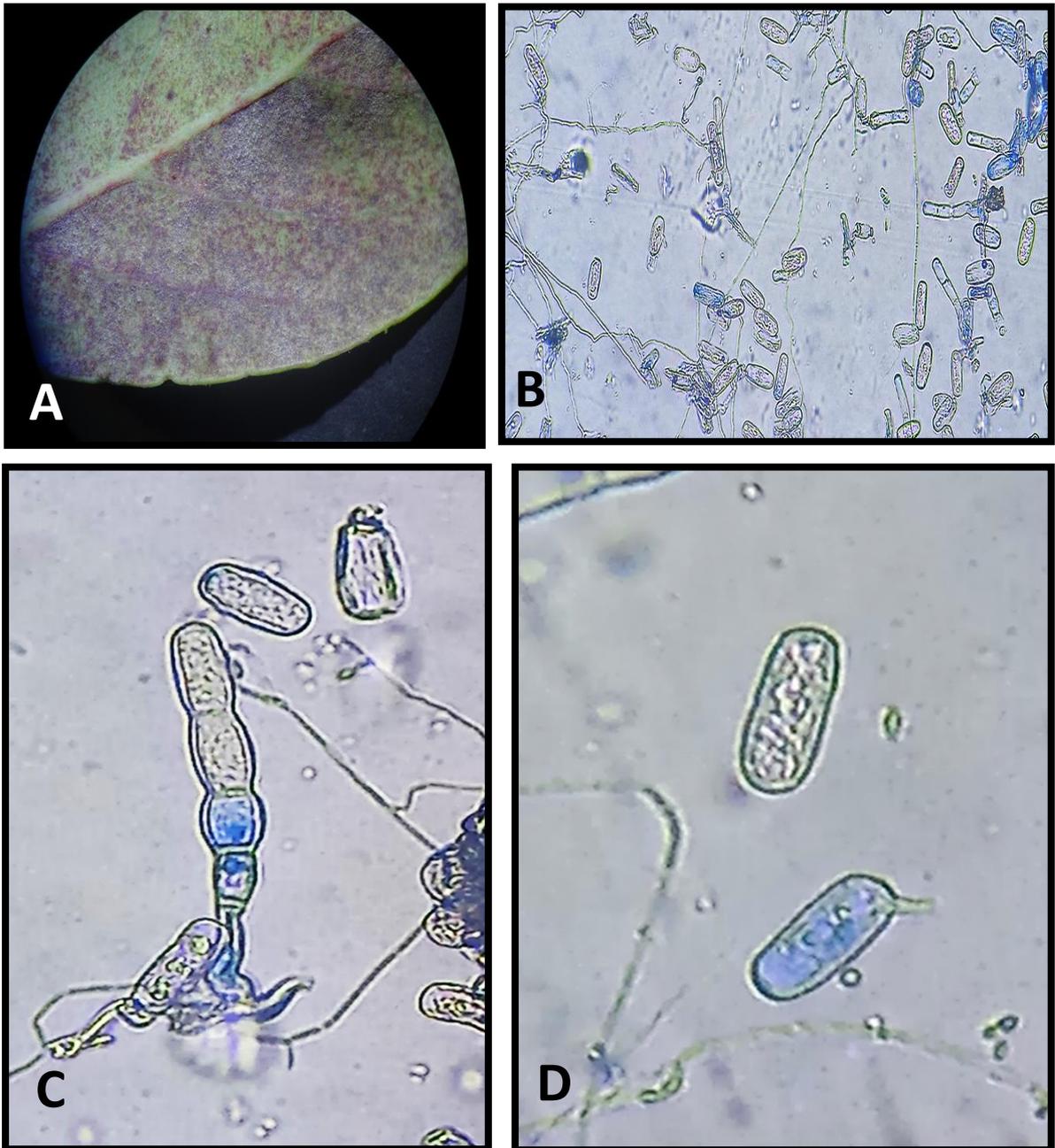


Figura 14: Hoja de arándano con signos del Oídium sp

Nota: A) Micelio superficial en el envés de la hoja. B) Estructuras de la fase asexual del hongo: Hifas, conidióforos y conidias. C) Conidióforo individual con catenulación de conidias. D) Conidias hialinas, ovales y cilíndricas.

De acuerdo con Heidenreich *et al.* (2017) y Retamales y Hancock (2018) el agente causal del oídium del arándano en américa del norte es la especie *Microsphaera vaccini*, nombre que corresponde a la fase perfecta. El hongo causa daños leves a finales de verano. Asimismo, causa lesiones acuosas en el envés de la hoja, enrojecimiento y esporulación de colonias blancas polvorientas en ambas superficies de la hoja. Estos síntomas son similares

a los síntomas iniciales observados en el presente estudio, no obstante, la intensidad de ataque reportado en la literatura es mínimo respecto a la intensidad de ataque observado en este estudio, que se desarrolló en condiciones óptimas para la enfermedad. Asimismo, con relación al agente causal de la enfermedad, la caracterización morfométrica de la fase asexual confirmó que los signos observados corresponden al género *Oídium*, según la descripción de Barnett y Hunter (1998).

4.4. ENSAYO DE CAMPO

4.4.1. Curva del desarrollo de la incidencia durante el periodo vegetativo

La incidencia de oídio en hojas de Arándano fue detectado a nivel de 1.3 % en cada unidad experimental o repetición.

Los primeros síntomas fueron observados a los 35 días después de la poda, en hojas del primer flujo vegetativo o primer brotamiento. En el periodo de evaluación comprendido entre el 16 de enero y 20 de febrero la incidencia más alta se observó en la sexta evaluación, en hojas tratadas con el tratamiento T7 (*Bacillus subtilis* AP-01) que presentaron 36 % de incidencia. Este valor fue superior al tratamiento testigo que mostró una incidencia de 29 %. Asimismo, la incidencia más baja durante el primer brotamiento lo presentó el tratamiento T12 (bicarbonato de potasio) con 5.6 % en la sexta evaluación (Tabla 6).

Las evaluaciones comprendidas entre el 27 de febrero y 20 de marzo fueron realizadas en el segundo brotamiento, en ramas originadas a partir del primer despunte que se realizó el 11 de enero. En la séptima evaluación se registró una incidencia alta para todos los tratamientos, lo cual indica que el ataque de la enfermedad se intensificó en hojas jóvenes del segundo flujo vegetativo (Figura 15). Así, el tratamiento T13 (Testigo absoluto) presentó la mayor incidencia inicial con 79 % y el tratamiento T12 (Bicarbonato de potasio) presentó la incidencia inicial más baja con 25 %. Asimismo, la gráfica indica que entre la sexta y séptima evaluación se produjo un incremento significativo en la incidencia en todos los tratamientos, a excepción del tratamiento T12 (Bicarbonato de potasio) que solo se incrementó en 4%. En la última evaluación (20 de marzo) se registró el pico más alto en la incidencia para cada uno de los tratamientos, siendo los tratamientos T1 (*Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio), T11 (Fermentado de sólidos solubles) y T7 (*Bacillus subtilis* AP-01) los que alcanzaron los valores más altos con 94 y 93 % respectivamente. El tratamiento testigo mostró una

incidencia final de 90 %, mientras los tratamientos T9 (Azufre) y T12 (Bicarbonato de potasio) presentaron la incidencia final más baja con 64 y 43% respectivamente.

Tabla 6: Resumen del efecto de los tratamientos en la incidencia y porcentaje de severidad del Oídium en arándano var. Ventura. Piura 2021

Tratamientos	Incidencia										Porcentaje de severidad									
	Primer brotamiento					Segundo brotamiento					Primer brotamiento					Segundo brotamiento				
	1° EV 16-Ene	2° EV 23-Ene	3° EV 30-Ene	4° EV 6-Feb	5° EV 13-Feb	6° EV 20-Feb	7° EV 27-Feb	8° EV 6-Mar	9° EV 13-Mar	10° EV 20-Mar	1° EV 16-Ene	2° EV 23-Ene	3° EV 30-Ene	4° EV 6-Feb	5° EV 13-Feb	6° EV 20-Feb	7° EV 27-Feb	8° EV 6-Mar	9° EV 13-Mar	10° EV 20-Mar
T1	1.3	3.3	11.3	22.0	28.5	34.5	70.0	85.7	88.3	94.0	0.40	0.80	2.73	6.20	7.87	9.27	24.53	37.13	44.60	53.20
T2	1.7	6.3	7.7	8.7	8.0	10.3	40.0	79.0	81.7	84.0	0.40	1.67	2.13	2.47	2.00	2.40	12.33	31.74	34.67	38.00
T3	1.0	5.3	6.0	10.7	11.0	8.3	54.7	83.0	86.7	89.3	0.20	1.34	1.93	3.00	3.07	1.80	16.40	29.94	34.07	42.80
T4	1.0	6.3	7.0	10.3	10.3	11.3	37.3	60.7	63.3	68.0	0.20	1.47	1.93	2.73	2.53	2.40	10.67	19.93	22.00	27.20
T5	1.3	6.0	7.3	10.3	7.7	7.0	42.7	63.3	69.7	73.0	0.33	1.67	1.93	2.94	2.00	2.00	12.00	22.20	27.47	32.54
T6	0.7	3.3	5.7	11.0	9.3	12.7	49.7	70.0	67.0	78.7	0.13	0.87	1.40	2.73	2.40	2.80	14.60	23.40	25.07	35.47
T7	1.3	7.0	13.0	27.0	29.0	36.0	66.3	88.0	85.7	93.7	0.33	1.87	3.80	7.80	7.93	10.27	22.87	35.00	40.20	53.73
T8	1.0	2.0	3.7	6.7	11.3	11.0	46.7	75.0	79.3	80.3	0.20	0.40	0.93	1.67	2.87	2.67	13.67	26.80	31.80	36.87
T9	1.3	3.7	4.3	6.7	10.3	12.7	35.7	55.7	59.0	64.3	0.27	0.87	1.00	1.67	2.73	3.27	10.47	18.80	22.27	25.40
T10	1.3	4.7	5.3	6.0	9.0	12.3	45.0	68.3	77.0	84.4	0.40	1.20	1.34	1.54	2.33	3.13	14.20	25.60	31.07	40.13
T11	1.3	3.7	6.7	10.7	12.7	15.0	68.0	90.0	91.0	93.7	0.34	0.93	1.94	2.87	3.54	3.80	23.27	38.27	42.00	47.47
T12	2.0	6.7	7.7	9.3	9.0	5.7	25.0	29.8	36.7	43.0	0.40	1.60	1.94	2.27	2.53	1.20	6.80	9.27	12.00	14.60
T13	2.0	7.3	15.3	29.3	29.0	29.3	79.3	91.3	91.3	90.3	0.40	1.80	4.00	7.94	8.00	7.80	28.40	39.00	48.13	50.40

T1: *Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio T2: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + *Bacillus subtilis* AP -01 T3: Manano oligosacáridos + *Bacillus subtilis* AP-01
T4: Silicio + Azufre T5: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + Azufre T6: Manano oligosacáridos + Azufre
T7: *Bacillus subtilis* AP-01 T8: Silicio T9: Azufre
T10: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 T11: Manano oligosacáridos T12: Bicarbonato de potasio
T13: Testigo absoluto

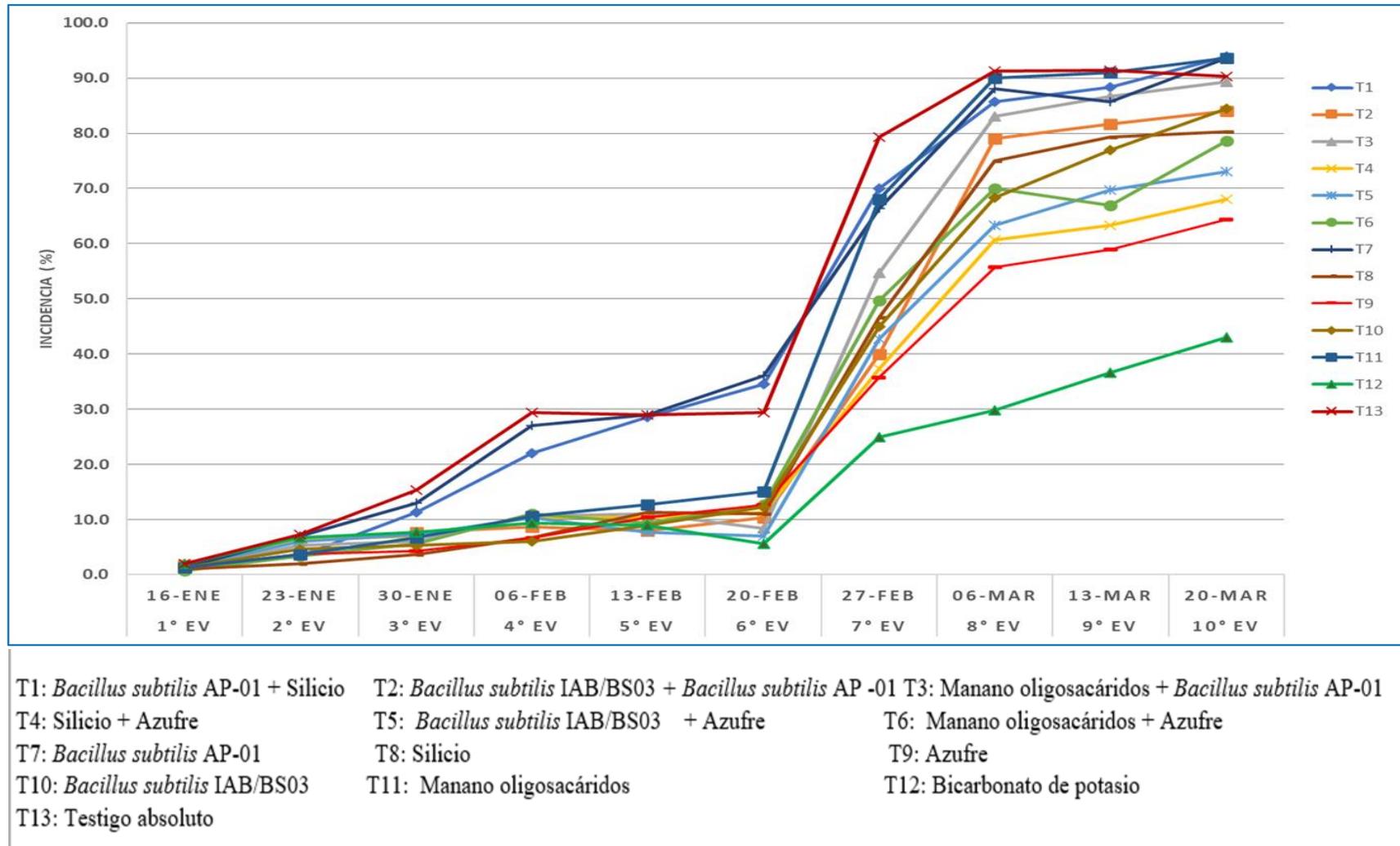
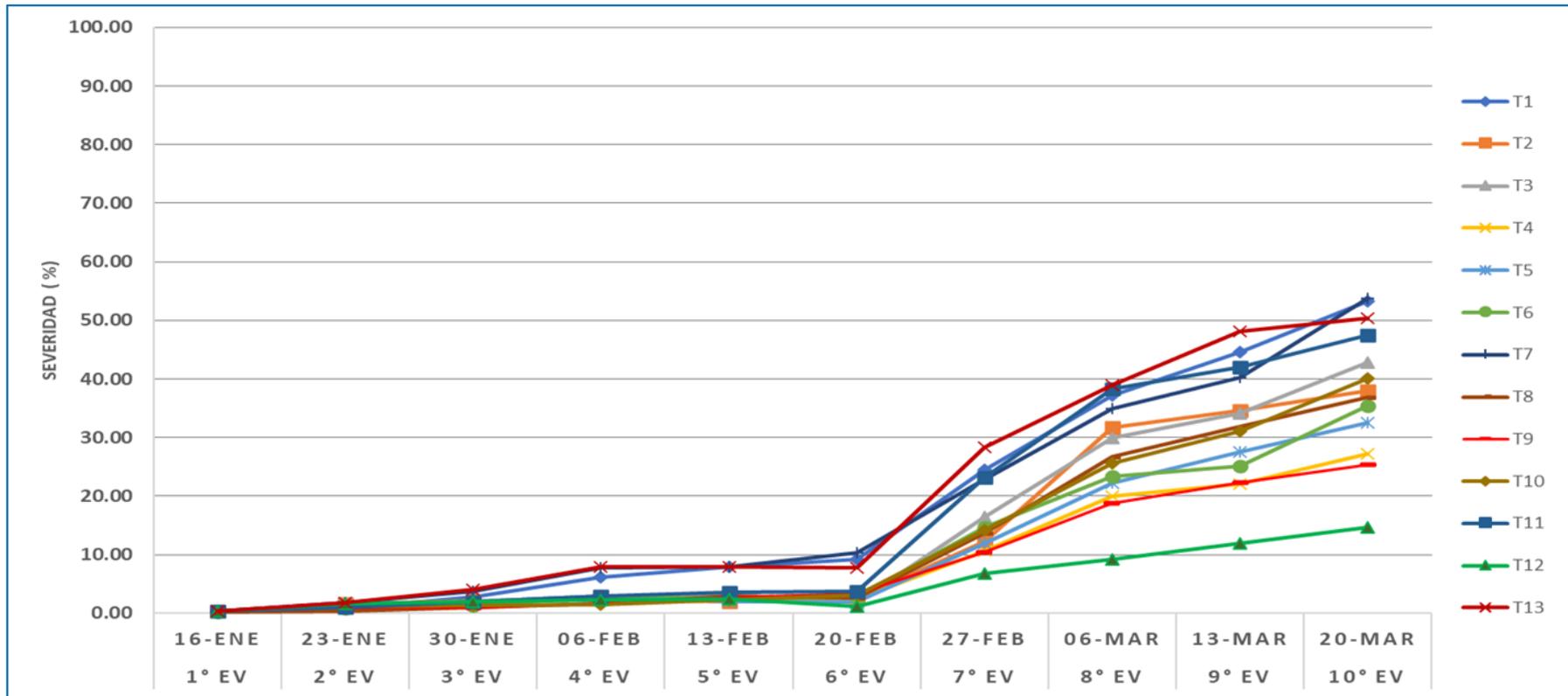


