

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Epidemiología de lesiones sugestivas con
enfermedades bacterianas y fúngicas en *Opuntia spp*
“tuna” en la localidad de Wari. Ayacucho 2015

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA

Presentado por el:
Bach. BAÑICO FLORES, Richard

AYACUCHO - PERÚ
2015

A Dios, a mis padres por ser los pilares más importantes en mi formación como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesional, desarrollar capacidades y estrategias, para el éxito personal y profesional.

A la Escuela de Formación Profesional de Biología, así mismo a la especialidad de Microbiología, a los docentes por compartir sus conocimientos y conducir durante mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor Mg. Blgo. Serapio ROMERO GAVILÁN, por su constante asesoramiento y apoyo incondicional en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Agradezco a los familiares y amigos que de una u otra manera contribuyeron en el logro del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. MARCO CONCEPTUAL	6
2.3. REDACCIÓN DEL MARCO TEÓRICO	10
2.3.1. <i>Opuntia spp.</i>	10
2.3.2. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS LESIONES SUGESTIVAS FÚNGICAS	15
2.3.3. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS LESIONES SUGESTIVAS BACTERIANAS	15
2.3.4. FITOPATOLOGÍA FÚNGICA Y BACTERIANA DE LAS TUNAS	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2. DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA	19
3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	19
3.4. MÉTODOS INSTRUMENTALES PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	19
3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	20
3.6. ANÁLISIS DE DATOS	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	29
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	37
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Frecuencia de lesiones sugestivas bacterianas y fúngicas en <i>Opuntia spp</i> “tuna”. Wari, Ayacucho 2015.	22
Tabla 2 Distribución porcentual de infecciones bacterianas y fúngicas en <i>Opuntia spp</i> “tuna”. Wari, Ayacucho 2015.	23
Tabla 3 Distribución porcentual de lesiones sugestivas bacterianas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” en relación a la edad. Wari, Ayacucho 2015.	24
Tabla 4 Distribución porcentual de las lesiones sugestivas bacterianas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” en relación al tipo de cladodios. Wari, Ayacucho 2015.	25
Tabla 5 Distribución porcentual de lesiones sugestivas fúngicas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” en relación a la edad. Wari, Ayacucho 2015	26
Tabla 6 Distribución porcentual de lesiones sugestivas fúngicas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” en relación al tipo de cladodio. Wari, Ayacucho 2015.	27

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo conocer la epidemiología de las lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas de *Opuntia spp* “tuna” en la localidad de Wari. El tipo de investigación fue no experimental, con diseño observacional descriptivo. La población estuvo conformada por todas las plantaciones naturales de tuna existentes en la localidad de Wari. La muestra consistió en 60 plantas de tuna promedio existentes en una cuadrícula de acuerdo al muestreo estratificado en una extensión de 1 hectárea. La información se realizó mediante observación directa de cada planta. Los resultados encontrados fueron: respecto a lesiones sugestivas a enfermedades bacterianas y fúngicas, 85% y el 100% de plantas están afectadas respectivamente. 33.7% y 38.7% de las tunas con edades de 6 a 10 años están afectadas por bacterias y hongos respectivamente, con un promedio de 11 a 20 lesiones por cladodio, representando el mayor porcentaje de afecciones tanto en cladodios nuevos y antiguos. Los síntomas característicos asociados a la enfermedad bacteriana fueron las ampollas, chancros, sarnas, pudriciones blandas y las fúngicas como la mancha negra y mal de oro.

Palabra clave: *Opuntia spp* “tuna”, lesiones sugestivas bacterianas y fúngicas, cladodios.

I. INTRODUCCIÓN

La tuna *Opuntia spp* pertenece a la familia *Cactaceae*, siendo estas especies endémicas del continente americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas caracterizadas por condiciones extremas como ambientes secos en épocas de estiaje y muy húmedas en épocas de lluvias, con suelos pobres expuestos a la erosión¹.

En el Perú, este tipo de cactáceas son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas a nivel del mar hasta territorios de gran altura como los andes, desde regiones tropicales donde las temperaturas están siempre por sobre los 10°C hasta áreas que en el invierno llegan incluso a menos 10°C².

La tuna, es una planta de gran importancia en los sistemas agro-pastoriles de los andes peruanos. Esta cactácea se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento. Sus frutos son consumidos en forma natural tanto por campesinos como por pobladores locales y son comercializados en los principales mercados del país. Sus tallos se utilizan como forraje para el ganado, especialmente en épocas de sequía, igualmente son útiles en el establecimiento de cercos vivos y cuando la planta muere, sus restos se usan para la elaboración de fertilizantes orgánicos. Pero el uso más frecuente que se le da a esta planta como hospedera para la crianza de un insecto conocido como “cochinilla” (*Dactylopius coccus*), en cuyo interior se produce el carmín, pigmento natural usado en la industria alimenticia, textil y farmacéutica, siendo el Perú primer productor de carmín a nivel mundial, aportando entre el 85 y 90% de la demanda internacional, y la actividad productiva se basa en la recolección artesanal de estos insectos³, principalmente en la zona de Ayacucho.

