



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA  
APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA**

*UNIDAD QUERÉTARO*

**Aerobiología de un agrosistema  
de *Vitis vinifera* en el viñedo  
Tierra de Peña en Querétaro**

**Tesis**

para obtener el grado de:

**Maestría en Tecnología Avanzada**

Presenta

**Eddy Gabriel Olmedo Valencia**

Asesores

**Dra. Regina Hernández Gama**

**Dra. Eva González Jasso**

Santiago de Querétaro a 3 de diciembre de 2021



**CICATA-IPN  
QUERÉTARO**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-13  
REP 2017

## ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

Ciudad de México, a 14 de diciembre del 2021

El Colegio de Profesores de Posgrado de **CICATA Unidad Querétaro** en su Sesión Ordinaria No. 211210 celebrada el día 10 del mes diciembre del 2021, conoció la solicitud presentada por el alumno:

Apellido Paterno:	<b>Olmedo</b>	Apellido Materno:	<b>Valencia</b>	Nombre (s):	<b>Eddy Gabriel</b>
-------------------	---------------	-------------------	-----------------	-------------	---------------------

Número de registro: **B 1 9 0 8 8 0**

del Programa Académico de Posgrado: **Maestría en Tecnología Avanzada**

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

**Aerobiología de un agrosistema de *Vitis vinifera* en el viñedo Tierra de Peña en Querétaro**

Objetivo general del trabajo de tesis:

**Cuantificar e identificar los microorganismos mesófilos aerobios cultivables captados en ambiente aéreo de un viñedo, mediante técnicas de microbiología tradicional.**

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director: **Dra. Regina Hernández Gama**

2° Director: **Dra. Eva González Jasso**

No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

**CICATA-Unidad Querétaro**

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

Director de Tesis

Dra. Regina Hernández Gama

Aspirante

Eddy Gabriel Olmedo Valencia

2° Director de Tesis

Dra. Eva González Jasso

Presidente del Colegio

Dr. Juan Bautista Hurtado Ramos





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

SIP-14  
REP 2017

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de Querétaro siendo las 10:00 horas del día 06 del mes de diciembre del 2021 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: CICATA-IPN UNIDAD QUERETARO para examinar la tesis titulada:

Aerobiología de un agrosistema de Vitis vinifera en el viñedo Tierra de Peña en Querétaro del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Olmedo	Apellido Materno:	Valencia	Nombre (s):	Eddy Gabriel
-------------------	--------	-------------------	----------	-------------	--------------

Número de registro: B 1 9 0 8 8 0

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 20% de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI**  **NO**  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:** Los textos con similitud cuentan con citación y están referenciados

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:

Satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**COMISIÓN REVISORA DE TESIS**

Dra. Regina Hernández Gama

Dra. Eva González Jasso

Dra. Norma Gabriela Rojas Avellazapa

Dr. Gonzalo Velazquez de la Cruz

Arq. Luis Fernando Alberto Guerrero

Dr. Juan Bautista Huñido Ramos  
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES  
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México, D.F. el día 15 del mes de diciembre del año 2021, el (la) que suscribe Eddy Gabriel Olmedo Valencia, alumno(a) del Programa de Maestría en Tecnología Avanzada, con número de registro B190880, adscrito(a) al CICATA – IPN - Querétaro, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del (de la, de los) Dra. Regina Hernández Gama y Dra. Eva González Jasso y cede los derechos del trabajo titulado Acrobiología de un agrosistema de *Vitis vinífera* en el viñedo Tierra de Peña en Querétaro, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones [eddygabrielolmedo7@gmail.com](mailto:eddygabrielolmedo7@gmail.com), [rehernandez@ipn.mx](mailto:rehernandez@ipn.mx), [egonzalezj@ipn.mx](mailto:egonzalezj@ipn.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

Eddy Gabriel Olmedo Valencia

## ***Agradecimientos***

Agradezco a Dios, por permitirme cumplir un objetivo más en el ámbito profesional, y por darme la fuerza necesaria para mantenerme firme ante las adversidades que se me presentaron en el transcurso de este gran aprendizaje. Gracias a él, al apoyo de mis familiares y asesoras pude lograrlo.

Agradezco al gobierno mexicano que a través del CONACYT me dieron la oportunidad económica para mantenerme vigente en el proceso como estudiante de maestría.

A las doctoras Regina Hernández Gama y Eva González Jasso por aceptar dirigir y asesorarme durante el tiempo de la elaboración de la tesis, por su apoyo en todo momento y confianza en mi trabajo. Gracias por facilitarme los medios necesarios para realizar todas las actividades que surgieron durante mi estancia como alumno.

A todos los integrantes de mi comité tutorial, quienes me apoyaron a mejorar la tesis y los resultados aquí presentados, gracias por el tiempo dedicado y a su importante aportación que me ayudaron a incrementar mi conocimiento científico y personal.

A mi familia, por siempre estar presente en todo tipo de situaciones adversas y motivarme a seguir. Gracias por inculcarme los valores necesarios para ser mejor persona cada vez.

A mis compañeros que de una y otra manera me apoyaron en este proceso de formación. Gracias a ustedes recordé que, si algo se quiere, eso se puede hacer, aún con las barreras que se interpongan en el camino.

## RESUMEN

En un agrosistema de uva industrial (*Vitis vinifera*), podemos encontrar una gran variedad de microorganismos como bacterias, levaduras y hongos filamentosos que pueden actuar como benéficos o patógenos e impactar en la salud del viñedo, producción uva y vino. Uno de los principales riesgos son las enfermedades fúngicas dentro de las cuales destacan botritis, oídio y mildiú. El uso de la aerobiología es una estrategia útil para conocer los diversos tipos de bacterias y hongos presentes en las diferentes etapas del ciclo de la vid. El objetivo principal de este estudio fue cuantificar e identificar las comunidades fúngicas en el viñedo "Tierra de Peña" localizado en el municipio de Colón, Querétaro, el cual está cultivado con 4 variedades tintas (Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot y Tempranillo) y 2 blancas (Moscatel y Chardonnay), así como la relación de la densidad y diversidad poblacional con los factores climáticos durante el periodo muestral. Se realizaron muestreos aéreos en 2019 y 2020 del viñedo, utilizando el método pasivo de deposición en placa de Petri, se designaron 15 puntos muestrales con los cuales se determinó un promedio de densidad poblacional en cada una de las etapas del ciclo de la vid. Se utilizaron técnicas de morfología colonial y microscópica para poder identificar los géneros fúngicos más frecuentes. Los hongos identificados predominantes fueron los pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Scedosporium*, *Aureobasidium*, *Rhizopus* y *Cladosporium*. Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la influencia de los parámetros meteorológicos en la densidad poblacional de bacterias y hongos. Las bacterias observaron una correlación fuerte con la radiación solar (positiva) y humedad (negativa) en 2019 y una correlación moderada con temperatura máxima (positiva) y fuerte con la humedad (negativa) en 2020, para los hongos una correlación moderada con la velocidad de los vientos (positiva) y temperatura mínima (negativa) en 2019, una correlación fuerte con la humedad (positiva) y temperatura máxima (negativa) en 2020. Los datos sugieren que la distribución de la comunidad fúngica y frecuencia fue influenciada por las diferentes etapas fenológicas del viñedo, tratamientos de control biológico aplicados y las condiciones climáticas en todo el periodo de muestreo. La mayor densidad poblacional de ambos microorganismos (bacterias y hongos), en la atmósfera del viñedo, se encontró en la etapa de floración 16 de abril ( $1965 \pm 395$  UFC/m<sup>3</sup>) en 2019 y en la etapa de letargo 14 de octubre ( $1905 \pm 687$  UFC/m<sup>3</sup>) en 2020.

## **ABSTRACT**

In an industrial grape agrosystem (*Vitis vinifera*), we can find a great variety of microorganisms such as bacteria, yeasts, and filamentous fungi that can act as beneficial or pathogens and impact the health of the vineyard and production. One of the main risks is fungal diseases, among which botrytis, powdery mildew, and mildew stand out. The use of aerobiology is a useful strategy to understand the diverse types of bacteria and fungi present in the different stages of the grapevine cycle. The main objective of this study was to quantify and identify the fungal communities in the “Tierra de Peña” vineyard located in the municipality of Colon, Querétaro, which is cultivated with 4 red varieties (Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot, and Tempranillo) and 2 white (Muscat and Chardonnay), as well as the relationship of population density and diversity with climatic factors during the sample period. Aerial samplings were carried out in 2019 and 2020 of the vineyard, using the passive method of deposition in a Petri dish, 15 sample points were designated with which an average population density was determined in each of the stages of the vine cycle. Colonial and microscopic morphology techniques were used to identify the most frequent fungal genera. The predominant fungi identified were those belonging to the genera *Aspergillus*, *Alternaria*, *Scedosporium*, *Aureobasidium*, *Rhizopus*, and *Cladosporium*. Bacteria observed a strong correlation with solar radiation (positive) and humidity (negative) in 2019 and a moderate correlation with maximum temperature (positive) and strong with humidity (negative) in 2020, for fungi a moderate correlation with speed of winds (positive) and minimum temperature (negative) in 2019, a strong correlation with humidity (positive) and maximum temperature (negative) in 2020. The data suggest that the distribution of the fungal community and frequency was influenced by the different phenological stages of the vineyard, applied biological control treatments and climatic conditions throughout the sampling period. The highest population density of both microorganisms (bacteria and fungi) in the vineyard atmosphere was found in the flowering stage on April 16 ( $1965 \pm 395$  UFC/m<sup>3</sup>) in 2019 and in dormancy on October 14 ( $1905 \pm 687$  UFC/m<sup>3</sup>) in 2020.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
ÍNDICE GENERAL .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
1 INTRODUCCIÓN .....	12
2 ANTECEDENTES.....	15
MARCO TEÓRICO .....	18
3.1 Aerobiología y dispersión de microorganismos a través del aire. ....	18
3.2 El cultivo de vid .....	20
3.3 Ciclo biológico de la vid.....	20
3.4 Diversidad de organismos presentes de un campo de vid.....	23
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1 Localización del sitio de muestreo.....	26
4.2 Diseño de muestreo .....	27
4.3 Toma y procesamiento de muestra.....	29
4.4 Identificación por métodos de microbiología tradicional.....	31
4.4.1 Morfología colonial.....	31
4.4.2 Microcultivo.....	31
4.5 Diseño experimental y análisis estadístico.....	31
5 RESULTADOS .....	33
5.1 Cuantificación de propágulos aéreos .....	33
5.2 Identificación de los géneros fúngicos.....	62
5.3 Frecuencia relativa de los géneros fúngicos identificados. ....	66

6	DISCUSIÓN.....	70
7	CONCLUSIÓN.....	83
8	BIBLIOGRAFÍA.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de la vid. Tomada y modificada de <a href="https://bit.ly/3dvk1Kz">https://bit.ly/3dvk1Kz</a> .....	23
Figura 2 Calendario de tratamientos aplicados en el viñedo durante el periodo de estudio. Elaboración propia. ....	27
Figura 3 Puntos muestrales y variedades cultivadas en el viñedo “Tierra de Peña”. Tomada y modificada de <a href="https://bit.ly/3mVhZYE">https://bit.ly/3mVhZYE</a> ; rosa de los vientos <a href="https://t.ly/fwUG">t.ly/fwUG</a> .....	29
Figura 4 Densidad poblacional etapa de lloro 2019 .....	34
Figura 5 Densidad poblacional etapa de lloro 2020 .....	35
Figura 6 Densidad poblacional etapa de brotación 2019 .....	36
Figura 7 Densidad poblacional etapa de brotación 2020 .....	38
Figura 8 Densidad poblacional etapa de floración 2019.....	40
Figura 9 Densidad poblacional etapa de floración 2020.....	41
Figura 10 Densidad poblacional etapa de cuajado 2019.....	42
Figura 11 Densidad poblacional etapa de cuajado 2020.....	44
Figura 12 Densidad poblacional etapa de envero 2019 .....	45
Figura 13 Densidad poblacional etapa de envero 2020 .....	46
Figura 14 Densidad poblacional etapa de vendimia 2019.....	48
Figura 15 Densidad poblacional etapa de vendimia 2020 .....	49
Figura 16 Densidad poblacional etapa de caída de la hoja 2019.....	51
Figura 17 Densidad poblacional etapa de caída de la hoja 2020 .....	53
Figura 18 Densidad poblacional etapa de letargo 2019 .....	54
Figura 19 Densidad poblacional etapa de letargo 2020 .....	55
Figura 20 Tendencia global de etapas 2019 .....	57
Figura 21 Tendencia global de etapas 2020 .....	59
Figura 22 Composición porcentual de hongos (Morfología colonial).....	68
Figura 23 Abundancia por tipo de géneros identificados.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas geográficas de los puntos muestrales.....	28
Tabla 2.	Fechas de muestreo de cada etapa fenológica durante el 2019 y 2020 .....	30
Tabla 3	Condiciones climáticas etapa de lloro 2019 .....	34
Tabla 4	Condiciones climáticas etapa de lloro 2020 .....	35
Tabla 5	Condiciones climáticas etapa de brotación 2019 .....	36
Tabla 6	Condiciones climáticas etapa de brotación 2020 .....	38
Tabla 7	Condiciones climáticas etapa de floración 2019.....	40
Tabla 8	Condiciones climáticas etapa de floración 2020.....	41
Tabla 9	Condiciones climáticas etapa de cuajado 2019.....	42
Tabla 10	Condiciones climáticas etapa de cuajado 2020.....	44
Tabla 11	Condiciones climáticas etapa de envero 2019 .....	45
Tabla 12	Condiciones climáticas etapa de envero 2020 .....	46
Tabla 13	Condiciones climáticas etapa de vendimia 2019.....	48
Tabla 14	Condiciones climáticas etapa de vendimia 2020.....	49
Tabla 15	Condiciones climáticas etapa de caída de la hoja 2019.....	51
Tabla 16	Condiciones climáticas etapa de caída de la hoja 2020.....	53
Tabla 17	Condiciones climáticas etapa de letargo 2019 .....	54
Tabla 18	Condiciones climáticas etapa de letargo 2020 .....	55
Tabla 19	Condiciones climáticas 2019, temperatura media (Tm), temperatura mínima (Tmn), temperatura máxima (Tmx) en °C, humedad (%), Velocidad de vientos (km/h), precipitaciones (mm), radiación solar (W/m <sup>2</sup> ) y dirección de vientos.....	60
Tabla 20	Condiciones climáticas 2020, temperatura media (Tm), temperatura mínima (Tmn), temperatura máxima (Tmx) en °C, humedad (%), Velocidad de vientos (km/h), precipitaciones (mm), radiación solar (W/m <sup>2</sup> ) y dirección de vientos.....	60
Tabla 21.	Morfologías y microscopía de hongos .....	63

## 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente existe la necesidad de conocer la diversidad de partículas inorgánicas y microbianas que se encuentran dispersas en el aire en diferentes ambientes, así como sus efectos en estos mismos. El análisis del contenido biótico ambiental toma interés desde el área médica por la capacidad de generar infecciones, efectos tóxicos o alergias en humanos, animales y plantas. En el área agrícola además de las enfermedades en cultivos, ayuda a pronosticar el rendimiento de la producción en base a las concentraciones polínicas en el aire (García-Mozo, 2011)

La aerobiología es considerada como una ciencia multidisciplinaria que estudia el proceso de los bioaerosoles, que comprende las etapas de liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia atmosférica de microorganismos aerotransportados (Almaguer et al., 2008). Los estudios aerobiológicos también se han empleado en los cultivos de la vid para la evaluación de hongos patógenos (Boso et al., 2019; Grinn-Gofron et al., 2019; Martínez-Bracero et al., 2019).

El cultivo de uva (*Vitis vinifera*) ha tenido relevancia como actividad agrícola en los últimos años, tanto en el norte como en el centro de México. Con un total de 14 estados productores, entre ellos Querétaro. Además de su consumo en fresco y pasa, la uva industrial es uno de los principales insumos para el sector vinícola ya que de las 80 variedades producidas el 50% se destina a ese fin. Querétaro es uno de los estados que tiene una producción significativa de dicho fruto, ya que en varios municipios se cultiva la vid, entre ellos se puede mencionar Pedro Escobedo, El Marqués, San Juan del Río, Colón, Tequisquiapan, Huimilpan, Querétaro, Corregidora, Ezequiel Montes, Tolimán y Peñamiller (SIAP, 2020). En estas zonas los factores climáticos son favorables para la implementación de viñedos, a pesar de que estos municipios geográficamente no se encuentran dentro de las 2 franjas de la vid, que atraviesan las latitudes 30° y 50° norte sobre la línea ecuatorial y sobre el hemisferio sur, entre los paralelos 30° y 40° (SADER, 2020). Debido a las características climáticas de semidesierto, lluvias en etapa de maduración, tipo de suelos y altitud, se ha considerado una viticultura de calidad en sus uvas y vinos (De la Cruz de Aquino et al., 2012)

Existe una enorme diversidad microbiana en el ecosistema de viñedos constituida por organismos procariotas y eucariotas; su actividad presenta algunas condicionantes de

fertilidad, estabilidad y funcionamiento de agroecosistemas. Los microorganismos resultan esenciales para garantizar los ciclos de nutrientes, los procesos de descomposición de material orgánico, un rol importante en la salud de la planta, productividad, así como incremento de tolerancia a factores de estrés bióticos y abióticos (Abdelfattah et al., 2019). Algunas especies de hongos son de alto interés agrícola, ya que pueden llegar a causar enfermedades en planta y fruto, ligado a esto considerables pérdidas económicas. Entre los padecimientos en vid más conocidos se pueden destacar el mildiú polvoso (*Erysiphe necator*), moho gris (*Botrytis cinerea*), mildiú vellosa (*Plasmopara viticola*) (Martínez-Bracero et al., 2019) y otras podredumbres fúngicas ocasionadas por hongos oportunistas como *Aspergillus spp*, *Alternaria spp*, *Rhizopus spp*, *Cladosporium herbarum* y *Penicillium spp*. (Calvo Garrido, 2014).

En la ecología vitícola coexisten e interactúan la planta con las comunidades microbianas que influyen en el crecimiento, fisiología y desempeño de viñedos. Uno de los objetivos más importantes en el estudio de la microbiota aérea, es lograr cuantificar e identificar a los microorganismos que conforman esa diversidad y esto se puede lograr a través de técnicas microbiológicas. Para el estudio de la diversidad fúngica son utilizadas técnicas de aislamiento en un medio de cultivo específico conformado de nutrientes necesarios para la viabilidad del inóculo, adecuando las variables que propician el crecimiento y desarrollo de colonias como actividad de agua, presión osmótica, temperatura y pH, seguido de la observación de características morfológicas (color anverso, reverso, textura, superficie, pigmento difusible) y microscópicas preparadas con una tinción (hifas, micelio, conidios) de los hongos estudiados para establecer un posicionamiento taxonómico (Madigan et al., 2015).

Es importante mencionar que en la aerobiología las fuentes antropogénicas apoyan al incremento de microorganismos patógenos que contribuyen al deterioro del ambiente, pérdidas de cosechas y contaminación de alimentos (Sánchez & Almaguer, 2014).

Para el manejo de los agrosistemas de vid se presentan dos enfoques. El primero es el convencional, que se caracteriza por el uso de fungicidas sintéticos, que pueden ocasionar efectos negativos en las comunidades microbianas, incluyendo a grupos benéficos como los hongos micorrízicos, así como a las propiedades nutrimentales del suelo (Schmid et al., 2011). El segundo enfoque es el manejo orgánico, su principal

objetivo es minimizar el impacto ambiental, utilizando la rotación de cultivos, plantas con resistencia a patógenos, dosis limitadas de pesticidas químicos y reemplazar los fertilizantes sintéticos por abono orgánico (Likar et al., 2017).

Algunos tratamientos efectivos permitidos en manejo orgánico son a base de cobre, sus compuestos se utilizan como fungicidas que reducen el desarrollo de hongos y bacterias en los viñedos, al interactuar con los ácidos nucleicos de las células y centros activos de enzimas, pero en elevadas concentraciones puede ser tóxico para la microbiota enológica. El nivel de adherencia de estos compuestos en las hojas depende de varios factores, incluido el tipo de hoja y las condiciones climáticas (Lamichhane et al., 2018). Otro fungicida permitido en el manejo orgánico es el azufre, usado principalmente para control sistémico de hongos. Se puede aplicar conjuntamente con compuestos cúpricos, obteniendo mayor eficiencia (INTAGRI, 2017). Dentro de la producción orgánica e incluso la convencional el abono orgánico a base de lombricomposta es de gran utilidad, se trata del producto final de la oxidación biológica, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción de lombrices como *Eisenia andrei* o *E. fetida* y microorganismos en condiciones aerobias y mesófilas. Este abono es utilizado para mejorar el desarrollo de la planta y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Villegas & Laines, 2017). Por otra parte, el extracto de alga obtenido de algunos tipos de algas verdes como *Ulva lactuca* y pardas como *Sargassum liebmanii* es utilizado como suplemento de nutrientes, bioestimulante o biofertilizante en la agricultura para promover el crecimiento, incrementar rendimiento y aumentar así la calidad de diferentes cultivos (Zermeño Gonzalez et al., 2015)

## 2 ANTECEDENTES

A través del desarrollo histórico de la aerobiología se han utilizado diferentes metodologías e instrumentos de muestreo basados en principios físicos, tales como la deposición gravitacional, impactación, succión y la filtración; o los más recientes de precipitación e intrusión. Cada uno de ellos posee una serie de características específicas que debe tenerse en cuenta a la hora de elegir el método más adecuado para retener partículas y el análisis que se pretenda realizar (Haddrell & Thomas, 2017).

La aplicación de la aerobiología en agricultura, particularmente en viñedos de diferentes regiones, se ve plasmada en diversas investigaciones. García-Mozo en 2011 realizó una revisión sobre el uso de datos aerobiológicos en estudios agronómicos, resaltando la utilidad de la información obtenida por estudios aerobiológicos para anticipar los rendimientos de varios cultivos a través de la influencia de emisión de polen y su relación con factores climáticos e información fitopatológica. Posteriormente, Martínez- Bracero et al., 2018 reportaron un estudio agrometeorológico en viñedos al sur de España detectando polen mayormente en aparición de inflorescencias y floración, relacionaron estas concentraciones de polen con las condiciones climáticas presentes, concluyeron que, en climas más templados, los ciclos de vida fueron más cortos y en los climas tropicales más largos. En 2019 Martínez-Bracero y colaboradores realizaron un estudio en el que investigaron la relación entre la concentración de esporas aéreas de 3 importantes enfermedades fúngicas como el mildiú polvoso, moho gris y mildiú veloso con las etapas fenológicas en 4 viñedos ubicados al sur de España, así como los factores que promueven el desarrollo de hongos y la infección de los viñedos. El muestreo aéreo lo llevaron a cabo con un captador tipo Hirst y 4 captadores pasivos. Los muestreadores pasivos ubicados en el viñedo confirmaron que las concentraciones de polen en el aire registradas por el muestreador volumétrico tipo Hirst sí eran representativas de la región en su conjunto.

Para el 2020, Martínez-Bracero y colaboradores realizaron un estudio de esporas fúngicas de 3 zonas vitícolas europeas, en el noroeste, sur de España y el sureste de Polonia, enfocados a mildiú polvoso, moho gris y mildiú veloso. La mayor abundancia de esporas en los viñedos fue de *Erysiphe necator* seguido de *B. cinerea* y *P. viticola*; el muestreo de partículas aéreas de los viñedos lo realizaron utilizando 3 muestreadores

tipo Hirst. Realizaron una correlación Spearman de concentración de esporas con los parámetros climáticos y obtuvieron una relación significativa de humedad relativa y precipitaciones con *E. necator*, *B. cinerea* con humedad relativa y lluvia. *P. viticola* mostró una relación significativa con lluvias, pero en el caso de la zona suroeste en viñedo de Polonia no hubo significancia estadística. La temperatura fue la variable que afectó la concentración de esporas en ambas áreas del sur de Europa, pero no significativa en Europa central.

Por otro lado, Fernández-González et al., 2019 propusieron un sistema que contenía datos fenológicos, sensores biológicos de indicador patogénico y el índice agrometeorológico Goidanich para optimizar la aplicación de tratamientos fungicidas para mildiú velloso (*P. viticola*) en un viñedo localizado en Cenlle al noroeste de España. Las muestras aéreas las obtuvieron utilizando un muestreador volumétrico Lanzoni VPPS 2000 y su total más alto obtenido fue de 1255 esporas/m<sup>3</sup> de *P. viticola* en 2010. Además, obtuvieron una ecuación de regresión que representó el 95.9% de la variación de la concentración de esporas.

González-Fernández et al. (2020) realizaron una investigación y análisis aerobiológicos de polen y esporas de *Botrytis cinerea*, *Plasmopara viticola* y *Erysiphe necator*, en correlación con parámetros meteorológicos y producción floral en viñedos localizados al noroeste de España, utilizando un muestreador volumétrico Lanzoni VPPS – 2000. Este estudio mostró un efecto negativo de la lluvia para la fertilización durante la floración, que presentó una disminución importante en concentraciones de polen aéreo. Además, corroboraron estadísticamente el efecto negativo de las altas temperaturas sobre el cuajado y envero de la vid.

Por otra parte Abdelfattah et al., 2019 realizaron un estudio de la interacción de los hongos con la interfaz planta – aire en 2 viñedos de Taranto Italia, tomaron muestras aéreas, así como de hojas, flores y frutos, extrajeron ADN que posteriormente secuenciaron para poder asignar el perfil taxonómico. Sus resultados revelaron interacción entre comunidades de hongos de la filosfera de la uva con el aire circundante. Las plantas contribuyeron como una fuente importante de reclutamiento para la aeromicrobiota, mientras que ésta solo contribuyó con una pequeña fracción de la comunidad fúngica vegetal.

Los trabajos anteriormente mencionados se relacionan con la presente investigación, debido a que proponen metodologías aerobiológicas aplicadas en agrosistemas de *Vitis vinifera*, objetivos de estudio similares para el conocimiento de enfermedades fúngicas importantes en viñedos de diferentes regiones y aportaciones de datos que pueden ser útiles al comparar resultados.

El presente trabajo surge de la importancia que ha tenido la producción vitivinícola en México, particularmente en el estado de Querétaro y a la fuerte inversión que implica establecer y mantener un viñedo. Es de suma importancia para el viticultor, implementar y desarrollar prácticas seguras de cultivo y producción que puedan promover un agrosistema saludable, así como también evitar que algunas enfermedades incidan durante el ciclo biológico de la vid. Los hongos son microorganismos que se encuentran presentes en el ambiente aéreo durante un lapso considerable de tiempo, debido a sus mecanismos de propagación a través de esporas, pueden alcanzar a las plantas y alojarse en sus superficies con el potencial riesgo de generar alguna enfermedad.

Los hongos filamentosos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y sus esporas pueden permanecer suspendidas en el aire durante largos periodos de tiempo, por ese motivo se propone el uso de métodos de muestreo aerobiológico para determinar la presencia y frecuencia de hongos cultivables. Los datos microbiológicos pueden emplearse para predecir interacciones positivas o negativas con el agrosistema de la vid. Adicionalmente, los datos climáticos pueden analizarse en relación a la frecuencia de hongos en cada etapa del ciclo anual.