Figura 15: Curva del progreso de la incidencia para los tratamientos alternativos contra el Oídium sp. en la etapa vegetativa del cultivo de arándano. Tamarindo, 2021

4.4.2. Curva del progreso de la severidad durante el periodo vegetativo

La curva de la severidad presentó un comportamiento similar a la incidencia. Así, tal como se muestra en la Figura 16, el porcentaje de severidad más alto durante el primer brotamiento se presentó en la sexta evaluación, en los tratamientos T7 (*Bacillus subtilis* AP-01) con 10.27 % y el tratamiento T1 (*Bacillus subtilis* AP-01 + silicio) con 9.27 %. Durante el mismo periodo, los tratamientos T12 (Bicarbonato de potasio) y T9 (Azufre) mostraron los porcentajes de severidad más bajos con 1.2 y 1.8% respectivamente. En el segundo flujo vegetativo, al igual que la incidencia, se intensificó la severidad del Oídium, presentándose síntomas severos como enrojecimiento y deformación de hojas tiernas. Asimismo, a partir de la séptima evaluación se observaron depósitos blanquecinos de micelio en el haz de la hoja, sin embargo, dichos signos no fueron considerados en la evaluación de la severidad. En la décima evaluación se presentaron los porcentajes de severidad más elevados para todos los tratamientos, siendo los tratamientos T7 (*Bacillus subtilis* AP-01), T1 (*Bacillus subtilis* AP-01 + silicio) y T13 (testigo absoluto) los que alcanzaron grado promedio de severidad 4, con 53.73, 53.4 y 53.2 % respectivamente. La severidad más baja durante el segundo brotamiento presentaron los tratamientos T12 (Bicarbonato de potasio) y T9 (Azufre) con 14.6 y 25.4 % respectivamente.



T1: *Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio T2: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + *Bacillus subtilis* AP -01 T3: Manano oligosacáridos + *Bacillus subtilis* AP-01
 T4: Silicio + Azufre T5: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + Azufre T6: Manano oligosacáridos + Azufre
 T7: *Bacillus subtilis* AP-01 T8: Silicio T9: Azufre
 T10: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 T11: Manano oligosacáridos T12: Bicarbonato de potasio
 T13: Testigo absoluto

Figura 16: Curva del progreso de la severidad para los tratamientos alternativos contra el *Oidium* sp. en la etapa vegetativa del cultivo de arándano. Tamarindo, 2021

4.4.3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia

De acuerdo con el análisis de variancia (Anexo 9) el ABCPE varió significativamente ($p < 0.05$) entre los tratamientos alternativos para el control de la incidencia del oídio del arándano en la etapa vegetativa.

La prueba de comparación de medias Tukey (Tabla 7 y Figura 17) indica que el tratamiento T12 (Bicarbonato de potasio) presentó el ABCPE de la incidencia más baja con 1309.04 y el mejor porcentaje de control con 61.85 %, no diferenciándose estadísticamente del tratamiento T9 (Azufre) que mostró un ABCPE de 1962.34 y un porcentaje de eficacia del 42.81%. En un lugar intermedio se ubicaron los tratamientos T4 (Azufre + silicio), T5 (Azufre + *Bacillus subtilis* IAB/BS03), T6 (Azufre + manano oligosacaridos), T10 (*Bacillus subtilis* IAB/BS03), T8 (Silicio) y T2 (*Bacillus subtilis* IAB/BS03+ *Bacillus subtilis* AP-01), los cuales no se diferenciaron estadísticamente entre sí. Por otra parte, el tratamiento T8 (aplicación de Silicio sin rotación) presentó un ABCPE de 2444.87 y un porcentaje de eficacia de 29 %, siendo estadísticamente mejor a lo observado en el tratamiento T1 (aplicación alternada de *Bacillus subtilis* AP-01 y Silicio). Los tratamientos T 3 (*Bacillus subtilis* AP-01 + fermentado de sólidos solubles), T11 (Fermentado de solidos solubles), T1 (*Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio) y T7 (*Bacillus subtilis* AP-01) no redujeron la incidencia de la enfermedad, puesto que no se diferenciaron estadísticamente del testigo absoluto, en el cual se observó el ABCPE de la incidencia más alta con 3431.18.

Asimismo, la Tabla 7 indica que todos los tratamientos en los que estuvo involucrado el Azufre se diferenciaron estadísticamente del testigo absoluto y presentaron diferentes porcentajes de eficacia, según el principio activo con el cual fueron alternadas. Por lo contrario, la mayoría de los tratamientos en los que estuvo involucrado el *Bacillus subtilis* cepa AP-01 no inhibieron la incidencia de la enfermedad.

Tabla 7: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia de *Oidium* sp. en Arándano. Tamarindo, 2021

Tratamientos	Incidencia en hojas			% de eficacia
	ABCPE REAL	ABCPE TRANSFORMADO		
T12 Bicarbonato de potasio	1309.04 ¹	31.84 ²	A ³	61.85
T9 Azufre	1962.34	38.53	A B	42.81
T4 Azufre + silicio	2182.9	40.71	B C	36.38
T5 Azufre + <i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03	2227.16	41.48	B C	35.09
T6 Azufre + Manano oligosacáridos	2354.91	43.09	B C	31.37
T10 <i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03	2357.80	43.22	B C	31.28
T8 Silicio	2442.87	43.84	B C	28.8
T2 <i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03+ <i>Bacillus subtilis</i> AP-01	2525.84	44.17	B C D	26.39
T3 <i>Bacillus subtilis</i> AP-01 + Manano oligosacáridos	2718.36	46.37	B C D E	20.77
T11 Manano oligosacáridos	2957.47	48.96	C D E	13.81
T1 <i>Bacillus subtilis</i> AP-01 + Silicio	3295.66	52.04	D E	3.95
T7 <i>Bacillus subtilis</i> AP-01	3306.30	52.19	D E	3.64
T13 Testigo absoluto	3431.18	53.7	E	0

¹ Media real de cada tratamiento. ² Media de datos transformados mediante \sqrt{X} . ³ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) con la prueba de Tukey

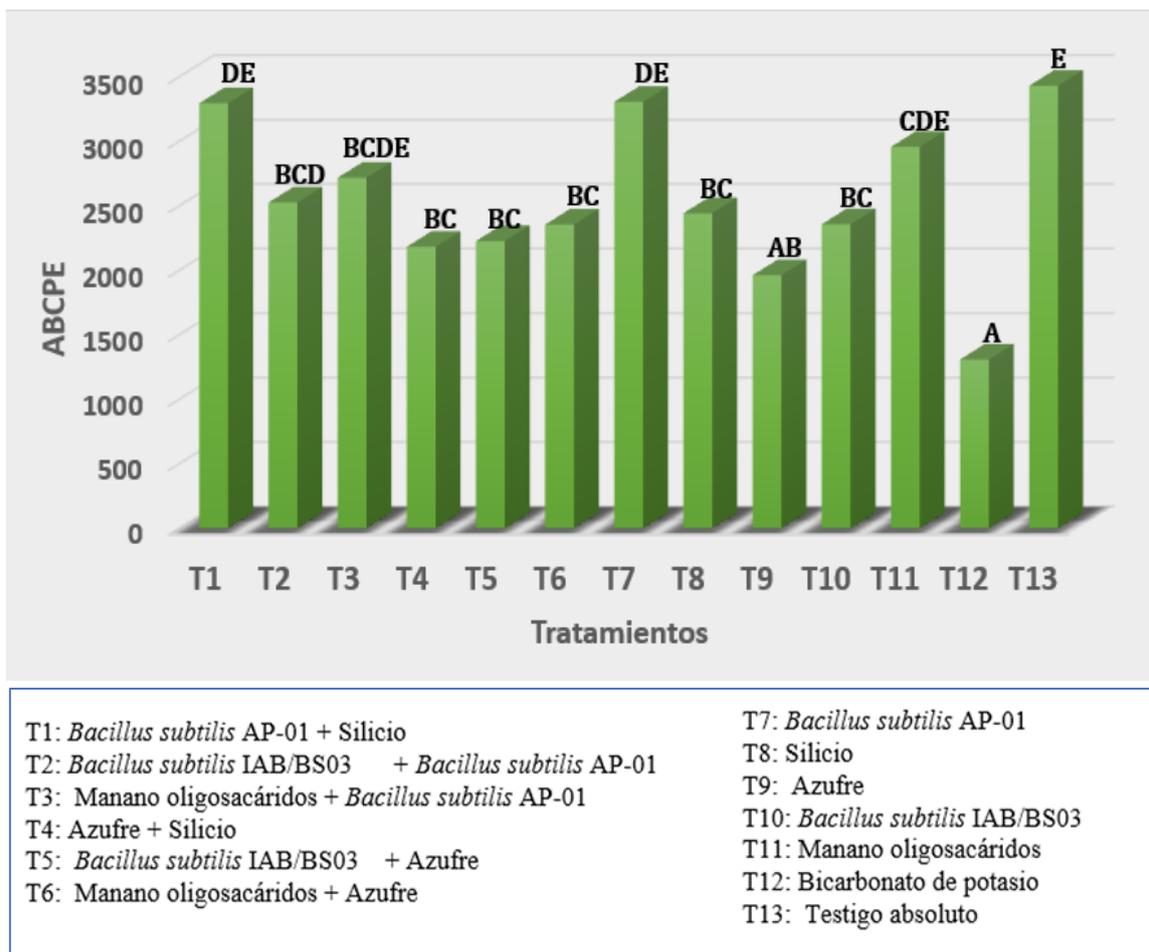


Figura 17: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia de *Oidium* sp. en Arándano. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

4.4.4. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la Severidad del Oídium

De acuerdo con el análisis de variancia (Anexo 12) existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para el control de la severidad del Oídium del arándano en el periodo vegetativo del cultivo.

La prueba de comparación de medias Tukey (Tabla 8 y Figura 17) indica que el tratamiento T12 (Bicarbonato de potasio) presentó el mejor porcentaje de control de la severidad con 73.96 % y alcanzó el ABCPE más baja con 308.69, mientras los tratamientos T9 (Azufre) y T4 (Azufre + Silicio) presentaron un buen nivel de control similar al tratamiento T12 con 56.7 y 54.82 % de control respectivamente. Asimismo, los tratamientos T5 (Azufre + *Bacillus subtilis* IAB/BS03), T6 (Azufre + fermentado de solidos solubles), T8 (Silicio), T10

(*Bacillus subtilis* IAB/BS03), T2 (*Bacillus subtilis* IAB/BS03+ *Bacillus subtilis* AP-01) Y T3 (*Bacillus subtilis* AP-01 + fermentado de sólidos solubles) presentaron un nivel de control intermedio, diferenciándose estadísticamente del tratamiento testigo. El tratamiento T8 (Aplicación de Silicio solo) disminuyó significativamente el ABCPE de la severidad respecto al tratamiento T1 (Aplicación alternada de Silicio y *Bacillus subtilis* AP-01). Por otra parte, el tratamiento T6 (aplicación alternada de Azufre y fermentado de sólidos solubles) no presentó diferencias estadísticas respecto al tratamiento T11 (Aplicación de fermentados solubles solo). Los tratamientos T3 (*Bacillus subtilis* AP-01 + fermentado de sólidos solubles), T11 (Fermentado de sólidos solubles), T7 (*Bacillus subtilis* AP-01) y T1 (*Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio) no tuvieron un efecto de control sobre el ABCPE de la severidad, puesto que no se diferenciaron estadísticamente del testigo absoluto, el cual alcanzó el ABCPE más alto con 1185.6.