Además de la importancia económica que la tuna representa en el medio rural, desafortunadamente por la falta de asistencia técnica e investigaciones este recurso no ha alcanzado altos niveles de producción, más al contrario se ve

afectado por factores negativos como la aparición de enfermedades y plagas. Los trabajos de investigación científica a nivel nacional e internacional con respecto a las enfermedades son reducidos, y por tanto el conocimiento y la literatura que existe sobre el tema son escasos; como consecuencia de ello, se presenta una confusión de síntomas y agentes causales lo cual dificulta su control. La tuna, al igual que las de cualquier otra especie, es afectada por problemas fitosanitarios que pueden ocasionar daños en todos los órganos como el sistema radical, tallo, cladodios y frutos ⁴.

Sin embargo en las plantas de tuna, los cladodios presentan numerosas manchas pequeñas en forma de anillos, de color amarillo intenso a blanquecino. En ataques severos el cladodio afectado adquiere una coloración amarillenta generalizada, adelgazamiento y eventualmente marchitez, y los frutos reducen su tamaño, disminuyen su color y pierden sabor ⁵. Igualmente se han observado manchas en forma circular o forma de mapa, causada por el hongo de *Pseudocercospora sp* ⁶.

La “roya” causada por *Aecidium sp*, ataca los cladodios y los frutos, formando una pústula redonda de color amarillo-naranja que sobresale de la superficie del cladodio, que luego se seca dejando un gran hueco a veces a un lado o en ambas caras. La *Cercosporosis* es causada por el hongo del género *Cercospora*, que forma colonias redondeadas y convexas de color gris, de entre 0,5 a 2,0 cm. de diámetro, a manera de costras, sobre la epidermis de los cladodios en plantas jóvenes y enfermas. La rancha, causada por *Phytophthora cactarum*, produce la podredumbre húmeda, la mancha plateada causada por hongos de los géneros *Phytophthora* y *Micosphaerella*, ocasionan un resquebrajamiento de la epidermis de los cladodios y manchas necróticas grandes, la “bacteriosis” causada por la bacteria del género *Pseudomonas* que produce pudrición de los cladodios, podredumbre apical causada por bacterias del género *Erwinia*, que producen la muerte total de los cladodios, se inicia en el ápice y desciende progresivamente hasta su inserción con el tallo ³, entre otras enfermedades.

Las plantaciones de la *Opuntia spp* “tuna” en Ayacucho no son ajenos a los daños de estas enfermedades que pueden alcanzar a cierta gravedad, cuando en la planta entera quedan muy pocos espacios libres para que crezca la cochinilla por las numerosas lesiones que presentan la mayoría de los cladodios, en este estado también se reduce la floración y el número de frutos que llegan a la madurez.

Realizando la visita al Centro Arqueológico de la Cultura Wari, se ha observado que numerosas plantas de tuna se encuentran enfermas por la *Cercosporiosis* (*Cercospora sp*), mancha plateada (*Micosphaerella sp*), yana pususu (*Pseudomona*), asimismo se ha observado un elevado número de plantas muertas, por lo que nace la inquietud de realizar el presente trabajo de investigación con la finalidad de conocer el Comportamiento epidemiológico de las enfermedades de la *Opuntia spp* tuna de la localidad de Wari. Ayacucho, para de esta manera cuantificar la real magnitud de las enfermedades de la tuna, porque en los últimos años se ha observa la disminución de los frutos dentro del mercado ayacuchano.

Los objetivos planteados fueron:

Objetivo general:

Conocer la epidemiología de las lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas de la *Opuntia spp* “tuna” en la localidad de Wari. Ayacucho, 2015.

Objetivos específicos:

- Determinar la frecuencia de lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas en *Opuntia spp* “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015.
- Determinar la frecuencia de lesiones sugestivas con enfermedades fúngicas en *Opuntia spp* “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.

Ruero⁷, reportó de un total de 51 muestras de *Opuntia spp* tuna procedentes de diferentes localidades de Ayacucho, 35 muestras presentaron bacterias Gram negativas, identificándose a *Xanthomona* y *Pseudomonas* como las causantes de las enfermedades en los cladodios de *Opuntia spp* tuna.

Barrantes⁸, reportó que la bacteriosis en la *Opuntia ficus indica* tuna es una enfermedad localizada, que abarca básicamente los departamentos de Ayacucho (Cangallo, Pampas, Huanta y Huamanga).