El objetivo principal de este trabajo es cuantificar e identificar los microorganismos cultivables captados en ambiente aéreo de un viñedo, mediante técnicas de microbiología tradicional. Del cual surgen tres objetivos específicos que son, monitorear la presencia de hongos y bacterias cultivables mesófilos aerobios por la técnica de deposición por gravedad en placas Petri durante las diferentes etapas de 2 ciclos anuales de la vid, después identificar los hongos presentes más frecuentes mediante morfología colonial y microscópica y finalmente analizar el efecto de los factores climáticos en la cantidad y proporción de hongos y bacterias.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### *3.1 Aerobiología y dispersión de microorganismos a través del aire.*

Recientemente la aerobiología es definida como una ciencia multidisciplinaria que estudia las diferentes etapas del transporte aéreo que comprende la liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia atmosférica (Almaguer et al., 2008). Tiene numerosas aplicaciones en diferentes campos, como en la medicina, fitopatología, cambio climático, contaminación ambiental y agricultura (Docampo, 2008).

Muchos microorganismos son transportados a diferentes escalas de dispersión (granja, regional y continental) a través del movimiento de las corrientes aéreas (Schmale & Ross, 2015). Los bioaerosoles forman un complejo importante de partículas suspendidas en el aire, como granos de polen, esporas fúngicas, bacterias, virus, alérgenos y otras partículas. Algunos patógenos de alto riesgo son transportados a largas distancias en la atmósfera (Schmale & Ross, 2015). La habilidad de monitorear los movimientos de ellos es conveniente para prevenir la propagación de enfermedades y establecer medidas efectivas de control (Maldonado-Ramírez et al., 2005). Los agricultores pueden usar esta información para ayudar a la toma de decisiones para el manejo de enfermedades de plantas, como la aplicación oportuna de tratamientos apropiados (García- Mozo, 2011).

La aerobiología en el campo agrícola permite detectar la presencia de enfermedades fúngicas, por las esporas que son las principales estructuras de dispersión de hongos, estudiar el comportamiento de estas esporas y su interacción con factores meteorológicos en su proceso de transporte y deposición (Boso et al., 2019). Sus aplicaciones en agricultura destacan en 3 aspectos: estudios fenológicos, brote de plagas y previsión de cosechas (Rodríguez de la Cruz, 2017). Respecto a la fenología, se encaminan a predecir mediante parámetros climatológicos las estaciones polínicas como inicio, incidencia y concentración de polen en determinado tiempo (Martínez-Bracero et al., 2020). En el área de fitopatología, la perspectiva de investigación está relacionada con concentraciones de esporas y efecto de enfermedades en cultivos que utilizan la atmósfera como medio de dispersión para su supervivencia y colonización (Cortiñas-Rodríguez et al., 2020). Finalmente, la producción de cosechas, que está influenciada por la cantidad de polen durante la etapa de floración anterior. Mediante los estudios aerobiológicos, se puede determinar la intensidad de polinización, valorar la viabilidad y

dispersión del polen en un estadio preciso, que proporciona información útil para estimar la productividad de los viñedos (Martínez-Bracero et al., 2018)

Los factores meteorológicos como temperatura, humedad relativa, precipitaciones o velocidad del viento, interactúan y pueden influir en la concentración de propágulos fúngicos. Así como la variedad de vid cultivada, y la etapa fenológica en que se encuentre la planta, se presentan variaciones por la influencia de estos factores, al igual que en el impacto de cada uno de ellos (Albelda et al., 2005).

La temperatura es el componente del clima más importante para definir la época y velocidad de las distintas etapas fenológicas (Almanza - Merchán et al., 2012), así como para el transporte de partículas biológicas debido a que calienta el aire y produce una turbulencia, haciendo que estas se eleven a la atmósfera (Cid-Martínez et al., 2015). La humedad relativa favorece el desarrollo de la planta y floración, en el caso de polen y esporas, puede favorecer la disponibilidad, pero al presentarse índices máximos o mínimos a lo requerido pueden afectar la viabilidad y transporte de ambos (Haddrell & Thomas, 2017). La radiación solar es un parámetro directamente relacionado con la temperatura y el fotoperiodo, éste último desactiva la dormancia e inicia la floración, ya que activa las hormonas de crecimiento (giberelinas y citoquininas) (Merchán, 2011). El incremento de horas de sol favorece la presencia de polen en la atmósfera (Moreno-Grau et al., 2000). Las precipitaciones son importantes en el crecimiento de la mayoría de los grupos de hongos, además intervienen en el proceso de liberación de sus esporas en el ambiente (Rúa-Giraldo, 2013).

Se han desarrollado diferentes métodos e instrumentos para monitorear bioaerosoles como muestreadores por precipitación (gravimetría, electrostática y térmica), de impacto (succión, cascada, inerciales y ciclónicos), de filtración (filtros sólidos) (Pasquarella et al., 2000). El método gravimétrico es uno de los más simples, que consiste en exponer una superficie al aire, sobre la cual sedimentan partículas por gravedad. La eficacia de este captador presenta variación significativa en función del tamaño de partícula, velocidad y dirección del viento o turbulencias atmosféricas. La principal desventaja es que no existe forma de conocer el volumen de aire muestreado (Nieto-Lugilde, 2008).

### 3.2 *El cultivo de vid*

Querétaro se encuentra dividido en 18 municipios, entre los que cultivan vid podemos mencionar Pedro Escobedo, El Marqués, San Juan del Río, Colón, Tequisquiapan, Huimilpan, Querétaro, Corregidora, Ezequiel Montes, Tolimán y Peñamiller considerados la porción plana de sur y sureste del estado, con altitud entre 1800 y 1900 msnm, geográficamente están ubicados entre los paralelos 20°23' y 20°38' de altitud norte y 99°56' y 100°17' de longitud oeste. El valle tiene una superficie aproximada de 637 Km<sup>2</sup>. Los meses más cálidos frecuentemente son mayo y junio, excepcionalmente julio y agosto y los meses más fríos son diciembre y enero. Respecto a la oscilación de la temperatura, se puede considerar que la región es extremosa, con diferencia entre el mes más frío y el más caliente entre 7 °C y 14 °C; esto permite considerar que sí existe una estacionalidad a lo largo del año, condición importante en la fenología de los cultivos, pues mientras el frío acumulado en otoño y principalmente en invierno propicia el letargo y acumulación de reservas, el calor primaveral y veraniego favorece la brotación y todos los demás procesos de formación, maduración y cosecha de las uvas (De Jesús-Contreras et al., 2019)

En el cultivo de vid y producción de vino intervienen tres factores básicos: suelo, clima y variedad. La conjunción de estos tres elementos permite la producción de racimos que alcancen una madurez con las características intrínsecas de cada variedad, sobre todo en cuanto al contenido de azúcares, ácidos, aromas, color, etc. Además, esta maduración se produce en un clima y suelo determinados que otorgan al producto particularidades propias del sitio vitícola o terroir. Otras variables determinantes de la calidad son las técnicas de viticultura, como el empleo de porta injertos, las prácticas culturales, las técnicas de elaboración y crianza (Sotés-Ruiz, 2011).

### 3.3 *Ciclo biológico de la vid*

La vid, es una planta leñosa perenne que se desarrolla a través de los años siguiendo un ciclo vegetativo interanual, pero que, además, en las regiones de clima templado mediterráneo presenta un ciclo anual, lo que no sucede en situaciones más tropicales, en las cuales la planta permanece constantemente activa (Piña & Bautista, 2004)

El ciclo interanual de la planta comprende 4 fases: 1) crecimiento y formación, durante ésta la planta se desarrolla para adquirir su forma de conducción adulta, no hay

producción y dura 3 años, 2) desarrollo de la planta, la planta en su forma adulta, tiene una producción creciente en cantidad y calidad, esta fase dura de 7 a 10 años, dependiendo de las condiciones del medio; 3) productiva, durante esta etapa se estabiliza la producción, tiene una duración aproximada de 30 o 40 años, contando desde la plantación; 4) envejecimiento, la calidad del producto sigue un atenuado incremento, al mismo tiempo que disminuye sensiblemente la producción (10 años) (Fernández-González, 2011).

El ciclo anual comprende el ciclo vegetativo y el reproductor de la vid. Se presenta en diferentes fases en un orden constante que van desde gran actividad en primavera, que decrece en verano y cesa en otoño, cerrando el ciclo con un período de reposo en otoño e invierno. Se pueden observar las etapas en el ciclo anual de la vid en la figura 1.

Reposo invernal. Tiene lugar después de la caída de las hojas debido a las bajas temperaturas (Fernández González, 2011).

Poda. Se realiza durante el periodo de reposo invernal; es la más importante y tradicional. Aquí se definen los cargadores que generarán la producción de la temporada. Esta poda no tiene efectos negativos o adversos sobre la planta, siempre que se realice antes de que comience la actividad de las yemas distales, ya que se podría generar un desequilibrio o atraso en los estados fenológicos ( Zolezzi & Albarca., 2017).

Lloro. Terminando el reposo, la planta inicia actividad metabólica en la que se observa una exudación en los cortes de la poda, se hace visible como un simple goteo con duración de algunos días. Los lloros corresponden a la entrada en actividad del sistema radicular por acción de la elevación de la temperatura en el suelo (en climas templados). Se produce una activación de la respiración celular, con la consecuente absorción de agua y sustancias minerales y la transformación y movilización de sustancias de reserva (Merchán, 2011).

Brotación. Se desarrollan estructuras en las que primero salen las hojas y después los racimos pequeños, depende de la variedad y las condiciones climáticas (Zolezzi & Albarca, 2017).

Floración. Los estambres se despliegan y los granos de polen se dispersan para poder fecundar a los óvulos. No todas las flores de un racimo se abren al mismo tiempo, la floración se escalona de 10 a 15 días (Fernández González, 2011).

Cuajado. Después de la fecundación, el cuajado o fructificación es la formación del fruto. Envero. Los frutos que cuajaron comienzan a aumentar su tamaño y posteriormente a desarrollar el color. Este proceso dura unos 15 días y coincide con el inicio del agostamiento (pámpanos se convierten en sarmientos). Esta fase es el inicio de la maduración, donde se producen los cambios más importantes en las uvas.

Vendimia. Etapa donde el Enólogo analiza los niveles de acidez y azúcar deseados, una vez obtenidos se procede a la cosecha.

Caída de la hoja. El envejecimiento de la hoja ocurre desde la base hacia la punta en condiciones normales, al perder clorofila, proteína, ARN ribosómico, y finalmente la muerte celular después del incremento de respiración (Merchán, 2011).

Las temperaturas adecuadas para el desarrollo de cada una de las etapas fenológicas del ciclo de la vid son las siguientes: apertura de las yemas 9-10° C, floración 18-22° C, de floración a cambio de color de las hojas 22-26° C, de cambio de color a la maduración 20-24° C, y durante la vendimia de 18-22° C. Se considera que el clima óptimo para obtener un rendimiento eficiente en el cultivo de la vid necesita de temperaturas templadas (de 9 a 24°C), lluvias moderadas y veranos más bien secos, con horas de luz intensas y prolongadas (Fernández González, 2011).

Figura 1. Ciclo de la vid



Nota: modificada de <https://bit.ly/3nMGGrX>

### 3.4 Diversidad de organismos presentes de un campo de vid

Existe una diversidad microbiana constituida por bacterias, hongos y levaduras entre otros, que conforman determinado ambiente, este conjunto se define como microbiota. Su actividad y variedad constituyen condiciones de fertilidad, estabilidad, funcionamiento de ecosistemas; y resulta esencial para garantizar los ciclos de nutrientes y los diferentes procesos de descomposición de material orgánico (Abdelfattah et al., 2019).

En los viñedos se puede encontrar una diversidad de insectos relevantes, tanto benéficos (polinizadores) como las abejas y moscas de la fruta que contribuyen al desempeño de cultivos y plantas silvestres; enemigos naturales (depredadores) (López García et al., 2019) y patógenos (plagas), favorecidos por la maleza presente y por la misma vid ofreciendo variadas fuentes de alimentación y reproducción (Tafoya-Rangel et al., 2016).

Se ha detectado más de 60 virus que afectan al viñedo. Están compuestos en su mayoría por ARN y una envoltura protectora de proteína, pueden ocasionar enfermedades transmisibles por injerto, por insectos y por nemátodos. Las enfermedades virales se nombran principalmente en base a la descripción de síntomas observados en las plantas enfermas, por ejemplo, enrollamiento de la hoja, jaspeado, deformación de tejidos o enanismo. Se pueden presentar infecciones mixtas y los mismos síntomas causados por más de un virus, también influenciados por condiciones estacionales, climáticas y pueden provocar pérdida de vigor de la planta, maduración irregular, menor rendimiento y en casos graves una pérdida de hasta el 90% de producción (Wu et al., 2020).

Algunas bacterias pueden emplearse en control biológico, debido al antagonismo que presentan y a la capacidad de promover el crecimiento de las plantas, al potenciar los nutrientes disponibles, mediante la fijación de nitrógeno, disolución de fosfatos y aumento de raíz superficial (Juárez, 2017). Sin embargo, también hay bacterias patógenas, las tres principales enfermedades de etiología bacteriana que afectan a la vid son: “tumores de la vid” (*Agrobacterium spp.*), “necrosis bacteriana de la vid (*Xylophylus ampelinus*) y “enfermedad de Pierce” (*Xylella fastidiosa*), a pesar de sus diferencias, todas ellas tienen en común la dificultad de su control debido a la escasez y falta de eficacia de productos fitosanitarios autorizados contra las enfermedades bacterianas, por lo que la principal medida de control es la prevención (Abdellatif et al., 2013, Grall et al., 2005, Lindow, 2019).

Los hongos tienen un papel importante como organismos degradadores, reciclan una gran parte de los desechos orgánicos, transformando materia muerta y devolviendo sustancias asimilables por otros seres vivos. Los hongos filamentosos se originan a partir de conidios, los cuales, al presentarse condiciones adecuadas de humedad, temperatura, luz y nutrientes esenciales, germinan para posteriormente desarrollar hifas y micelio, que son estructuras que constituyen la unidad estructural de la mayoría de los hongos. Las condiciones necesarias para su desarrollo son: una base de nutrientes, humedad y temperaturas para crecimiento en un rango de 25°C a 45°C, quedando en latencia durante periodos poco favorables (Madigan et al., 2015). El conocimiento de estas esporas en la atmósfera de viñedos, es importante para cerciorarse de la carga fúngica durante el ciclo reproductivo de la vid (Martínez-Bracero et al., 2020).

Las levaduras saprófitas son otro grupo microbiano de interés, pues tienen capacidad antagónica hacia hongos, secretan compuestos que pueden inhibir el crecimiento de especies susceptibles, competir por nutrientes, resistir las defensas del hospedero y micoparasitar. Algunos géneros de levaduras frecuentemente reportados son *Sacharomyces cerevisiae* y *Rhodotorula* spp. (Juárez, 2017). También tienen una gran importancia por su participación en la fermentación del mosto de la uva en la fabricación del vino (Ortiz-Barrera et al., 2015).

Las enfermedades con mayor incidencia en viñedos son producidas por los hongos *Botrytis cinerea*, *Plasmopara viticola* y *Erysiphe necator*, comúnmente se conocen como podredumbre gris, mildiú y oídio respectivamente. *Botrytis cinerea* puede infectar diferentes órganos vegetales como los frutos a través de conidios o de micelio, atacar a casi todos los órganos y manifestarse de inicio en tallo, para atacar posteriormente hojas, flores y frutos según la etapa fenológica de la vid (Armijo et al., 2016). Mildiú es una de las enfermedades fúngicas más conocida, debido a los graves daños ocasionados si las condiciones climáticas le son favorables se hace presente en toda la planta como manchas de coloración pardo – amarillenta y en el envés de las hojas con una pelusilla blanquecina formada por micelio (Carisse, 2016). Oídio, este hongo se caracteriza por tener micelio blanquecino, desarrollo externo y ascosporas unicelulares. Se presenta en condiciones de extrema humedad ocasionada por las lluvias, y suele ser confundido con mildiú. La sintomatología particular es la generación de puntos de color marrón sobre las hojas, y un polvillo blanco que se observa en el haz y el envés de éstas, sus ataques son visibles a simple vista (Qiu et al., 2015).

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

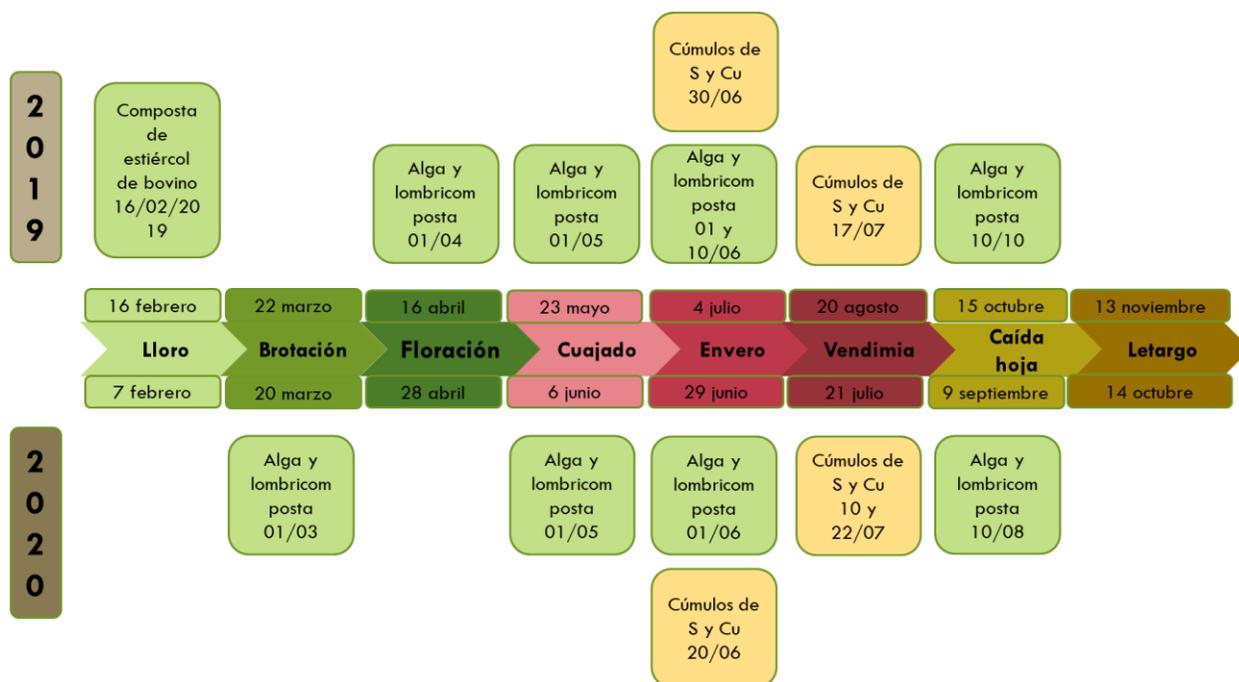
### 4.1 Localización del sitio de muestreo

El estudio se realizó en el viñedo Tierra de Peña, en el municipio de Colón Querétaro, Carretera Bernal Km 3, los Benitos, con coordenadas geográficas 20.710814, -99.942065. El viñedo comenzó con sus actividades en 2014 y cuenta con una extensión de 7 Ha, las cuales están cultivadas con 6 variedades, 4 tintas, Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot; y 2 blancas, Moscatel y Chardonnay.

Los tratamientos que se aplican mayoritariamente son dos, el primero consiste en un fertilizante a base de extracto de alga y lombricomposta que restaura y mejora los niveles básicos de la biología del suelo e incorpora una variedad de formulaciones bacterianas (*Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. subtilis* y *B. pumilus*) que brindan fortalecimiento vegetal. El segundo, consiste de una mezcla de cúmulos de azufre y cobre aplicados de manera foliar, con el objetivo de prevenir y controlar el desarrollo de hongos que puedan ocasionar una enfermedad al viñedo, estos tratamientos son los comúnmente permitidos para el manejo orgánico. Se aplica también a inicio de actividades un tratamiento de compostaje de estiércol de bovino con la intención de fortalecer el suelo y que esté disponible para el inicio de la actividad vegetativa de la vid. En la figura 2 se observan, los tratamientos aplicados, así como las fechas de aplicación en los dos ciclos anuales de estudio.

El municipio de Colón, Querétaro cuenta con clima templado semiseco con una temperatura promedio anual de 17.5°C. En promedio, durante los meses de abril y mayo se registra la temperatura más alta, 29°C. El extremo opuesto se registra en los meses de diciembre a enero con 4.0°C, la precipitación media estatal es de 570 mm anuales y las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre.

**Figura 2.** Calendario de tratamientos aplicados en el viñedo durante el periodo de estudio.



*Nota.* Se muestran los tratamientos aplicados en cada una de las etapas del ciclo de la vid 2019 – 2020, los colores se relacionan con la etapa vegetativa (verde), presencia de fruto y maduración (rosa/vino) y la entrada al letargo vegetativo (café). Elaboración propia.

#### 4.2 Diseño de muestreo

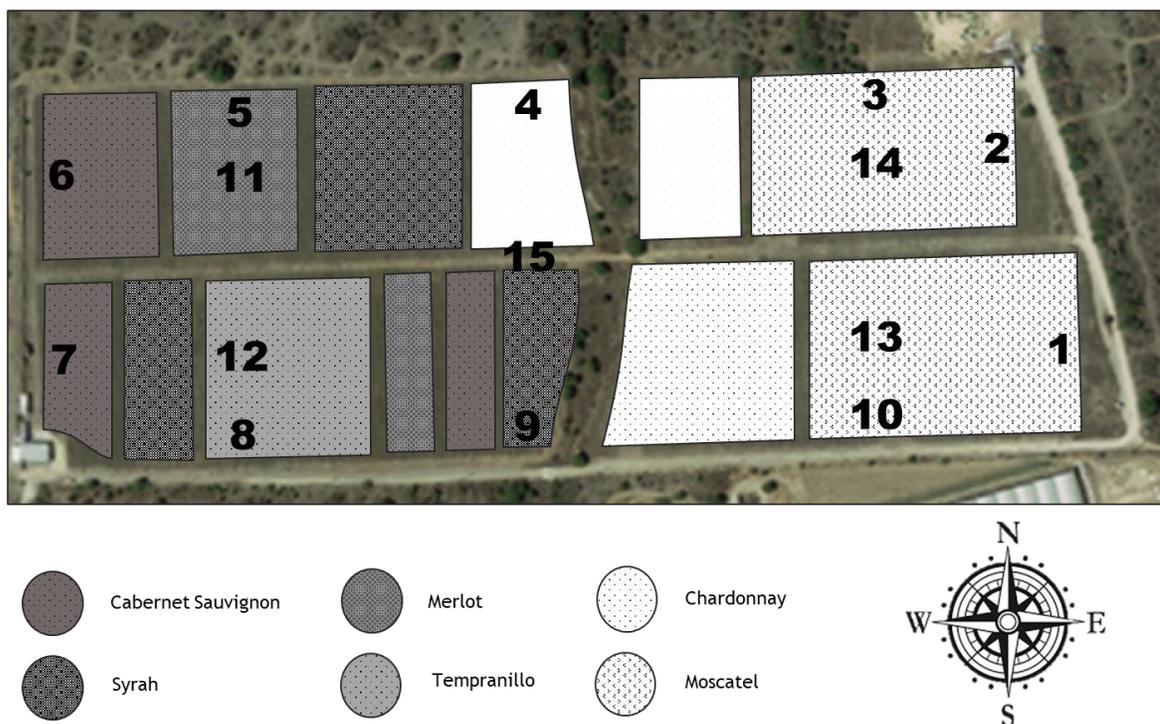
El diseño parte del modelo “5 de oros” (Santana-Espinoza et al., 2016) y para garantizar la mejor cobertura del terreno se designaron 15 puntos muestrales. Las coordenadas geográficas de cada punto muestral se presentan en la tabla 1 y en la figura 3 se presentan las variedades sembradas en el viñedo y los puntos muestrales designados para el muestreo aéreo.

**Tabla 1.** *Coordenadas geográficas de los puntos muestrales*

Puntos muestrales	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1	20.709684	99.942068
2	20.710533	99.942112
3	20.710767	99.942986
4	20.711124	99.944328
5	20.711153	99.945661
6	20.710912	99.946796
7	20.710158	99.946860
8	20.709534	99.945788
9	20.709531	99.944527
10	20.709401	99.943118
11	20.709937	99.945776
12	20.710860	99.945690
13	20.709769	99.943081
14	20.710484	99.943015
15	20.710291	99.944428

*Coordenadas de latitud y longitud tomadas del GPS en formato DD de cada uno de los puntos seleccionados para muestrear.*

**Figura 3.** Puntos muestrales y variedades cultivadas en el viñedo Tierra de Peña



*Nota.* En esta figura se representan los 15 puntos muestrales seleccionados, las 6 variedades de vid cultivadas en el viñedo con texturas diferentes para distinguirlos. Fuente: tomada y modificada de <https://bit.ly/3mVhZYE>; rosa de los vientos [t.ly/fwUG](https://bit.ly/fwUG).

#### 4.3 Toma y procesamiento de muestra

Para la programación de los muestreos se tomó en cuenta la información obtenida de las referencias consultadas y las que el viticultor Luis Fernando Aburto Guerrero proporcionó respecto al manejo del viñedo a su cargo.

El inicio del muestreo fue en la etapa fenológica de lloro y se realizaron muestreos en cada etapa del ciclo anual de la vid de acuerdo a la tabla 2.

**Tabla 2.** Fechas de muestreo de cada etapa fenológica durante el 2019 y 2020

<b>Etapa</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Lloro	16 febrero	07 febrero
Brotación	22 marzo	20 marzo
Floración	16 abril	28 abril
Cuajado	23 mayo	06 junio
Envero	04 julio	30 junio
Vendimia	20 agosto	21 julio
Caída de hoja	08 octubre	10 septiembre
Letargo	14 noviembre	14 octubre

La colecta de las muestras aéreas se realizó colocando 3 cajas de Petri con agar triptona extracto de levadura (extracto de levadura 3 g/L, triptona 6 g/L, agar 17 g/L) de 80.5 mm de diámetro sobre la base de un muestreador aéreo, se muestreó a una altura de 1.6 m, contando con un tiempo de exposición de una hora. Pasado el tiempo de exposición las cajas de Petri se taparon, después se colocaron en bolsas de polietileno y fueron trasladadas al laboratorio de Bioquímica del CICATA IPN Unidad Querétaro, donde se incubaron a 28 °C. Se realizó cuenta viable de cada una de las placas a las 24 h para bacterias y 72 h para hongos. La transformación de los datos a unidades formadoras de colonias por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>) fue estimada de acuerdo a la ecuación de Omelyansky (Ljaljević Grbić et al., 2018).

$$N = (5a \times 10^4 (bt))^{-1}$$

Donde N es UFC\*m<sup>3</sup>, “a” es el número de colonias fúngicas por caja de Petri, “b” es la superficie de exposición de la caja de Petri (cm<sup>2</sup>), “t” es el tiempo de exposición en h.