Tabla 8: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la severidad de *Oidium* sp. en Arándano. Tamarindo, 2021

Tratamientos	Severidad en hojas			% de eficacia
	ABCPE REAL	ABCPE TRANSFORMADO		
T12 Bicarbonato de potasio	308.69	17.34 ²	A ₃	73.96
T9 Azufre	513.35	22.13	A B	56.7
T4 Azufre + silicio	535.68	23.09	A B	54.82
T5 Azufre + <i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03	613.45	24.63	B	48.26
T6 Azufre + Manano oligosacáridos	633.97	25.12	B C	46.53
T8 Silicio	693.25	26.29	B C D	41.53
T10 <i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03	699.06	26.38	B C D	41
T2 <i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03+ <i>Bacillus subtilis</i> AP-01	752.98	27.27	B C D E	36.49
T3 <i>Bacillus subtilis</i> AP-01 + Manano oligosacáridos	785.89	27.97	B C D E F	33.71
T11 Manano oligosacáridos	979.14	31.23	C D E F	17.41
T7 <i>Bacillus subtilis</i> AP-01	1089.66	32.59	D E F	8
T1 <i>Bacillus subtilis</i> AP-01 + Silicio	1115.30	33.2	E F	5.93
T13 Testigo absoluto	1185.60	34.33	F	0

¹ Media real de cada tratamiento. ² Media de datos transformados mediante \sqrt{X} . ³ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) con la prueba de Tukey

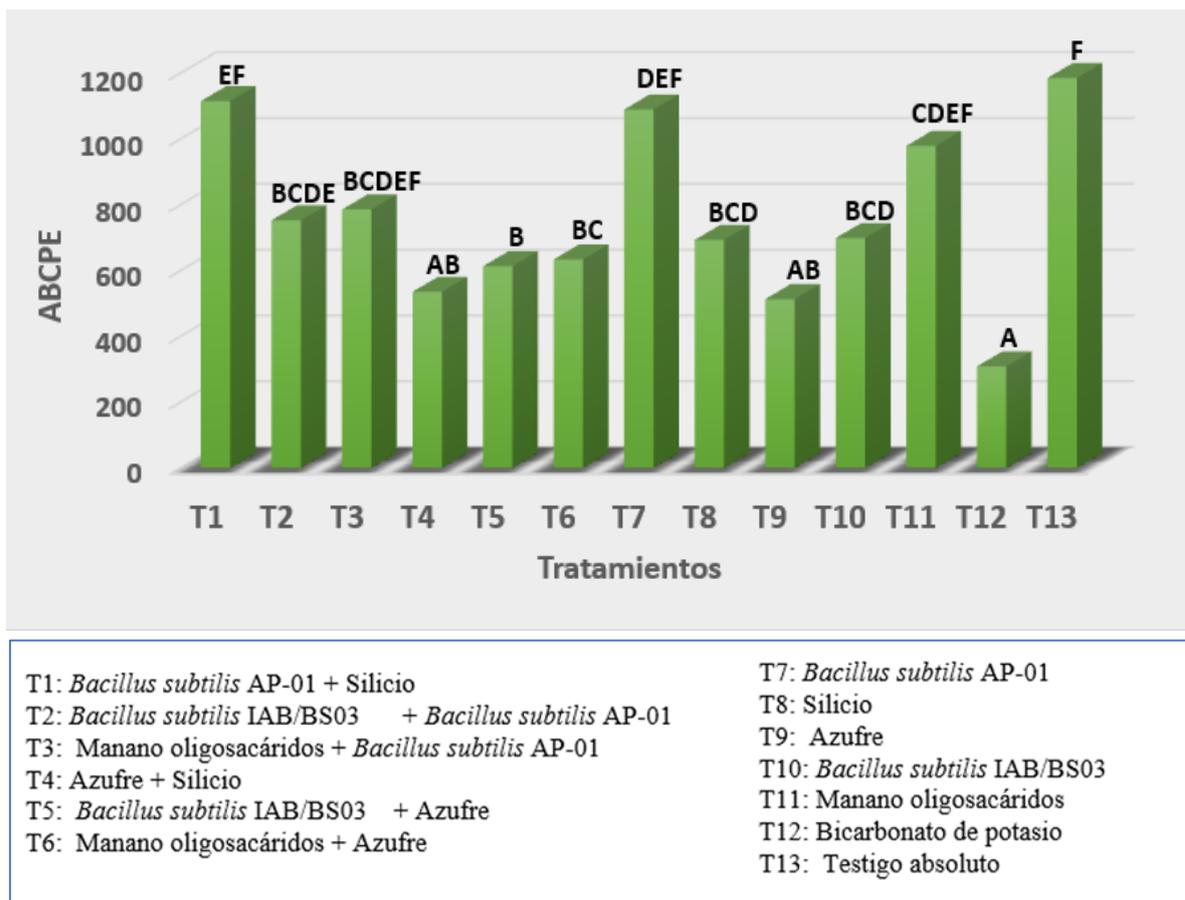


Figura 18: Efecto de los tratamientos a base de productos alternativos sobre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la severidad de *Oidium sp.* en Arándano. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Los resultados del ensayo de campo indican que el tratamiento Bicarbonato de potasio, en dosis de 4 g / L, disminuyó significativamente ($p \leq 0.05$) el ABCPE de la incidencia y severidad de la Oídiosis del arándano, con porcentajes de eficacia de 61.85 y 73.96 % respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Yañes *et al.* (2014), Pérez *et al.* (2010) y Medice *et al.* (2013), quienes encontraron que la aplicación foliar del bicarbonato de potasio a diferentes concentraciones tuvo un buen nivel de control del Oídium en los cultivos de Pepino, Rosa y Soya.

Según SUMMIT AGRO (2020) el Kaligreen (bicarbonato de potasio) es un fungicida biológico que tiene acción de contacto (curativo y preventivo), por lo tanto, la aplicación foliar del bicarbonato de potasio en la presente investigación tuvo una acción directa sobre el Oídium, ya que según Yarwood (1957) el género Oídium se caracteriza por presentar

crecimiento del micelio en la superficie de la hoja, lo cual lo convierte vulnerable a la acción de fungicidas de contacto. En ese sentido es probable que el buen nivel de control que mostró el bicarbonato de potasio se deba a los mecanismos de acción señalados por Palmer *et al.*, 1997; Ordoñez–Valencia *et al.*, 2009, Zavaleta y Mejia (1999), quienes sostienen que las propiedades anti fúngicas del bicarbonato de potasio se deben al colapso de las paredes de las hifas provocada por la acción del ion bicarbonato y debido al desequilibrio del ion potasio, a la modificación del pH de la hoja creando condiciones desfavorables para el hongo; del mismo modo Medice *et al.* (2013) encontraron que la aplicación foliar de KALIGREEN (bicarbonato de potasio) mostró acción directa sobre el oídium de la soya (*Erysiphe diffusa*) provocando marchitez y reducción de la germinación de conidios.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que la aplicación del bicarbonato de potasio redujo la incidencia en un 61.85 % en la etapa de crecimiento vegetativo, lo cual resulta insuficiente para lograr un control exitoso en las etapas posteriores. Esto posiblemente se deba a que el momento y los intervalos de aplicación no fueron óptimos para este patosistema, ya que las aplicaciones de los tratamientos iniciaron con una incidencia de 1 % a 2 % en las parcelas experimentales (Tabla 6). Respecto a lo anterior, Yildirim *et al.* (2002) en un ensayo en condiciones controladas para el control de *Oidium* sp. en el cultivo de Vid, encontraron que la aplicación de sales minerales antes de la inoculación del patógeno redujo la formación de esporas durante cuatro días en hojas jóvenes y siete días en hojas viejas. Por tanto, se sugiere evaluar aplicaciones tempranas en la etapa de brotación e intervalos de aplicación más cortos en estudios futuros con el bicarbonato de potasio para el control del *Oidium* sp. en el cultivo de Arándano.

Asimismo, los resultados obtenidos en la presente investigación con la aplicación del producto Kaligreen (bicarbonato de potasio al 82 %) indican que la dosis de 4g / L o 0.4 % presenta un control adecuado sin causar fitotoxicidad. Al respecto, diversos estudios realizados en otros patosistemas reportan diferentes niveles de eficacia con concentraciones que varían del 0.1 % al 3 %. Así, Santos (2009) encontró que la aplicación foliar de Kaligreen a dosis de 0.4 % para el control de *Podospaera fusca* en el cultivo de calabacín logró disminuir el ABCPE en un 67.5 %, lo cual es similar a los resultados obtenidos en el presente estudio. El mismo autor reportó que las concentraciones de 1.5 % y 0.8 % presentaron el mejor porcentaje de eficacia con 87.4 % y 85.1 % respectivamente. En el mismo sentido,

Medice *et al.* (2013) reportaron que las aplicaciones foliares de Kaligreen a dosis de 0.75 % y 1 % mostraron la mejor eficiencia en el control de *Erysiphe diffusa*, sin embargo, estas dosis causaron fitotoxicidad. La concentración que se consideró para el presente ensayo tomó como referencia las recomendaciones del fabricante del producto Kaligreen para el control de otros patógenos en el cultivo de arándano, por lo tanto, se recomienda probar concentraciones mayores a 0.4 % en futuros ensayos para el control de la Oidiosis del arándano con el bicarbonato de potasio.

La aplicación de Sulfa 87 (azufre al 87 %), en dosis de 2.5 ml /L, solo o en rotación con otros ingredientes activos, disminuyó significativamente el ABCPE de la incidencia y severidad del Oídium del arándano, esto comparado con el tratamiento testigo absoluto. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Mauricio y Leal (2011), Lloren *et al.* (2016) y Montenegro (2018), quienes obtuvieron un control adecuado del Oídium con la aplicación de azufre en los cultivos de alcachofa, tomate y zapallito.

La aplicación de azufre sin rotación, con frecuencia de siete días, disminuyó el ABCPE de la incidencia y severidad en 43 y 57 % respectivamente, lo cual es estadísticamente similar al control obtenido con el tratamiento bicarbonato de potasio. Asimismo, la aplicación de azufre en alternancia con silicio, *Bacillus subtilis* IAB/BS03 y manano oligosácaridos tuvo un efecto similar a la aplicación de azufre sin rotación, sin embargo, los tres últimos productos mencionados no presentaron un control adecuado al ser aplicados individualmente. Esto indica que el azufre mantuvo cierto nivel de efectividad, pese a que se aplicó con una frecuencia de 14 días en los tratamientos de rotación. Al respecto, Lloren *et al.* (2016) reportaron que la aplicación foliar de un producto comercial de azufre a dosis de 1.25 ml/ L y a frecuencias de 10 a 14 días redujo la incidencia del oídium en tomate en un 75 % y además se observó la desaparición del micelio de las hojas infectadas. Asimismo, Mauricio y Leal (2011) encontraron que la aplicación foliar de azufre en el cultivo de alcachofa redujo significativamente el número de conidias de *Leveillula taurica* durante los 7, 9 y 14 días después de la aplicación. No obstante, en la presente investigación se observó que el nivel de control logrado con el azufre, principalmente en los tratamientos en rotación con otros ingredientes activos, tuvo una eficacia moderada bajo condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad. Además, en los tratamientos con azufre se observaron síntomas severos como la deformación de hojas tiernas, enrojecimiento y en menor medida depósito

de micelio en el haz de la hoja. Esto posiblemente se deba al hecho de que la investigación se llevó a cabo bajo condiciones óptimas de temperatura en las que el oídium completa su ciclo de esporulación en cinco días, tal como fue reportado por Delp (1954). Por lo tanto, el intervalo de aplicación de siete y 14 días posiblemente fue uno de los factores que no permitió una mayor eficacia del azufre en el control de la enfermedad.

Asimismo, se observó que la dosis de azufre considerada en la presente investigación causó daños menores por fitotoxicidad en hojas. En relación con lo anterior, Rodrigo *et al.* (2021) reportaron que, en condiciones controladas, el azufre causó fitotoxicidad leve en temperaturas superiores a 35 °C durante un periodo de al menos 2 horas después de la aplicación. Por tanto, es probable que la fitotoxicidad observada en el presente estudio no se deba al efecto de la temperatura, puesto que las temperaturas durante el ensayo de campo no superaron los 35 °C. Entonces cabe la posibilidad de que otros factores como la concentración del producto, el nivel de la cobertura de la aplicación, y la susceptibilidad de los tejidos tiernos hayan ocasionado quemaduras en las hojas.

La aplicación foliar de silicio sin rotación tuvo un control intermedio de la Oidiosis en comparación con el testigo absoluto, disminuyendo el ABCPE de la incidencia y severidad en un 29 % y 42 % respectivamente. La aplicación de silicio en rotación con azufre tuvo un efecto similar, mostrando una reducción significativa del ABCPE de la severidad en un 55 %, el cual fue estadísticamente similar al efecto de los tratamientos de bicarbonato de potasio y azufre sin rotación. Estos resultados concuerdan con lo encontrado en ensayos acerca del control del oídium con aplicaciones de silicio. Así, Domínguez *et al.* (2016) reportaron que la aplicación foliar de Silicio en el cultivo de rosa logró reducir el ABCPE de la severidad de *Sphaerotheca pannosa* en un 93,5 % y 73.9 % en dos ensayos bajo condiciones diferentes. En el mismo sentido Brown (1992) reportó que las aspersiones foliares de silicio redujeron significativamente la severidad de *Uncinula necator* en el cultivo de vid.

En el presente estudio se realizaron aplicaciones foliares de Silicio, por lo tanto, los niveles de control logrados posiblemente se deban a un efecto de barrera mecánica que ejerció el silicio depositado en la superficie de las hojas. Al respecto SEPHU (2009) menciona esta barrera mecánica se debe a la acumulación de sílice debajo de la cutícula y sobre las células epidérmicas de las hojas, esto impide la penetración y desarrollo de las hifas. Asimismo,

Liang *et al.* (2005) demostraron que la eficacia de las aplicaciones foliares de silicio se debe a la acumulación de silicio en la superficie de las hojas y no a un proceso de mejora de la reacción de resistencia que solo se consigue con las aplicaciones radiculares. Este mismo hecho explicaría el resultado intermedio que se alcanzó en el presente estudio, ya que el éxito en el control depende de una cobertura perfecta que garantice la deposición del silicio en todas las hojas para lograr una supresión significativa de la enfermedad, no obstante, en las aplicaciones de campo fue difícil lograr este nivel de cobertura.

El tratamiento con *Bacillus subtilis* cepa AP-01 no presentó un buen efecto de control sobre el oídium bajo las condiciones del presente estudio. Así, la aplicación de *B. subtilis* AP-01 sin rotación y en rotación con Silicio y manano oligosacáridos no disminuyó significativamente el ABCPE de la incidencia y severidad. Sin embargo, la aplicación alternada de las cepas de *B. subtilis* AP-01 y IAB/BS03 disminuyó significativamente el ABCPE de la incidencia y severidad en 26 y 36 % respectivamente, esto en comparación al tratamiento testigo absoluto. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Maketon *et al.* (2008), quienes informaron que la aplicación sin mezcla de *B. subtilis* AP-01 a dosis de 5 gr / L no logró controlar las enfermedades del tabaco, mientras en combinación con otro microorganismo como *T. harzianum* AP-001 su capacidad de control fue tan efectiva como un tratamiento químico. Esto se debe a que la combinación de múltiples organismos proporciona múltiples mecanismos de acción, que permiten superar las inconsistencias en el desempeño de los antagonistas aplicados individualmente.