Barrantes⁹, reportó el incremento quincenal de infecciones en cladodios de *Opuntia ficus indica* tuna por *Cercospora opuntiae* durante los meses de Noviembre a Marzo en Huanta y Huamanga, en 120 días evaluadas en Huanta presenta 42 lesiones con 78% de lesión a la *Opuntia ficus indica* tuna, mientras que en Huamanga presenta 28 lesiones con 53% de lesión a la *Opuntia ficus indica*.

Barrantes⁹, reportó la intensidad promedio de daño por *Cercosporiosis* en *Opuntia ficus indica* durante los meses de Enero, Febrero y marzo en Huanta y Huamanga, Huanta presenta 70% y Huamanga 60% según las épocas de infección, en plantaciones de tunas cultivadas.

Juscamaita¹⁰, reportó en su investigación que el agente causante de la enfermedad conocida como “yana pususu” es debido a la bacteria Bacilo Gram Negativo del género *Pseudomonas*, que se encuentra infectando a los cultivos de la *Opuntia ficus indica* en edades de 1, 2 y 3 años.

Cuadros¹¹, reportaron de 100 plantas de *Opuntia ficus indica* evaluadas, 36% de infecciones correspondieron a hongos, 21% a bacterias, 20% a microorganismo no identificados, y tan solo el 23% se encontraban aparentemente sanos. Asimismo, el 56% de las infecciones correspondieron a cladodios antiguos y el

21% a cladodios jóvenes en cultivos de *Opuntia ficus indica* tecnológicamente manejados.

Méndez⁴, reportaron que las enfermedades más frecuentes en la *Opuntia ficus indica* son debido a las pudriciones causadas por *Armillariamellea*, *Macrophomina sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Phytophthora sp.*, *Erwinia caratovora*, *Pseudomas viridiflava*, *Xanthomonas sp.* Las manchas causadas por *Alternaria sp.*, *Cercospora sp.*, *Phoma sp.*, *Cytospora sp.*, *Gloesporium sp.*, *Pleospora sp.*, entre otras enfermedades.

Agroayacucho²⁴, reportó que la enfermedad “Yana pususu” en los meses de Febrero, Marzo y Abril las lesiones se agrandan constituyendo una ampolla de tamaño variable de un color marrón oscuro de forma irregular y de contenido acuoso.

2.2. MARCO CONCEPTUAL.

2.2.1. Epidemiología de las enfermedades:

Ciencia que estudia la distribución de las enfermedades relacionados a la salud, distribución, frecuencia y factores causales en la población, con fines de prevención y control.

Estudio de los factores que afectan la velocidad de aumento de una enfermedad, dada por la interacción entre poblaciones de patógenos y plantas hospederas de la enfermedad resultante de esa interacción, bajo la influencia del ambiente y la interacción humana¹².

2.2.2. Lesiones sugestivas:

En plantas se refieren al daño o detrimento causado por la acción de una infección bacteriana, fúngica, vírica, etc., que son característicos en las especies vegetales¹³.

2.2.3. Enfermedades bacterianas

Yana pususu

Enfermedad que se puede presentarse en todo los lugares donde se cultivan la tuna, de preferencia en la variedad amarilla silvestre con espina, su incidencia está regulada por la temperatura y lluvias; tiene carácter estacional se presenta entre marzo y mayo. La enfermedad se presenta en ambos lados del cladodio sobre todo en los de 1 y 2 años de edad. El síntoma inicial aparece como una pequeña zona de aspecto húmedo translucido que va cambiando de color rápidamente y surgen las ampollas, que van del color amarillento al marrón,

algunas veces eliminan al medio externo un líquido viscosa y en otras esta pudrición cesa sin causar posterior daño al cladodio¹⁰.

Marchitamientos vasculares bacterianos

Los marchitamientos vasculares producidos por las bacterias afectan principalmente plantas herbáceas como hortalizas, cultivos mayores y las plantas tropicales. Las bacterias entran, se propagan y mueven a través de los vasos xilemicos de las plantas hospedantes. Durante el proceso, interfieren durante la translocación del agua y los nutrientes y esto es la causa del debilitamiento, marchitez y muerte de los órganos aéreos de la planta¹².

Agallas bacterianas

Las agallas se forman en los tallos y raíces de las plantas infectadas, principalmente por bacterias del género *Agrobacterium* y por algunas especies de *Coryne bacterium* y *Pseudomonas*. Pueden ser amorfas cuando constan de crecimientos excesivos de tejidos vegetales desorganizados, como la mayoría de las agallas o pueden ser proliferaciones de tejido que se desarrollan en órganos teratomorficos más o menos organizados. Las bacterias que inducen agallas penetran en las plantas a través de heridas y estimulan a dividirse y agrandarse¹².