El monitoreo del clima se obtuvo de la estación climática que se encuentra dentro del viñedo, esa información nos la proporcionó el encargado del viñedo y se tomaron en cuenta los datos registrados 6 días antes y el día del muestreo. Las variables que se registraron fueron promedio, máximo y mínimo de temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad de los vientos (km/h), precipitaciones (mm) y radiación solar en (W/m<sup>2</sup>) y para la dirección de los vientos se registraron los patrones más comunes en ese periodo.

Se seleccionaron colonias fúngicas que presentaron morfología colonial diferente. Las colonias que resultaron con frecuencia mayor, se sometieron a un aislamiento en el mismo medio de cultivo utilizado para su captación.

#### *4.4 Identificación por métodos de microbiología tradicional*

##### *4.4.1 Morfología colonial*

Se describió la morfología colonial de acuerdo a las características necesarias para realizar una identificación adecuada. Los criterios fueron los siguientes: tamaño de colonia (diámetro), coloración anverso y reverso, textura, superficie, aspecto, consistencia y borde (Barnett & Hunter, 1998).

##### *4.4.2 Microcultivo*

Cada hongo aislado se inoculó por picadura en las 4 caras laterales de un cubo de agar ATE de 0.5 cm de alto y 1 cm de ancho y largo, posteriormente se incubó a 28 °C durante dos semanas. Estos microcultivos se monitorearon diariamente para verificar su estado de hidratación y al finalizar el tiempo de incubación se realizó una tinción con azul de lactofenol y se observaron al microscopio de luz transmitida marca Axio Scope A1, Carl Zeiss. Se realizó la identificación a nivel de género de acuerdo a las claves taxonómicas, considerando el tipo de micelio, septado o cenocítico, hialino o fuliginoso; tipo de hifa, conidióforo y forma de los conidios (Barnett & Hunter, 1998).

#### *4.5 Diseño experimental y análisis estadístico*

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en Excel, tanto para bacterias y hongos, con el cual se obtuvieron las diferencias significativas respecto a los grupos formados por los valores de cada uno de los 15 puntos muestreados en cada una de las etapas del ciclo de vida 2019 – 2020, comparando sus respectivas medias y desviaciones estándar. También se analizó el comportamiento de la densidad poblacional promedio por cada una de las etapas 2019 – 2020 con una gráfica de tendencia. Por otra parte, se identificó la frecuencia de los géneros de hongos que prevalecieron durante el periodo muestral completo.

Finalmente se realizó un análisis de correlación de Pearson en Excel con los promedios de densidad poblacional de cada etapa muestreada y promedios de las condiciones climáticas que prevalecieron en cada una de las etapas para identificar el efecto de las

variables climatológicas en la variabilidad de la densidad poblacional promedio en cada una de las etapas que se muestrearon.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Cuantificación de propágulos aéreos

En los muestreos realizados se obtuvo que del total de microorganismos colectados, el 58% correspondió a hongos filamentosos y el 42% a bacterias para el año 2019, el 63% de hongos y 37% de bacterias para el 2020. El total de hongos fue mayor que el de bacterias encontradas en el periodo estudiado, donde 5233 UFC/m<sup>3</sup> fue la concentración de la suma de promedios anual de hongos y 3274 UFC/m<sup>3</sup> de bacterias ciclo 2019, 5793 UFC/m<sup>3</sup> de hongos y 3371UFC/m<sup>3</sup> de bacterias ciclo 2020.

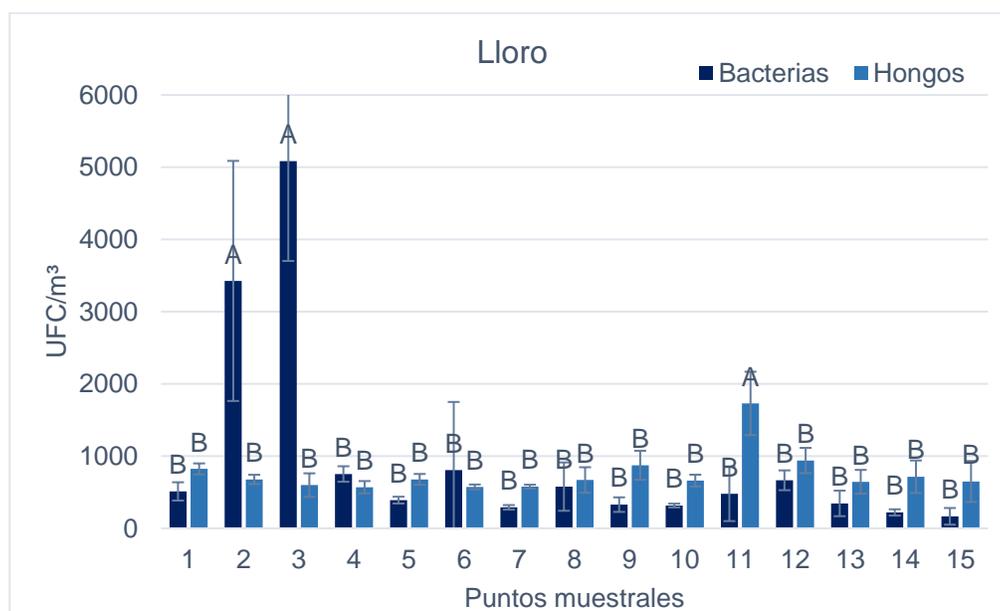
Ahora bien, de acuerdo a datos proporcionados por el viticultor, las etapas fenológicas del periodo muestral tuvieron un comportamiento muy homogéneo, sólo se presentaron unos pequeños cambios en vendimia, pero esto debido a los diferentes tiempos de maduración de la variedad tempranillo, específicamente. Referente a la densidad poblacional en cada uno de los 15 puntos muestrales, también se observó un comportamiento similar para la mayoría, sólo en algunos puntos se presentó diferencia significativa, esta información la podremos ver representada a detalle en cada una de las figuras 4 – 19 de todas las etapas de los ciclos 2019 y 2020, que se atribuyó a condiciones climáticas presentes en cada una de la etapas muestreadas (tablas 19 y 20) y factores particulares que influyeron en la captación de inóculo en ellos.

En cada una de las etapas del ciclo de vid se presenta la densidad poblacional promedio en una gráfica individual obtenida del triplicado de las muestras, tanto para bacterias como para hongos, así como diferencias significativas entre los datos.

Iniciando con la etapa de lloro 2019, el muestreo se realizó el 16 de febrero, se observó un promedio de  $957 \pm 628$ ,  $759 \pm 185$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. En la mayoría de los 15 puntos muestrales no se presenta diferencia significativa, excepto los puntos 2 y 3 en bacterias (Figura 4), esta variación se atribuye a que el día del muestreo, al colocar las placas Petri, el personal de labranza se encontraba aplicando composta de estiércol de bovino muy cerca de ambos puntos, y al ser material particulado con actividad microbiana importante (Viohache, 2015), pudo volatilizarse e influir en la cuantificación de bacterias. Por otro lado, el punto 11 en hongos también presenta una variación respecto a los demás puntos, es posible que alguna variación en el sistema de

riego por goteo haya afectado la humedad en ese punto, ya que este se realiza de manera automática (Figura 4). En lo referente a las condiciones climáticas de esta etapa, se muestran en la Tabla 3, reportando temperatura promedio de  $15.3 \pm 6.7$  °C, máxima 29.8°C y mínima 5.3°C, humedad relativa de  $57.8 \pm 21.1$  %, velocidad del viento  $11.1 \pm 7.2$  km/h, precipitaciones (NP) y radiación solar  $469 \pm 311$  W/m<sup>2</sup>. Para la dirección de los vientos se registraron los patrones de vientos más frecuentes en esa semana (SSW, SW, S). Se puede observar que las temperaturas incrementaron gradualmente, permitiendo así el inicio de la actividad de la planta (Merchán, 2011) y microorganismos mesófilos (25 – 45 °C) (Madigan et al., 2015) y a esto puede deberse el bajo desarrollo de la microbiota aérea.

**Figura 4.** Densidad poblacional etapa de lloro 2019



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 3.** Condiciones climáticas etapa de lloro 2019

Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )	Dirección de vientos (8:00 - 11:37) (9:30 - 12:00)
Promedio	15.3±6.7	57.8±21.1	11.1±7.2	NP	469±311	SSW
Máximo	29.8	93.0	32.2	NP	933.0	SW
Mínimo	5.3	17.0	1.6	NP	1	S

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo, NP= Nula Presencia. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de lloro 2020 se realizó el muestreo el 7 de febrero, hubo una cuenta promedio de  $350 \pm 161$  en bacterias y  $259 \pm 73$  UFC/m<sup>3</sup> en hongos. No se presentó diferencia significativa entre los 15 puntos muestrales (Figura 5). Comparando la densidad promedio 2020 con la del 2019, se observó una disminución de la mitad de dicha densidad al año anterior. Esto se puede atribuir a que la temperatura en 2020 tuvo un promedio de  $12.4 \pm 4.9$  °C, máxima 24.8 °C, mínima 1.8 °C (Tabla 4), fue más baja a diferencia del 2019 que tuvo un promedio de  $15.3 \pm 6.7$  °C, máxima de 29.8 °C, mínima de 5.3 °C) y esta pudo limitar tanto la actividad de la vida como el desarrollo de ambos microorganismos.

**Figura 5.** Densidad poblacional etapa de lloro 2020



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 4 .** Condiciones climáticas etapa de lloro 2020

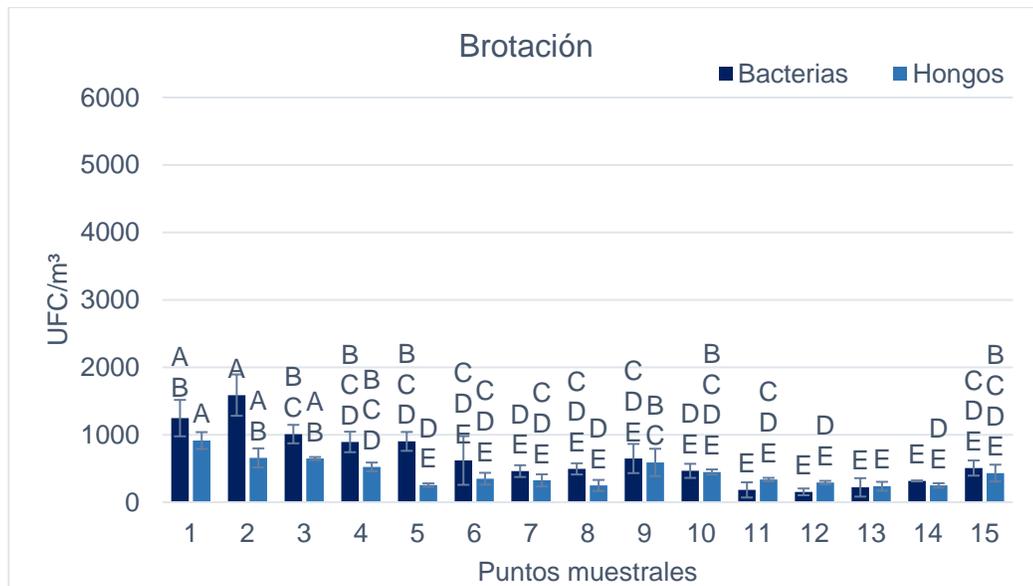
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:20 - 11:10) (9:15 - 11:15)
Promedio	12.4±4.9	68.0±20.9	15.8±10.8	.46±.1	47±31.4	S
Máximo	24.8	87	46.7	3.8	108	SSW

Mínimo	1.8	10	1.6	0.01	0	SW
--------	-----	----	-----	------	---	----

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo, NP= Nula Presencia. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de brotación 2019 se realizó el muestreo el 22 de marzo, se presentó un promedio de  $647 \pm 178$  y  $434 \pm 92$  UFC/m<sup>3</sup> en bacterias y hongos respectivamente. Aparentemente se ve diferencia en densidad poblacional entre ambos microorganismos, pero de acuerdo a la agrupación estadística, no existe diferencia significativa entre los 15 puntos muestrales a excepción del punto 2 en bacterias. Todos los 15 puntos muestrales de esta etapa de brotación 2019 (Figura 6) presentaron una densidad promedio menor a la etapa de lloro del mismo año. Esta actividad se puede atribuir a que las temperaturas en la etapa de brotación fueron más bajas en promedio de  $14.2 \pm 5.4$  °C, máximo de 25.5 °C, y mínimo de 5.8 °C como se muestra en la Tabla 5, en relación a las temperaturas de la etapa de lloro 2019 (Tabla 3) afectando el desarrollo de ambos microorganismos.

**Figura 6.** Densidad poblacional etapa de brotación 2019



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 5.** Condiciones climáticas etapa de brotación 2019

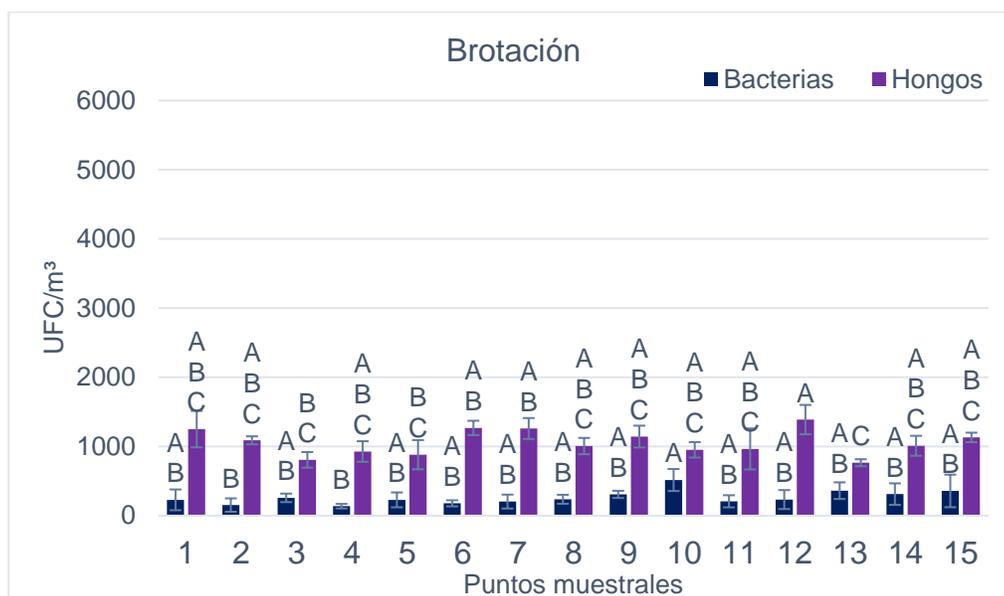
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (8:33 -
----------------------	------------------	-------------	-----------------------------	----------------------	------------------------	------------------------------

Promedio	14.2±5.4	67.6±20.9	14.6±9.7	0.2±0.01	496.±346.8	ENE
Máximo	25.5	91.0	32.2	0.2	1077.0	SSW
Mínimo	5.8	20.0	1.6	0.01	1	S

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de brotación 2020 se realizó el muestreo el 20 de marzo, se registró un promedio de  $261 \pm 119$ ,  $1056 \pm 163$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. La densidad poblacional de bacterias se ve disminuida a la mitad en comparación con el promedio de la misma etapa del año anterior ( $647 \pm 178$  UFC/m<sup>3</sup>). Este comportamiento se puede atribuir a la aplicación de un tratamiento de algas y lombricomposta 19 días antes del muestreo, el día 01/03/2020 (Figura 2), que tiene un contenido de microorganismos antagonistas como *Rhodopseudomonas palustris*  $2.5E+6$ , *Bacillus amyloliquefaciens*  $1.0E+8$  y *Bacillus subtilis*  $3.3E+7$  UFC/ml al interaccionar con la biota nativa pudo afectar la captación de inóculo bacteriano. Caso contrario para los hongos que aumentan al doble (Figura 7) respecto a la densidad promedio de la etapa de brotación 2019 ( $434 \pm 92$  UFC/m<sup>3</sup>), esto pudo ser causado por el aumento de la temperatura con un promedio de  $18.3 \pm 5.7$  °C, máximo. 29.3 °C, mínimo 8.4 °C siendo un clima más cálido y a la presencia de precipitaciones  $0.5 \pm 0.2$  mm (Tabla 6), facilitando el desarrollo de los hongos presentes.

**Figura 7.** Densidad poblacional etapa de brotación 2020



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 6.** Condiciones climáticas etapa de brotación 2020

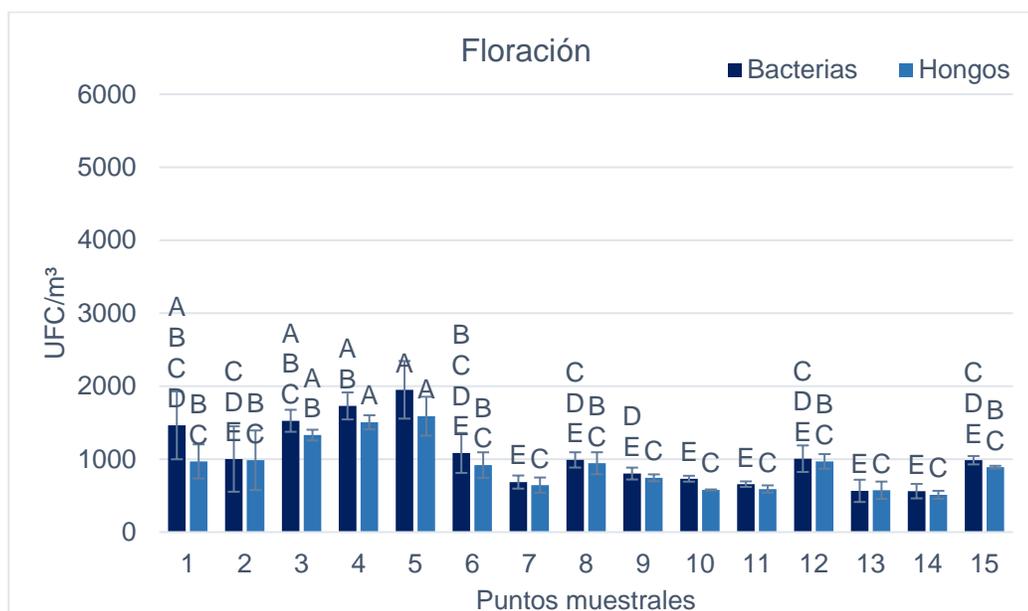
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (8:42 - 10) (8:45 - 10:15)
Promedio	18.3±5.7	62.5±20.1	16±10.1	0.5±0.2	45.6±27.1	SSE
Máximo	29.3	87	40.2	5	83	S
Mínimo	8.4	24	0	0.2	0	SW

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

La diferencia principal entre la brotación 2019 y 2020 se observa en el comportamiento de los hongos cuantificados. Debido a que las condiciones se registraron más cercanas a las óptimas para el desarrollo de estos microorganismos en el 2020. También se puede observar que el tratamiento a base de algas y lombricomposta aplicado el 01 de marzo 2020 (Figura 2), pudo disminuir la densidad bacteriana porque entre su formulación contiene a *microorganismos eficaces* que se consideran agentes de control biológico por sus mecanismos de acción como excreción de antibióticos, toxinas y enzimas líticas, también el tiempo transcurrido de aplicación fue el adecuado para generar ese efecto (Villarreal-Delgado et al., 2018; Cano, 2011).

En la etapa de floración 2019 se realizó el muestreo el 16 de abril, se presentó un promedio de  $1049 \pm 231$ ,  $916 \pm 164$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. Se puede observar un comportamiento similar en promedio de densidad poblacional en los 15 puntos muestrales en ambos microorganismos (Figura 8). En esta etapa las flores atraen diversos insectos entre ellos polinizadores que por su acción pueden afectar la captación de inóculo. En lo que se refiere a bacterias, su comportamiento puede atribuirse a una aplicación reciente (6 días antes del muestreo) del tratamiento de algas y lombricomposta (Figura 2) que contiene en su formulación una carga bacteriana benéfica y antagonista importante, también a la temperatura máxima 30.3°C y la radiación solar 574.4 W/m<sup>2</sup> que tienen una relación positiva en el desarrollo de bacterias. Este efecto del tratamiento pudiera verse disminuido por los factores ambientales como humedad relativa, temperatura, radiación solar y precipitaciones que pudieran degradar la dosis aplicada (Fernandez et al., 2015). Por otro lado, los hongos se vieron favorecidos por las condiciones climáticas que permitieron el desarrollo de éstos, temperatura promedio de  $18.5 \pm 7$  °C, máximo de 30.3 °C, mínimo de 4.9 °C y radiación solar  $574.4 \pm 381.2$  W/m<sup>2</sup> (Tabla 7).

**Figura 8.** Densidad poblacional etapa de floración 2019



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 7.** Condiciones climáticas etapa de floración 2019

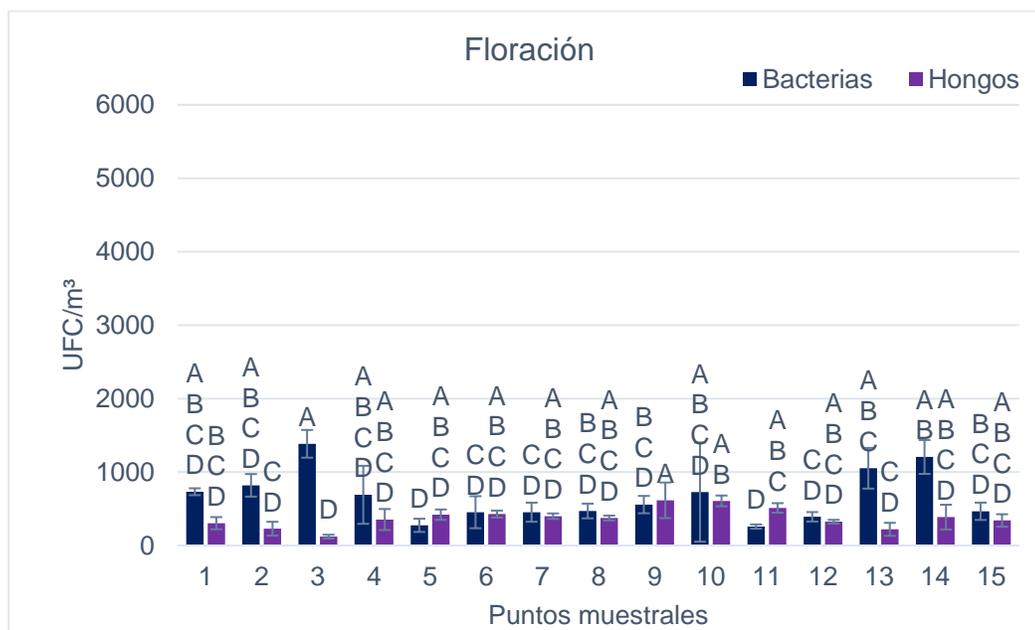
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:00 - 10:40) (9:45 - 10:30)
Promedio	18.5±7	35.1±21	14.6±9.6	NP	574.4±381.2	SW
Máximo	30.3	88	40.2	NP	1061	SSW
Mínimo	4.9	6	1.6	NP	0	S

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo, NP= Nula Presencia. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de floración 2020 se realizó el muestreo el 28 de abril; se puede ver una diferencia de menos de la mitad en densidad poblacional respecto a la misma etapa del año anterior. Se presentó un promedio de 662±247, 376±103 UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente (Figura 9). Como se presenta en la Tabla 8, aunque las temperaturas son óptimas en promedio de 20.3±5.9 °C, máximo 32.1 °C, mínimo. 7.1 °C para el crecimiento microbiano, la diferencia poblacional se puede atribuir a la baja radiación solar de 52.5±33.0 W/m<sup>2</sup>, 10 veces menor que el año anterior 574.4±381.23.1 W/m<sup>2</sup> (Tabla 7), esta variable tiene una correlación positiva respecto a la densidad

poblacional de bacterias, en cambio la humedad se correlaciona positivamente con el desarrollo de hongos de acuerdo al índice de correlación de Pearson obtenido de nuestro estadístico (Tabla 19 y 20).