En el presente estudio se consideró una dosis de 2.5 gr/L en base a las recomendaciones del fabricante para el control del Oídium de la Vid, por lo tanto, la baja eficacia de los tratamientos con *B. subtilis* AP-01 posiblemente estuvo asociado a una subdosificación del producto, ya que la agresividad del oídium del arándano no ha sido descrita para las condiciones de Perú, razón por el cual aún no existe una dosis recomendada en el cuadro de usos del producto comercial para esta enfermedad. Otro factor que pudo haber influido en los resultados es el método de preparación del producto antes de ser usado. En relación con esto el fabricante del producto Bio splent 70 WP recomienda diluir 30-50 g por 20 L de agua y dejar reposar por lo menos durante 15 a 30 minutos antes del uso, mientras Maketon *et al.* (2008) señala que se debe remojar el producto comercial por un periodo de cuatro horas antes de su uso. El objetivo de esto es activar adecuadamente las esporas de la bacteria antes

de ser asperjados al cultivo. Para los fines de la presente investigación se dejó reposar el producto por un periodo de 30 minutos, tiempo que posiblemente no es suficiente para una buena activación del inóculo.

La aplicación de *Bacillus subtilis* cepa IAB/BS03 sin rotación y en rotación con Azufre y *B. subtilis* cepa AP-01 tuvo un efecto de control intermedio del Oídium, diferenciándose estadísticamente del tratamiento testigo absoluto. El tratamiento *Bacillus subtilis* cepa IAB/BS03 en rotación con azufre disminuyó el ABCPE de la incidencia y severidad en 35 y 48 %, mientras el tratamiento sin rotación disminuyó el ABCPE de la incidencia y severidad en 31 y 41 % respectivamente. La efectividad de la cepa IAB/BS03 de *B. subtilis* en el control de patógenos foliares fue demostrado por Hinarejos *et al.* (2016), quienes informaron que la aplicación de dicha cepa en condiciones de campo controló eficazmente, y de manera similar a fungicidas sintéticos, las enfermedades ocasionadas por *Botrytis cinerea* y *Bremia lactucae* en los cultivos de tomate y lechuga. Además, el estudio mencionado encontró dos mecanismos de acción involucrados en el control de los patógenos: la inducción de defensas de la planta mediante la síntesis de proteínas relacionadas a la patogénesis (PR-1) y la antibiosis mediante la síntesis de surfactinas e iturinas. Estos últimos son lipopéptidos que tienen un antagonismo directo contra el hongo al ocasionar perturbaciones en sus membranas plasmáticas (Zeriouh *et al.*, 2011). Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente estudio más los reportes previos indican que la cepa IAB/BS03 de *B. subtilis* aplicado a la dosis de 5g/L tienen un buen potencial de control de la oídiosis del arándano, siendo más recomendable su uso en rotación con productos como el azufre. Sin embargo, para maximizar la eficiencia del producto en condiciones favorables para el oídium, sería recomendable reducir el intervalo de aplicación de 14 días (intervalo considerado en el presente estudio) a 5 o 6 días según la presión de la enfermedad.

Los tratamientos con Manano oligosacáridos a dosis de 1ml /L y a intervalos de 14 días no redujeron el ABCPE de la enfermedad, a excepción del tratamiento azufre en rotación con Manano oligosacáridos que redujo significativamente el ABCPE respecto al testigo absoluto, no obstante, es posible que este efecto se daba a la acción del azufre que tuvo un buen control de la enfermedad en el tratamiento de azufre sin rotación. Estos resultados no concuerdan con estudios previos en los que la aplicación de Agro Mos (Manano oligosacáridos) presentó un buen nivel de control en otros patosistemas. En un estudio se encontró que la aplicación

de Agro mos a dosis de 2.5 ml/ L indujo la síntesis de compuestos relacionados con la defensa de la planta (quitinasas, β -1,3-glucanasas, guayacol peroxidasas y polifenol oxidasa) y tuvo un efecto directo sobre, *Moniliophthora perniciosa* en plántulas de Cacao (Costa *et al.*, 2010). Asimismo, Rosa *et al.* (2007) reportaron que la aplicación de Agro mos a intervalos de 15 días logró reducir significativamente la gravedad de la enfermedad ocasionada por *Plasmopara viticola* en el cultivo de Vid. En el presente estudio se tomó como referencia las indicaciones del fabricante, que recomienda aplicar el Agro mos en el cultivo de arándano al inicio del flujo vegetativo, a dosis de 1ml/L y con frecuencia de dos semanas. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que esta dosis y la frecuencia de aplicación no son suficientes para controlar eficazmente el Oídium en condiciones de alta presión de la enfermedad. Además, en el presente estudio se observó que la dosis de 1ml/L causó fitotoxicidad, en forma de manchas oscuras en el envés de la hoja, lo que dificultó la adecuada evaluación del grado de severidad.

4.4.5. Variables de cosecha

Los resultados de la comparación de medias con la prueba Tukey para los parámetros de rendimiento, calibre y sólidos solubles se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Comparación de medias de los parámetros de cosecha con los tratamientos alternativos para el control del *Oídium* sp. en el Arándano

Tratamiento	Principios activos	4ta cosecha				5ta cosecha				Rendimiento (gr/planta)	
		Calibre (mm)		Sólidos solubles (°Brix)		Calibre (mm)		Sólidos solubles (°Brix)			
T1	<i>Bacillus subtilis</i> AP-01+ Silicio	18.65	A ¹	11.25	A	18.33	A	12	A	1.55	A
T2	<i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03 + <i>Bacillus subtilis</i> AP-01	19.35	A	11.25	A	19.29	A	11.75	A	3	A
T3	Manano oligosacáridos + <i>Bacillus subtilis</i> AP-01	18.64	A	12.75	A	19.14	A	11.5	A	11.95	A
T4	Silicio + Azufre	19.66	A	12	A	18.85	A	12	A	5.58	A
T5	<i>Bacillus subtilis</i> IAB/BS03 + Azufre	19.39	A	10.38	A	18.2	A	12	A	5.53	A
T6	Manano oligosacáridos + Azufre	19.48	A	11.88	A	19.5	A	12.75	A	5.98	A
T7	<i>Bacillus subtilis</i> cepa AP-01	19.58	A	12.5	A	18.99	A	12	A	2.83	A
T8	Silicio	19.04	A	11.25	A	18.91	A	12.5	A	8.1	A
T9	Azufre	19.08	A	12.5	A	19.68	A	11.75	A	7.58	A
T10	<i>Bacillus subtilis</i> cepa IAB/BS03	19.13	A	10.75	A	18.78	A	12	A	4.48	A
T11	Manano oligosacáridos	19.29	A	12.25	A	19.11	A	11.5	A	3.73	A

«continuación»

T12	Bicarbonato de potasio (testigo relativo)	19.18	A	10.75	A	19.18	A	12	A	4.53	A
T13	Tratamiento sin control (testigo absoluto)	19.38	A	11	A	18.96	A	11	A	3.7	A

¹ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) con la prueba de Tukey

4.4.5.1. Rendimiento por planta

De acuerdo con el análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey (Anexo 13) no existe diferencia estadística entre los tratamientos para la variable rendimiento por planta durante las primeras cinco cosechas de la parcela experimental, los valores obtenidos variaron entre 1.55 a 11.95 gr por planta, no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos. Lo anterior se muestra en la Tabla 9 y Figura 19.

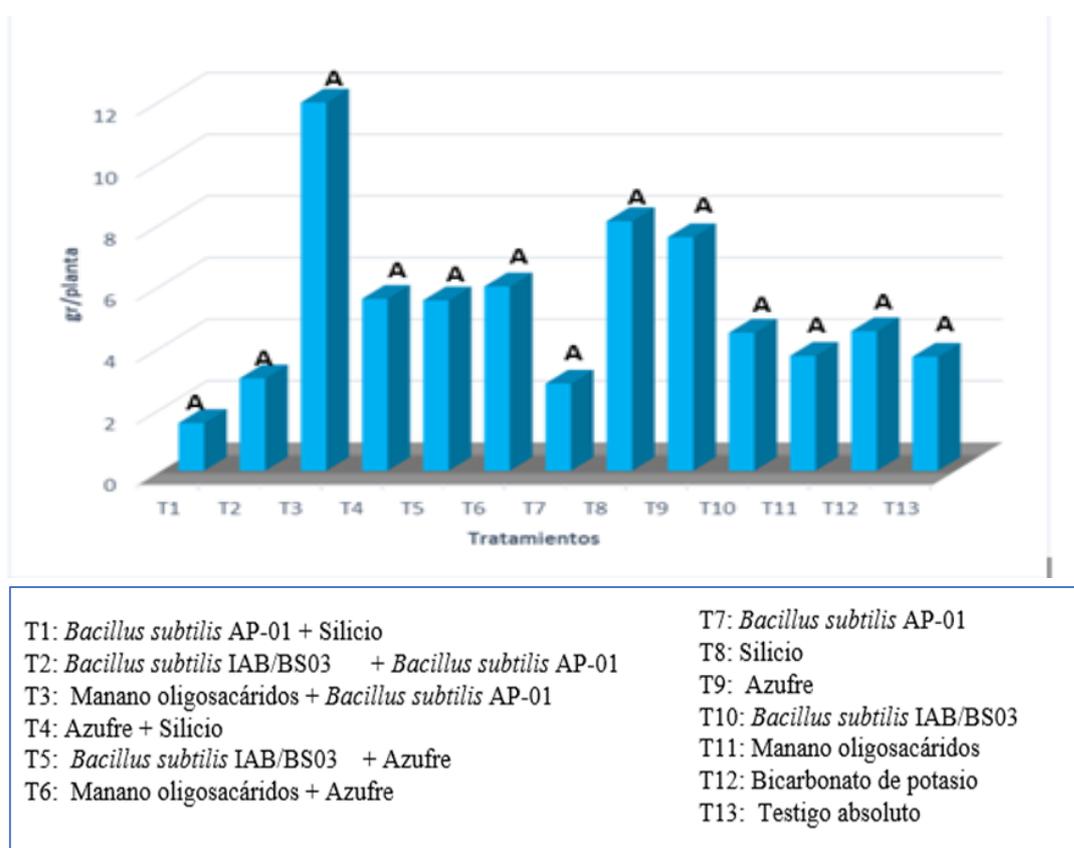


Figura 19: Efecto de los tratamientos para el control de *Oidium* sp. sobre el rendimiento por planta del cultivo de Arándano, en las cinco primeras cosechas. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

4.4.5.2. Diámetro ecuatorial

De acuerdo con el análisis de variancia y a la prueba de Tukey (Anexo 15) no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos para el control de oídium al medir el calibre de las bayas en la cuarta y quinta cosecha de la parcela experimental. Esto se muestra en la Figura 20.

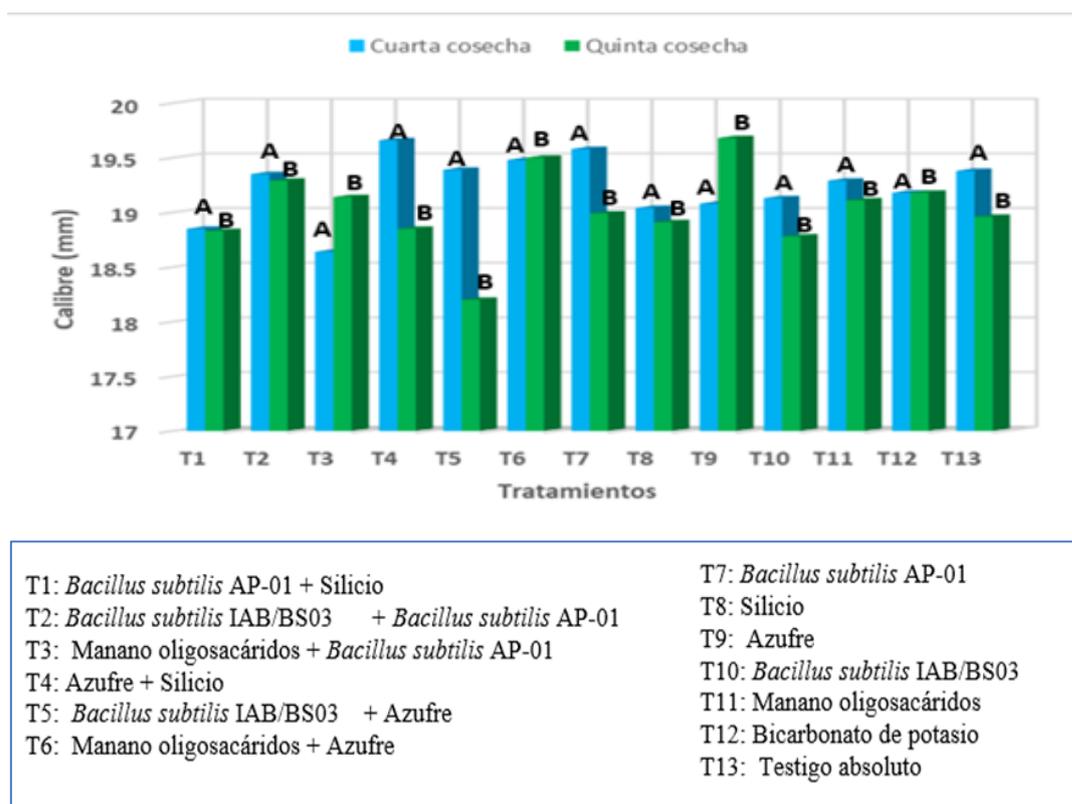
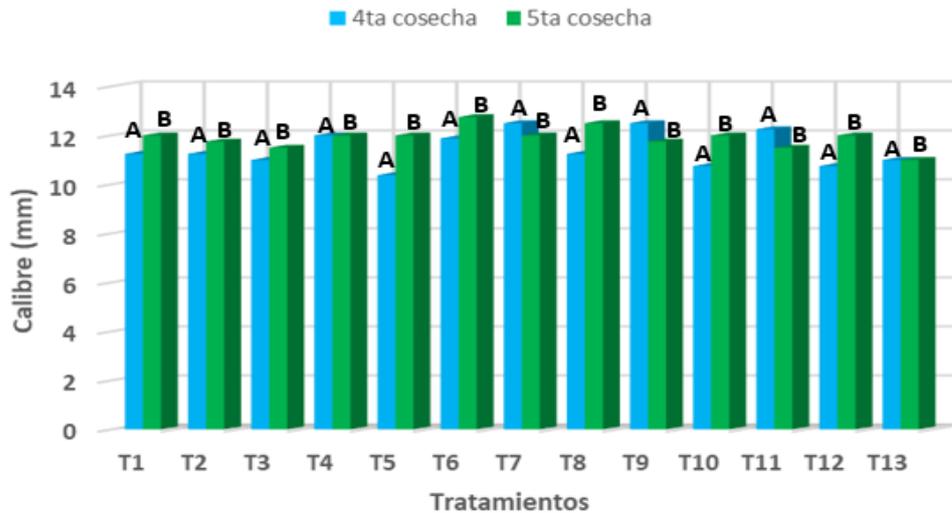


Figura 20: Efecto de los tratamientos para el control de *Oidium* sp. sobre el calibre de la fruta en el cultivo de Arándano, en la cuarta y quinta cosecha. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

4.4.5.3. Sólidos solubles

De acuerdo con el análisis de variancia y a la prueba de Tukey (Anexo 19) no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos para el control de oídium al medir los sólidos solubles alcanzados en la cuarta y quinta cosecha de la parcela experimental. Esto se muestra en la Figura 21.