Chancros bacterianos

Relativamente pocas enfermedades cancerosas de las plantas son producidas por bacterias, pero algunas de ellas se encuentran ampliamente distribuidas y presentan efectos devastadores, de ahí que ocasionen grandes pérdidas o se requieran de grandes esfuerzos para proteger a las plantas de ellas, son producidas generalmente por *Pseudomonas* y *Xanthomonas*. En todos los chancros bacterianos, los síntomas de la enfermedad en tallos, ramas solo son parte del síndrome de la enfermedad, de ahí los síndromes directos de esta que se manifiestan en frutos, hojas, yemas o inflorescencias pueden ser al menos tan importantes en el efecto total de la enfermedad sobre la planta como lo son los chancros¹².

Sarna bacteriana

Este grupo de enfermedades comprende principalmente a las que afectan a los órganos subterráneos de las plantas y cuyos síntomas consisten en lesiones costrosas más o menos localizadas que afectan principalmente los tejidos superficiales de esos órganos, las bacterias de la sarna son *Streptomyces* y *Pseudomonas*¹².

Pudriciones blandas

Los agentes causales pueden ser diferentes bacterias pertenecientes a especies y subespecies del género *Erwinia*, particularmente importantes son: *Erwinia caratovora sub sp caratovora*, *Erwinia cacticida*, *Erwinia caratovora sub sp atroseptica*, aunque también se señalan a *Erwinia chrisanthemi*, *Erwinia betavasculorum* y *Pseudomas viridiflava*. Se ha observado que el daño puede iniciarse en el ápice o en la parte basal de la penca (esto es más evidente en plantaciones recién establecidas). El daño se caracteriza por presentar inicialmente el tejido blando y acuoso, tornándose posteriormente en una mancha café circular con un margen húmedo, al cual se torna negra. En un estado avanzado de daño se presentan exudados amarillo-rojizos; cuando el daño comprende el 40% del cladodio puede ocasionar su caída. La pudrición afecta al parénquima y la cutícula, pero los haces vasculares permanecen intactos y una característica importante es la presencia de olores desagradables. En algunas regiones nopaleras del país se han reportado incidencias que pueden llegar hasta el 70%. El patógeno puede permanecer en estado latente en los órganos de almacenamiento (tallos), en los residuos de la misma planta y en las pupas de varios insectos barrenadores. Su infección puede llevarse a cabo a través de aberturas o heridas naturales, insectos y probablemente por contacto directo de la raíz. Otra fuente de inoculación puede ser causada por los exudados de la lesión que mediante la acción del viento, roedores, aves e insectos (*Otitidae*, *Ephrididae* y *Sirphidae*) pueden transportar el inoculo. Pueden mantenerse en actividad en un amplio rango de temperaturas que pueden oscilar entre los 5 y 36°C⁴.

2.2.4. Enfermedades fúngicas.

Cercosporiosis

La enfermedad presentan puntos anaranjados a marrón pálido, pasando de 30 a 60 días muestran una costra seca circular limitados por los anillos de diferentes coloraciones en el borde, cada uno de estos puntos emiten miles de esporas que van a infectar sobre la epidermis de los cladodios; en los meses de agosto a diciembre emigran a esporular un periodo en que la planta incrementa significativamente su área foliar, es decir que la *Cercosporiosis* se está diseminando sobre la superficie de los cladodios sanos²⁴.

Mancha negra

En esta enfermedad se detectaron dos síntomas diversos. El primero de ellos inicia con la decoloración de la cutícula cambiando a un color claro con puntos pequeños de color olivo. Posteriormente las manchas se tornan café oscuro y su diámetro incrementa 3 - 4 cm, presentando además un margen amarillo y la parte central se hunde. Luego la parte afectada se deseca y permaneciendo visible el tejido leñoso que en muchas ocasiones se desprende dejando orificios que atraviesan la penca. Se ha detectado otro síntoma, aunque menos frecuente, que se caracteriza por manchas indefinidas que pueden invadir el cladodio total o parcialmente. Su incidencia más alta se ha observado en aquellos cladodios sombreados y ante la presencia de alta humedad relativa. Se presume que *Colletotricum gloesporoides* puede estar asociado a la mancha negra en un estadio avanzado de la enfermedad ⁴.