**Figura 9.** Densidad poblacional etapa de floración 2020



*Nota.* Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 8.** Condiciones climáticas etapa de floración 2020

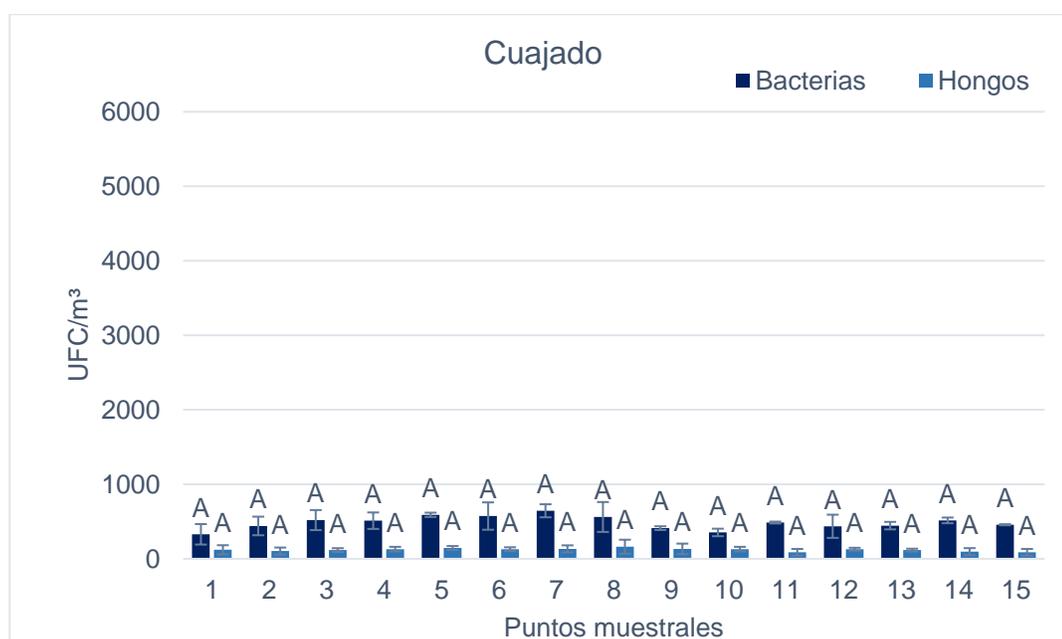
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:37 - 11:40) (9:30 - 11:45)
Promedio	20.2±5.9	53.3±22	16.4±9.4	0.3±0.01	52.5±33	S
Máximo	32.1	86	67.6	0.4	95	SW
Mínimo	7.1	14	0	0.01	0	E

*Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo, NP= Nula Presencia. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.*

En la etapa de cuajado 2019 se realizó un muestreo el 23 de mayo, presentó promedios de 485±109, 121±47 UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. Se observa claramente una disminución en la cuenta para ambos tipos de microorganismos y sin diferencia significativa entre todos los 15 puntos (Figura 10). En bacterias disminuyó más

de la mitad y en hongos 8 veces menos al promedio de la etapa floración del mismo año. Aunque las condiciones como temperatura y radiación se encontraban óptimas temperatura promedio de  $22.2 \pm 6.2$  °C, máximo 32.3 °C, mínimo 11.5 °C y radiación solar  $549 \pm 371.5$  W/m<sup>2</sup> (Tabla 9), para el desarrollo de ambos tipos de microorganismos, se observa un decremento que se puede atribuir a que en esta etapa las flores cuajadas ya no tienen tanta presencia de insectos que pudieran aumentar la captación de inóculo. Otro factor pudo ser el tratamiento de alga y lombricomposta, aplicado el día 01/05/2019 (Figura 2), afectando al desarrollo de los microorganismos

**Figura 10.** Densidad poblacional etapa de cuajado 2019



*Nota.* Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

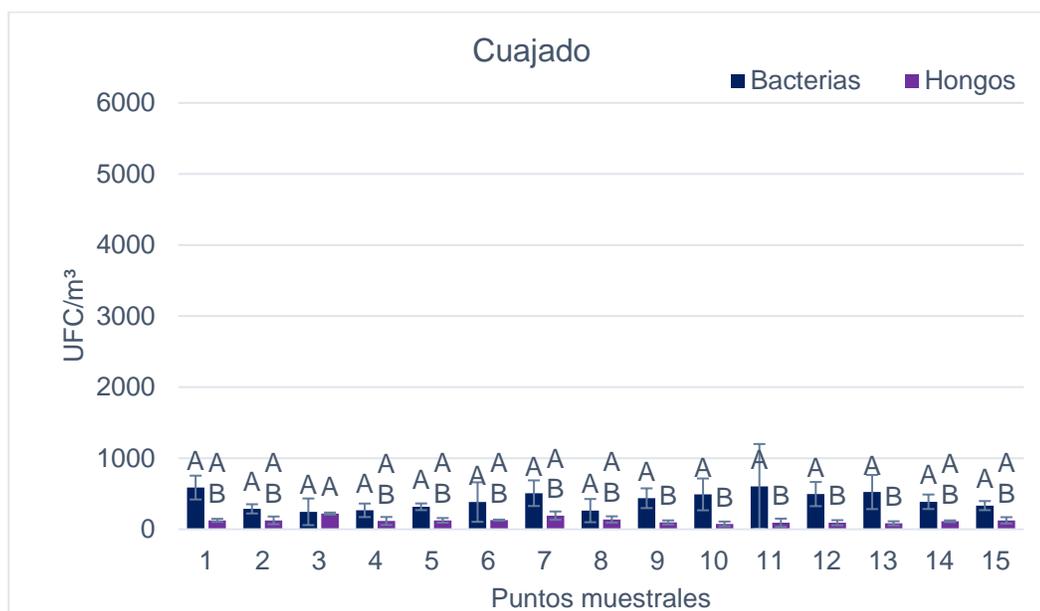
**Tabla 9.** Condiciones climáticas etapa de cuajado 2019

Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )	Dirección de vientos (9:00 - 10:40) (9:45 - 10:30)
Promedio	22.2±6.2	42.2±24	10.5±7.2	0.8±0.09	549±371.5	NNE
Máximo	32.3	91	29.0	2.0	1103	N
Mínimo	11.5	9	1.6	0.01	0	E

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de cuajado 2020 se realizó muestreo el 6 de junio, se presentó un promedio de  $408 \pm 222$ ,  $123 \pm 39$  UFC/m<sup>3</sup> en bacterias y hongos respectivamente. Esta etapa presentó un promedio de densidad poblacional similar al de la misma etapa en 2019 ( $485 \pm 109$ ,  $121 \pm 47$  UFC/m<sup>3</sup>) para ambos tipos de microorganismos (Figura 11). En bacterias disminuyó menos de la mitad y en hongos 3 veces menos al promedio de la etapa de floración 2020. En relación a los datos climatológicos mostrados en la Tabla 10, aunque la temperatura se encontraba óptima para el crecimiento microbiano, temperatura promedio de  $20.5 \pm 5.3$  °C, máximo 32.2 °C, mínimo 10.7 °C, no fue así con la radiación solar  $47.6 \pm 28.9$  W/m<sup>2</sup>, a la cual se puede atribuir la baja actividad de ambos tipos de microorganismos. También esa disminución se puede atribuir al cuajado de las flores en esta etapa y por ende la poca presencia de insectos que aumentarían la densidad de microorganismos. Cabe mencionar que el 01 de mayo del 2020 se aplicó un tratamiento de alga y lombricomposta (Figura 2), pero en este caso no se puede atribuir directamente a esa disminución, por los días transcurridos después de la aplicación del tratamiento de hasta 5 semanas antes del muestreo y a que las condiciones climáticas como humedad, temperatura y la presencia de precipitaciones pudieran afectar de manera negativa el tratamiento aplicado (Fernandez et al., 2015)

**Figura 11.** Densidad poblacional etapa de cuajado 2020



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 10.** Condiciones climáticas etapa de cuajado 2020

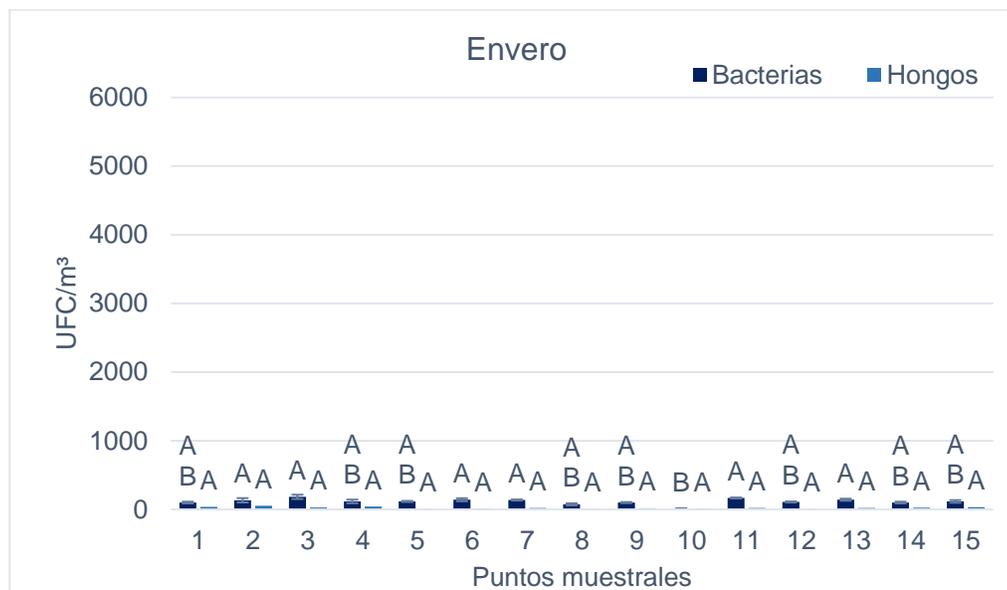
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (8:50 - 10:50) (8:45 - 11:00)
Promedio	22.5±5.3	60.4±5.2	19.1±11.0	0.6±0.05	47.6±28.9	N
Máximo	32.2	87	38.6	1.4	88	NNW
Mínimo	10.7	20	0	0.2	1	*

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de envero 2019 se realizó un muestreo el 4 de julio, se registró un promedio de 116±41, 23±18 UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. Particularmente se puede mencionar que es una de las etapas con baja densidad poblacional para ambos tipos de microorganismos (Figura 12). Aunque las condiciones climáticas que podemos ver en la Tabla 11 como temperatura promedio de 17.5±4.2°C, máximo 25.3 °C, mínimo 9.8 °C y radiación solar de 462±339.8 W/m<sup>2</sup> fueron adecuadas para el desarrollo de ambos tipos de microorganismos. El efecto principal que se atribuye a este

comportamiento, es la aplicación previa de 2 tratamientos de alga y lombricomposta el 1/06/19 y 10/06/19 y 1 tratamiento de cúmulos de azufre y cobre el 30/06/19 (Figura 2), con el objetivo de controlar el desarrollo de ambos microorganismos (Oyuela Aguila et al., 2019).

**Figura 12.** Densidad poblacional etapa de enero 2019



*Nota.* Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 11.** Condiciones climáticas etapa de enero 2019

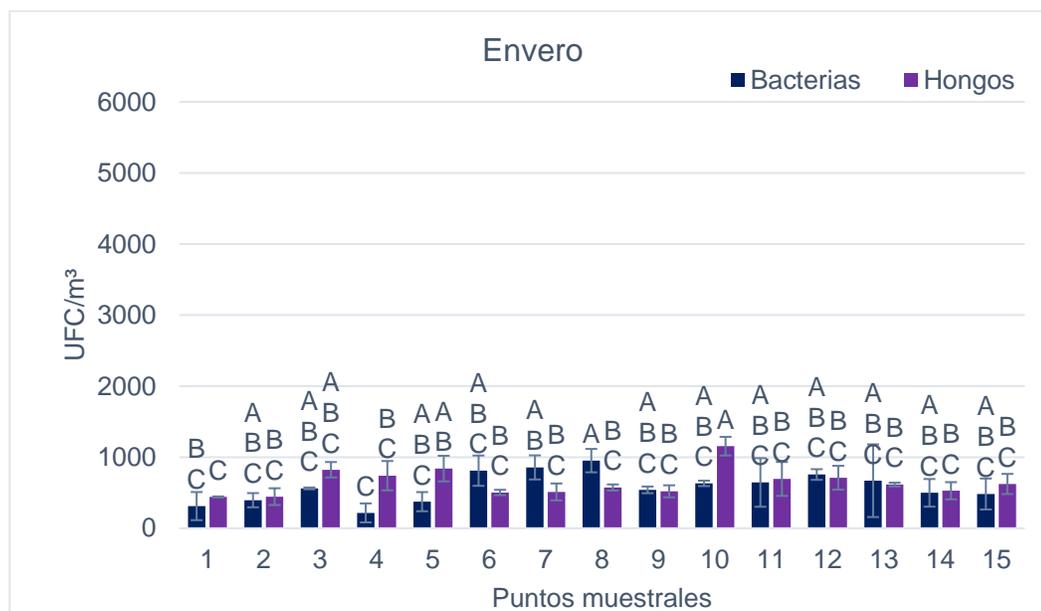
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:20 - 11:00) (8:00 - 11:00)
Promedio	17.5±4.2	71±16.3	12.8±8.2	0.2±0.01	462±339.8	E
Máximo	25.3	92	33.8	0.2	1217	SSE
Mínimo	9.8	37	1.6	0.01	0	SE

*Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.*

En la etapa de enero 2020 se realizó muestreo el 30 de junio, los datos muestran valores promedio de 580±210, 648±133 UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. Los 15 puntos muestrales presentan una actividad de densidad poblacional muy homogénea en ambos microorganismos de interés y no existe diferencia significativa entre los grupos

de datos (Figura 13). Hubo aplicación de tratamientos de control de alga y lombricomposta el 01/06/2020 y cúmulos de azufre y cobre el 20/06/2020 (Figura 2), que pudieron disminuir la densidad poblacional, pero no se observó muy marcado el efecto como en la etapa de enero 2019. Este comportamiento en la densidad poblacional de ambos tipos de microorganismos aún con la aplicación de ambos tratamientos, se puede atribuir mayoritariamente a la variable de temperatura con un promedio de  $19.7\pm 4.4^{\circ}\text{C}$ , máximo  $29.1^{\circ}\text{C}$ , mínimo  $10.1^{\circ}\text{C}$ , radiación solar  $448\pm 338.3\text{ W/m}^2$  y mayor precipitación con  $1.13\pm 3\text{ mm}$ . Cabe mencionar que el aumento de estas variables puede afectar negativamente la eficiencia y prolongación del efecto de los tratamientos foliares (Fernandez et al., 2015) (Tabla 12).

**Figura 13.** Densidad poblacional etapa de enero 2020



*Nota.* Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

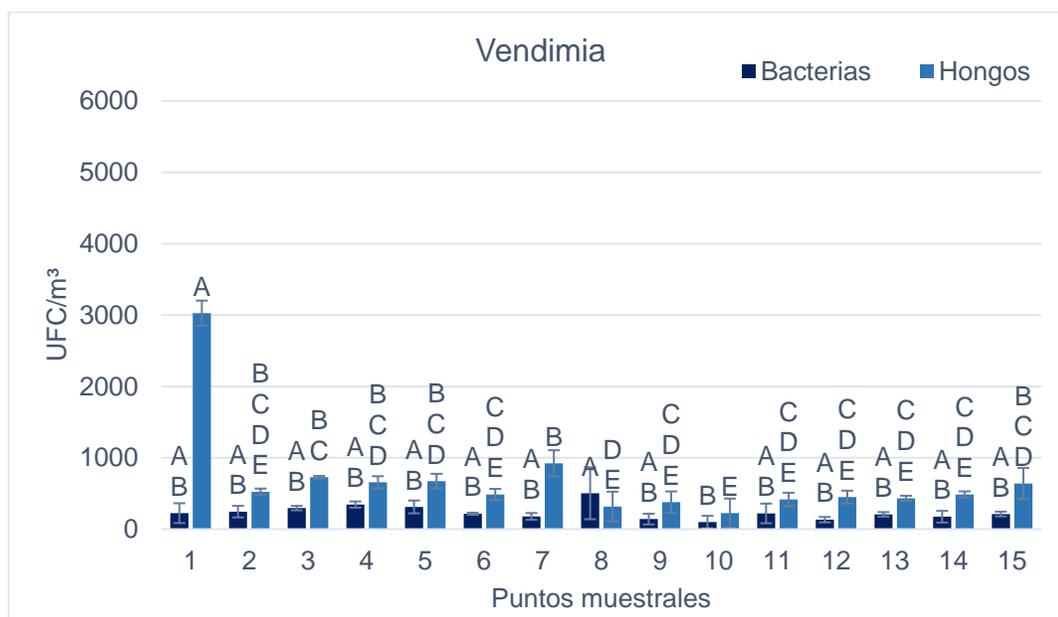
**Tabla 12.** Condiciones climáticas etapa de enero 2020

Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (10:00 - 12:00) (10:00 - 12:00)
Promedio	$19.7\pm 4.4$	$67.6\pm 18$	$13.8\pm 8.3$	$1.13\pm 3$	$448\pm 338.3$	NNW
Máximo	29.1	87	43.5	5.8	1142	N
Mínimo	10.1	27	1.6	0.01	1	*

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de vendimia 2019 se realizó un muestreo el 20 de agosto, se presentó un promedio de  $234 \pm 351$ ,  $691 \pm 133$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente. En los 15 puntos muestrales, se observa en bacterias una densidad relativamente baja (Figura 14), pero esta supera al doble la densidad poblacional de la etapa anterior de enero del mismo año. Cabe mencionar que en el punto 8 se observa una variabilidad amplia respecto a los demás puntos, pero esto se atribuye a la presencia de insectos encontrados dentro de las placas Petri colocadas en ese punto a la hora del muestreo afectando así la cuenta viable. Referente a la densidad poblacional de hongos en esta etapa, se ve aumentada en promedio 30 veces más que el promedio de la etapa anterior de enero, se atribuye a la temperatura promedio de  $19.4 \pm 5.7^\circ\text{C}$  y la temperatura máxima de 28.2 presentes en ese periodo (Tabla 13). El punto 1 sobresalió de todos los demás y se puede atribuir a la presencia del género *Alternaria* (H12) que pudo presentar menor afectación por el tratamiento fungicida aplicado un mes antes. Debido a que los frutos ya listos para cosechar son muy sensibles a los ataques de hongos, esto podría ser factor de repunte en la presencia fúngica, sumado a la humedad retenida a causa de las lluvias que favorecerían el desarrollo de estos hongos. La aplicación del tratamiento fungicida el día 17/07/2019 (Figura 2) debido a su efecto, pudo limitar un desarrollo fúngico mayor que pudiera comprometer la cosecha.

**Figura 14.** Densidad poblacional etapa de vendimia 2019



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 13.** Condiciones climáticas etapa de vendimia 2019

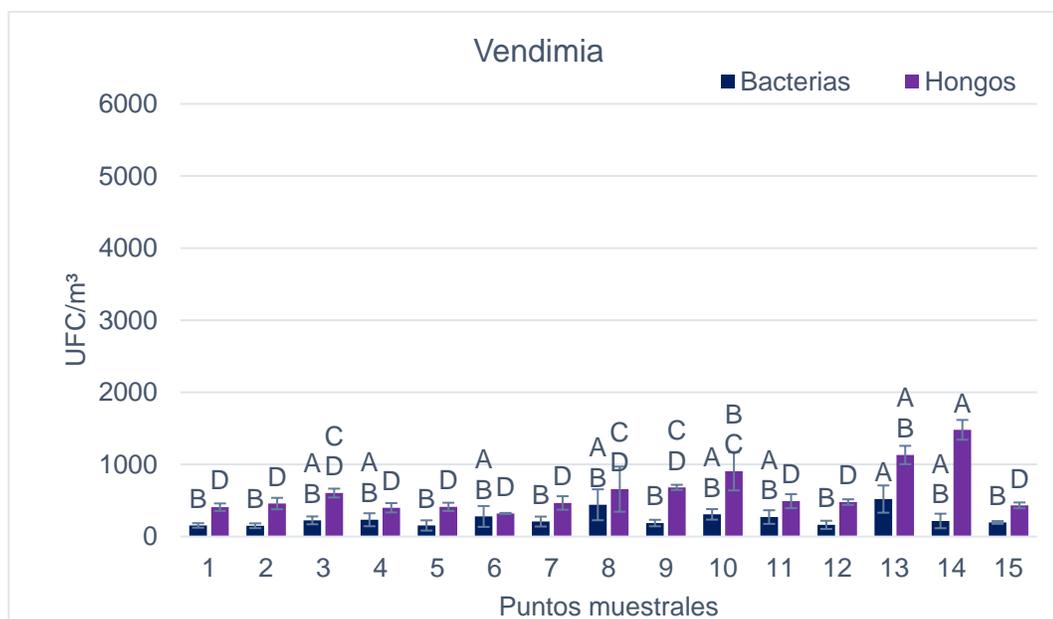
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (12:33 - 13:20) (10:00 - 14:00)
Promedio	19.4±5.7	63.9±20.5	13.9±8.6	0.2±0.01	95±57.6	N
Máximo	28.2	90	30.6	6.4	188.0	NNW
Mínimo	11.2	35	1.6	0.01	0.0	*

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de vendimia 2020 se realizó el muestreo el 21 de julio, presentó una cuenta promedio de  $247 \pm 102$ ,  $621 \pm 128$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente (Figura 15). En los 15 puntos muestrales se observó un promedio similar a la etapa de vendimia 2019 para ambos tipos de organismos, aunque existió una diferencia de 1 mes entre ambas fechas de muestreo. Los puntos 14 y 13 presentaron diferencias significativas y esto se puede atribuir a una mayor presencia del género *Aspergillus* clave H6 en esos puntos. Las condiciones climáticas registradas en la Tabla 14, como

temperatura promedio  $19.2 \pm 4.5$  °C, máximo 28.4, mínimo 10.3°C, radiación solar  $474.2 \pm 348$  W/m<sup>2</sup> y precipitaciones  $0.5 \pm 0.1$  mm, fueron favorables para el desarrollo de hongos. En la Figura 2 se reportan aplicaciones de tratamientos fungicidas el 10/07/2020 y el 22/07/2020 para controlar el incremento de estos y afectar los racimos destinados a vinificar.

**Figura 15.** Densidad poblacional etapa de vendimia 2020



*Nota.* Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 14 .** Condiciones climáticas etapa de vendimia 2020

Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )	Dirección de vientos (8:50 - 10:50) (8:45 - 11:00)
Promedio	$19.2 \pm 4.5$	$68.7 \pm 17.7$	$13.3 \pm 8.5$	$0.5 \pm 0.15$	$474 \pm 347.6$	SSE
Máximo	28.4	87	32.2	3.2	1077	SSW
Mínimo	10.3	28	1.6	0.2	1	ESE

*Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.*

En la etapa de caída de la hoja 2019, se realizó un muestreo el 8 de octubre, presentó una cuenta promedio de  $149 \pm 83$ ,  $1580 \pm 362$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente (Figura 16). En el grupo de bacterias se observó una disminución

aproximadamente del 50% al promedio de la etapa anterior (vendimia  $247 \pm 102$  UFC/m<sup>3</sup>). Por otra parte, en hongos el promedio de la densidad poblacional aumentó hasta un 100% que la etapa anterior (vendimia  $621 \pm 128$  UFC/m<sup>3</sup>), se puede observar en esta etapa que los hongos superan en densidad promedio 10 veces al promedio de bacterias. La baja densidad de bacterias en esta etapa se puede atribuir a la competencia por espacio y nutrientes con los hongos que se encuentran en mayor desarrollo debido a la presencia de materia orgánica como hojas y tallos desprendidos de la planta, depositados en el suelo, estas partes de la planta son removidas por el aire, resuspendiendo partículas fúngicas nuevamente. También, es importante mencionar que en esta etapa ya no hubo aplicación de tratamiento antifúngico y a esta acción se le puede atribuir el incremento de la densidad de hongos, desarrollándose libremente sin un método de control. En cambio, si hubo una aplicación de tratamiento de algas y lombricomposta el día 10/10/2019 (Figura 2), pero no se pudo observar un efecto en el aumento en densidad bacteriana como en etapas anteriores cuando la aplicación era a pocos días antes del muestreo, esto relacionado a la presencia de precipitaciones que pudo limitar el efecto de este tratamiento. Como se registra en la Tabla 15, la variable de temperatura presentó un promedio  $17.7 \pm 5.3$ °C, máximo 27.8, mínimo 7.6°C mostró poca disminución respecto a la etapa anterior, es por ello que no se relacionó la densidad de ambos tipos de microorganismos con esta variable. Es importante mencionar que la velocidad de los vientos en esta etapa se presentó con valores de  $16.2 \pm 9.7$  km/h y debido a que en el aire se encuentran dispersos microorganismos y partículas, puede relacionarse con mayor transporte de material fúngico.

**Figura 16.** Densidad poblacional etapa de caída de la hoja 2019



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 15.** Condiciones climáticas etapa de caída de la hoja 2019

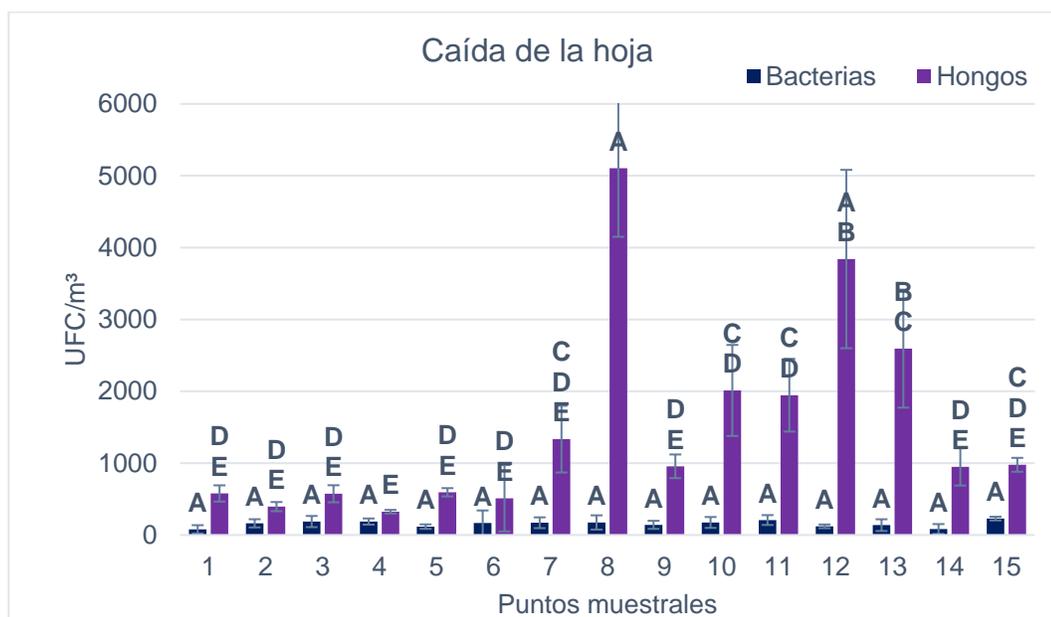
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:52 - 10:38) (10:00 - 12:00)
Promedio	17.7±5.3	67.5±20	16.2±9.7	0.2±0.01	94.3±55.8	NNE
Máximo	27.8	88.0	37	0.2	155.0	ENE
Mínimo	7.6	15.0	1.6	0.2	0.0	N

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de caída de la hoja, el muestreo se realizó el 10 de septiembre del 2020, se presentó en promedio una cuenta de  $156 \pm 77$ ,  $1513 \pm 539$  UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y hongos respectivamente (Figura 17). En los 15 puntos muestrales se puede observar una similitud al comportamiento en densidad poblacional baja en bacterias y alta de hongos que en la misma etapa en 2019. Aunque hubo la aplicación de 1 tratamiento de algas y lombricomposta, el día 10/08/2020 (Figura 2), no se puede observar un efecto en la densidad bacteriana, primeramente, debido al tiempo transcurrido de la aplicación un mes

antes del muestreo y segundo la presencia de lluvias en esta etapa. En lo que se refiere a los hongos, se observó un incremento en densidad poblacional promedio de 10 veces mayor que al promedio de bacterias. Este comportamiento se puede atribuir particularmente a la radiación solar ( $413 \pm 308 \text{ W/m}^2$ ) que presentó un incremento a partir de la etapa de envero ( $448 \pm 338.3 \text{ W/m}^2$ ) y aunque la temperatura promedio comienza a disminuir ( $17.2 \pm 3.1 \text{ }^\circ\text{C}$ ), esta radiación alta compensaría esa disminución de temperatura (Torrez, 2008) (Tabla 16), y ese efecto permite el desarrollo de hongos filamentosos. Cabe mencionar que el muestreo en la etapa de caída de hoja 2020, se realizó un mes antes comparado con el muestreo de la etapa caída de hoja en 2019, aun así, se observó una densidad promedio de hongos respecto al promedio de bacterias en ambas etapas de caída de la hoja. Tampoco se aplicó un tratamiento fungicida en el periodo que comprende esta etapa y esto también pudo afectar la mayor presencia de hongos en el viñedo.