T1: *Bacillus subtilis* AP-01 + Silicio

T2: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + *Bacillus subtilis* AP-01

T3: Manano oligosacáridos + *Bacillus subtilis* AP-01

T4: Azufre + Silicio

T5: *Bacillus subtilis* IAB/BS03 + Azufre

T6: Manano oligosacáridos + Azufre

T7: *Bacillus subtilis* AP-01

T8: Silicio

T9: Azufre

T10: *Bacillus subtilis* IAB/BS03

T11: Manano oligosacáridos

T12: Bicarbonato de potasio

T13: Testigo absoluto

Figura 21: Efecto de los tratamientos para el control de *Oidium* sp. sobre los sólidos solubles de la fruta en el cultivo de Arándano, en la cuarta y quinta cosecha. Columnas con diferente literal son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Los resultados presentados indican que los tratamientos considerados en la presente investigación para el control del Oídium del arándano no se diferenciaron significativamente ($p > 0.05$) en su efecto sobre las variables evaluadas en las primeras cinco semanas de cosecha. Ningún tratamiento se diferenció significativamente del testigo absoluto. Esto concuerda parcialmente con lo reportado por Valdez (2015), quien encontró que los tratamientos realizados con productos no convencionales para el control del oídium en la etapa vegetativa de *Vitis vinífera*, no influyeron significativamente en las variables de sólidos solubles y calibre de las bayas. Sin embargo, dicho estudio, a diferencia de la presente investigación, encontró diferencias significativas en la variable rendimiento.

En la presente investigación las variables rendimiento por planta, calibre y sólidos solubles se midieron en las cinco primeras cosechas, por estar más cercanas al momento de aplicación

de los tratamientos, no obstante, la cosecha del arándano en las condiciones de Perú se realiza de manera escalonada, pudiendo prolongarse por un periodo de hasta 7 meses. Esto dificulta una medición adecuada de los efectos de los tratamientos aplicados en la etapa de pre cosecha en el rendimiento final del cultivo. Asimismo, en el presente estudio no se observó un efecto directo del oídium en los frutos, lo cual hace suponer que el oídium podría tener un efecto indirecto en el rendimiento y la calidad del fruto al afectar el normal funcionamiento de las hojas. Al respecto Retamales y Hankok (2018) indican que los componentes del rendimiento en el cultivo de arándano son el número de ramas por planta, número de frutos por rama y el peso por fruto. Estos componentes son afectados por las diversas prácticas de manejo como la fertilización, la poda, la polinización y el control fitosanitario. Dichas prácticas actuaron de manera similar sobre todos los tratamientos, especialmente en la etapa de formación del fruto que se llevó a cabo entre los meses de mayo y junio. Mientras la aplicación de tratamientos se finalizó el 23 de marzo, a 100 días antes de la primera cosecha. Durante ese lapso se llevó a cabo la inducción, la diferenciación floral, la formación del fruto y practicas fitosanitarias complementarias que posiblemente tuvieron un efecto mayor en los parámetros medidos.

Respecto a los sólidos solubles, en la presente investigación se obtuvieron valores superiores a 10.75 en la cuarta cosecha y a 11 en la quinta cosecha. Estos valores reúnen las características organolépticas deseadas según lo reportado por Lobos (1988) y se ubican dentro del rango de exportación según los parámetros del fundo.

Los calibres obtenidos tanto en la cuarta como en la quinta cosecha estuvieron por encima de 18 mm, el cual es una característica inherente a la variedad Ventura y está dentro del rango de exportación, por lo tanto, tiene una buena aceptación según los parámetros de la empresa.

V. CONCLUSIONES

- Los síntomas y signos iniciales de *Oidium* sp. se observaron a partir de los 35 días después de la poda. Se evidenció el ataque del hongo en el haz y envés de la hoja. No se observó lesiones en los órganos reproductivos (flor y frutos).
- Bajo las condiciones del presente estudio, los tratamientos con Kaligreen 82 SP (bicarbonato de potasio) a dosis de 0.4 % y Sulfa 87 (Azufre) a dosis de 0.25 % presentaron los valores más bajos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la incidencia con 1309.04 y 1962.34. Por lo tanto, dichos tratamientos tuvieron el mejor efecto de control de la incidencia del *Oidium* sp. con 61.85 % y 42.81 % de eficacia respectivamente.
- Los tratamientos con Kaligreen 82 SP (bicarbonato de potasio) a dosis de 0.4 %, Sulfa 87 (Azufre) a dosis de 0.25 % y la aplicación alternada de Sulfa 87 (Azufre) + Omex SW7 (silicio) presentaron los valores más bajos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la severidad con 308.69, 513.35 y 535.68. Por lo tanto, dichos tratamientos tuvieron el mejor efecto de control de la severidad del *Oidium* sp., con 73.96 %, 56.7 % y 54.82 % de eficacia respectivamente.
- En los parámetros rendimiento por planta, sólidos solubles y calibres medidos en las cinco primeras cosechas, no se evidenció ningún efecto significativo de los tratamientos planteados para el control de la Oidiosis en la etapa vegetativa del cultivo.

VI. RECOMENDACIONES

- En próximos estudios se recomienda considerar, además del envés, el haz de la hoja para la evaluación de la incidencia y severidad, ya que en la presente investigación se observó un ataque severo de la oídiosis del arándano en el haz de la hoja.
- Se recomienda incluir en los tratamientos diversos intervalos de aplicación para cada producto.
- Se recomienda ensayar diversas dosis para la aplicación del bicarbonato de potasio
- Se recomienda realizar ensayos en la etapa de prefloración y floración para evaluar los efectos de los tratamientos en los parámetros de cosecha.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abanto, D. (2016). Control de *Erysiphe necator* Schwein usando el índice de riesgo del oídio, en el cultivo *Vitis vinífera* L. en Villacuri, Ica. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Albornoz, C.; Silva, A.; Torres, F. (2016). Fertiriego con silicio en variedades de rosa sobre la severidad de mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*). *Rev. Cienc. Agr.* 33(2): 84 - 94. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.55>.
- Agrios, G. (2010). Fitopatología. Editorial Limusa S.A. México.
- Alva, J. (2020). Eficacia y residualidad de Fluopyram + Tebuconazol en el control del Oídio de Uva de mesa en Piura. *Rev. Tayacaja*, III(1), 65-75. doi:<https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.71>
- Ale-Agha, N.; Bolay, A.; Braun, U.; Feige, B.; Jage, H.; Kummer, V.; ... Zimmermannová-Pastirčáková, K. (2004). *Erysiphe catalpae* and *Erysiphe elevata* in Europe. *Mycological Progress*, 3(4), 291–296. doi:10.1007/s11557-006-0099-3
- Aust, H.; Hoyningen-Huene, J.V. (1986). *Microclimate in Relation to Epidemics of Powdery Mildew. Annual Review of Phytopathology*, 24(1), 491–510. doi:10.1146/annurev.py.24.090186.002423
- Brodie, H. (1942). Protoplasmic continuity in the powdery mildew, *Erysiphe graminis* DC. *Canad Jour.Res.C.23*: 198-211.
- Betz, E.C. & Punja, Z.K. (2020). Management of powdery mildew, caused by *Erysiphe cruciferarum*, on wasabi (*Wasabia japonica*) plants in British Columbia. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1764109>
- Bowen, P.; Menzies, J.; Ehret, D. (1992). Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117, 906– 12.
- Barnett, H.L.; Hunter, B.B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological

- Clayton, N. (1942). The germination of fungus spores in relation to controlled humidity. *Phytopathology* 32: 921-943.
- Costa, J.; Resende, M.; Ribeiro Junior, P. (2010). Induction of resistance in cacao seedling against *Moniliophthora perniciosa* by a phosphorylated mannan oligosaccharide based product. *Trop. Plant Pathol*, 35(5): 285-294.
- Castellanos, G.; Leónides, de Mello Prado, R.; Silva Campos, C.N. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36(Supl. 1), 16-24. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500002&lng=es&tlng=es.
- Delp, L. (1954). Effect of temperature and humidity on the grape powdery mildew fungus. *Phytopatologia* 44: 615-626
- Domínguez-Serrano, D.; García-Velasco, R.; Mora-Herrera, M.E. y Salgado-Siclan, M.L. (2016). Identificación y alternativas de manejo de la cenicilla del rosal. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34: 22-42. doi: <https://doi.or/10.18781/R.MEX.FIT.1509-1>
- Ellis, M.; Nita, M. (2017). *Integrated Management of Grape Diseases*. (O. S. UNIVERSITY, Ed.) Ohio, USA. <https://cdn.ymaws.com/www.mngrapes.org/resource/resmgr/Files/OSU-Organic-Grape-Diseases.pdf>
- Fuertes, A. (2015). Efectividad de fungicidas biológicos en el control de oídio (*Erysiphe necator* Sschwein) de la vid. Memoria de título Ing. Agrónomo. Universidad de Chile.
- Flores, L. (2019). Rendimiento y calidad de 20 progenies de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4160>
- García, J.C.; García, G.; Ciorda, M. (2013). El cultivo del Arándano en el norte de España. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario – SERIDA España. 188 pp.
- Gestión. (26 de marzo de 2021). Perú se mantuvo como el primer exportador mundial del Arándano en el 2020. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/peru-se-mantuvo-como-primer-exportador-mundial-de-arandanos-en-2020-segun-adex-nndc-noticia/>
- Hinarejos, E.; Castellano, M.; Rodrigo, I.; Bellés, J.M.; Conejero, V.; López-Gresa, M.P.; Lisón, P. (2016). *Bacillus subtilis* IAB/BS03 as a potential biological control agent. *European Journal of Plant Pathology*, 146(3), 597–608. doi: <https://doi.or/10.1007/s10658-016-0945-3>

- Hanson, E.; Hancock, J. (2011). Managing the nutrition of Highbush Blueberries. Michigan State University Extension
- Huayhua, L. (2016). Uso de fosfitos en la prevención de *Phytophthora cinnamomi* en arándano (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi, en invernadero. Tesis UNALM. 103 pp
- Heidenreich, C.; Fiacchino, D.; Koeller, W. (2017). *Blueberry disease fast facts. Powdery Mildew*. Retrieved from blogs.cornell.edu: <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/0/7265/files/2017/01/BB-mildew-fast-fact-xzsrqg.pdf>
- Hart, J.; Strik, B.; While, L.; Yang, W. (2006). Nutrient Management for Blueberries in Oregon. EM 8918, Oregon State University Extension Service, Corvallis, Oregon.
- Homma, Y.; Arimoto, T. Misato. (1981). Effect of sodium bicarbonate on each growth stage of cucumber powdery mildew fungus (*Spharotheca fuliginea*) in its life cycle. J. Pest Sci. 6: 201-209.
- Horst, R.K.; S.O. Kawamoto, L.; Porte, L. (1992). Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. Plant Disease 76: 247-25
- Huarhua Zaquinaula, M.H.; Acuña, R.; Martínez de la Parte, E.; Soto, J.; Aragon-Caballero, L.M.; Landeo Villanueva, S.A.; Apaza-Tapia, W. (2020). *First Report of Blueberry Leaf Rust Caused by Thekopsora minima on Vaccinium corymbosum L. in Perú. Plant Disease*. doi:10.1094/pdis-03-20-0585-pdn
- INTAGRI. (2017). El Azufre como Agente de Defensa contra Plagas y Enfermedades. Serie Fitosanidad Núm. 95. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- INTAGRI. (2018). Manejo Orgánico de la Nutrición en el Cultivo de Arándano. Serie Frutillas. Núm. 22. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/nutricion-organica-en-el-cultivo-de-arandano>
- Kloet, S.P.V. (1980). *The taxonomy of the highbush blueberry, Vaccinium corymbosum. Canadian Journal of Botany*, 58(10), 1187–1201. doi:10.1139/b80-148
- La Rosa, R.; Sánchez, M.; Pérez, E. (2017). Internal morphology and histology of blueberry *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae) in Lima, Peru. *Agronomía Colombiana*, 35(2), 176-181. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.63146>
- Llorens, E.; González-Hernández, A.; Troncho, P.; Vicedo, B.; García-Agustín, P., Lapeña, L.; Agustí-Brisach, C.; Yuste, T.; Orero, M.; Ledó, C. (2016). Efecto del azufre bioasimilable (Naturdai S-System) sobre la respuesta inmune de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) para el control de oídio (*Oidium neolycopersici*) en el cultivo

ecológico. *Phytoma* 276: 55-58

- Liang, Y.C.; Sun, W.C.; Si, J.; Römheld, V. (2005). Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. *Plant Pathology*, 54: 678-685. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01246.x>
- Lobos, G.A.; Retamales, J.B.; Hancock, J.F.; Flore, J.A.; Cobo, N.; Del Pozo, A. (2012). Spectral irradiance, gas exchange characteristics and leaf traits of *Vaccinium corymbosum* L. "Elliott" grown under photo-selective nets. *Environ. Exp. Bot.* 75: 142-149.
- Michigan State University. (2017). *Powdery mildew*. Retrieved from MSU Extension Blueberries. Recuperado de <https://www.canr.msu.edu/uploads/files/Powdery%20mildew.pdf>
- Michigan State University. (2020). *MSU Extension Blueberries. Pest Management*: https://www.canr.msu.edu/blueberries/pest_management/index
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Beneficios de consumir Arándanos*. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/85266-beneficios-de-consumir-arandanos>
- Millholand, R.; Polashock, J.; Schilder, A.; Caruso, F. (2017). *Compendium Blueberry Diseases*, APS Press.
- Montenegro, H. (2018). El azufre y su influencia en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. grey zucchini. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Medice, R.; Bettiol, W.; Altéa, U.; Quirino, de Mello. (2013). Efeito de bicarbonato de potássio sobre a severidade do oídio em plantas de soja. *Summa Phytopathologica* [online], v. 39, n. 1 [Acessado 16 Junho 2021], pp. 35-39. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000100006>.
- Mauricio, L.; Leal, J. (2011). Efecto de la aplicación de azufre para el control de oidiosis "*leveillula taurica*" en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) var. imperial star. *Scientia Agropecuaria*, 2(3), 169-176. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2011.03.06>
- Mantecón, J.D. (2008). Efficacy of chemical and biological strategies for controlling the soybean brown spot (*Septoria glycines*). *Ciencia e investigación agraria*, 35(2), 211-214. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202008000200011>
- Maketon, M.; Apisitsantikul, J.; Siriraweekul, C. (2008). Evaluación de invernadero de