Con este mismo nombre, pero con diferente agente causal, en este caso el hongo, *Macrophomina spp*, la infección se manifiesta inicialmente presentando una pequeña mancha clorótica, la epidermis no muestra ningún cambio, pero el tejido interno, aproximadamente a 5mm de profundidad, toma una apariencia color verde oscuro, posteriormente penetra más profundamente en todo el tejido que abarca el diámetro de la lesión y se torna negruzca posteriormente. En estado avanzado aparece bajo la epidermis una podredumbre blanda, semiacuosa de color negro, los tejidos dañados se oscurecen, presentando una consistencia esponjosa y se observan hifas negras del hongo entremezclados con el parénquima. En todas las partes dañadas puede verse como efecto final la desintegración o la desaparición de los tejidos parenquimatosos y medulares, quedando las haces vasculares separadas en simples hebras de color blanco. En este tipo de lesiones no es necesario que las lesiones sean muy numerosas para producir la caída de la penca, pues basta con que alguna de ellas se establezca en la sutura que une a éstas para ocasionar el desprendimiento. Cuando se rompe el ciclo biológico del hongo, las lesiones se secan dejando una perforación a través del cladodio de 2.5 a 6 cm de diámetro, cicatrizando la parte dañada ⁴.

Mal del oro

Causada por *Alternaria sp*, *Phoma sp*, *Hansfordia sp*, *Ascochyta sp.*, la sintomatología inicial de esta enfermedad se caracteriza por un cambio paulatino en la coloración verde oscuro al verde y posteriormente al amarillo dorado. El

principal efecto de la presencia de esta enfermedad radica en que impide llevar a cabo en forma eficiente el proceso de fotosíntesis en las pencas afectadas al ser cubiertas por la capa producida por el hongo, lo cual se puede traducir en una disminución de la productividad o bien en la muerte de la planta si ésta es severamente afectada⁴.

2.3. REDACCIÓN DEL MARCO TEÓRICO

2.3.1. *Opuntia spp.*

El género *Opuntia* se caracteriza por su anatomía y morfología adaptada a condiciones de fuerte estrés ambiental (zonas áridas). En el mundo se conocen aproximadamente 300 especies, están presentes en todo el continente americano, desde el norte de Canadá hasta el sur de Chile, también se encuentran en Sudáfrica y países de la cuenca del Mediterráneo. La *Opuntia spp* se caracteriza por tener frutos dulces, jugosos, de distintos colores (púrpura, rojo, naranja o amarillo), con abundante pulpa, con numerosas semillas y cáscara generalmente delgada, cubierta de pequeños grupos de espinas¹³.

En la actualidad en nuestro país los tunales se encuentran en terrenos pobres y sobre pastoreados en los valles interandinos donde las tunas silvestres se incorporan como parte de la vegetación natural como lo apreciamos en la localidad de wari.

Taxonomía

La clasificación taxonómica es la siguiente¹⁴.

Reino : Plantae
División : Antophyta.
Clase : Dicotiledónea.
Sub clase : Archyclamidea.
Orden : *Opuntiales* (Cactales).
Familia : *Opuntiaceae* (Cactaceae).
Subfamilia : *Opuntioidea*
Género : *Opuntia*
Especie : *Opuntia spp.*

Nombre vulgar: “tuna”, “nopal”.

Descripción de la planta y adaptación al medio

La *Opuntia spp* “tuna” son plantas arbustivas, arbóreas en ocasiones, de porte generalmente erguido (salvo algunas especies rastreras), cuya estructura aérea está formada por tallos fotosintéticos tipo artejo llamados cladodios. Pertenecen

a la familia de las cactáceas y presentan una serie de características anatómicas, morfológicas y fisiológicas que les permiten desarrollarse en zonas cálidas donde la aridez impide el establecimiento de la gran mayoría de los cultivos. Estas características, en relación con los sistemas u órganos que las presentan, se exponen a continuación¹⁵.

Sistema radicular

Presentan un sistema radicular carnoso de distribución horizontal que puede llegar a dispersarse entre 4 y 8 m, alcanzando una profundidad de unos 30 cm. Durante el periodo de sequía en el suelo una parte de las raíces de la planta (llamadas absorbentes) mueren, mientras las restantes se cubren con una capa relativamente impermeable, evitando así el flujo de agua desde la planta hacia el suelo. Con la llegada de las lluvias, las raíces absorbentes vuelven a desarrollarse a partir de yemas latentes en las raíces estructurales. Las primeras pueden ser funcionales en cuestión de horas tras la humectación del suelo. Además de este mecanismo de adaptación a la sequía, el sistema radicular de la chumbera contribuye a reducir la transpiración de la parte aérea de la planta debido a un alto potencial negativo radicular¹⁵.