**Figura 17.** Densidad poblacional etapa de caída de la hoja 2020



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 16.** Condiciones climáticas etapa de caída de la hoja 2020

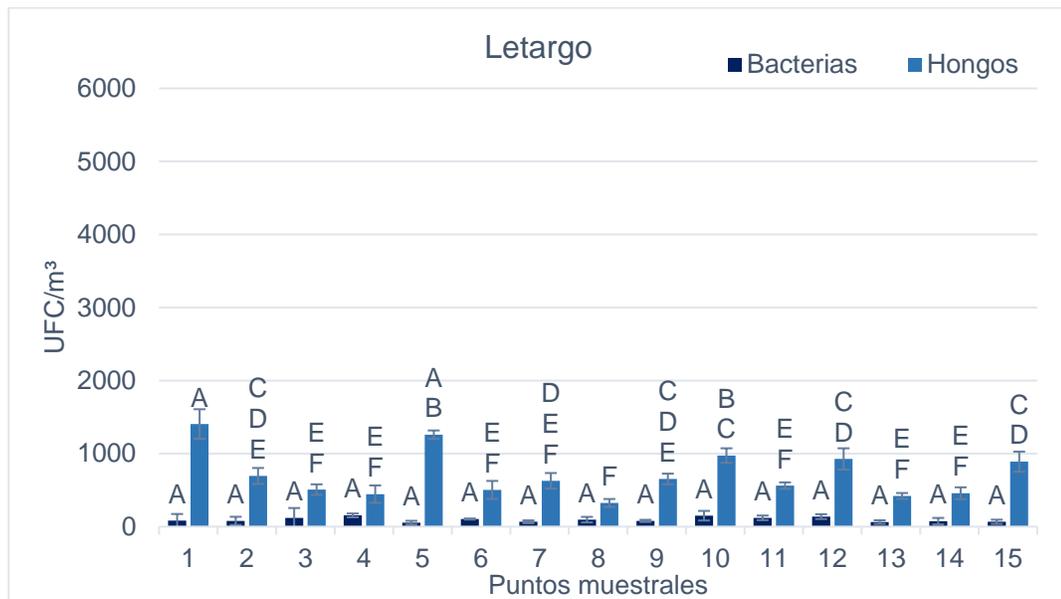
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:20 - 11:20) (9:15 - 11:30)
Promedio	17.2±3.2	79.1±10.3	14.5±8.2	1±0.42	412.8±307.7	N
Máximo	23.8	88	32.2	0.8	1197	NNE
Mínimo	11.7	47	1.6	0.2	1	*

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de letargo 2019 se realizó un muestreo el 14 de noviembre, como se muestra en la Figura 18, el conteo para bacterias y hongos corresponde a  $96 \pm 53$ ,  $710 \pm 107$  UFC/m<sup>3</sup> respectivamente. En los 15 puntos muestrales se observó un decremento en el promedio, aproximadamente de un 50% comparado a la etapa anterior de caída de la hoja 2019. Lo anterior se puede atribuir a que las condiciones de temperatura promedio  $15.2 \pm 4.6$  °C, máximo 25.5 °C, mínimo 7.3 °C y radiación solar  $68.4 \pm 42.8$  W/m<sup>2</sup> disminuyen durante este periodo (Tabla 17). Siendo el rango de 7 – 10 °C en el que inicia

el letargo con una duración aproximada de 4 meses (Fernández González, 2011) y por lo tanto ambos tipos de microorganismos también seguirán ese comportamiento, disminuyendo así la densidad poblacional para ambos. Cabe mencionar que en esta etapa ya no se aplicó ninguno de los 2 tratamientos.

**Figura 18.** Densidad poblacional etapa de letargo 2019



Nota. Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 17.** Condiciones climáticas etapa de letargo 2019

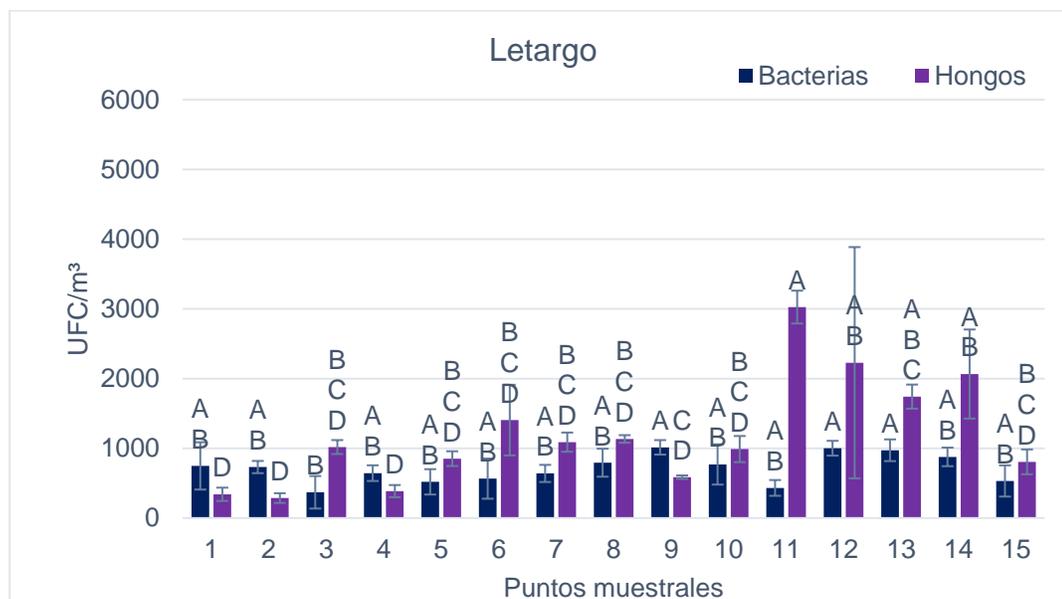
Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m²)	Dirección de vientos (9:20 - 10:21) (9:45 - 12:00)
Promedio	15.2±4.6	73.8±14.4	16.4±9.9	0.3±0.05	68.4±42.8	SSE
Máximo	25.5	87	33.8	0.8	147	NNW
Mínimo	7.3	36	1.6	0.2	1	SE

Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.

En la etapa de letargo, 2020, se realizó un muestreo el 14 de octubre, se presentó un promedio de 708±195, 1197±492 UFC/m³ en bacterias y hongos respectivamente (Figura 19). En primera instancia se puede observar una recuperación en la densidad de bacterias, ya que en las etapas anteriores del mismo año se había observado un número relativamente bajo. En hongos se observó un comportamiento similar a la etapa anterior

de caída de la hoja del mismo año. Es importante mencionar que el punto 11, los hongos vuelven a presentar una mayor variabilidad respecto a los demás puntos muestrales, y con este dato se pudo atribuir que como en la etapa de lloro 2019 una alteración del sistema de riego por goteo automatizado permite que se repita este patrón de comportamiento. Comparando de esta etapa de letargo con la misma etapa del año anterior, se logró observar una variación en las densidades poblacionales para ambos tipos de microorganismos, misma que se puede atribuir a la diferencia de 1 mes en las fechas del muestreo; así, aunque la temperatura muestra una disminución gradual de  $16.2 \pm 5.3$  °C aún no alcanza las temperaturas características de la etapa de letargo (Fernández González, 2011), la radiación registró un aumento importante de  $491 \pm 331.6$  W/m<sup>2</sup>, dicho aumento favoreció que la temperatura se mantenga en esos grados, pudiendo reflejarse en la densidad de ambos tipos de microorganismos, añadiendo también que ya no se aplicaron tratamientos de control y esto implica que pueden desarrollarse ambos tipos de microorganismos sin problema alguno (Tabla 18).

**Figura 19.** Densidad poblacional etapa de letargo 2020



*Nota.* Cada letra en cada columna representa la diferencia significativa entre muestras, obtenida de la prueba Tukey con un intervalo de significancia del 0.05. Elaboración propia

**Tabla 18.** Condiciones climáticas etapa de letargo 2020

Medidas de tendencia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad de vientos (km/h)	Precipitaciones (mm)	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )	Dirección de vientos (9:15 -
----------------------	------------------	-------------	-----------------------------	----------------------	-------------------------------------	------------------------------

	11:15) (9:15 - 11:15)					
Promedio	16.2±5.3	69.4±17	15±9.8	0.2±0.01	491±331.6	NNE
Máximo	25.8	88	43.5	0.2	987	N
Mínimo	4.7	17	1.6	0.01	1	*

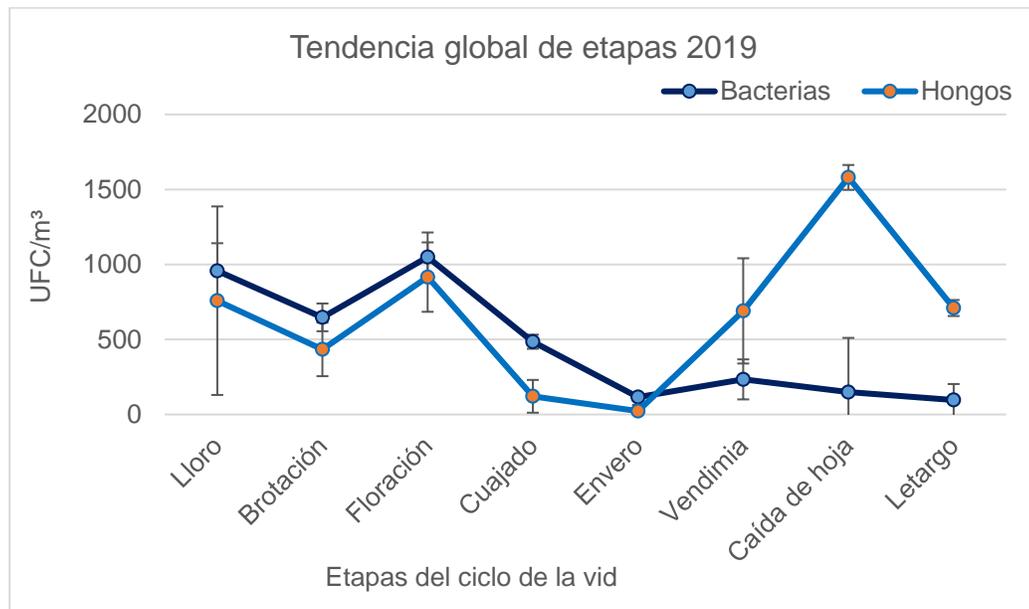
*Se presentan promedios con desviación estándar, dato máximo y mínimo. En lo que se refiere a la dirección de los vientos se anota N=North, S=South, E=East y W=West y las combinaciones de ellos.*

Para poder observar el comportamiento de las etapas durante el periodo 2019-2020, se presentó de manera conjunta la tendencia de estas etapas para cada año muestreado, utilizando los promedios de bacterias y hongos con sus respectivas desviaciones estándar.

En la figura 20 de tendencia poblacional 2019, se observa el comportamiento de bacterias y hongos, el cual es muy similar en las 5 primeras etapas (lloro ( $957 \pm 628$ ,  $759 \pm 185$  UFC/m<sup>3</sup>), brotación ( $647 \pm 178$ ,  $434 \pm 92$  UFC/m<sup>3</sup>), floración ( $1049 \pm 231$ ,  $916 \pm 164$  UFC/m<sup>3</sup>), cuajado ( $485 \pm 109$ ,  $121 \pm 47$  UFC/m<sup>3</sup>), y envero ( $116 \pm 41$ ,  $23 \pm 18$  UFC/m<sup>3</sup>). A partir de la floración hubo un decremento poblacional, llegando a una densidad mínima en envero. Posterior a la etapa de envero, se puede observar un comportamiento distinto entre ambos tipos de microorganismos, en el cual las bacterias se mantienen por debajo de las 250 UFC/m<sup>3</sup> en las 3 etapas restantes del ciclo (vendimia ( $234 \pm 351$  UFC/m<sup>3</sup>), caída de la hoja ( $149 \pm 83$  UFC/m<sup>3</sup> y letargo ( $96 \pm 53$  UFC/m<sup>3</sup>), esto atribuido a los tratamientos de control. En cambio, los hongos aumentan de un promedio de  $23 \pm 18$  UFC/m<sup>3</sup> en envero,  $691 \pm 133$  UFC/m<sup>3</sup> en vendimia (aún con la aplicación de tratamiento fungicida el 17/07/2019; hasta  $1580 \pm 362$  UFC/m<sup>3</sup> en la etapa caída de la hoja, esto se atribuye a la ausencia de aplicación de tratamientos de control fúngico en ese periodo (Figura 2). Finalmente, en la etapa de letargo se observa una disminución de promedio a la mitad ( $710 \pm 107$  UFC/m<sup>3</sup>) al de la etapa de caída de la hoja, este cambio se atribuyó a que la temperatura comienza a disminuir, sin llegar a las condiciones registradas para la etapa de dormancia (Fernández González, 2011), esta disminución de temperatura también puede limitar el desarrollo de hongos. Esta conducta en la tendencia 2019 se puede atribuir de cierta manera a las condiciones climáticas de ese año, promedios temperatura ( $17.5$  °C), humedad relativa (59.9 %), velocidad del viento (13.8 km/h), radiación solar ( $350.9$  W/m<sup>2</sup>) y precipitaciones (0.2 mm) que son las que marcan el desarrollo de las

etapas fenológicas de la vid y la actividad poblacional de bacterias y hongos. También, la aplicación de tratamientos de control tuvo interacción con la densidad poblacional tanto de bacterias y hongos. El desarrollo de las etapas de ciclo de la vid mostró un comportamiento característico del ciclo de la vid.

**Figura 20.** Tendencia global de etapas 2019

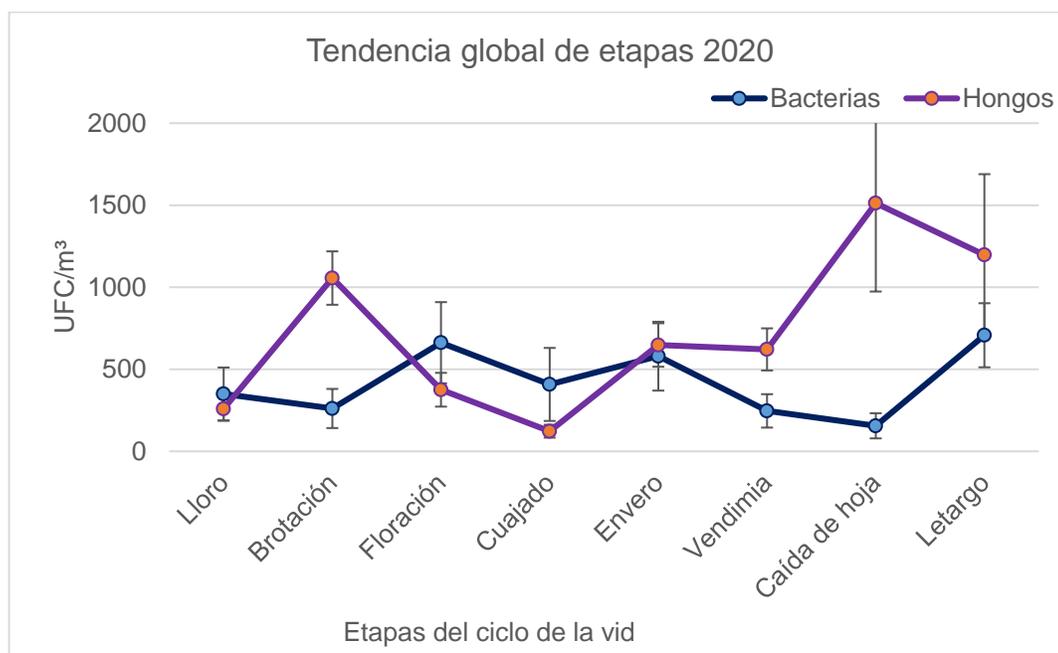


*Nota.* Cada uno de los puntos en el gráfico representa los promedios totales de los triplicados de los 15 puntos muestrales en las etapas con su respectiva desviación estándar. Elaboración propia

En la figura 21 se observa la tendencia poblacional, durante la etapa de lloro (2020), como se puede observar la cantidad de bacterias y hongos ( $350 \pm 161$ ,  $259 \pm 73$  UFC/m<sup>3</sup>) fue 3 veces menor a la observada en la misma etapa en 2019. Después, en la etapa de brotación, se ve una diferencia significativa entre el conteo de bacterias y hongos. Este cambio se atribuye a la aplicación del tratamiento de alga y lombricomposta que en su formulación contiene microorganismos eficaces para control biológico, el día 01/03/2020 (Figura 2) afectando principalmente el desarrollo de bacterias (Villarreal-Delgado et al., 2018). Por otra parte, los hongos aumentaron por efecto de la temperatura promedio de 18.3 °C, máximo 29.3 °C, mínimo 8.4 °C y presencia de precipitaciones 0.6 mm (Figura 2), dichas condiciones favorecieron el desarrollo de hongos. En las etapas siguientes de floración ( $662 \pm 247$ ,  $376 \pm 103$  UFC/m<sup>3</sup>), cuajado ( $408 \pm 222$ ,  $123 \pm 39$  UFC/m<sup>3</sup>) y envero ( $580 \pm 210$ ,  $648 \pm 133$  UFC/m<sup>3</sup>) no se presentó una diferencia significativa entre ellas,

tomando en consideración que se ajustan sus desviaciones estándar, pero es importante mencionar que desde la etapa de cuajado comienzan a aplicarse tratamientos de control (1 de alga y lombricomposta); en la etapa de envero se realizan 2 aplicaciones más (1 de alga y lombricomposta y 1 de cúmulos de azufre y cobre). Después de envero, se observa un comportamiento diferente en las densidades tanto para bacterias y hongos. En las bacterias se presenta un promedio no mayor a 250 UFC/m<sup>3</sup> en vendimia y caída de la hoja, pero repunta a un promedio de 708 UFC/m<sup>3</sup> en la etapa de letargo. Por otro lado, los hongos en vendimia (621±128 UFC/m<sup>3</sup>) se mantuvieron en un promedio similar al envero (648±133 UFC/m<sup>3</sup>), para luego aumentar su promedio hasta 1580±539 UFC/m<sup>3</sup> en la etapa de caída de la hoja, siendo este el punto más alto de todas las etapas de este ciclo y finalmente disminuyó a 1197±492 UFC/m<sup>3</sup> en la etapa de letargo atribuido a que las temperaturas comienzan a descender gradualmente hasta llegar a las condiciones invernales en las que la planta duerme. La conducta que mostró esta gráfica de tendencia se atribuye principalmente a las condiciones climáticas de este último año de muestreo (promedios de temperatura 18 °C), humedad relativa (66.1 %), velocidad del viento (15.5 km/h), radiación solar (252.3 W/m<sup>2</sup>) y precipitaciones (0.6 mm) que marcaron más la relación de densidad poblacional de hongos vs temperatura principalmente en la etapa de brotación y caída de la hoja. También se observó el efecto de la aplicación de los tratamientos de control biológico que influyeron en el desarrollo de ambos tipos de microorganismos. De acuerdo a las fechas de muestreo, el ciclo de la vid para este año 2020 mostró un corrimiento de un mes en sus etapas a partir de la vendimia, aparentemente presentándose más corto en comparación con el ciclo 2019.

**Figura 21.** Tendencia global de etapas 2020



*Nota.* Cada uno de los puntos en el gráfico representa los promedios totales de los triplicados de los 15 puntos muestrales en las etapas con su respectiva desviación estándar. Elaboración propia

Los datos obtenidos de las densidades poblacionales se correlacionaron con las condiciones climatológicas presentes durante el periodo total de muestreo. Con la finalidad de conocer los índices más relevantes que influyen en la variabilidad de los resultados en la densidad poblacional de cada una de las etapas muestreadas se realizó un análisis mediante la correlación de Pearson; la variable dependiente definida como la densidad poblacional y como variables independientes se tomaron, etapa del ciclo de la vid, temperatura media, mínima y máxima, humedad relativa, velocidad de vientos, precipitaciones y radiación solar, estos datos se presentan en la Tabla 19 para el año 2019 y en la Tabla 20 para el año 2020.

Las correlaciones entre la densidad poblacional de bacterias y hongos, con las variables climatológicas mostraron diferencias interanuales. Las variables climáticas como el promedio de radiación solar en 2019 de 350.9 W/m<sup>2</sup> registró una disminución del 30% en el promedio 2020 (252.3.175 W/m<sup>2</sup>), pero las demás variables como temperatura promedio, temperatura mínima, temperatura máxima, humedad, precipitaciones y velocidad de los vientos fueron ligeramente mayores en 2020. El conteo de bacterias tuvo

una correlación fuerte positiva con la radiación solar (0.78) y fuerte negativa con la humedad (-0.74) en 2019, para el 2020 se observó una correlación positiva moderada con la temperatura máxima (0.38) y fuerte negativa con la humedad (-0.65). En cambio, esta correlación con la densidad de hongos, presentó una correlación moderada positiva con la velocidad de los vientos (0.46) y una correlación moderada negativa con la temperatura mínima (-0.44) en 2019, para el 2020 se observó una correlación positiva fuerte con la humedad (0.62) y fuerte negativa con la temperatura máxima (-0.60). Es relevante comentar que cuando dos variables interactúan en la misma dirección, el coeficiente es positivo. Inversamente, cuando dos variables interactúan en direcciones opuestas, el coeficiente de correlación es negativo.

**Tabla 19.** *Correlación de Pearson para los factores climáticos contra densidad poblacional 2019 de hongos y bacterias*

<b>Variables</b>	<b>ICP Bacterias 2019</b>	<b>ICP Hongos 2019</b>
Temperatura promedio (°C)	-0.01	-0.16
Temperatura máxima (°C)	0.50	0.04
Temperatura mínima (°C)	-0.62	-0.44
Humedad (%)	-0.74	0.02
Velocidad de vientos (km/h)	-0.29	0.46
Precipitaciones (mm)	-0.39	-0.31
Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )	0.78	-0.38
Puntos muestrales	0.00	0.00
Etapas	-0.86	0.28

La gama de colores en la tabla se refiere a la correlación directa/ verde e indirecta/ salmón. Respecto a la fuerza de correlación representada por la intensidad del color (intenso/ fuerte – difuso/ débil). ICP= Índice de Correlación de Pearson.

**Tabla 20.** *Correlación de Pearson para los factores climáticos contra densidad poblacional 2020 de hongos y bacterias*

<b>Variables</b>	<b>ICP Bacterias 2020</b>	<b>ICP Hongos 2020</b>
Temperatura promedio (°C)	0.12	-0.17
Temperatura máxima (°C)	0.38	-0.60
Temperatura mínima (°C)	-0.37	0.23
Humedad (%)	-0.65	0.62
Velocidad de vientos (km/h)	0.31	-0.38
Precipitaciones (mm)	0.11	-0.27
Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )	0.04	0.51
Puntos muestrales	0.00	0.00
Etapas	0.08	0.60

La gama de colores en la tabla se refiere a la correlación directa/ verde e indirecta/ salmón. Respecto a la fuerza de correlación representada por la intensidad del color (intenso/ fuerte – difuso/ débil). ICP= Índice de Correlación de Pearson.

De manera general se puede mencionar que las variables climatológicas como radiación solar, afectó de manera positiva el desarrollo de bacterias en el año 2019, ya que se puede observar que esta variable inició en un promedio de 468.9 W/m<sup>2</sup> disminuyendo en el transcurso del año hasta finalizar en 68.4 W/m<sup>2</sup>, la humedad (61 %) también tomó una correlación negativa importante y esto afectó de igual manera el promedio en densidad de bacterias (3734 UFC/m<sup>3</sup>) comparado con la densidad del bacterias en 2020 (3371 UFC/m<sup>3</sup>), donde se presentaron condiciones diferentes como una radiación solar que inició en un promedio de 46.61 W/m<sup>2</sup> aumentando en el transcurso del año para finalizar en un valor promedio de 491 W/m<sup>2</sup>, y un 66 % de humedad promedio para ese año.

En lo que respecta a los hongos, en el año 2019, hubo un promedio de 5233 UFC/m<sup>3</sup> y en 2020 de 5793 UFC/m<sup>3</sup> y tomando en cuenta la correlación de Pearson con los factores climáticos; velocidad de los vientos tuvo una correlación moderada positiva; la temperatura mínima, radiación solar y precipitaciones con correlación moderada negativa para el 2019. Para el 2020 presentaron una correlación fuerte el porcentaje de humedad, las etapas fenológicas y la radiación solar, de manera negativa fuerte la temperatura máxima y moderada negativa la velocidad de los vientos.

Primeramente se observa que las etapas tienen una correlación negativa con las bacterias, (-0.86), esta variable junto con otros factores de manera conjunta afectan la población de hongos, por ejemplo el ciclo de la vida, donde en cada una de estas fases, existe un cambio fisiológico de la planta, desde el inicio de su actividad vegetal, surgimiento de los primeros brotes, la floración en la cual también existe interacción de diversos insectos, el cuajado y maduración de los frutos son susceptibles a ataques fúngicos y finalmente el periodo de letargo en el cual entra en su periodo de dormancia debido a las condiciones invernales. En todos estos cambios existe una constante interacción de esporas fúngicas, dispersas en el ambiente, aunado a esto, la humedad, que se presentó de 61% en 2019 y 66% en 2020, es una de las variables más importantes para que exista una actividad adecuada de hongos, por ello se marca una correlación

positiva fuerte (0.66) en 2020. En lo que se refiere a la temperatura máxima y precipitaciones, éstas son variables que marcaron una relación negativa, de esto se puede mencionar que, si la temperatura máxima llega a disminuir, puede afectar el desarrollo fúngico, en ambos años se presentó, en promedio una temperatura máxima de 28.2 °C que se puede considerar como adecuada para dicho desarrollo y esto se puede ver claramente en la densidad fúngica que superó a la de bacterias en el periodo de estudio. Las precipitaciones al presentarse bajas o nulas en algunas etapas, afectan la humedad en el ambiente y por lo tanto también el desarrollo de hongos como efecto secundario.

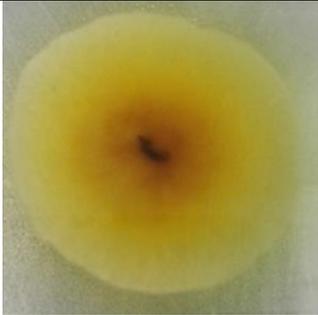
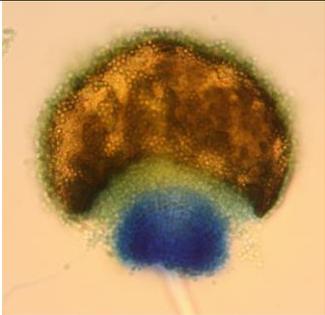
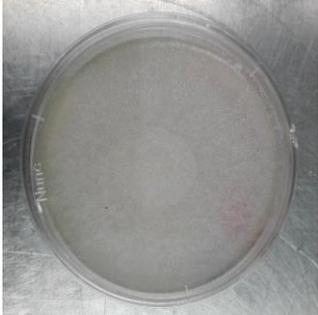
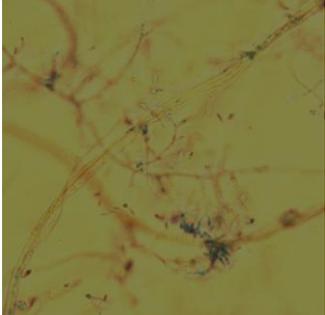
## 5.2 Identificación de los géneros fúngicos.