- Bacillus subtilis* AP-01 y *Trichoderma harzianum* AP-001 en el control de enfermedades del tabaco. Revista brasileña de microbiología: [publicación de la Sociedad Brasileña de Microbiología], 39 (2), 296–300. <https://doi.org/10.1590/S1517-838220080002000018>
- Mejía, K. (2018). Control de *Phytophthora cinnamomi* en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi con diferentes aislamientos de Trichoderma. Tesis ing Agr. UNALM
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Gobierno del Perú: Plataforma digital única del Estado Peruano.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).2021. Atlas de la superficie Agrícola del Perú. Recuperado de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/atlas>
- More, M. (2016). Detección del inóculo primario, sintomatología, y control del mildiú (*Peronospora variabilis*) en el cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) en Piura. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Piura.
- Ni, L.; Punja, Z.K. (2019). Management of Fungal Diseases on Cucumber (*Cucumis sativus* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Crops in Greenhouses Using *Bacillus subtilis*. In: Islam M., Rahman M., Pandey P., Boehme M., Haesaert G. (eds) Bacilli and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol. Bacilli in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15175-1_
- Ongena, M.; Jacques, P.; Touré, Y.; Destain, J.; Jabrane, A.; Thonart, P. (2005). Involment of fengycin-type lipopeptides in multifaceted biocontrol potencial of *Bacillus subtilis*. *Appl Microbiol Biotechnol* 69, 28-38.
- Ortiz, M. (24 de mayo de 2021). El oidio ya está presente en huertos de Arándano del norte del país. Redagricola. Recuperado de <https://www.redagricola.com/pe/el-oidio-ya-esta-presente-en-huertos-del-norte-del-pais/>
- Ordóñez–Valencia, C.; Alarcón, A.; Ferrera–Cerrato, R.; Hernández–Cuevas, L.V. (2009). *In vitro* antifungal effects of potassium bicarbonate on *Trichoderma* sp. and *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycoscience* 50:380–387
- Pérez, R.; García, R.; Carrillo, A.M.; Valdez, J.; Muy, M.; García, A.; Villarreal, M. (2010). Control de Cenicilla (*Sphaerotheca fuliginea* Schlechtend: Fr, Pollaci) con Aceites Vegetales y Sales Minerales en Pepino de Invernadero en Sinaloa, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(1), 17-24. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-

33092010000100002&lng=es&tlng=es

- Palmer, C.L.; Horst, R.K.; Langhans, R.W. (1997). Use of bicarbonate to inhibit *in vitro* colony growth of *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 81:1432–1438
- Raya Pérez, J.C.; Aguirre Mancilla, C.L. (2012). El Papel del Silicio en los Organismos y Ecosistemas. *Conciencia Tecnológica*, (43),42-46. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=944/94424470007>
- Retamales, J.; Hancock, J. (2018). *Arándanos*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A
- Risco, A. (2014). Severidad de *Peronospora variabilis* Gaüm. en *Chenopodium quinoa* Willd. “Pasankalla” como respuesta a aplicaciones de fungicidas sistémicos y bioestimulantes. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rodrigo, B.; Onofre, M.; Gadoury Peres, N. (2021). High Efficacy and Low Risk of Phytotoxicity of Sulfur in the Suppression of Strawberry Powdery Mildew. *Plant Health Progress*
- Rodríguez, E.; Hilário, S.; Lopes, A.; Alves, A. (2020). Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. *Eur J Plant Pathol* (2020) 157:89–102
- Torres, R.; Barbosa, R.; Cruz, S. (2007). Efeito de indutores no controle de míldio em *Vitis labrusca*. *Summa Phytopathologica*.33 (1). 68-73. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000100010>
- San Martín, J. (2012). Manejo de la Poda en Arándanos. *Revista Frutícola*. COPEFRUT.S.A. N° 3. 52 p. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/manejo-de-la-poda-en-el-cultivo-de-arandano>
- Santos, A.P. (2009). Controle do oídio da abobrinha com antagonistas e produtos biocompatíveis. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras,
- SILVESTRE PERÚ. (2015). Ficha técnica de Bio splent 70 WP (en línea). Lima, Perú. Recuperado de <https://silvestre.com.pe/wp-content/uploads/FT-BIO-SPLENT-70-WP.pdf>
- SILVESTRE PERÚ. (2021). Ficha técnica de Sulfa 87 SL (en línea).Lima, Perú. Recuperado de <https://silvestre.com.pe/wp-content/uploads/FTSULFA87LS.pdf>
- SILVESTRE PERÚ. (2015). Ficha técnica de Omex SW7 (en línea).Lima, Perú. Recuperado de http://www.silvestre.com.pe/site/images/Fichas_Tecnicas/FT_OMEX_SW7_07.pdf
- SUMMYT AGRO. (2020). Ficha técnica de Kaligreen 82 SP (en línea).Lima, Perú.

- Recuperado de <http://www.summit-agro.pe/producto/kaligreen-r/>
- SEPHU (Sociedad española de productos húmicos. S.A). (2009). El silicio (Si) como elemento fertilizante y protector de enfermedades y plagas. Boletín informativo del Departamento técnico. N°028. Zaragoza, España. 8 pp.
- Soto, J. (2018). Promotores de defensa químicos y biológicos contra infecciones por *Lasiodiplodia theobromae* en vid (*Vitis vinifera*). Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina
- Towsend, G.; Heuberger, J.W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicidal treatments. *Plant Disease Rept.*27: 340-343.
- Trigiano, R.; Windham, M.; Windham, A. (2006). *PLANT PATHOLOGY Concepts and Laboratory Exercises*. Florida, USA: CRC PRESS.
- Undurraga, P. y Vargas, S. (2013). Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. 120 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7627/NR39094.pdf?sequence=1&isAllow>
- Vega, E.; Vargas, A.; Valencia, R.; Rosas, F. (2015). Libro de texto del curso de métodos estadísticos para l investigación científica I. DEI-UNALM.
- Williams, J.S.; Cooper, R.M. (2004). The oldest fungicide and newest phytoalexin – a reappraisal of the fungitoxicity of elemental sulphur. *Plant Pathology*, 53: 263-279. <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01010.x>
- Webster, J.; Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Wilocquet, L.; Colombet, D.; Rougier, M.; Fargues, J.; Clerjeau, M. (1996). Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth of grape powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology*. 102:441- 449.
- Williamson, J.G. y Lyrene, P. (1994). Guía para el cultivo de los arándanos en Florida. Departamento de Ciencias Hortícolas, Florida Cooperative Extensión Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 9 págs.
- Whipps, J.M.; Budge, S.P. (2000). Efecto de la humedad sobre el desarrollo del mildiú polvoroso del tomate (*Oidium lycopersici*) en el invernadero. *European Journal of Plant Pathology* 106, 395–397. Recuperado de <https://doi.org/10.1023/A:1008745630393>
- Yáñez Juárez, M.G.; Partida Ruvalcaba, L.; Zavaleta-Mejía, E.; Ayala Tafoya, F.; Velázquez

- Alcaraz, T. de J.; Díaz Valdés, T. (2016). Sales minerales para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7):1551-1561. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000701551&lng=es&tlng=es
- Yáñez Juárez, M.G.; Ayala Tafoya, F.; Partida Ruvalcaba, L.; Velázquez Alcaráz, T. de J.; Godoy Angulo, T.P.; Días Valdés, T. (2014). Efecto de bicarbonatos en el control de cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 991-1000. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600007&lng=es&tlng=es
- Yáñez, V. del R. (2012). Potencial de la cepa CPA-8 de *Bacillus subtilis* como agente de biocontrol de enfermedades de postcosecha de fruta. Universidad de Lleida. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/80456/Tvrym1de1.pdf>
- Yarwood, C.E. (1957). Powdery mildews. *The Botanical Review*, 23(4), 235–301. doi: <https://doi.org/10.1007/bf02872581>
- Yildirim, I.; Onogur, E.; Irshad, M. (2002). Investigations on the efficacy of some natural chemicals against powdery mildew [*Uncinula necator* (Schw.) Burr.] of grape. *J. Phytopathol.* 150:697-702
- Zavaleta, E.; Mejía, E. (1999). Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas." *Terra Latinoamericana*, Vol. 17, núm.3, pp.201-207 Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317304>
- Zerriouh, H.; Romero, D.; Garcia-Gutierrez, L.; Cazorla, F.M.; de Vicente, A.; Perez-Garcia A. (2011). The iturin-like lipopeptides are essential components in the biological control arsenal of *Bacillus subtilis* against bacterial diseases of cucurbits. *Mol Plant Microbe Interact.* 24(12):1540-52. doi: <https://doi.org/10.1094/MPMI-06-11-0162>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Registro de variables meteorológicas en el fundo GREENWAY S. A. Tamarindo, 2021

Día	Temperatura media (T°)	Temperatura máxima (T°)	Temperatura mínima (T°)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
1/01/2021	24.21	31.6	20	0	73.35
2/01/2021	25.59	33.2	21.2	0	68.22
3/01/2021	24.95	32.1	20.9	0	71.58
4/01/2021	23.98	31.4	19.9	0	75.62
5/01/2021	24.42	31.2	20.8	0	74.06
6/01/2021	24.91	32.3	20.7	0	73.11
7/01/2021	25.22	33.7	19.6	0	70.53
8/01/2021	24.83	31.6	20.9	0	74.99
9/01/2021	25.18	32.6	21.2	1	75.63
10/01/2021	25.42	33.1	20.1	0	72.80
11/01/2021	25.47	33.4	20.7	0	71.01
12/01/2021	26.28	33.3	22.3	0	67.25
13/01/2021	25.45	31.9	21.1	0	70.79
14/01/2021	25.38	32.4	20.3	1.6	73.61
15/01/2021	25.88	32.9	21.8	0	71.66
16/01/2021	23.82	30.6	20.3	2.8	80.45
17/01/2021	25.78	33.6	21.3	0	72.94
18/01/2021	24.76	31.6	21.4	0	74.02
19/01/2021	25.86	33.7	21.6	0	69.24
20/01/2021	25.35	31.9	21.3	0	71.25
21/01/2021	25.84	32.8	21.4	0	71.25
22/01/2021	25.26	31.9	22.1	0	73.59
23/01/2021	25.94	34.1	21.3	0	72.77
24/01/2021	26.01	32.1	21.6	0	73.49
25/01/2021	26.29	32.9	22.2	0	72.66
26/01/2021	26.19	33.6	20.4	0	72.90
27/01/2021	26.14	33.4	21.6	0	73.56
28/01/2021	25.73	32.9	21.4	0	74.38
29/01/2021	25.99	32.3	22.9	0	70.63
30/01/2021	26.47	33.9	21.3	0.4	68.94
31/01/2021	25.81	33	19.3	0	70.69
1/02/2021	25.88	33.8	20.4	0	69.95

«continuación»

2/02/2021	25.45	33.3	21.3	0	69.29
3/02/2021	25.53	32.4	21.2	0	69.79
4/02/2021	26.16	32.2	22.3	0	68.33
5/02/2021	25.86	30.8	22.8	0	70.70
6/02/2021	26.83	33.1	21.8	0	69.28
7/02/2021	27.00	33.7	21.1	0	67.38
8/02/2021	26.96	34.9	22.1	0	68.09
9/02/2021	25.28	32.7	20.4	0	76.04
10/02/2021	26.26	33.8	22.8	0	74.60
11/02/2021	26.72	33.1	22.3	0	73.79
12/02/2021	27.66	32.9	24.4	0	68.98
13/02/2021	27.08	34.9	22.9	0	71.50
14/02/2021	26.16	33.2	22	0	74.48
15/02/2021	26.28	33.3	22.7	0	72.77
16/02/2021	25.92	33.4	21.5	0	72.98
17/02/2021	25.95	34.5	21.3	0	72.24
18/02/2021	25.32	31.9	19.8	0	76.67
19/02/2021	24.96	32.9	19.5	0	77.17
20/02/2021	25.37	32.9	20.3	0	74.66
21/02/2021	26.03	33.4	21.1	0	69.23
22/02/2021	25.76	33.2	21.6	0	69.11
23/02/2021	25.60	32.6	20.1	0	68.91
24/02/2021	25.61	33.8	20	0	67.89
25/02/2021	25.37	33.6	20.7	0	70.21
26/02/2021	26.59	35.6	20.6	0	66.86
27/02/2021	25.91	33.9	20.7	0	71.26
28/02/2021	26.46	33.9	20.8	0	72.09
1/03/2021	26.35	31.6	23.2	0	73.58
2/03/2021	26.42	33.1	22.1	9.8	82.39
3/03/2021	26.11	33.9	22.3	3.8	84.33
4/03/2021	26.74	33.4	22.7	0	78.27
5/03/2021	26.98	34.3	22.4	0.2	77.94
6/03/2021	27.38	33.7	24.2	0	77.15
7/03/2021	27.02	34	22.7	0	76.02
8/03/2021	26.47	32.7	22.4	0.6	80.95
9/03/2021	26.06	31.3	22.9	6.6	85.69
10/03/2021	27.03	32.6	23.6	0	81.40
11/03/2021	26.82	33.8	22.6	0	80.46
12/03/2021	26.81	33.7	21.6	0	76.02
13/03/2021	26.62	33.3	21.9	0	76.13
14/03/2021	26.12	33.2	20.6	0	77.38
15/03/2021	25.63	32.1	21.9	14.2	79.63
16/03/2021	24.93	28.3	22	0	87.43
17/03/2021	25.67	34.1	21.4	0	80.52
18/03/2021	25.14	33.3	19.9	0	78.93

«continuación»

19/03/2021	26.50	34.4	22.6	0	73.36
20/03/2021	25.70	33.9	20.2	0	75.98
21/03/2021	25.65	33.8	20.9	0	77.82
22/03/2021	25.69	33.1	19.8	0	76.20
23/03/2021	25.65	33.5	20.8	0	77.16
24/03/2021	24.80	33.2	20.9	0	79.22
25/03/2021	25.55	33.3	20.7	0	75.33
26/03/2021	25.66	33.7	20.8	0	73.64
27/03/2021	26.04	33.6	21.8	0	69.99
28/03/2021	25.86	33.8	21.7	0	70.25
29/03/2021	25.83	32.2	21.7	0	69.76
30/03/2021	25.68	32.6	21.3	0	70.39
31/03/2021	25.88	33.5	20.6	0	71.33

Anexo 2: Cartilla de evaluación de la incidencia, grado de severidad y el porcentaje de severidad del oídium del Arándano

Fecha de evaluación:

Tratamiento:

Bloque:

Nº de planta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Porcentaje de severidad (%)	Incidencia (%)
Hoja 1																	
Hoja 2																	
Hoja 3																	
Hoja 4																	
Hoja 5																	