Tallos

Los tallos de las tuna están formados por artejos fotosintéticos aplanados de forma oblonga, ovoide, o circular llamados cladodios. La epidermis de los cladodios está recubierta por una cutícula gruesa, con una estructura cerosa básica de placas semiverticales en su superficie, lo que permite reducir la transpiración, al tiempo que serviría para aprovechar la condensación de la humedad atmosférica, tal y como se ha sugerido para otras especies. Esta cutícula posee, además, un color blanco que refleja la radiación solar, reduciendo así la temperatura del tallo. En cuanto a las estomas se refiere, su densidad es muy escasa en comparación con otras especies (de 15 a 35 estomas mm²), y su poro está oculto (hundido respecto a la superficie del tallo). Las yemas axilares del cladodio reciben el nombre de areolas, y a partir de ellas aparecerán nuevos cladodios, flores, o raíces. Estas areolas presentan tanto espinas consideradas como tales como pelos espinosos, llamados gloquidios. Las principales funciones de estos órganos (hojas modificadas, en realidad) son la condensación de agua del aire y la reducción de la temperatura del cladodio, así como su sombreo. La gran mayoría de las especies de tuna presentan espinas, sin embargo, muchas de las especies cultivadas poseen variedades o

ecotipos inermes. De éstas, la gran mayoría presenta gloquidios, si bien en algunos ecotipos son absolutamente inconspicuos. Bajo la epidermis aparece el tejido fotosintético (clorénquima) y más profundamente el parénquima blanco, dónde se almacenan los compuestos de reserva y grandes cantidades de agua. La acumulación de agua está muy relacionada con la existencia del mucílago, sustancia heterogénea e higroscópica sobre la que se tratará detalladamente más adelante, y que está presente en los tejidos hipodérmico, cortical, y vascular, así como en la médula. A partir del segundo año los cladodios comienzan un proceso de lignificación que puede conllevar la aparición, con el tiempo, de una corteza, a la vez que se produce una evolución paulatina de los mismos hacia formas cilíndricas¹⁵.

Hojas

Las hojas de la tuna presentan una forma aproximadamente cónica, y son dehiscentes, desprendiéndose normalmente a las pocas semanas de aparecer¹⁵.

Flores

Las flores son hermafroditas (unisexuales en el caso de determinados ejemplares de *Opuntia robusta*, actinomorfas, se desarrollan en la superficie de los cladodios de uno, dos, y ocasionalmente tres años. El periantio está formado por pétalos y sépalos (muy similares) fusionados en la base. Los estambres están insertados en la cavidad del receptáculo y arreglados en espiral, con filamentos libres. El gineceo está formado por cuatro o más carpelos fusionados y el ovario es unilocular con placentación parietal. El receptáculo, que se convertirá posteriormente en la piel del fruto, muestra hojas y areolas perfectas, lo que es exclusivo de un reducido número de especies vegetales. La polinización puede ser autógena o alógama¹⁵.

Frutos

El fruto de la tuna es una baya procedente de un ovario ínfero. Su piel presenta la misma morfología que el cladodio y su pulpa se forma a partir del funículo y el envoltorio funicular. Las semillas pueden ser viables o abortadas, sin que se haya establecido el porqué de este último. El tamaño depende de la especie, así como su forma, que oscila entre la piriforme y la globosa. Su color va desde el verde pálido hasta el rojo sanguino, pasando por las distintas tonalidades de amarillos y naranjas, en función no sólo de la especie sino de la variedad considerada ¹⁵.

a. Composición química general

Los cladodios tienen interés desde el punto de vista industrial ya que cuando los brotes son tiernos (10 a 15 cm) se usan para la producción de nuevas plantas y cuando están parcialmente lignificados (cladodios de 2 a 3 años), para la producción de harinas y otros productos. En el cuadro 1 se presenta la composición de 100 gramos de tuna fresco ¹⁶.

Cuadro 1: Composición química de 100 gramos de “tuna” fresco ¹⁶.

Parámetro	Contenido
Porción comestible	78.00
Energía (kcal)	27.00
Proteínas (g)	1.70
Grasas (g)	0.30
Carbohidratos (g)	5.60
Calcio (mg)	93.00
Hierro (mg)	1.60
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.03
Ascórbico (mg)	8.00

El contenido de los macrocomponentes en el cladodio cambia con su edad, siendo el agua aproximadamente el 90% de su composición (Cuadro 2) ¹⁶.

Cuadro 2: Composición química de cladodios de distintas edades (porcentaje materia seca) ¹⁶.