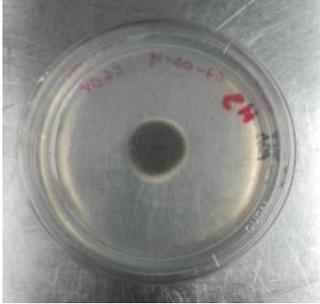
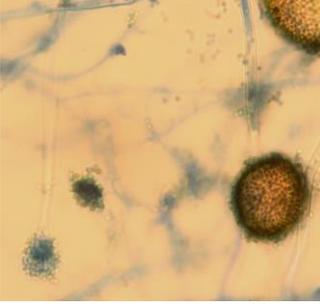
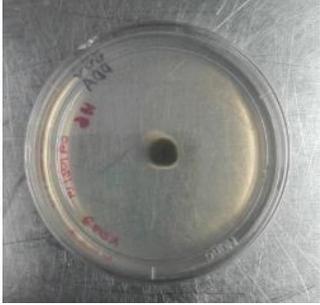
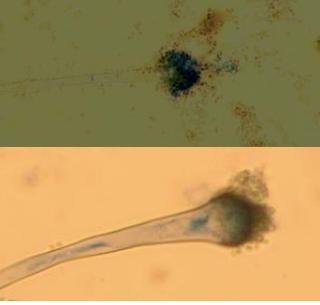
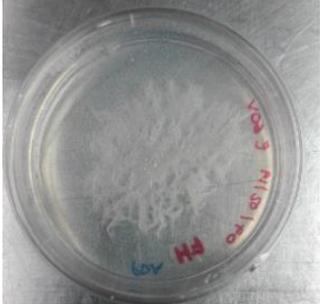
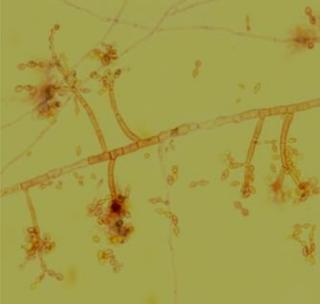
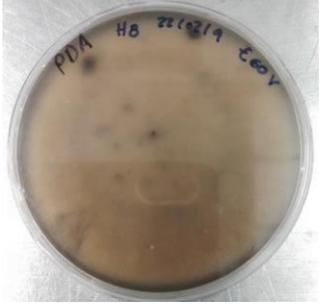
Durante el periodo de estudio, comprendido por las 8 etapas del ciclo de la vid en 2019 - 2020, se identificaron morfológicamente 30 hongos filamentosos colectados en la atmósfera del viñedo, de los cuales 13 se seleccionaron para estudiarlos y presentar información relevante de su interacción con el agrosistema. Estos hongos se presentaron con mayor abundancia durante todo el periodo de muestreo de estudio. Las características morfológicas y microscópicas que presentaron se describen en la tabla 21. De los hongos seleccionados se identificaron los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Scedosporium*, *Aureobasidium*, *Rhizopus* y *Cladosporium*. Estos géneros han sido reportados frecuentemente en vid (Wijekoon & Quill, 2021; Moubasher et al., 2016; Schmid et al., 2011; Latorre et al., 2002). *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Scedosporium*, y *Rhizopus* no se consideran patógenos, pero como hongos oportunistas pueden presentarse en diferentes cultivos (Wijekoon & Quill, 2021; Oliveira et al., 2018; García-Cela et al., 2015), en vid pueden ocasionar podredumbres, presentando síntomas en frutos después del envero, tornándose más fuerte en la etapa de vendimia, pero esta afectación depende del fruto y las condiciones climáticas; también pueden proporcionar la entrada a enfermedades fúngicas potenciales (Pinto et al., 2014).

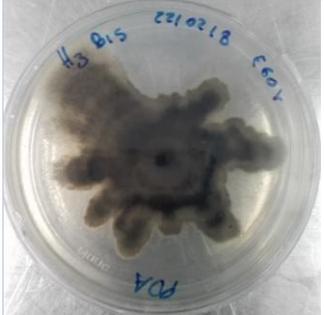
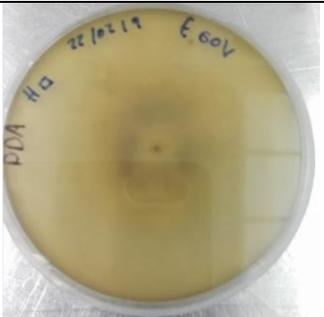
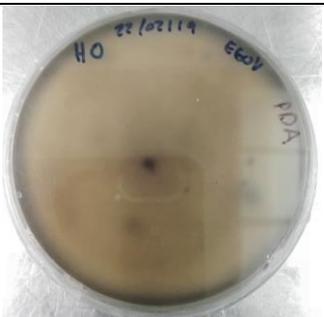
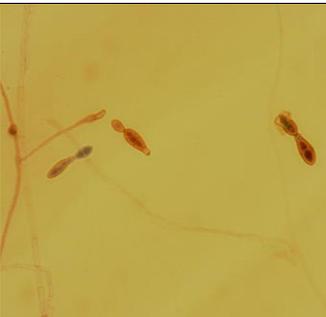
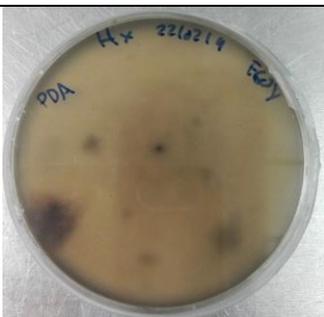
El género más abundante de hongos filamentosos fue *Aspergillus* en las diferentes etapas del ciclo de la vid en ambos años con un total de 3452 UFC/m<sup>3</sup>. Ha sido reportado como un hongo oportunista, que puede ocasionar pudrición negra, y también por la producción de Ocratoxina A (García-Cela et al., 2015). Por otro lado, estos hongos presentan beneficios como influir en las fuentes de C, N y P; así como en la producción

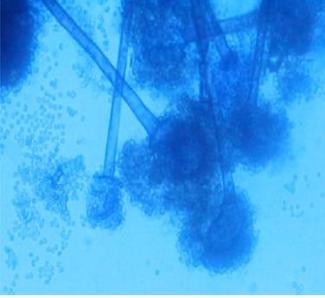
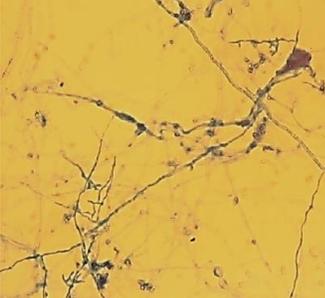
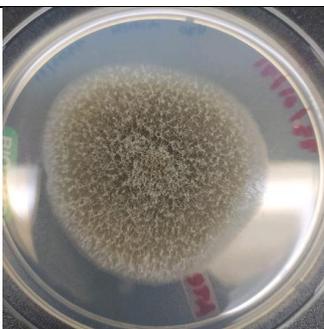
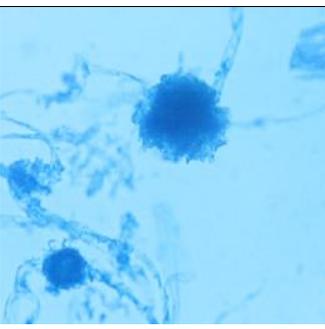
de ácidos orgánicos (Francisco et al., 2020). El género *Alternaria* como hongo endófito se caracteriza por producir metabolitos secundarios en uvas (Huang et al., 2018) así como influir en la composición química de su planta hospedera (Wijekoon & Quill, 2020). El género *Aureobasidium*, actúa como potente antagonista de diversos patógenos fúngicos, compitiendo por nutrientes, espacio y producción de enzimas degradadoras de pared celular (Kernaghan et al., 2017). También se le atribuyen componentes típicos del sabor del vino y se considera como género característico en viñedos con manejo orgánico por su capacidad de adaptarse al azufre y cobre (Schmid et al., 2011). Finalmente, los géneros *Scedosporium*, *Rhizopus* y *Cladosporium* son catalogados como hongos filamentosos que pueden generar afectaciones en vid y otros frutos (Ristiati et al., 2019; Briceño & Latorre, 2008; Latorre et al., 2002).

**Tabla 21.** Morfologías coloniales y microscópicas de hongos filamentosos más frecuentes.

Clave	Morfología macroscópica	Morfología colonial	Morfología microscópica	Morfología microscópica	Género probable
H1		Colonia 2.5 cm diámetro, anverso blanco y reverso beige, textura algodonosa micelio elevado, pigmento amarillo difusible al medio y bordes irregulares		Hongo filamentosos hialino, hifas septadas, ramificadas, con cabezas conidiales amplias (aspergilar), formada por el conidióforo que el su extremo terminal se ensancha en forma de vesícula donde van adheridos los conidios redondos	<i>Aspergillus sp.</i>  <i>Phylum</i> <i>Ascomycota</i>
H2		Colonia de 5.5 cm diámetro, anverso y reverso blanco, textura algodonosa, micelio elevado de crecimiento rápido y presenta un borde regular.		Hongo filamentosos, hialino hifas septadas, ramificadas, conidios ovalados que se presentan en pequeños grupos sobre el conidióforo.	<i>Scedosporium sp.</i>  <i>Phylum</i> <i>Ascomycota</i>

H3		Colonia de 2 cm diámetro, anverso café verdoso y reverso café oscuro, textura terrosa, superficie plana umbonada, aspecto polvoriento, aterciopelado, y borde regular. Crecimiento lento		Hongo filamentoso hialino, hifas septadas amplias, con cabezas conidiales (aspergilar) formada por conidióforo en forma de vesícula donde van adheridas las filídes, en donde se logra ver una capa de múltiples conidios redondos.	<i>Aspergillus sp.</i>  Phylum Ascomycota
H6		Colonia de 1.3 cm diámetro, anverso café oscuro, reverso negro, textura terrosa, superficie umbonada, aspecto aterciopelado, consistencia firme y borde regular. Crecimiento lento		Hongo filamentoso hialino, hifas septadas amplias, cabeza aspergilar formada por conidióforo en forma de vesícula donde van adheridas las filídes, en donde se logra ver una capa de múltiples conidios redondos.	<i>Aspergillus sp.</i>  Phylum Ascomycota
H7		Colonia de 3.8 cm diámetro, blanco al anverso y reverso, oscureciéndose posteriormente, textura, cremosa, superficie plana, estructura filamentosa y borde irregular.		Hongo fuliginoso, micelio septado, en la parte superior de las hifas ramificadas se presentan las filídes donde se producen los conidios en forma de gota.	<i>Cladosporium sp.</i>  Phylum Ascomycota
H8		Colonia de 5.5 cm diámetro, anverso blanco con puntos negros al centro, reverso beige oscuro – café como resultado del pigmento, textura algodonosa, superficie plana, borde regular.		Hongo fuliginoso, micelio septado, conidios con pared rugosa, conidios únicos o en cadena de 3, de forma ovoide o de gota, septados vertical y horizontalmente.	<i>Alternaria sp.</i>  Phylum Ascomycota

H11		<p>Colonia de 2.5 cm diámetro, anverso y reverso negro, textura aterciopelada, superficie plana, aspecto polvoso, partiendo de un gris a negro difuminado, consistencia firme y borde irregular.</p>		<p>Hongo hialino, filamentoso, hifas septadas, con cabeza aspergilar amplia ovalada, formada por el conidióforo, vesícula donde van adheridas las fiálides y en la parte superior de ellas la producción de conidios.</p>	<p><i>Aspergillus sp.</i>  Phylum Ascomycota</p>
H12		<p>Colonia de 3.5 cm diámetro, anverso beige al centro un poco más oscuro, reverso beige oscuro por pigmento, textura algodonosa, superficie plana, borde regular.</p>		<p>Hongo fuliginoso, micelio septado, conidios con pared rugosa, conidios únicos o en cadena de 2 a 4, de forma ovoide o de gota, septados vertical y horizontalmente.</p>	<p><i>Alternaria sp.</i>  Phylum Ascomycota</p>
H13		<p>Colonia de 3.5 cm diámetro, anverso verdoso en el centro y periferia color blanco, reverso blanco, textura algodonosa, superficie plana, consistencia firme y borde irregular</p>		<p>Hongo fuliginoso, micelio septado, conidios con pared rugosa, conidios únicos o en cadena de 2, de forma ovoide o de gota, septados horizontalmente.</p>	<p><i>Alternaria sp.</i>  Phylum Ascomycota</p>
H15		<p>Colonia de 4 cm diámetro, anverso blanco y reverso beige, textura algodonosa, superficie plana, consistencia firme, borde irregular.</p>		<p>Hongo fuliginoso, micelio septado, conidios con pared rugosa, conidios únicos o en cadena de 3, de forma ovoide o de gota, septados vertical y horizontalmente.</p>	<p><i>Alternaria sp.</i>  Phylum Ascomycota</p>

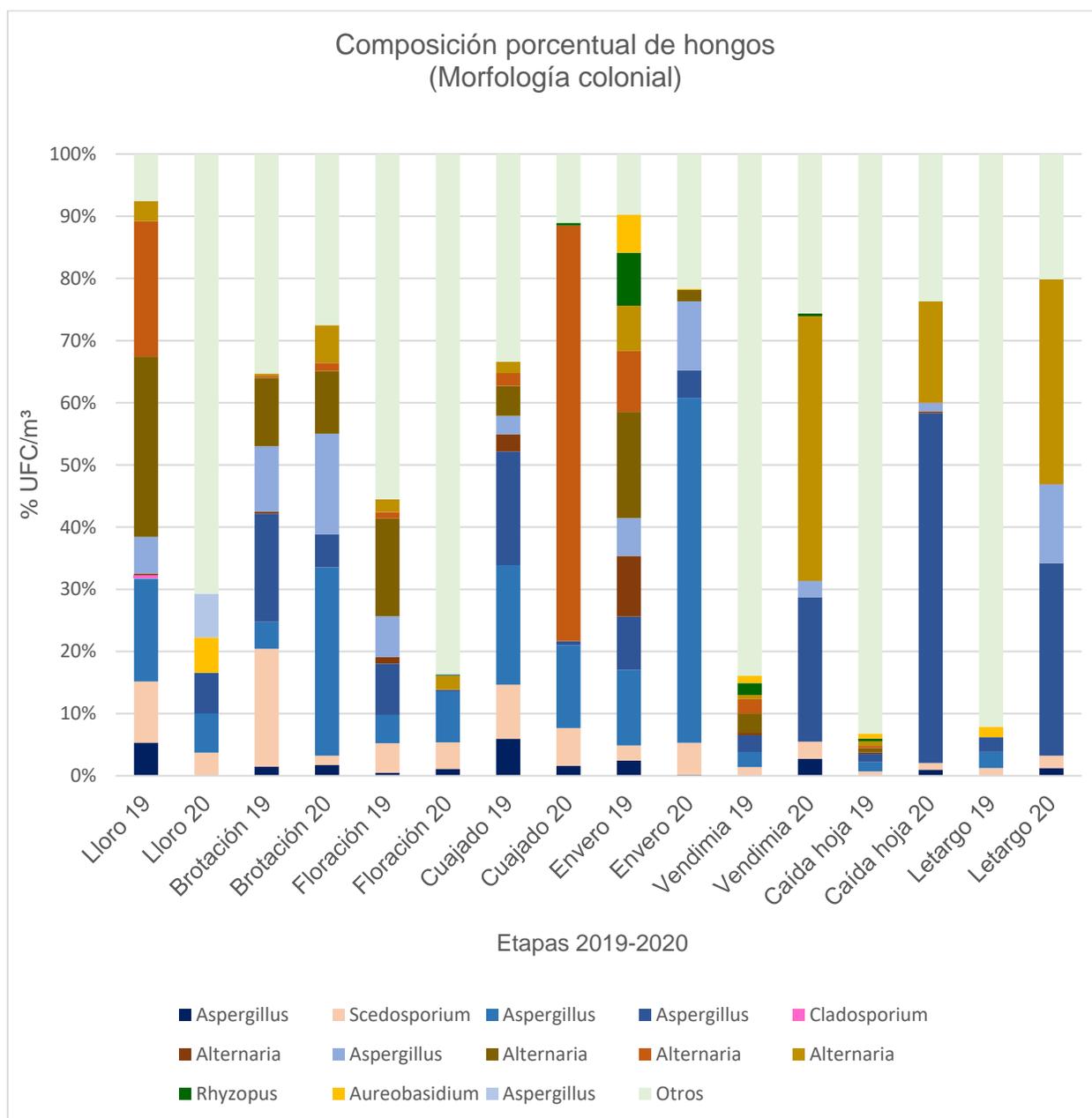
H20		Colonia de 4.5 cm diámetro, anverso blanco a gris y reverso gris, textura algodonosa y densa, superficie elevada, borde irregular. De rápido crecimiento		Hongo filamentoso, con esporas globosas a ovaladas, incoloras, micelio cenocítico, se elevan a esporangióforos rectos donde finalizan con esporangios oscuros.	<i>Rhizopus sp.</i>  Phylum <i>Mucoromycota</i>
H21		Colonia de 3.5 cm diámetro, anverso blanco beige y café al paso del tiempo, reverso blanco beige, textura pulverulenta superficie plana, borde irregular.		Hongo teleomorfo, levaduriforme y micelar. Produce conidios primarios y secundarios. con esporas que salen de las hifas (clamidiosporas)	<i>Aureobasidium sp.</i>  Phylum <i>Ascomycota</i>
H30		Colonia de 4 cm diámetro, anverso negro y reverso negro, textura algodonosa, superficie elevada, consistencia suave, borde irregular.		Hongo hialino, filamentoso, hifas septadas, con cabeza aspergilar amplia ovalada, formada por el conidióforo, vesícula donde van adheridas las filíides y en la parte superior de ellas la producción de conidios.	<i>Aspergillus sp.</i>  Phylum <i>Ascomycota</i>

### 5.3 Frecuencia relativa de los géneros fúngicos identificados.

Con los datos obtenidos, se cuantificó la densidad poblacional, así como los géneros que se identificaron morfológicamente y microscópicamente. En la Figura 22 se presentan los porcentajes de UFC identificadas por morfologías. Se seleccionaron un total de 13 hongos que presentaron frecuencia importante en el periodo de las etapas muestreadas 2019-2020, pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Scedosporium*, *Aureobasidium*, *Rhizopus* y *Cladosporium*, que prevalecieron en la mayoría de las etapas en ambos años. Los hongos menos frecuentes o no clasificados se registraron como

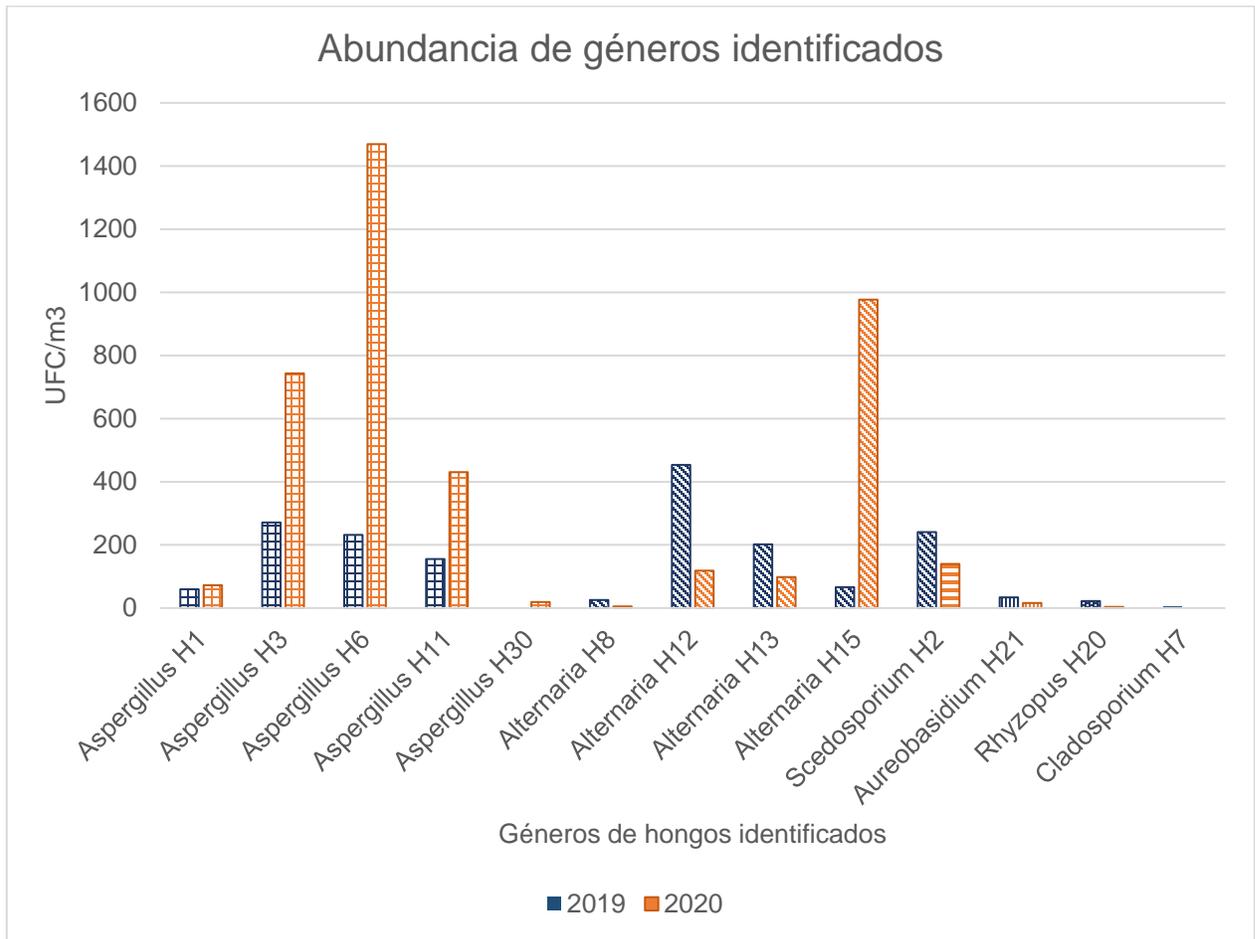
“otros”. También se observó que cuando existe menor variedad de géneros, se identifica un mayor porcentaje, caso contrario cuando existe más variedad, es poco el número de géneros dominantes que se logran identificar. En la figura 23 podemos observar claramente que los géneros más abundantes fueron *Aspergillus* y *Alternaria* en 2019 y 2020, pero de manera particular en el 2019 el género *Alternaria* con el cultivo con clave H12 fue el más abundante y en 2020 el género *Aspergillus* con el cultivo con clave H6, seguido del género *Alternaria* con clave H15.

**Figura 22.** Frecuencia de hongos por etapas 2019 – 2020 identificados por morfología colonial



*Nota.* Del total de UFC/m<sup>3</sup> cuantificados, se asignaron los respectivos porcentajes a cada uno de los géneros identificados de acuerdo a sus características morfológicas en cada una de las etapas fenológicas del ciclo de la vid 2019 – 2020.

**Figura 23.** Abundancia por tipo de géneros identificados



*Nota.* Se presentan los géneros fúngicos por abundancia, tomados del total de UFC/m<sup>3</sup> cuantificados en cada etapa fenológica del ciclo de la vid 2019 – 2020. También se registra la nomenclatura usada al aislarlos para dar seguimiento a cada uno de ellos en todo el proceso de análisis.

## 6 DISCUSIÓN

Los estudios aerobiológicos son importantes para comprender el comportamiento, distribución y dispersión de la microbiota aérea en cultivos de importancia (Almaguer-Chávez, 2016). A través de la evaluación aerobiológica es posible la predicción de enfermedades que inciden en cultivos como vid y contribuir de esta manera a un control fitosanitario adecuado (Fernández González, 2011).

Existen diversos factores que pueden influir en la densidad poblacional de microorganismos en los agrosistemas de vid. Las características geográficas, entre ellas altitud, inclinación del terreno y tipo de superficie; así como la influencia del ambiente circundante como si se encuentra rodeado por montañas, árboles, construcciones o poblaciones generan barreras físicas que evitan el paso de corrientes de aire que transportan inóculo consigo (Boso et al., 2019).

La variedad de la vid también es un factor a tomar en cuenta, porque puede influir en la distribución de comunidades fúngicas por características como tamaño de bayas y tamaño del racimo, la compactación del mismo, grosor de la piel de la uva, la concentración de azúcares y ácidos que caracterizan una variedad en particular (Cureau et al., 2021). Cortiñas-Rodríguez et al., 2020 mencionaron en su estudio realizado en 2 viñedos en España que algunas variedades son más susceptibles (Mencía) que otras (Godello) a infecciones fúngicas frecuentes.

Por otra parte los tratamientos que se aplican para control microbiano sean convencional u orgánico (Schmid et al., 2011), pueden afectar de igual manera la densidad y diversidad de bacterias y hongos benéficos o patógenos (Wijekoon & Quill, 2021; García-Cela et al., 2015).

Cabe considerar, que las condiciones climáticas como temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial favorecen el desarrollo de hongos, pero las investigaciones previas se enfocan más a los patógenos potenciales en viñedos (Martínez-Bracero et al., 2019; Gessler et al., 2011)

El presente estudio investigó la densidad poblacional de hongos y bacterias cultivables, dispersas en la atmósfera de un viñedo queretano. Se presentaron diferentes densidades durante el transcurso de las principales etapas del ciclo de la vid, se registró un promedio

total de bacterias y hongos de  $8967 \pm 435$  UFC/m<sup>3</sup> en 2019 y  $9164 \pm 394$  UFC/m<sup>3</sup> en 2020. En comparación con lo reportado por Schmid et al., 2011 en donde se realizó un estudio funcional y estructural de la diversidad microbiana en viñedos tratados de manera convencional y orgánica, registraron los microhábitats superficiales altamente colonizados por microorganismos hasta  $5.1 \times 10^5$  UFC para bacterias y  $2 \times 10^5$  UFC en hongos, también observaron una diferencia significativa de la diversidad microbiana entre viñedos convencionales y orgánicos. Por otra parte Li & Huang, 2006 reportan un rango de 229 a 2442 UFC/m<sup>3</sup> para bacterias y 145 a 1819 UFC/m<sup>3</sup> para hongos por métodos de cultivo en sitios exteriores, para realizar una comparación de sus datos de monitoreo de la concentración viable total de bioaerosoles en ambientes interiores y exteriores obtenidos por la técnica de epifluorescencia microscópica con flourocromos (EFM/FL) utilizaron 4 tintes fluorescentes.

Martínez-Bracero et al., 2019 por su parte, evaluaron la presencia de esporas fúngicas de *Erysiphe necator*, *Botrytis cinerea*, y *Plasmopara viticola* en viñedos del sur de España, reportando resultados de concentración de los años 2015 al 2017 un total de 1041, 2643, y 2108 esporas/m<sup>3</sup> obtenidos con un muestreador tipo Hirst, y complementando resultados con 4 captadores pasivos donde obtuvieron un promedio total de 519, 1555 y 384 esporas/m<sup>3</sup> para cada hongo en 2015, 2016 y 2017, respectivamente.

En otro estudio, Boso et al., 2019 observaron las condiciones climáticas que influían en la diversidad genética de poblaciones de *Plasmopara viticola* en viñedos de la zona Noroeste de España en los meses de mayo, junio y julio, tomando en cuenta la presencia de infección primaria y secundaria del hongo de interés. Reportaron esporangios en el aire/1.57 mm<sup>2</sup> en campo visual a 200x obtenidos con 2 muestreadores aéreos tipo trampas de vidrio pegajoso en cada parcela a 2 diferentes alturas (1 m y 2 m). Los resultados obtenidos en el viñedo A fueron de  $317 \pm 13.55$  esporas, viñedo B  $638 \pm 9.91$  esporas, viñedo C  $257 \pm 8.20$  esporas y viñedo D  $1130 \pm 20.20$  esporas/campo luminoso al microscopio, para el promedio de los meses de mayo, junio y julio, y también relacionaron esta densidad con los factores climáticos como temperatura, humedad relativa y precipitaciones, de la cual concluyen que las condiciones en la parcela C fueron las más favorables para crecimiento de hongos con humedad relativa 70 – 75 %, precipitación 62.2 – 105.2 mm y temperatura máxima <27 °C.