Anexo 3: Incidencia del *Oidium* en hojas del Arándano Var. Ventura. Piura 2021

Tratamientos	1ra 16- Ene	2da 23- Ene	3era 30- Ene	4ta 6-Feb	5ta 13- Feb	6ta 20- Feb	7ma 27- Feb	8tava 6-Mar	9na 13- Mar	10ma 20- Mar	ABCPE
T1	1.33	1.33	8	13.33	20	24	86.67	94.67	94.67	93.3	2720.585
T1	1.33	5.33	17.33	40	42	61	77.33	89.33	90.67	96	3278.275
T1	2.67	2.67	13.33	26.67	36	45	60	76	88	93.3	2750.895
T1	0	4	6.67	8	16	8	56	82.67	80	93.3	2141.93
T2	5.33	4	5.33	5.33	5.33	8	33.33	77.33	89.33	78.67	1857.205
T2	0	4	8	12	10.67	14.67	62.67	86.67	93.33	89.33	2342.725
T2	0	14.67	14.67	14.67	13.33	17.33	36	76	85.33	82.67	2142
T2	1.33	2.67	2.67	2.67	2.67	1.33	28	76	58.67	85.33	1512.07
T3	0	4	6.67	14.67	18.67	14.67	60	81.33	92	94.67	2361.415
T3	2.67	1.33	1.33	4	8	5.33	58.67	82.67	82.67	86.67	2006.69
T3	1.33	8	8	13.33	9.33	4	57.33	92	92	93.33	2286.585
T3	0	8	8	10.67	8	9.33	42.67	76	80	82.67	1960.035
T4	2.67	5.33	6.67	13.33	14.67	20	32	54.67	64	70.67	1703.38
T4	0	10.67	12	14.67	12	14.67	50.67	65.33	58.67	69.33	1876.07
T4	1.33	2.67	2.67	2.67	4	5.33	28	62.67	60	56	1362.725
T4	0	6.67	6.67	10.67	10.67	5.33	38.67	60	70.67	76	1708.105
T5	0	0	0	1.33	5.33	4	36	58.67	65.33	64	1418.62
T5	2.67	5.33	8	10.67	9.33	10.67	53.33	73.33	68	73.33	1908.62
T5	1.33	12	13.33	20	6.67	10.67	50.67	68	85.33	82.67	2114.035
T5	1.33	6.67	8	9.33	9.33	2.67	30.67	53.33	60	72	1488.655
T6	2.67	2.67	8	12	12	20	66.67	69.33	77.33	89.33	2179.31
T6	0	4	5.33	12	16	17.33	50.67	84	61.33	74.67	2001.965
T6	0	4	4	8	4	4	45.33	62.67	65.33	74.67	1628.655
T6	0	2.67	5.33	12	5.33	9.33	36	64	64	76	1647.275
T7	4	5.33	9.33	16	17.33	16	62.67	85.33	80	94.67	2356.62
T7	0	9.33	17.33	49.33	48	64	86.67	98.67	90.67	93.33	3542.00
T7	1.33	13.33	24	37.33	41.33	53.33	78.67	88	93.33	96	3294.585
T7	0	0	1.33	5.33	9.33	10.67	37.33	80	78.67	90.67	1875.965
T8	1.33	4	6.67	10.67	6.57	10.67	38.67	74.67	81.33	74.67	1880.095
T8	1.33	0	1.33	4	16	12	52	76	69.33	73.33	1871.275
T8	1.33	1.33	4	8	10.67	18.67	56	73.33	90.67	84	2128.035
T8	0	2.67	2.67	4	12	2.67	40	76	76	89.33	1815.38
T9	0	0	0	0	0	0	28	44	44	52	994.00
T9	5.33	10.67	10.67	16	28	38.67	69.33	70.67	68	74.67	2408.07
T9	0	1.33	1.33	4	6.67	8	29.33	61.33	69.33	73.33	1521.24
T9	0	2.67	5.33	6.67	6.67	4	16	46.67	54.67	57.33	1190.07
T10	0	2.67	4	4	8	9.33	50.67	69.33	80	84	1880.655

«continuación»

T10	2.67	4	5.33	6.67	16	17.33	54.67	61.33	70.67	84	1932.00
T10	1.33	12	12	13.33	9.33	21.33	42.67	72	80	84	2090.62
T10	1.33	0	0	0	2.67	1.33	32	70.67	77.33	85.67	1587.845
T11	4	6.67	13.33	16	12	10.67	76	89.33	94.67	93.33	2534.00
T11	1.33	0	4	12	16	20	77.33	93.33	92	92	2524.62
T11	0	6.67	8	13.33	16	24	52	85.33	85.33	90.67	2328.62
T11	0	1.33	1.33	1.33	6.67	5.33	66.67	92	92	98.67	2207.31
T12	2.67	2.67	4	5.33	8	5.33	18.67	26.67	32	41.33	854.00
T12	5.33	14.67	14.67	17.33	16	12	30.67	36	41.33	46.67	1390.69
T12	0	9.33	10.67	12	9.33	2.67	30.67	38.67	46.67	46.67	1250.76
T12	0	0	1.33	2.67	2.67	2.67	20	18	26.67	37.33	648.725
T13	0	4	6.67	12	10.67	20	80	96	98.67	98.67	2627.415
T13	6.67	12	34.67	64	57.33	46.67	77.33	89.33	94.67	92	3612.00
T13	1.33	6.67	13.33	32	24	30.67	76	84	80	77.33	2674.00
T13	0	6.67	6.67	9.33	24	20	84	96	92	93.33	2674.00

Anexo 4: Incidencia del *Oidium* en hojas del Arándano Var. Ventura. Piura 2021

Tratamientos	1ra 16- Ene	2da 23- Ene	3era 30- Ene	4ta 6-Feb	5ta 13- Feb	6ta 20- Feb	7ma 27- Feb	8tava 6-Mar	9na 13- Mar	10ma 20- Mar	ABCPE
T1	0.27	0.27	1.6	2.93	4.53	5.07	31.73	44.8	46.93	51.47	1144.22
T1	0.27	1.33	4.8	13.07	12.53	18.67	31.73	44.27	52.8	57.07	1449.49
T1	1.07	0.8	3.2	6.67	10.93	11.73	18.67	30.13	46.13	54.67	1086.365
T1	0	0.8	1.33	2.13	3.47	1.6	16	29.33	32.53	49.6	781.13
T2	1.33	1.07	1.6	1.6	1.33	1.87	9.6	32.27	38.13	34.13	728.00
T2	0	0.8	2.13	3.47	3.2	3.73	21.6	38.67	45.07	45.87	988.435
T2	0	3.73	3.73	3.73	2.67	3.47	11.2	30.13	35.2	36.53	771.82
T2	0.27	1.07	1.07	1.07	0.8	0.53	6.93	25.87	20.27	35.47	523.67
T3	0	0.8	2.4	4.27	5.87	2.93	19.2	29.33	36.53	40.8	849.31
T3	0.53	0.27	0.53	1.33	2.13	1.33	17.87	28.27	26.67	41.87	694.40
T3	0.27	2.4	2.67	3.73	2.67	1.07	17.6	35.47	43.2	48.8	924.07
T3	0	1.87	2.13	2.67	1.6	1.87	10.93	26.67	29.87	39.73	675.78
T4	0.53	1.33	2.4	4.27	4	4.27	9.87	17.33	21.87	29.33	555.38
T4	0	2.13	2.67	3.2	2.67	3.2	17.33	24.53	21.33	30.4	638.365
T4	0.27	0.53	0.53	0.53	1.33	1.07	6.13	18.93	21.6	22.13	430.15
T4	0	1.87	2.13	2.93	2.13	1.07	9.33	18.93	23.2	26.93	518.84
T5	0	0	0	0.27	1.33	1.07	9.87	20	24.27	29.07	499.415
T5	0.53	1.6	2.13	3.2	2.4	2.93	16	26.13	30.4	36.53	715.785
T5	0.53	2.67	2.93	5.07	1.87	3.2	14.4	26.67	34.93	37.87	765.38
T5	0.27	2.4	2.67	3.2	2.4	0.8	7.73	16	20.27	26.67	473.235

«continuación»

T6	0.53	0.8	1.87	2.67	2.93	4.8	22.67	25.07	29.6	40.8	772.87
T6	0	1.07	1.33	2.93	4.8	3.47	13.33	28.8	22.67	32.8	659.855
T6	0	1.07	1.07	2.4	0.8	0.8	11.73	17.6	25.33	32.8	536.655
T6	0	0.53	1.33	2.93	1.07	2.13	10.67	22.13	22.67	35.47	566.51
T7	0.8	1.6	3.47	4.8	4.53	3.47	22.13	31.73	33.33	46.4	892.22
T7	0	2.4	4.53	13.87	13.6	17.33	29.87	44.8	55.73	61.07	1480.255
T7	0.53	3.47	6.93	11.47	11.47	17.33	29.6	34.93	44.27	67.73	1341.2
T7	0	0	0.27	1.07	2.13	2.93	9.87	28.53	27.47	39.73	644.945
T8	0.27	0.8	1.6	2.93	1.6	2.4	10.67	26.4	29.87	33.07	646.835
T8	0.27	0	0.53	1.07	4	2.67	16	28.53	31.47	34.67	711.235
T8	0.27	0.27	1.07	1.87	2.67	4.8	15.47	27.73	38.4	45.33	803.67
T8	0	0.53	0.53	0.8	3.2	0.8	12.53	24.53	27.47	34.4	611.275
T9	0	0	0	0	0	0	7.73	12.53	12	17.33	286.475
T9	1.07	2.67	2.67	4	8	10.4	22.67	26.67	33.07	33.87	880.25
T9	0	0.27	0.27	1.07	1.6	1.6	7.73	22.4	26.13	29.33	529.2
T9	0	0.53	1.07	1.6	1.33	1.07	3.73	13.6	17.87	21.07	357.49
T10	0	0.8	1.07	1.07	2.4	2.13	16	24.53	30.93	41.33	694.365
T10	0.8	1.33	1.6	1.87	4.27	3.73	17.6	24.27	30.13	40.8	731.745
T10	0.53	2.67	2.67	3.2	2.13	6.4	14.4	28.8	34.67	44.53	811.09
T10	0.27	0	0	0	0.53	0.27	8.8	24.8	28.53	33.87	559.055
T11	1.07	2.13	4.27	4.8	3.47	2.4	25.07	40.27	45.87	48.8	1061.305
T11	0.27	0	1.07	2.67	5.07	5.6	31.47	42.4	46.67	51.2	1123.85
T11	0	1.33	2.13	3.73	4	5.87	15.47	33.6	34.4	39.47	837.2
T11	0	0.27	0.27	0.27	1.6	1.33	21.07	36.8	41.07	50.4	894.215
T12	0.53	0.53	1.07	1.33	2.13	1.07	4.53	7.73	9.87	11.47	236.11
T12	1.07	4	4	4.53	5.07	2.67	9.33	12	14.13	17.87	438.655
T12	0	1.87	2.4	2.67	2.4	0.53	8.27	11.2	15.47	17.07	366.87
T12	0	0	0.27	0.53	0.53	0.53	5.07	6.13	8.53	12	193.13
T13	0	0.8	1.33	2.67	3.2	4.27	27.47	39.73	44.53	50.67	1042.545
T13	1.33	3.2	9.33	18.93	16.8	14.4	29.87	40.8	56.53	56.27	1514.765
T13	0.27	1.33	3.2	7.47	6.13	7.47	26.67	35.2	42.67	41.07	1050.07
T13	0	1.87	2.13	2.67	5.87	5.07	29.6	40.27	48.8	53.6	1135.015

Anexo 5: Datos del rendimiento por planta en las cinco primeras cosechas en la parcela experimental

Tratamiento	Bloque	08 de Julio	15 de Julio	29 de Julio	04 de agosto	11 de agosto	Total (gr)	Rendimiento por planta (gr)
T1	1	0	0	0	0	6	6	0.4
T1	2	1	0	0	0	10	11	0.7
T1	3	7	1	2	0	2	12	0.8
T1	4	15	17	15	15	2	64	4.3
T2	1	0	0	0	0	3	3	0.2
T2	2	3	0	8	9	37	57	3.8
T2	3	1	0	0	5	56	62	4.1
T2	4	13	17	0	13	16	59	3.9
T3	1	1	0	8	3	19	31	2.1
T3	2	48	74	74	148	226	570	38.0
T3	3	0	0	0	6	17	23	1.5
T3	4	20	17	4	11	41	93	6.2
T4	1	2	1	0	0	0	3	0.2
T4	2	7	3	1	6	12	29	1.9
T4	3	27	7	9	38	102	183	12.2
T4	4	31	22	10	20	37	120	8.0
T5	1	39	46	12	33	26	156	10.4
T5	2	24	1	13	8	20	66	4.4
T5	3	6	2	0	4	12	24	1.6
T5	4	4	5	16	11	49	85	5.7
T6	1	8	7	3	2	0	20	1.3
T6	2	1	1	6	50	101	159	10.6
T6	3	2	7	4	10	39	62	4.1
T6	4	35	20	1	11	52	119	7.9
T7	1	1	6	0	0	47	54	3.6
T7	2	16	4	3	0	35	58	3.9
T7	3	6	2	0	0	20	28	1.9
T7	4	5	0	0	0	24	29	1.9
T8	1	10	6	8	26	7	57	3.8
T8	2	48	89	6	16	18	177	11.8
T8	3	1	2	6	12	44	65	4.3
T8	4	54	64	7	19	43	187	12.5
T9	1	4	1	7	17	93	122	8.1
T9	2	5	6	22	27	126	186	12.4
T9	3	1	1	4	2	10	18	1.2
T9	4	36	35	7	16	35	129	8.6
T10	1	2	2	11	12	6	33	2.2
T10	2	7	9	0	0	7	23	1.5
T10	3	0	3	3	4	28	38	2.5
T10	4	11	32	26	63	43	175	11.7

«continuación»

T11	1	6	0	0	0	0	6	0.4
T11	2	6	5	15	24	42	92	6.1
T11	3	14	0	0	18	41	73	4.9
T11	4	4	6	10	16	16	52	3.5
T12	1	2	0	0	0	0	2	0.1
T12	2	4	5	1	2	16	28	1.9
T12	3	0	5	0	14	72	91	6.1
T12	4	7	40	3	32	68	150	10.0
T13	1	8	6	8	0	3	25	1.7
T13	2	7	3	1	0	8	19	1.3
T13	3	0	0	0	4	49	53	3.5
T13	4	27	14	10	35	38	124	8.3

Anexo 6: Datos de la evaluación del calibre en la cuarta cosecha

Bloque	Trata	Repeticiones										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T1	17.5	21.5	21	19.5	16	19	16.5	17.5	18	19	18.55
	T2	19	20.5	19	19	19.5	21	20	16.5	15.5	15.5	18.55
	T3	18.5	19	19.5	20.5	18	18	16	16.5	17.5	14.5	17.80
	T4	22	20.5	19	19	19	18.5	17.5	17.5	16.5	17	18.65
	T5	21.5	20.5	19.5	19	19.5	19	19	18	17.5	17	19.05
	T6	21	19	18	18.5	18	18	17.5	17.5	17	15.5	18.00
	T7	21.5	20.5	20	20.5	20.5	20.5	20	19	19	18.5	20.00
	T8	20	20	21	20.5	21	19.5	19.5	18.5	18.5	17	19.55
	T9	20	21	21	20	19.5	19	19.5	18.5	19	17	19.45
	T10	20	20.5	20.5	21	20	19	19	16.5	16.5	16.5	18.95
	T11	22	22	20	21	21	19	19	18.5	18	18.5	19.90
	T12	20	20.5	20.5	20	20	19	19.5	17.5	17.5	17	19.15
	T13	21	21	21	21	21	21	20	19	17.5	17.5	20.00
II	T1	20	20.5	20.5	19	19	19.5	19	18	18	19	19.25
	T2	21	22	21.5	20	19	19	19	18	18	18	19.55
	T3	22	21.5	21	20.5	20.5	20	20	19	19	18	20.15
	T4	21	21	21	20.5	20	19.5	19	19.5	19	19.5	20.00
	T5	22	21.5	21	20	19.5	19.5	19	19	18	18	19.75
	T6	22	22	22	22	22	21	21	20.5	20	19	21.15
	T7	22.5	21	21	20.5	20	19	19	19	19	18	19.90
	T8	21	19.5	20	19	19	18.5	17	17	16	16	18.30
	T9	21	21	20	20	19	18	18	17.5	17	16.5	18.80
	T10	22	21	20	20	19	19	19	19.5	17	15	19.15
	T11	20	19.5	20	20	19	19.5	18.5	18	18	17.5	19.00
	T12	22	22	20	19.5	20	19	19	18	17.5	18	19.50
	T13	21.5	20	19	17.5	17.5	18	18	17	17	17.5	18.30