Edad (años)	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra cruda	Extracto no Nitrogenado
0,5	9.4	1.0	21.0	8.0	60.6
1	5.4	1.3	18.2	12.0	63.1
2	4.2	1.4	13.2	14.5	66.7
3	3.7	1.3	14.2	17.0	63.7
4	2.5	1.7	14.4	17.5	63.9

Son ricos también en minerales, entre ellos el calcio y el potasio (93 y 166 mg/100 g, respectivamente), y tienen bajo contenido de sodio (2 mg/ 100 g), lo que es una ventaja para la salud humana. Su alto contenido en calcio, los hacen muy interesantes por la importancia de este mineral en la dieta. Contienen, además, cantidades moderadas de carotenoides (30 µg/100 g) y vitamina C (11 mg/100 g). La composición química de las cenizas varía en las distintas especies y también dentro de una misma especie, de acuerdo a la composición química del suelo y con los complicados fenómenos mediante los que esas plantas disponen de sus nutrientes. Estos fenómenos se relacionan con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación o ionización, humedad y textura del suelo¹⁶.

Los carbohidratos que se encuentran en este tipo de vegetales son monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Los néctares son sustancias que exudan los órganos especializados de las cactáceas y constituyen una mezcla de sacáridos que probablemente, en ocasiones contengan también ligeras cantidades de aceites esenciales, sobre todo los que produce la flor. Su función es participar en la polinización. Así mismo, la composición de azúcares en *Opuntia* es de gran interés debido a la utilidad comercial de la goma de cholla y otros mucílagos¹⁶.

b. Propiedades funcionales de la *Opuntia spp* “tuna”.

Tanto la fruta como los cladodios de la tuna son una fuente interesante de compuestos funcionales, entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílago), los pigmentos (betalaínas, carotenoides), los minerales (calcio, potasio) y algunas vitaminas como la C ¹⁶.

Una alternativa explorada hace años es la obtención de betalaínas a partir de las tunas rojas o púrpuras. Las betalaínas son pigmentos solubles en agua derivados del ácido betalámico cuya estabilidad se ve afectado por el pH, siendo más estables a pH entre 4.0 y 6.0 ¹⁶.

Los cladodios, con su alto contenido en fibra, son actualmente una fuente importante de la misma, la que se obtiene por secado y molienda de los mismos. Este polvo o harina se destina tanto para la industria de alimentos como para la industria de complementos alimenticios, ligada en cierto modo a la industria farmacéutica ¹⁶.

Estudios más recientes, sugieren que la administración preventiva de extracto metanólico de *Opuntia spp* ayuda a aliviar los daños neuronales excitotóxicos

provocados por una isquemia global. Asimismo, los flavonoides aislados de frutos del nopal tienen un efecto neuroprotector por lo que pueden ser utilizados como tratamiento preventivo en los desórdenes oxidativos neuronales, como el Alzheimer. También se han evaluado los efectos del mucílago para el alivio de piel irritada. Se observó que la aplicación cutánea de éstos indujo la reparación del tejido lesionado, acelerando la fase de reepitelización. Otra bondad encontrada en esta cactácea es que extractos de *Opuntia spp* "tuna" protegen al hígado contra daños provocados por ingesta de insecticidas organofosforados y a su vez disminuyen el grado de toxicidad de estos químicos¹⁶.

2.3.2. Epidemiología de las lesiones sugestivas fúngicas

En diversas evaluaciones y diagnósticos llevados a cabo en tunales señalan, que la incidencia y severidad de algunas enfermedades puede llegar hasta un 90% lo cual causa una drástica reducción de la productividad, si no son manejadas adecuadamente. Por esta razón el método más apropiado y económico para evitar este nivel de daño, es prevenir la infección de plantas.

De los cuales el 25 a 55% son causados por diferentes hongos como la *Pseudo cercospora opuntiae*, *Phoma sp.*, *Alternaria sp.*, *Macrophomina sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Phytophthora sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Gnomonia sp.*, *Dothiorellaribis*, *Cercospora sp.*, *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, entre otras¹⁷.

2.3.3. Epidemiología de las lesiones sugestivas bacterianas

Las lesiones causadas por bacterias son variables se han encontrado en algunos casos infecciones de 20 a 80%, sin embargo estas variaciones se dan de acuerdo al piso ecológico, la humedad, manejo de los cultivos, etc. Entre las principales bacterias implicadas en las infecciones de las tunas tenemos: *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Erwinia sp.* y *Xanthomonas sp.*¹⁸.

2.3.4. Fitopatología bacteriana y fúngica de las tunas

Los fitopatógenos son, por lo general, microorganismos que no pueden ejercer una fuerza "voluntaria" y aplicarla sobre la superficie de su hospedero. Al parecer, sólo algunos hongos son los que aplican una presión de tipo mecánico sobre la superficie de la planta que intenta penetrar. Sin embargo, la fuerza de la presión varía ampliamente de acuerdo al grado de "pre ablandamiento" que ejercen las secreciones enzimáticas del patógeno sobre la superficie de la planta¹⁹.