Por otro lado, Moubasher et al., 2016 en un estudio aerobiológico en Assiut, Egipto realizaron un muestreo de 3 cultivos de cítrico y 3 viñedos, reportaron un promedio total de 14149 UFC/m<sup>3</sup> de hongos en viñedos, obtenidos por placas con 2 medios distintos, expuestas por 5 minutos a una altura de 60 cm de la superficie durante las mismas horas del día (10 am – 2 pm) en cada uno de los 6 sitios por un periodo de 6 bimestres (abril 2008 – febrero 2009).

Haciendo una comparación de la cantidad de hongos reportados en los estudios antes mencionados con las obtenidas en nuestro estudio, se registró una concentración baja, no mayor a 5900 UFC/m<sup>3</sup> para ambos años muestreados (2019 – 2020). En el estudio de Moubasher et al., 2016 se encontraron cuentas de hasta 14149 UFC/m<sup>3</sup> para un año muestral, al utilizar una metodología semejante a la de este trabajo, sin embargo, muestrearon a una altura de 60 cm, mientras que en nuestro trabajo el muestreo se realizó a 160 cm de altura para que no se produjera interacción directa con inóculo del suelo. De este modo es relevante comentar que la altura a la que ellos colocaron sus muestreadores, en donde la microbiota del suelo pudo aumentar la captación aérea, debido a la cercanía. Por otra parte, contrastando los datos del presente estudio con los registrados por Boso et al., 2019 que reportaron un promedio total de 2612±51.86 esporas/1.57 mm<sup>2</sup> campo visual a 200x para el periodo total de 3 meses (mayo, junio y julio), aunque utilizaron un método de muestreo similar, es complicado hacer una comparación, ya que ellos tuvieron un enfoque particular a 3 géneros fúngicos patógenos potenciales, el tratamiento de las muestras y resultados fue distinto, sólo se puede tomar como referencia que sí hubo una densidad poblacional mayor de esporas en su muestreo trimestral en 2014, respecto a la densidad poblacional diversa en nuestro estudio de 2 años. Finalmente en el estudio de Martínez-Bracero et al., 2019 reportaron un promedio total de 5742 esporas/m<sup>3</sup> obtenidas por un captador tipo Hirst y otro promedio total de 2458 esporas/m<sup>3</sup> a través de captadores pasivos para el periodo total de 3 años. Estos resultados sí pudieran compararse con los obtenidos en nuestro trabajo y esto debido a que utilizaron muestreadores similares, su estudio registró un periodo de 3 años completos tomando en cuenta también las etapas fenológicas principales del ciclo de la vida. De esta comparación se puede observar que nuestros datos fueron promedios totales de 5233 y 5793 UFC/m<sup>3</sup> para hongos en 2019 y 2020 respectivamente y el promedio que

ellos registraron fue de 5742 esporas/m<sup>3</sup> y 2458 esporas/m<sup>3</sup> para 3 años, pero sólo enfocado a 3 hongos patógenos, en caso de haber presentado toda la diversidad fúngica, hubieran tenido una densidad mayor para cada uno de los años.

Cabe resaltar que aunque se han realizado varios estudios aerobiológicos en viñedos de diferentes zonas del mundo como España (Boso et al., 2019; Albelda et al., 2005), Argentina (Oyuela Aguila et al., 2019), Portugal (Oliveira & Cunha, 2015), Egipto (Moubasher et al., 2016) por mencionar algunos, No hay homogeneidad al momento de realizar una comparativa de los datos obtenidos, primero por las variedades cultivadas en esas regiones. En el trabajo de Cureau et al., 2021 realizaron un estudio del impacto de la variedad en el cultivo de uva para vinificar, empleando las variedades Cabernet Sauvignon, Zinfadel, Carlos y Noble muscadinas, Cintiana y Vignoles híbrida, sus resultados sugirieron que la distribución de la comunidad fúngica y abundancia relativa si fue influenciada por la variedad, por el año y localización en diferente medida. La variedad Cabernet Sauvignon es reportada por Briceño & Latorre, 2008, que presenta una susceptibilidad al género *Cladosporium* en viñedos chilenos. Oliveira & Cunha, 2015 realizaron un estudio en 4 viñedos en Portugal, en los cuales evaluaron la contaminación de *Erysiphe necator* en las diferentes variedades cultivadas en esos viñedos, siendo Guoveio la más sensible a este hongo patógeno. García-Cela et al., 2015 realizaron un estudio de viñedos del norte y sur de España, muestrearon diferentes tipos de vid, pero las variedades Zalema y Chelva cultivadas en el sur, presentaron mayor infección por *Aspergillus*, mientras que la variedad Pinot registró menor infección.

Otro factor que dificulta la comparación de los datos de densidad microbiológica se atribuye al manejo convencional y el orgánico en viñedos. En el estudio de Schmid et al., 2011 realizaron una evaluación de la diversidad microbiana y los efectos del manejo convencional y orgánico en agrosistemas de *Vitis vinifera* registrando diferencias significativas en los recuentos de UFC de hongos filamentosos y levaduras, también un potencial antifitopatogénico mayor en muestras de manejo orgánico. Por otra parte, Longa et al., 2017 tenían como objetivo investigar los efectos del manejo biodinámico con o sin abono verde comparándolo con el manejo orgánico, sobre la microbiota de viñedos; en sus resultados mostraron una similitud en la diversidad y composición microbiana asociadas a ambos sistemas agrícolas.

Otro segmento de variabilidad es representado por las diferentes metodologías utilizadas de muestreo aéreo activos o pasivos (Pasquarella et al., 2000), conocimiento general o particular de la biodiversidad y finalmente el microorganismo de interés, como bacterias, levaduras y hongos filamentosos, que son las características que se toman en cuenta al desarrollar un método de captación y tratamiento de los datos (Haig et al., 2016).

En relación con el tema de la diversidad microbiológica del agrosistema principal de este estudio. Pinto et al., 2014 caracterizaron ampliamente el microbioma de la vid y mencionan que la abundancia de géneros eucariotas y procariotas juegan un papel importante en la biodiversidad de viñedos, que algunos pueden ser beneficiosos y presentar antagonismo a otros microorganismos patógenos.

En el presente trabajo se identificaron 13 hongos con morfología colonial y microscópica, que se presentaron con alta frecuencia durante el periodo 2019 – 2020. Se captaron utilizando la técnica de deposición en placas Petri. Dentro de los géneros fúngicos identificados de importancia en la atmósfera del agrosistema de vid fueron mayoritariamente *Aspergillus* sp. (3452 UFC/m<sup>3</sup>) y *Alternaria* sp. (1946 UFC/m<sup>3</sup>), seguido de *Scedosporium* sp., *Aureobasidium* sp., *Rhizopus* sp. y *Cladosporium* sp. en menor proporción. Los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Scedosporium*, y *Rhizopus* han sido reportados frecuentemente en agrosistemas de vid (Huang et al., 2018; Moubasher et al., 2016; García-Cela et al., 2015; Latorre et al., 2002), también se han descrito como oportunistas que pueden presentarse en diferentes cultivos. En un estudio realizado por Encina y Piontelli L., 2009 en diferentes lugares de Chile, reportaron a *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Alternaria* y *Rhizopus* en pruebas a tomates sanos. Sessa et al., 2016 realizaron un estudio en Uruguay para conocer la microbiota fúngica de cultivos frutales de durazno, pera, manzana y arándano de esa zona, reportando a *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium* como hongos endófitos en mayor presencia. Valle-Aguirre et al., 2016 reportaron *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus* y *Cladosporium* para cultivo de aguacate en México; Almaguer et al., 2008 reportaron al género *Alternaria* como fitopatógeno en cultivos de arroz en Cuba. En un estudio más actual Larran et al., 2016 encontraron a *Alternaria* como hongo endófito, que no causó síntomas de patogenicidad en plantas de trigo inoculadas. Noriega Cantú et al.,

2017 realizaron un estudio en un huerto de mango Ataulfo en Guerrero, México, en el cual registraron a *Cladosporium* como un género con mayor población de esporas.

En vid, alguno de estos hongos como *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus* (Velázquez-Del Valle et al., 2008), *Cladosporium* (Briceño & Latorre, 2008) puede ocasionar podredumbres fúngicas, la gravedad de ellas depende de la constitución y madurez del racimo, temperatura, humedad y otros factores.

Los géneros que más sobresalieron respecto a la frecuencia relativa, mostrando densidad poblacional alta fueron los géneros *Aspergillus* y *Alternaria*, estos géneros son similares a lo que han reportado en investigaciones previas, registrando la abundancia de estos géneros dispersos en diferentes ambientes (Sánchez Espinosa et al., 2019; Valle-Aguirre et al., 2016; Oliveri et al., 2017). Se podría decir que estos dos géneros fueron los dominantes en la diversidad fúngica en los dos años del periodo muestral.

El género *Aspergillus* fue el más común en las diferentes etapas del ciclo de la vid en ambos años con un total de 3452 UFC/m<sup>3</sup>. Ha sido reportado como una especie oportunista, también causante de pudrición negra, y también por la producción de Ochratoxina A (García-Cela et al., 2015), como endófito asintomático puede afectar al maíz y cacahuate por su característica de producir micotoxinas (ocratoxinas) causando daño al ganado, aves de corral y al ser humano al consumirlos, generalmente a las variedades de este género se les considera patógenos post cosecha (Palencia et al., 2010), estas ocratoxinas se han detectado en sangre humana, alimentos, bebidas, cereales, semillas, frutos secos, café, leche, cerveza y en vino (Medina et al., 2005). Hongos del género *Aspergillus* también presentan actividad fermentativa, por la cual se pueden obtener ácidos orgánicos como el ácido cítrico (López Ríos et al., 2006).

En la vid, los hongos *Aspergillus*, pueden ocasionar podredumbres ácidas, presentando síntomas desde la maduración hasta postcosecha (Latorre et al., 2002). Contrario a esto, los organismos endófitos de este género influyen en la fuentes de C, N y P, en la producción de ácidos orgánicos, mostrando aplicaciones biotecnológicas diferentes a su uso en procesos fermentativos (Francisco et al., 2020). Además, se registró que la cepa C2J6 de *Aspergillus niger* en uvas es capaz de producir resveratrol (Liu et al., 2016).

El género *Alternaria* es un género muy común, con especies saprofitas, endofíticas y patógenas distribuidas en suelo y materia orgánica en descomposición (Pavón Moreno et al., 2012). Los géneros endófitos de *Alternaria* pueden producir metabolitos secundarios en uvas (Huang et al., 2018), algunos de estos metabolitos de bajo peso molecular pertenecientes a la familia de las dicetopiperazinas, como el ciclo (L-fenilalanina-trans-4-hidroxi-L-prolina), ciclo (L-leucina-trans-4-hidroxi-L-prolina) y ciclo (L-alanina-trans-4-hidroxi-L-prolina) tienen efecto contra mildiú velloso (Musetti et al., 2007), así como la influencia en la composición química de su planta hospedera (Wijekoon & Quill, 2021), en la relación entre *Alternaria* y otras especies de plantas, incluidas uvas silvestres se encontró la producción del flavonoide polifenólico resveratrol, al que se le atribuyen muchos beneficios a la salud (Dwibedi & Saxena, 2019).

Por otro lado, *Aureobasidium* es considerado un hongo endófito de la vid que se presenta mayormente en viñedos tratados de manera orgánica, por su capacidad de interactuar con azufre y desintoxicar cobre, que son la base de los tratamientos permitidos en este manejo (Schmid et al., 2011). El género *Aureobasidium* puede producir pululanasa, amilasas, celulasas, lipasas, proteasa alcalina, xilanasas, mananasa, proteínas con importantes aplicaciones biotecnológicas, también se ha considerado como un agente de control eficaz contra las enfermedades post cosecha. Algunas cepas (SL250 y SL236) cuentan con propiedades de biocontrol contra *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonier* y *Aspergillus niger* en la uva y en tomate, (Chi et al., 2009). Actúa como potente antagonista de diversos patógenos fúngicos, compitiendo por nutrientes, espacio y producción de enzimas degradadoras de pared celular (Kernaghan et al., 2017). También se le atribuyen componentes típicos del sabor del vino (Schmid et al., 2011). No está de más comentar que en el viñedo en el que nosotros aplicamos este trabajo, se da un manejo orgánico, que puede manifestarse con la presencia de este género de gran importancia biotecnológica.

El género *Cladosporium* se ha presentado como un hongo oportunista, que puede causar pudrición, y es una enfermedad común en viñedos chilenos, particularmente en la variedad Cabernet Sauvignon y otras variedades tintas (Briceño & Latorre, 2008). Como hongo endófito tiene un rol en producción de metabolitos bioactivos como la enzima L-asparaginasa que es utilizada en tratamientos de primera línea de leucemia linfoblástica

aguda (Hatamzadeh et al., 2020). En nuestro estudio, este género en particular fue el más bajo en densidad poblacional, y respecto a que es más afín a las variedades tintas, sí presentó un comportamiento mayor en uvas tintas pero en las variedades de Syrah y Tempranillo.

El género *Scedosporium* ha sido reportado por Ristiati et al., 2019 como un hongo endoparásito que se encuentra presente en la rizosfera de viñedos de Bali, Indonesia, es un tipo de hongo patógeno que puede vivir en plantas, animales y suelos con una contaminación severa. Se encuentra habitualmente en el suelo y materia orgánica, puede causar enfermedades en humanos en estados de inmunocompromiso por inoculación directa o inhalación de sus esporas {Formatting Citation}. Este género en nuestro estudio estuvo siempre presente en cada una de los puntos muestrales y en todas las etapas del ciclo en ambos años, por ello fue uno de los hongos con tercer lugar de frecuencia. Por sus características de desarrollo en planta y suelo podría ser conveniente darle seguimiento, para que, en caso de aumento de población, evitar alguna consecuencia posterior al agrosistema.

Finalmente, el género *Rhizopus* es un hongo fitopatógeno que puede desarrollarse en una amplia gama de temperaturas y humedades relativas. Su rápido crecimiento le permite colonizar varios productos agrícolas provocando enfermedades postcosecha (Velázquez et al., 2008), causal de la pudrición blanda, que da inicio por heridas o grietas en el momento del envero en vid. (Latorre et al., 2002; Zahavi et al., 2000). En nuestro estudio podemos mencionar que este hongo sí tuvo incidencia en la etapa de envero y aumentó en vendimia, disminuyendo en caída de la hoja para el ciclo 2019, caso contrario en 2020 se presentó con muy baja frecuencia a partir de floración, cuajado y vendimia. Este dato es importante porque se confirma la presencia de este hongo fitopatógeno en las etapas de formación, maduración de racimos y posterior a la cosecha. Por lo tanto, con este comportamiento de la biota fúngica, podemos atribuir que relativamente el viñedo “Tierra de Peña” no presentó riesgos importantes de patogenicidad que pudo comprometer la cosecha en ambos años. Pero también se puede visualizar la oportunidad de desarrollar una estrategia previsor de control biológico a partir de microbiota nativa que presenta perfil antagonista a patógenos en este caso refiriéndonos al género *Aureobasidium* y *Alternaria*.

Al respecto de las condiciones climáticas a continuación se abordan las diferencias en los dos ciclos anuales. Se registraron las siguientes condiciones climáticas. Iniciando con la temperatura que presentó en los dos años de muestreo, en 2019 una temperatura promedio 17.5°C, máximo 28.1°C y mínimo 7.9 y en el 2020 una temperatura promedio 18°C, máximo 28.2°C y mínimo 8.1°C, se puede decir que ambos años presentaron temperaturas muy similares. En lo que respecta a humedad relativa en 2019 registró un promedio de 62.3%, máximo 89.7% y mínimo 22.2% y para el 2020 promedio de 66%, máximo 87.1% y 23.3% también aparentemente no presentaron mayor diferencia.

Para la variable de velocidad de los vientos en 2019, se registró un promedio de 13.8 km/h, máximo 33.6 km/h y mínimo 0, en 2020 hubo un promedio de 15.5 km/h, máximo 43.5km/h y mínimo 0.2 km/h, respecto a ello podemos decir que hubo un aumento aproximado al 30% respecto al 2019. Es relevante mencionar que las velocidades de los vientos en 2019 registraron velocidades importantes después de la etapa de cuajado, y en 2020 iniciaron con velocidades importantes y fueron disminuyendo a partir de enero, esto se podría relacionar con la tendencia mostrada por los hongos, que debido a esas corrientes de aire hubo una mayor deposición, pero por aplicación de tratamientos de control, no se mostró un desarrollo muy marcado, en cambio, posterior a la cosecha, cuando ya no se aplicaron tratamientos hubo un incremento en el desarrollo de éstos en la últimas etapas. En lo que se refiere a las direcciones de los vientos, se reportaron dos corrientes importantes, la primera de Norte a Sur y la segunda de Sur suroeste (SSW) a sur sureste (SSE).

En precipitaciones, se presentó un promedio de 0.2 mm, máximo de 1.4 mm y 0.01 en 2019 y un promedio de 0.6 mm, máximo de 2.6 mm y mínimo 0.01 mm en 2020, de lo cual podemos hacer notar que se presentó mayor volumen de casi al doble en promedio y máximo de lluvias en 2020, durante la etapa de vendimia fue donde más se registró lluvia en 2019 y enero en 2020, que pudieron influir en la cuenta de hongos y el efecto de tratamientos fungicidas en ambas etapas.

La variable de radiación solar presentó en 2019 un promedio de 184.9 W/m<sup>2</sup>, máximo 753.1 W/m<sup>2</sup> y mínimo 0.125 W/m<sup>2</sup>, para el 2020 se registró un promedio de 134.18 W/m<sup>2</sup>, máximo de 597.13 W/m<sup>2</sup> y mínimo de 0.125 W/m<sup>2</sup>. Se puede decir que hubo más

radiación solar en 2019 que en 2020 con un aumento del 30% aproximadamente en datos de promedio y máximo.

La correlación de variables climatológicas que se realizó con un análisis de Pearson arrojó la siguiente información, las condiciones climáticas de radiación solar (0.78), temperatura máxima (0.50) y velocidad de los vientos (0.31) se correlacionaron positivamente de forma fuerte y moderada, mientras que las etapas fenológicas (-0.86), la humedad (-0.74) y temperatura mínima (-0.62) presentaron correlación negativa fuerte con la densidad poblacional de bacterias. Por otro lado, en la densidad de hongos hubo un comportamiento diferente en relación a las variables climáticas, la humedad (.62), etapas fenológicas (0.60), radiación solar (0.51) presentaron una correlación positiva fuerte, la velocidad de los vientos (0.46) y las etapas fenológicas (0.28) tuvieron una correlación positiva moderada y baja respectivamente. La temperatura máxima (-0.60) tuvo una correlación negativa fuerte, temperatura mínima (-0.44), radiación solar (-0.38) y velocidad de los vientos (-0.38) una correlación negativa moderada. Entendiendo que los índices de correlación positivos, son relaciones directas que se dan cuando al aumentar o disminuir una de las variables, la otra también lo hace. Los coeficientes de correlación negativos son relaciones inversas que se dan cuando al aumentar o disminuir, la otra variable hace lo contrario.

En el artículo de Ramos & Meza, 2017 realizaron un estudio aeromicológico en Lima, Perú, en el exterior de la Plaza San Martín de Lima, en el cual tomaron en cuenta el efecto de las condiciones climáticas de temperatura, humedad relativa, velocidad de los vientos e índice UV con la concentración de esporas fúngicas UFC/m<sup>3</sup>, realizando una correlación de Pearson entre dichas variables utilizando el programa SPSS versión 2.0. Reportaron que existe una correlación positiva con la temperatura, velocidad de los vientos e índice UV. En relación a la variable de humedad relativa reportaron una correlación negativa. Se puede observar que en nuestro estudio existió una correlación positiva de densidad poblacional con la temperatura máxima, pero con las bacterias y una correlación negativa con los hongos. Referente a la humedad relativa, reportamos que existe una correlación negativa respecto a la densidad de bacterias y positiva para los hongos. Comparando lo reportado por Ramos & Meza, 2017 se puede decir que no

existió un comportamiento similar a su estudio, ya que no hubo similitud en las correlaciones de variables con la densidad de UFC/m<sup>3</sup>.

En el artículo de Boso et al., 2019 se menciona cómo las condiciones climáticas afectan la diversidad genética de las poblaciones de *Plasmopara viticola* en viñedos localizados al noroeste de España, donde las condiciones son idóneas para el crecimiento de este hongo, reportando que la parcela C mostró condiciones climáticas más favorables para el crecimiento de hongos durante el periodo muestral (humedad relativa 70-75%, precipitaciones 62.2-105.2 mm y temperatura máxima menor a 27 °C) y la parcela B menos favorable (humedad relativa 60-65%, precipitaciones 26.2-37.6 mm y temperatura máxima de 30-37°C). Comparando estas condiciones con las que se registraron en nuestro estudio se puede decir que el promedio de la humedad relativa fue de 64%, precipitación máxima entre 5.8 – 6.4mm y temperatura máxima menor a 27°C. De acuerdo a estos datos, haciendo una comparación con nuestras variables, ni la humedad relativa ni precipitaciones fueron óptimas para potenciar la diversidad de hongos, sólo la temperatura, se observó similar. La variable de temperatura interactúa con otras variables como la humedad y es una de las principales para que exista actividad de microorganismos, por lo tanto, tiene un papel crucial en los estudios climáticos.

Cortiñas-Rodríguez et al., 2020 en su estudio relacionó la concentración de esporas fúngicas de *Botrytis*, *Erysiphe* y *Plasmopara* en los viñedos Cenlle y O Mato del noroeste de España con las condiciones meteorológicas de los años 2016, 2017 y 2018, cuyo análisis registró correlación positiva de la lluvia (814 L/m<sup>2</sup>), (940.4 L/m<sup>2</sup>) y humedad relativa (75.8%), (80.9%) (Cenlle 2017, O Mato 2016), temperatura media (15.2°C) y mínima (8.2°C) (Cenlle 2018) para la presencia de esporas de *Botrytis*. Para *Erysiphe* hubo una correlación alta negativa con temperatura promedio (13.8°C), (13.9°C) y mínima (7.3°C), (6.4°C) (Cenlle 2016, 2017). *Plasmopara* tuvo correlación positiva con temperatura media (13.9°C) y mínima (6.4°C) (Cenlle 2017), precipitaciones (940 L/m<sup>2</sup>) y humedad relativa (80.9%) (O Mato 2016), correlaciones negativas con temperatura media (12.8°C) y máxima (20.6°C) (O Mato 2016). Haciendo una comparación de estas condiciones climáticas con las registradas en nuestro estudio, la temperatura máxima (27.5 y 28.1°C), mínima (8 y 8.1°C), media (17.3 y 18 °C) fueron más altas, en la media

de humedad relativa (62.3 y 66%) fue menos en ambos años. Respecto a las precipitaciones fueron mayores y en velocidad del viento menores a nuestros datos.

En este trabajo, no podemos dejar de mencionar a las bacterias, ya que también son microorganismos de importancia biotecnológica, útiles en control biológico, que pueden promover el crecimiento de plantas, potencializando la disponibilidad de nutrientes, fijación de nitrógeno y aumento superficial de la rizosfera, entre los géneros más utilizados podemos mencionar *Pseudomonas* y *Bacillus* (Juárez, 2017). Por otro lado, algunas de estas pueden causar bacteriosis en vid, por ejemplo *Agrobacterium spp.*, (tumores de la vid) *Xylophylus ampelinus* (necrosis bacteriana de la vid) y *Xylella fastidiosa* (enfermedad de Pierce) y pueden presentar dificultad en su control, por lo que la principal medida control es la prevención (Palacio Bielsa, 2015). Los resultados obtenidos para bacterias en nuestra investigación, registraron un promedio en densidad poblacional total de 3734 UFC/m<sup>3</sup> en 2019, aproximadamente 30% menos que el promedio de la densidad poblacional total de 5233 UFC/m<sup>3</sup> de hongos en ese año y 3371 UFC/m<sup>3</sup>, aproximadamente 40% menos que el promedio de la densidad poblacional total de 5793 UFC/m<sup>3</sup> de hongos en 2020. Aunque al principio en 2019 no hubo muchas diferencias estadísticas en las poblacionales de bacterias y hongos, esto se atribuye a las condiciones climáticas y a las aplicaciones de tratamientos de alga y lombricomposta, que en su formulación tienen microorganismos eficaces que son utilizados para control biológico (*Rhodopseudomonas* y *Bacillus*) y que tienen mayor efecto en el desarrollo de bacterias. En vendimia la diferencia se hizo más pronunciada, los hongos después de esta etapa, debido a la ausencia de tratamientos fúngicos pudieron aumentar su población, repuntando respecto a las bacterias que sí presentaron afectación con un total de 5 tratamientos aplicados en ese año, finalmente al comenzar a bajar la temperatura, su desarrollo se presenta asintótico (Madigan et al., 2015). En 2020 también se inició con densidades similares para ambos microorganismos, pero en brotación se pudo ver claramente un cambio abrupto en densidad de hongos respecto a las bacterias que se mantienen similares en densidad a la etapa de lloro, este cambio se atribuyó a que la temperatura aumentó hasta 6 grados y esto pudo facilitar el desarrollo de los hongos, sumado a esto, otro factor importante que se considera, es el efecto que pudo causar en la densidad de bacterias un tratamiento aplicado el 1 de marzo 2020, que como se

comentó anteriormente, conforme transcurren los días causa un efecto de disminución poblacional bacteriano. En las tres etapas siguientes, se observó un comportamiento similar al de las etapas del año anterior 2019 (floración, cuajado y envero), y en vendimia se vuelven a separar en densidad los hongos de las bacterias (debido a que ya no se aplicó control fúngico), pero como en el año anterior, las bacterias presentaron un comportamiento asintótico en las últimas etapas, llama la atención que en este año 2020 hubo un repunte de densidad poblacional de bacterias, atribuyéndose este comportamiento, primeramente a la diferencia de fecha de realización del muestreo en periodo de letargo (1 mes antes), la temperatura se encontraba casi al límite del rango aceptable para bacterias (promedio  $15.6 \pm 5.8^{\circ}\text{C}$ , máximo  $25.8^{\circ}\text{C}$  y mínimo  $4.7^{\circ}\text{C}$ ) y la radiación solar ( $259 \text{ W/m}^2$ ) se presentó mayor al cierre del año, esta variable pudo compensar el decremento de la temperatura, propiciando un ambiente de desarrollo bacteriano.

## 7 CONCLUSIÓN

La mayor densidad poblacional de microorganismos totales (bacterias y hongos) en la atmósfera del viñedo se encontró en la etapa de floración 16 de abril (1965 UFC/m<sup>3</sup>) en 2019 y en letargo 14 de octubre (1905 UFC/m<sup>3</sup>) en 2020.