«continuación»

III	T1	22	20	21	20	19.5	19.5	20	15	16	14.5	18.75
	T2	22	21	20	19	19	19	18	18	18	17.5	19.15
	T3	21	20.5	20	19	19	18	17.5	16	16.5	15.5	18.30
	T4	22.5	22	22	21	20.5	20	20	19	19.5	18	20.45
	T5	22	22	20.5	20	19.5	20	19	18	18	18	19.70
	T6	21	21	20	20	20.5	19.5	19	20.5	19.5	17.5	19.85
	T7	21	20	20	20	19	19	18.5	19	19	17	19.25
	T8	21	21	20	20	18.5	18	18.5	18	18	17	19.00
	T9	21	20	20	20.5	19.5	18	18	17	17.5	16	18.75
	T10	20	20.5	20.5	19	19	18	18.5	17.5	17	16	18.60
	T11	22	21	22	20	20	19	19	19.5	18	17	19.75
	T12	21	21	21	21	20.5	20	19	19	19.5	17.5	19.95
	T13	22	22.5	21	21	21	20	19	18	18	17.5	20.00
IV	T1	20	20	20.5	20	19.5	19	17.5	17.5	17	17.5	18.85
	T2	21.5	22	20.5	21	20	19	19	19	19.5	20	20.15
	T3	19.5	20	19	19	19	19.5	19	16	15	17	18.30
	T4	22.5	22	21	20	20	19	18	18.5	17.5	17	19.55
	T5	22	21.5	20	19	19	18.5	18	18	17.5	17	19.05
	T6	22	21	20.5	19.5	19	18	18.5	17.5	17	16	18.90
	T7	22	20	20	20	19	19	18	18.5	18	17	19.15
	T8	22.5	21	20	20	20	20	19	18	17	15.5	19.30
	T9	21	20.5	20	20	19	19	19	19	18	17.5	19.30
	T10	22	22.5	20	20.5	20	19	19.5	18.5	19	17	19.80
	T11	20	20	20	20.5	20	19	19.5	17	17	12	18.50
	T12	21	20	20	18	18	18	17.5	17.5	16	15	18.10
	T13	20	20	21	21	20	19	19	18	18	16	19.20

Anexo 7: Datos de la evaluación del calibre en la quinta cosecha

Bloque	Trata	Repeticiones										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T1	21.5	21	21	20.5	20	19	19.5	18	18	17.5	19.6
	T2	22	20	20	20	20	20	19	19.5	18.5	18	19.7
	T3	20	19.5	18	18	17	20.5	19	18	17.5	17	18.45
	T4	21.5	19	18	18	17.5	21	17	17	17.5	15	18.15
	T5	21	19	19	18.5	18.5	17.5	18	18.5	17	16	18.3
	T6	20	19.5	19.5	18	18.5	19	19.5	18	17.5	17	18.65
	T7	22.5	22	20	21	21	20	20.5	20	14	20	20.1
	T8	20.5	20	19	18.5	18.5	20	16.5	15	16.5	14	17.85
	T9	21	21	20	20	19.5	21	21	20	19	18	20.05
	T10	20.5	19	19	19.5	17.5	19	18	18.5	13.5	17	18.15
	T11	21	21	20	20	18	19	17	16	16.5	17	18.55
	T12	19.5	19	18	18	17	19	18.5	18	18	17	18.2
	T13	19	19	19	18	17.5	20	20	19.5	18	18	18.8
II	T1	22	20.5	20	20	19	19	19	18	18	17.5	19.3
	T2	22	20	19.5	19	18	22	19.5	19	19	17	19.5
	T3	21	21	21	20	20	20	18	19	19	22	20.1
	T4	21	19	18	18	18	19	17.5	17.5	17	17	18.2
	T5	20	19	18	18	16.5	16.5	16	17	13.5	12.5	16.7
	T6	21	20	20	20	21	20	20	19	19	18.5	19.85
	T7	20	20	19	19	18	18	18	18	17	17	18.4
	T8	21.5	20	20	20	20	20	19	19	18	18.5	19.6
	T9	22.5	22	22	21	21	20	20	20	20	20	20.85
	T10	21	19	19	18.5	18	17.5	17.5	18	17	17.5	18.3
	T11	21	21.5	21	20	19	19	19	19	19	17.5	19.6
	T12	20	20	19	19	19	18	18	18	18	19	18.8
	T13	21	19.5	19	19	19.5	17	17	17.5	18	18	18.55
III	T1	22	18	17	17	17	20	18	17	17	17	18.0
	T2	22.5	20.5	21	19.5	19	19	18	18	18	18	19.35
	T3	20	20	19	19	18	19	18	17.5	17	17	18.45
	T4	22	22	20.5	21	20	21	21	20	20	19.5	20.7
	T5	21	20	20	20	19	18.5	18.5	17	16	15	18.5
	T6	20	19	19	19	19	19	19	19	18	17.5	18.85
	T7	21	20	18	18	18	18	18	18	18	13	18.0
	T8	20	20	20	18	19	21	19	18	18	17.5	19.05
	T9	20.5	20	20	19	18.5	18.5	18	17.5	16	14	18.2
	T10	20	19	19	19	21	21	18	18	18	16.5	18.95
	T11	21	21	21	19	19	19	20	19	18	17.5	19.45
	T12	22	22	21	20	20	20	20	19	19	19	20.2
	T13	22	20	20	20	20	20	19	19	19	19	19.8

«continuación»

	T1	21	20	20	19	20	19	19	18	14	14	18.4
	T2	21	20	20	19	18	19	18	18	17	16	18.6
	T3	21.5	21	21	20	20	19	19	18	18	18	19.55
	T4	20.5	19	18	18	18	19	18	18	17.5	17.5	18.35
	T5	21	19	20	20	20	19	19	19	18	18	19.3
	T6	22.5	22	22	21	21	20	20	20	19	19	20.65
IV	T7	21.5	21	20	20	19	19	19	19	18	18	19.45
	T8	21	20	19	19	19	20	19	19	18	17.5	19.15
	T9	22	21	21	20	20	20	19.5	18	17.5	17	19.6
	T10	21	21	20	19	19	19	19	19	19	21	19.7
	T11	20	20	20	20	19	18	18	18	18	17.5	18.85
	T12	21	20	20	20	19	19	19	19	19	19	19.5
	T13	20	20	19	19	19	18	18	18	18	18	18.7

Anexo 8: Evaluación de sólidos totales (°Brix) en la cuarta y quinta cosecha

Tratamiento	Bloque	°Brix	
		4ta cosecha	5ta cosecha
T1	1	12	11
T1	2	11	13
T1	3	10	12
T1	4	12	12
T2	1	11.5	13
T2	2	10	10
T2	3	11.5	13
T2	4	12	11
T3	1	12	12
T3	2	12	12
T3	3	14	11
T3	4	13	11
T4	1	14	14
T4	2	10	11
T4	3	12	12
T4	4	12	11
T5	1	9	11
T5	2	10.5	12
T5	3	10	12
T5	4	12	13
T6	1	11.5	12
T6	2	11	12
T6	3	12	12
T6	4	13	15
T7	1	12	13
T7	2	12	13
T7	3	14	10
T7	4	12	12
T8	1	11	11
T8	2	11	12
T8	3	11	14
T8	4	12	13
T9	1	13	12
T9	2	12	11
T9	3	11	11
T9	4	14	13
T10	1	11	12
T10	2	10	11
T10	3	10	10
T10	4	12	15
T11	1	14	11
T11	2	11	12

«continuación»

T11	3	11	11
T11	4	13	12
T12	1	12	11
T12	2	10	11
T12	3	11	12
T12	4	10	14
T13	1	11	11
T13	2	10	11
T13	3	12	11
T13	4	11	11

Anexo 9: Análisis de variancia para el ABCPE (transformados mediante \sqrt{X}) de la incidencia con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
ABCPE (transformado)	52	0.04	0.77	7.52

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	2136.62	15	142.44	12.65	<0.0001
Tratamiento	1789.67	12	149.14	13.24	<0.0001
Bloque	346.95	3	115.65	10.27	0.0001
Error	405.49	36	11.26		
Total	2542.11	51			

Anexo 10: Prueba tukey para la comparación de medias del ABCPE de la incidencia de cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5 %

Tratamiento	Medias	n	E.E						
T12	31.84	4	1.68	A					
T9	38.53	4	1.68	A	B				
T4	40.71	4	1.68		B	C			
T5	41.48	4	1.68		B	C			
T6	43.09	4	1.68		B	C			
T10	43.22	4	1.68		B	C			
T8	43.84	4	1.68		B	C	D		
T2	44.17	4	1.68		B	C	D		
T3	46.37	4	1.68		B	C	D	E	
T11	48.96	4	1.68			C	D	E	
T1	52.04	4	1.68				D	E	
T7	52.19	4	1.68				D	E	
T13	53.7	4	1.68					E	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Anexo 11: Análisis de variancia para el ABCPE (transformados mediante \sqrt{X}) de la severidad con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
ABCPE (transformado)	52	0.85	0.79	9.44

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1357.85	15	90.52	13.89	<0.0001
Tratamiento	1138.73	12	94.89	14.56	<0.0001
Bloque	219.12	3	73.04	11.21	0.0001
Error	234.6	36	6.52		
Total	1592.46	51			

Anexo 12: Prueba tukey para la comparación de medias del ABCPE de la severidad de cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5 %

Tratamiento	Medias	n	E.E							
T12	17.34	4	1.28	A						
T9	22.13	4	1.28	A	B					
T4	23.09	4	1.28	A	B					
T5	24.63	4	1.28		B					
T6	25.12	4	1.28		B	C				
T8	26.29	4	1.28		B	C	D			
T10	26.38	4	1.28		B	C	D			
T2	27.27	4	1.28		B	C	D	E		
T3	27.97	4	1.28		B	C	D	E	F	
T11	31.23	4	1.28			C	D	E	F	
T7	32.59	4	1.28				D	E	F	
T1	33.20	4	1.28					E	F	
T13	34.33	4	1.28						F	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Anexo 13: Análisis de variancia para El rendimiento por planta (transformados mediante log (X)) alcanzado con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
Rendimiento por planta (transformado)	52	0.48	0.26	91.18

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	6.49	15	0.43	2.19	0.0274
Tratamiento	2.68	12	0.22	1.13	0.3689
Bloque	3.81	3	1.27	6.42	0.0013
Error	7.12	36	0.2		
Total	13.6				

Anexo 14: Prueba tukey para la comparación de medias del rendimiento por planta con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 1%

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T1	4.1E-0.3	4	0.22	A
T12	0.27	4	0.22	A
T2	0.27	4	0.22	A
T4	0.39	4	0.22	A
T11	0.41	4	0.22	A
T7	0.43	4	0.22	A
T13	0.45	4	0.22	A
T10	0.5	4	0.22	A
T5	0.66	4	0.22	A
T6	0.66	4	0.22	A
T3	0.72	4	0.22	A
T9	0.75	4	0.22	A
T8	0.85	4	0.22	A

Anexo 15: Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial (mm) alcanzado en la cuarta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
Rendimiento por planta (transformado)	52	0.23	0.00	3.75

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	5.48	15	0.37	0.7	0.7656
Tratamiento	4	12	0.33	0.64	0.7937
Bloque	1.48	3	0.49	0.95	0.4271
Error	18.74	36	0.52		
Total	24.23	51			

Anexo 16: Prueba tukey para la comparación de medias del diámetro ecuatorial en la cuarta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T3	18.64	4	0.36	A
T1	18.85	4	0.36	A
T8	19.04	4	0.36	A
T9	19.08	4	0.36	A
T10	19.13	4	0.36	A
T12	19.18	4	0.36	A
T11	19.29	4	0.36	A
T2	19.35	4	0.36	A
T13	19.38	4	0.36	A
T5	19.39	4	0.36	A
T6	19.48	4	0.36	A
T7	19.58	4	0.36	A
T4	19.66	4	0.36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 17: Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial (mm) alcanzado en la quinta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
Rendimiento por planta (transformado)	52	0.21	0.00	4.61

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	7.44	15	0.5	0.65	0.8174
Tratamiento	6.36	12	0.53	0.69	0.7501
Bloque	1.08	3	0.36	0.47	0.7069
Error	27.68	36	0.77		
Total	35.13	51			

Anexo 18: Prueba tukey para la comparación de medias del diámetro ecuatorial en la quinta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T5	18.2	4	0.44	A
T10	18.78	4	0.44	A
T1	18.83	4	0.44	A
T4	18.85	4	0.44	A
T8	18.91	4	0.44	A
T13	18.96	4	0.44	A
T7	18.99	4	0.44	A
T11	19.11	4	0.44	A
T3	19.14	4	0.44	A
T12	19.18	4	0.44	A
T2	19.29	4	0.44	A
T6	19.5	4	0.44	A
T9	19.68	4	0.44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19: Análisis de variancia para los sólidos solubles alcanzado en la cuarta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
Rendimiento por planta (transformado)	52	0.56	0.38	8.22

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	42.11	15	2.81	3.1	0.0027
Tratamiento	29.07	12	2.42	2.68	0.0111
Bloque	13.04	3	4.35	4.8	0.006
Error	32.59	36	0.91		
Total	74.69	51			

Prueba tukey para la comparación de medias de los sólidos solubles en la cuarta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T5	10.38	4	0.48	A
T10	10.75	4	0.48	A
T12	10.75	4	0.48	A
T13	11	4	0.48	A
T8	11.25	4	0.48	A
T2	11.25	4	0.48	A
T1	11.25	4	0.48	A
T6	11.88	4	0.48	A
T4	12	4	0.48	A
T11	12.25	4	0.48	A
T9	12.5	4	0.48	A
T7	12.5	4	0.48	A
T3	12.75	4	0.48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 20: Análisis de variancia para los sólidos solubles alcanzado en la quinta cosecha con los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del Arándano. Nivel de significancia 5 %. Piura, 2021

Variable	N	R ²	R ² ajustado	C.V
Rendimiento por planta (transformado)	52	0.24	0.00	10.08

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	16.71	15	1.11	0.77	0.6957
Tratamiento	9.27	12	0.77	0.54	0.8759
Bloque	7.44	3	2.48	1.72	0.1794
Error	51.81	36	1.44		
Total	68.52	51			

Anexo 21: Prueba tukey para la comparación de medias de los sólidos solubles en la quinta cosecha con cada uno de los tratamientos alternativos para el control de la oidiosis del arándano. Nivel de significancia 5%

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T13	11	4	0.6	A
T3	11.5	4	0.6	A
T11	11.5	4	0.6	A
T9	11.75	4	0.6	A
T2	11.75	4	0.6	A
T5	12	4	0.6	A
T7	12	4	0.6	A
T4	12	4	0.6	A
T12	12	4	0.6	A
T10	12	4	0.6	A
T1	12	4	0.6	A
T8	12.5	4	0.6	A
T6	12.75	4	0.6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 22: Parcela experimental donde se realizó el ensayo



Anexo 23: Marcación de plantas para la evaluación



Anexo 24: Dosificación de tratamientos



Anexo 25: Aplicación de tratamientos



Anexo 26: ejemplo de ramas evaluadas