La etapa de floración presentó la mayor densidad poblacional de bacterias (1049 UFC/m<sup>3</sup>) y en hongos caída de la hoja (1580 UFC/m<sup>3</sup>) en 2019.

La etapa de letargo presentó mayor densidad de bacterias (708 UFC/m<sup>3</sup>) y en hongos la etapa caída de la hoja (1513 UFC/m<sup>3</sup>) en 2020.

Las variables que más explican la variabilidad de la densidad poblacional de bacterias fueron la radiación solar y la temperatura máxima de manera positiva y las etapas fenológicas y la humedad de manera negativa.

En lo que se refiere a los hongos, se presentó una correlación positiva de las variables de humedad, etapas fenológicas y radiación solar, en cambio la temperatura máxima, temperatura mínima, radiación solar y velocidad de vientos observaron una correlación negativa.

Se identificaron 13 aislados fúngicos mayoritarios, pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Scedosporium*, *Aureobasidium*, *Rhizopus* y *Cladosporium*, que son hongos característicos en viñedos de diversas regiones.

Los géneros *Aspergillus*, *Alternaria* y *Aureobasidium* presentan características benéficas, como productores de metabolitos secundarios de importancia biotecnológica. El género *Aureobasidium* puede emplearse como referencia de manejo orgánico del viñedo. Mientras que los géneros *Scedosporium*, *Rhizopus* y *Cladosporium* son catalogados como hongos filamentosos que pueden generar afectaciones en vid y otros frutos.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Abdelfattah, A., Sanzani, S. M., Wisniewski, M., Berg, G., Cacciola, S. O., & Schena, L. (2019). Revealing Cues for Fungal Interplay in the Plant–Air Interface in Vineyards. *Frontiers in Plant Science*, 10, 922. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00922>
- Abdellatif, E., Valentini, F., Janse, J. D., Bouri, M., Rhouma, A., Chebil, S., & D'Onghia, A. M. (2013). Occurrence of crown gall of the grapevine in Tunisia and characterization of Tunisian *Agrobacterium vitis* and *A. tumefaciens* strains. *Journal of Plant Pathology*, 95(1), 115–126. <https://doi.org/10.4454/JPP.V95I1.028>
- Albelda, Y., Rodríguez-Rajo, F. J., Jato, V., & Aira, M. J. (2005). Concentraciones Atmosféricas De Propagulos Fungicos En Viñedos Del Ribeiro (Galicia, España). *Boletín Micológico*, 20, 1–8. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2005.20.0.264>
- Almaguer-Chávez, M. (2016). *Diversidad y dinámica de la aeromicobiota en dos zonas del occidente de cuba: rural y urbana*. Tesis doctoral. Universidad de la Habana
- Almaguer, M., Rojas, T., & Hernández, A. (2008). Perspectivas de los estudios aeromicológicos para la protección del cultivo del arroz. *Rev. Protección. Veg.*, 23(3), 137–143. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v23n3/rpv01308.pdf>
- Almanza - Merchán, P. J., Serrano Cely, P. A., & Fisher Gebauer, G. (2012). *Manual de Viticultura Tropical*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado electrónicamente de: <https://uptc.metalibros.org/index.php/editorial-uptc/catalog/view/52/80/2963>
- Armijo, G., Schlechter, R., Agurto, M., Muñoz, D., Nuñez, C., & Arce-Johnson, P. (2016). Grapevine pathogenic microorganisms: Understanding infection strategies and host response scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 7, 382. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00382>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi 4th Edition*. American Phytopathological Society (APS Press). [https://www.academia.edu/35499449/illustrated\\_genera\\_of\\_imperfect\\_fungi\\_fourth\\_edition\\_Barnett\\_y\\_Hunter\\_pdf\\_pdf](https://www.academia.edu/35499449/illustrated_genera_of_imperfect_fungi_fourth_edition_Barnett_y_Hunter_pdf_pdf)
- Boso, S., Gago, P., Santiago, J. L., Fuente, M. D. La, & Martínez, M. C. (2019). Factors affecting the vineyard populational diversity of *Plasmopara viticola*. *The Plant Pathology Journal*, 35(2), 125–136. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.09.2018.0194>
- Briceño, E. X., & Latorre, B. A. (2008). Characterization of cladosporium rot in grapevines, a problem of growing importance in Chile. *Plant Disease*, 92(12), 1635–1642. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-12-1635>
- Calvo Garrido, C. (2014). *Control de la podredumbre por Botrytis cinerea mediante la aplicación de Candida sake CPA-1 y otras estrategias alternativas a los fungicidas químicos en uva de vinificación*. Tesis doctoral. Universidad de Lleida. <http://hdl.handle.net/10803/134607%0A>
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad &*

- Divulgación Científica*, 14(2), 15–31.  
<https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771>
- Carisse, O. (2016). Development of grape downy mildew (*Plasmopara viticola*) under northern viticulture conditions: influence of fall disease incidence. *European Journal of Plant Pathology*, 144(4), 773–783. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0748-y>
- Chi, Z., Wang, F., Chi, Z., Yue, L., Liu, G., & Zhang, T. (2009). Bioproducts from *Aureobasidium pullulans*, a biotechnologically important yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 82(5), 793–804. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-1882-2>
- Cortiñas-Rodríguez, J., González Fernández, E., Fernández-González, M., Vázquez-Ruiz, R. A., & Aira, M. J. (2020). Fungal diseases in two north-west Spain vineyards: Relationship with meteorological conditions and predictive aerobiological model. *Agronomy*, 10(2), 219. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020219>
- Cureau, N., Threlfall, R., Marasini, D., Lavefve, L., & Carbonero, F. (2021). Year, Location, and Variety Impact on Grape-Associated Mycobiota of Arkansas-Grown Wine Grapes for Wine Production. *Microbial Ecology*. 82, 845-858.  
<https://doi.org/10.1007/s00248-021-01705-y>
- De Jesús-Contreras, D., Thomé-Ortiz, H., Espinoza Ortega, Á., & Vizcarra Bordi, I. (2019). Trayectoria territorial de la región enológica de Querétaro, México (1970-2017): enoturismo y calidad territorial. *Cuadernos Geográficos*, 58(2), 240–261. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i2.7358>
- De la Cruz de Aquino, M. A., Martínez Peniche, R. A., Becerril Román, A. E., & Chávaro Ortiz, M. del S. (2012). Caracterización física y química de vinos tintos producidos en Querétaro. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35 (5), 61–67. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61024388012>
- Docampo, F.S. (2008). *Estudio aerobiológico de la atmósfera de la costa oriental de Málaga (sur de España) e incidencia de las esporas fúngicas en el interior de la Cueva de Nerja*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga.  
<http://www.biblioteca.uma.es/bbldoc/tesisuma/1767430x.pdf>
- Dwibedi, V., & Saxena, S. (2019). Diversity and phylogeny of resveratrol-producing culturable endophytic fungi from *Vitis* species in India. *3 Biotech*, 9(5), 182 <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1712-x>
- Encina M., F., & Piontelli L., E. (2009). *Hongos filamentosos en la epidermis del fruto del tomate: énfasis en el género Cladosporium*. *Boletín micológico*. 24, 1–13. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2009.24.0.73>
- Fernández-González, M., Piña Rey, A., González-Fernández, E., Aira, M. J., & Rodríguez-Rajo, F. J. (2019). First assessment of Goidanich Index and aerobiological data for *Plasmopara viticola* infection risk management in north-west Spain. *Journal of Agricultural Science*, 157(2), 129-139. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000376>
- Fernández González, M. (2011). *Aplicación de la Fenología y la Aerobiología en la producción vitivinícola de la comarca del Ribeiro*. Tesis doctoral. Universidad de

- Vigo.  
[http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/227/Estudio fenológico y aerobiológico en un viñedo.pdf?sequence=1](http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/227/Estudio_fenol%C3%B3gico_y_aerobiol%C3%B3gico_en_un_vi%C3%B1edo.pdf?sequence=1)
- Fernandez, V., Sotiropoulos, T., & Brown, P. (2015). *Fertilización foliar, principios científicos y práctica de campo*. 1ª edición. IFA, París Francia. Recuperado electrónicamente de:  
[https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136\\_libro\\_2015\\_foliar\\_fertilizers\\_spanish\\_def.pdf](https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136_libro_2015_foliar_fertilizers_spanish_def.pdf)
- Francisco, J. C. E., Rivera, W. L., & Vital, P. G. (2020). Influences of carbohydrate, nitrogen, and phosphorus sources on the citric acid production by fungal endophyte *Aspergillus fumigatus* P3I6. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 50(3), 292–301. <https://doi.org/10.1080/10826068.2019.1689510>
- García-Cela, E., Crespo-Sempere, A., Gil-Serna, J., Porqueres, A., & Marin, S. (2015). Fungal diversity, incidence and mycotoxin contamination in grapes from two agro-climatic Spanish regions with emphasis on *Aspergillus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), 1716–1729.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6876>
- García-Vidal, C., & Salavert Lletí, M. (2014). Inmunopatología de las micosis invasivas por hongos filamentosos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 31(4), 219–228.  
<https://doi.org/10.1016/j.riam.2014.09.001>
- García-Mozo, H. (2011). The use of aerobiological data in agronomical studies. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 18(1), 1-6.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21736262/>
- Gessler, C., Pertot, I., & Perazzolli, M. (2011). *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathología Mediterranea*, 50, 3–44. <https://www.jstor.org/stable/26458675>
- González-Fernández, E., Piña-Rey, A., Fernández-González, M., Aira, M. J., & Rodríguez-Rajo, F. J. (2020). Prediction of grapevine yield based on reproductive variables and the influence of meteorological conditions. *Agronomy*, 10(5).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10050714>
- Grall, S., Roulland, C., Guillaumès, J., & Manceau, C. (2005). Bleeding sap and old wood are the two main sources of contamination of merging organs of vine plants by *Xylophilus ampelinus*, the causal agent of bacterial necrosis. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(12), 8292–8300.  
<https://doi.org/10.1128/AEM.71.12.8292-8300.2005>
- Grinn-Gofrón, A., Nowosad, J., Bosiacka, B., Camacho, I., Pashley, C., Belmonte, J., De Linares, C., Ianovici, N., Manzano, J. M. M., Sadyś, M., Skjøth, C., Rodinkova, V., Tormo-Molina, R., Vokou, D., Fernández-Rodríguez, S., & Damialis, A. (2019). Airborne *Alternaria* and *Cladosporium* fungal spores in Europe: Forecasting possibilities and relationships with meteorological parameters. *Science of the Total Environment*, 653, 938–946. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.419>

- Haddrell, A., & Thomas, R. (2017). *Aerobiology: Experimental considerations, observations, and future tools*. *Applied and Environmental Microbiology* 83(17), 1–15. doi:10.1128/AEM.00809-17.
- Haig, C. W., Mackay, W. G., Walker, J. T., & Williams, C. (2016). Bioaerosol sampling: Sampling mechanisms, bioefficiency and field studies. *Journal of Hospital Infection*, 93(3), 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.03.017>
- Hatamzadeh, S., Rahnama, K., Nasrollahnejad, S., Fotohifar, K., Hemmati, D., White, J. F., & Taliei, F. (2020). Isolation and identification of L-asparaginase - producing endophytic fungi from de Asteraceae family plant species of Iran. *PeerJ*, 16.8:e8309 <https://doi.org/doi:10.7717/peerj.8309>.
- Huang, L. H., Yuan, M. Q., Ao, X. J., Ren, A. Y., Zhang, H. B., & Yang, M. Z. (2018). Endophytic fungi specifically introduce novel metabolites into grape flesh cells in vitro. In *PLoS ONE* 13 (5), e0196996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196996>
- INTAGRI. (2017). El Azufre como Agente de Defensa Contra Plagas y Enfermedades | Intagri S.C. *Artículos Técnicos de INTAGRI*, 95, 5–7. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-azufre-como-agente-de-defensa-contra-plagas-y-enfermedades>
- Juárez, Y. (2017). *Detección de Botrytis cinerea mediante pcr en cultivos de vid y evaluación del biocontrol con Bacillus subtilis Q11*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1116/1/RI005019.pdf>
- Kernaghan, G., Mayerhofer, M., & Griffin, A. (2017). *Fungal endophytes of wild and hybrid Vitis leaves and their potential for vineyard biocontrol*. *Canadian Journal of Microbiology*. 36 (7), 583-595. <https://doi.org/10.1139/cjm-2016-0740>
- Lamichhane, J. R., Osdaghi, E., Behlau, F., Köhl, J., Jones, J. B., & Aubertot, J. N. (2018). Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 38 (3), 28. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>
- Larran, S., Simón, M. R., Moreno, M. V., Siurana, M. P. S., & Perelló, A. (2016). Endophytes from wheat as biocontrol agents against tan spot disease. In *Biological Control*. 92, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.09.002>
- Latorre, B., Viertel, S., & Spadaro, I. (2002). Severe Outbreaks of Bunch Rots Caused by *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* on Table Grapes in Chile. *Plant Disease*, 86(7), 815–815. <https://doi.org/10.1094/pdis.2002.86.7.815c>
- Li, C. S., & Huang, T. Y. (2006). Fluorochrome in monitoring indoor bioaerosols. *Aerosol Science and Technology*, 40(4), 237–241. <https://doi.org/10.1080/02786820500543308>
- Likar, M., Stres, B., Rusjan, D., Potisek, M., & Regvar, M. (2017). Ecological and conventional viticulture gives rise to distinct fungal and bacterial microbial communities in vineyard soils. *Applied Soil Ecology*, 113, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.007>

- Lindow, S. (2019). Money matters: Fueling rapid recent insight into *Xylella fastidiosa* — An important and expanding global pathogen. *Phytopathology*, 109(2), 210–212. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-18-0325-PER>
- Liu, Y., Nan, L., Liu, J., Yan, H., Zhang, D., & Han, X. (2016). Isolation and identification of resveratrol-producing endophytes from wine grape Cabernet Sauvignon. *SpringerPlus*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2571-0>
- Ljaljević Grbić, M., Unković, N., Dimkić, I., Janačković, P., Gavrilović, M., Stanojević, O., Stupar, M., Vujisić, L., Jelikić, A., Stanković, S., & Vukojević, J. (2018). Frankincense and myrrh essential oils and burn incense fume against micro-inhabitants of sacral ambients. Wisdom of the ancients? *Journal of Ethnopharmacology*, 219(12), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.003>
- Longa, C. M. O., Nicola, L., Antonielli, L., Mescalchin, E., Zanzotti, R., Turco, E., & Pertot, I. (2017). Soil microbiota respond to green manure in organic vineyards. *Journal of Applied Microbiology*, 123(6), 1547–1560. <https://doi.org/10.1111/jam.13606>
- López García, G. P., Mazzitelli, M.E., Fruitos, A., González, M., Marcucci, B., Giusti, R., Alemanno, V., del Barrio, L., Portela, J., & Debandi, G. (2019). Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina: Consideraciones para el manejo del hábitat. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Uncuyo*, 51(1), 309–322. Recuperado electrónicamente de: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/5359>
- López Ríos, C. A., Zuluaga Meneses, A., Herrera Penagos, S. N., Ruíz Colorado, A. A., & Medina de Pérez, V. I. (2006). *Producción de ácido cítrico con Aspergillus niger NRRL 2270 a partir de suero de leche*. *Dyna*. 73(150), 39–57. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v73n150/a04v73n150.pdf>
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2015). *Biología de los microorganismos. Pearson Prentice Hall*. 14th ed.
- Maldonado-Ramírez S. L., Schmale, D. G., Shields, E. J., & Bergstrom, G. C. (2005). The relative abundance of viable spores of *Gibberella zeae* in the planetary boundary layer suggests the role of long-distance transport in regional epidemics of *Fusarium* head blight. *Agricultural and Forest Meteorology*, 132(1–2), 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.06.007>
- Martínez-Bracero, M., Alcázar, P., Velasco-Jiménez, M. J., & Galán, C. (2019). Fungal spores affecting vineyards in Montilla-Moriles Southern Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 153(1). <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1532-6>
- Martínez-Bracero, M., Alcázar, P., Velasco Jiménez, M. J., Calderón Ezquerro, C., & Galán, C. (2018). Phenological and aerobiological study of vineyards in the Montilla-Moriles PDO area, Cordoba, southern Spain. *The Journal of Agricultural Science*, 156(6), 821–831. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000783>
- Martínez Bracero, M., González Fernández, E., Wójcik, M., Alcázar, P., Fernández González, M., Kasprzyk, I., Rodríguez Rajo, F. J., & Galán, C. (2020). Airborne fungal

- phytopathological spore assessment in three European vineyards from different bioclimatic areas. *Aerobiologia*, 36, 715-729. <https://doi.org/10.1007/s10453-020-09664-6>
- Medina, A., Mateo, R., López-Ocaña, L., Valle-Algarra, F. M., & Jiménez, M. (2005). Study of Spanish grape mycobiota and ochratoxin A production by isolates of *Aspergillus tubingensis* and other members of *Aspergillus* section Nigri. In *Applied and Environmental Microbiology* 71(8), 4696–4702. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.8.4696-4702.2005>
- Merchán, P. J. A. (2011). Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado electrónicamente de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7895>
- Moreno-Grau, S., Angosto, J. M., Elvira-Rendueles, B., Bayo, J., Moreno, J., & Moreno-Clavel, J. (2000). Effects of meteorological parameters and plant distribution on *Chenopodiaceae-Amaranthaceae*, *Quercus* and *Olea* airborne pollen concentrations in the atmosphere of Cartagena (Spain). *Aerobiologia*, 16(1), 17–20. <https://doi.org/10.1023/A:1007645307076>
- Moubasher, A. H., Abdel-Sater, M. A., & Soliman, Z. (2016). Biodiversity and molecular characterization of yeast and filamentous fungi in the air of citrus and grapevine plantations in Assiut area, Egypt. *Mycosphere*, 7(3), 236–261. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/7/3/1>
- Musetti, R., Vecchione, A., Stringher, L., Borselli, S., Zulini, L., Marzani, C., D'Ambrosio, M., Di Toppi, L. S., & Pertot, I. (2007). Inhibition of sporulation and ultrastructural alterations of grapevine downy mildew by the endophytic fungus *Alternaria alternata*. *Phytopathology*, 96(7), 689–698. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0689>
- Nieto-Lugilde, D. (2008). *Estudio aerobiológico de la zona costera de la provincia de Granada (Motril): evolución de las concentraciones de polen y esporas*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/2288>
- Noriega Cantú, D. H., Pereyda Hernández, J., & Garrido Ramírez, E. R. (2017). Efecto de factores climatológicos sobre la fluctuación de esporas en árboles de mango cv. Ataulfo en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(2), 227–241. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1610-1>
- Oliveira, M., Arenas, M., Lage, O., Cunha, M., & Amorim, M. I. (2018). Epiphytic fungal community in *Vitis vinifera* of the Portuguese wine regions. *Letters in Applied Microbiology*, 66(1), 93–102. <https://doi.org/10.1111/lam.12826>
- Oliveira, M., & Cunha, M. (2015). Study of the Portuguese populations of powdery mildew fungus from diverse grapevine cultivars (*Vitis vinifera*). *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, 49(3), 173–182. <https://doi.org/10.20870/oenone.2015.49.3.83>
- Oliveri, C., Bella, P., Tessitori, M., Catara, V., & La Rosa, R. (2017). Grape and environmental mycoflora monitoring in old, traditionally cultivated vineyards on

- Mount Etna, southern Italy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(1), 65–73. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7683>
- Ortiz-Barrera, E., Miranda-Castilleja, D. E., Arvizu-Medrano, S. M., Pacheco-Aguilar, J. R., Aldrete-Tapia, J. A., Hernandez-Iturriaga, M., & Martinez-Peniche, R. A. (2015). Potencial enológico de levaduras no-Saccharomyces nativas de Viñedos establecidos en Querétaro, México. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 21(2), 157-171. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.01.001>
- Oyuela Aguila, M. M. (2019). Análisis de la microbiota de la vid de distintas regiones vitivinícolas y sus propiedades promotoras del crecimiento vegetal Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. doi:10.35537/10915/76354
- Palacio Bielsa, A. (2015). Principales bacteriosis de la vid. *Phytoma España*, 274, 69-7. [https://www.phytoma.com/images/pdf/274\\_Diciembre\\_2015\\_ENCUESTRO\\_VID\\_bacteriosis\\_vid.pdf](https://www.phytoma.com/images/pdf/274_Diciembre_2015_ENCUESTRO_VID_bacteriosis_vid.pdf)
- Palencia, E. R., Hinton, D. M., & Bacon, C. W. (2010). The black Aspergillus species of maize and peanuts and their potential for mycotoxin production. *Toxins*, 2(4), 399–416. <https://doi.org/10.3390/toxins2040399>
- Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination. *Journal of Hospital Infection*, 46(4), 241–256. <https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0820>
- Pavón Moreno, M. Á., González Alonso, I., Martín de Santos, R., & García Lacarra, T. (2012). Importancia del género Alternaria como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. *Nutricion Hospitalaria*, 27(6), 1772–1781. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.6.6017>
- Piña, S., & Bautista, D. (2004). Ciclo fenológico de cultivares de vid (Vitis vinifera L.) para mesa en condiciones tropicales. *Bioagro*, 16(1), 9–15. <https://doi.org/ISSN:1316-3361>
- Pinto, C., Pinho, D., Sousa, S., Pinheiro, M., Egas, C., & Gomes, A. C. (2014). Unravelling the diversity of grapevine microbiome. *PLoS ONE*, 9(1), 85622. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085622>
- Qiu, W., Feechan, A., & Dry, I. (2015). Current understanding of grapevine defense mechanisms against the biotrophic fungus (Erysiphe necator), the causal agent of powdery mildew disease. *Horticulture Research*, 2, 1–9. <https://doi.org/10.1038/hortres.2015.20>
- Ramos, R., & Meza, V. (2017). Efectos De Algunos Factores Meteorológicos Sobre La Concentración De Esporas De Hongos En La Plaza San Martín De Lima. *Revista Ecología Aplicada*, 16(2). <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1018>
- Ristiati, N. P., Suryanti, I. A. P., Widiyanti, N. L. P. M., Sudiarmika, A. R., & Utama, A. P. (2019). Characterization of endophyt fungi in bali grapevine (vitis vinifera l. var alphonso lavalley) in Buleleng, Bali. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012083>

- Rodríguez de la Cruz, D. (2017). *Estudio del contenido polínico en la atmósfera de la ciudad de Salamanca y su relación con los parámetros climatológicos y los cuadros clínicos de alergia*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.  
<http://www.tdx.cat/handle/10366/133230>
- Rúa-Giraldo, A. L. (2013). *Aerobiología de las esporas de Pleosporales en ambientes intra y extradomiciliarios de Barcelona. Aplicación a la clínica en población alérgica*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.  
<https://www.tdx.cat/handle/10803/120550>
- SADER. (2020). *Franja del vino, tradición vinícola*. Recuperado electrónicamente de:  
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/franja-del-vino-tradicion-vinicola>
- Sánchez Espinosa, K. C., Almaguer Chávez, M., Pérez Ramírez, I., Rojas Flores, T. I., & Aira Rodríguez, M. J. (2019). Diversidad fúngica en la atmósfera de la Habana (CUBA) durante tres períodos poco lluviosos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(1), 137–150.  
<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.10>
- Sánchez, K., & Almaguer, M. (2014). Aeromicrología y salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(3), 322–337.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v66n3/mtr02314.pdf>
- Santana-Espinoza, S., Flores-Gallardo, H., & Domínguez Martínez, P. (2016). *Modelación del ciclo biológico del gusano cogollero en el estado de durango*. INIFAP. Folleto técnico número 87.
- Schmale, D. G., & Ross, S. D. (2015). Highways in the Sky: Scales of Atmospheric Transport of Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 53(1), 591–611.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-115942>
- Schmid, F., Moser, G., Müller, H., & Berg, G. (2011). Functional and structural microbial diversity in organic and conventional viticulture: Organic farming benefits natural biocontrol agents. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(6), 2188–2191.  
<https://doi.org/10.1128/AEM.02187-10>
- Sessa J. L. (2016). *Enfermedades de cultivos frutales del Uruguay : hongos endófitos , patógenos latentes y fitopatógenos*. Tesis de maestría. Universidad de la República de Uruguay. Recuperado electrónicamente de:  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/17157/1/uy24-18172.pdf>
- SIAP. (2020). *Panorama Agroalimentario 2020*. 4(1), 7–186. Recuperado electrónicamente de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sotés-Ruiz, V. (2011). Avances en viticultura en el mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 131–143. <https://doi.org/doi.org/10.1590/S0100-29452011000500016>
- Tafoya-Rangel, F., Ocampo-Acosta, G., & Escoto-Rocha, J. (2016). Insectos asociados a malezas del cultivo de la vid en aguascalientes. *Entomología Mexicana*, 3, 320–323.

- Torrez, S.R. (2008). Irradianza Solar y Temperatura Del Aire Superficial En Una Atmósfera Estática. *Revista Boliviana de Física*, 14(14), 116–120. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1562-38232008000100011](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232008000100011)
- Valle-Aguirre, G., Velázquez-del Valle, M. G., Corona-Rangel, M. L., Amora-Lazcano, E., & Hernández-Lauzardo, A. N. (2016). First aeromycological study in an avocado agroecosystem in Mexico. *Aerobiología*, 32(4), 657–667. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9439-1>
- Velázquez-del Valle, M.G., Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Guerra-Sánchez, M., & Amora-Lazcano, E. (2008). Estrategias de Control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(1), 49–55. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092008000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & De los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 95–130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>
- Villegas-Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>
- VioHache, C. (2015). *Ficha técnica*. SuKarne agroindustrial S.A. de C.V. <http://san-mateo.mx/fichas-tecnicas/composta-2015.pdf>
- Wijekoon, C., & Quill, Z. (2021). Fungal endophyte diversity in table grapes. *Canadian Journal of Microbiology*, 67(1), 29–36. <https://doi.org/10.1139/cjm-2020-0293>
- Wu, Q., Habili, N., Constable, F., Al Rwahnih, M., Goszczynski, D. E., Wang, Y., & Pagay, V. (2020). Virus pathogens in Australian vineyards with an emphasis on Shiraz disease. *Viruses*, 12(8), 1–21. <https://doi.org/10.3390/v12080818>
- Zahavi, T., Cohen, L., Weiss, B., Schena, L., Daus, A., Kaplunov, T., Zutkhi, J., Ben-Arie, R., & Droby, S. (2000). Biological control of Botrytis, Aspergillus and Rhizopus rots on table and wine grapes in Israel. *Postharvest Biology and Technology*, 20(2), 115–124. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00118-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00118-6)
- Zermeño Gonzalez, A., López Rodríguez, B. R., Melendres Alvarez, A. I., Ramírez Rodríguez, H., Cárdenas Palomo, J. O., & Munguía López, J. P. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 2437-2446. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i12.773>
- Zolezzi V.M. & Albarca R.P, (2017). Manual del cultivo de uva de mesa. Recuperado electrónicamente de: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6714/NR40988.pdf>