Para que los hongos penetren la superficie de una planta, es necesario que primero se adhieran a ella. Aunque por lo general las hifas y las radículas están

rodeadas por sustancias mucilaginosas, su fijación a la planta al parecer se realiza principalmente por las fuerzas intermoleculares que se producen entre la superficie de la planta y el patógeno cuando se unen estrechamente. Una vez que han entrado en contacto, el diámetro de la porción de la hifa entra en contacto con la superficie del hospedero se incrementa y forma una estructura aplanada y en forma de bulbo que se denomina "apresorio". Esta estructura hace que aumente la zona de unión entre los dos organismos y permite que el patógeno se fije con mayor firmeza a la planta. A partir del apresorio se forma un punto delgado de crecimiento denominado "punto de penetración" que se desarrolla en dirección de la cutícula y la pared celular, atravesándolas. Si la pared subyacente del hospedante es blanda, la penetración se efectúa con mayor facilidad. Sin embargo, cuando esa pared es dura, la fuerza que ejerce la punta de penetración puede ser mucho mayor que la fuerza de unión entre las dos superficies, lo cual hace que se separen las paredes del apresorio y del hospedante, rechazando de esta forma la infección. La penetración de las barreras que ofrecen las plantas ante el ataque de los hongos, casi siempre se logra debido a que el patógeno secreta enzimas en el sitio de penetración, lo cual da como resultado el ablandamiento o la disolución de esas barreras por la acción enzimática ¹⁹.

Después de que el hongo ha entrado a la célula, es habitual que secrete cantidades crecientes de enzimas que posiblemente ablandan o disuelven la pared celular del hospedero, lo cual permite que el patógeno entre con mayor facilidad en este último. Sin embargo, es muy probable que la fuerza mecánica que ejerce el patógeno tenga una importante función en la mayoría de los casos de penetración, aunque a un grado mucho menor. Debe tenerse en cuenta que en la mayoría de las infecciones ocasionadas por hongos, el diámetro de la punta de penetración disminuye mucho más que el que tiene una hifa común, mientras penetra una pared celular, y recupera su tamaño normal una vez que la ha atravesado ¹⁹.

Algunos hongos patógenos ejercen una fuerza mecánica considerable sobre los tejidos de su hospedante después de la formación de sus cuerpos fructíferos en los tejidos que se encuentran inmediatamente debajo de la superficie de la planta. Mediante una presión cada vez mayor, las hifas de un esporóforo o bien los cuerpos fructíferos (tales como los picnidios y los peritecios) ejercen presión hacia el exterior causando que las paredes celulares y la cutícula se expandan,

se elevan formando protuberancias en forma de ampollas que en un momento dado se rompen ¹⁹.

Por otro lado, la mayoría de las bacterias fitopatógenas se desarrollan principalmente como organismos parásitos en las plantas hospederas y parcialmente en el suelo como saprofitos. Sin embargo, hay grandes diferencias entre especies, en cuanto al grado de desarrollo en uno u otro ambiente ¹².

Algunas bacterias patógenas, tales como *Erwinia amylovora*, que produce el tizón de fuego, producen sus poblaciones en la planta hospedante, mientras que en el suelo su número disminuye con rapidez y a menudo no participa en el avance de la enfermedad de una estación a otra. Estos patógenos han desarrollado ciclos de infección sostenidos de planta en planta, con frecuencia a través de insectos vectores, ya sea debido a la naturaleza perenne del hospedante o a la asociación que se establezca entre las bacterias y sus órganos de propagación vegetativa o semilla, han perdido los requerimientos necesarios para sobrevivir en el suelo ¹⁹.

La diseminación de las bacterias fitopatógenas de una planta a otra parte de la misma planta, se lleva a cabo principalmente a través del agua, los insectos, diversos animales y el hombre. Bacterias que poseen flagelos se desplazan sólo a distancias muy cortas. La lluvia, por su efecto "de lavado" o salpicador, lleva y distribuye bacterias de una planta a otra, de uno de sus órganos a otro y del suelo a las partes inferiores. El agua también lleva y separa bacterias que se encuentran sobre o en el suelo hasta otras áreas donde puede haber plantas hospedantes. Los insectos no sólo llevan las bacterias hasta las plantas, sino que las inoculan en ellas al introducirlas en determinadas zonas, donde casi siempre se desarrollan. En algunos casos las bacterias fitopatógenas persisten también en los insectos y dependen de ellos para sobrevivir y diseminarse. En otros casos, los insectos son importantes, aunque no esenciales, en la diseminación de ciertas bacterias fitopatógenas. Los pájaros y otros animales que frecuentan o se mueven entre las plantas, pueden ser también portadores de las bacterias. El hombre contribuye a la diseminación local de las bacterias cuando manipula plantas o realiza prácticas de cultivo, pero también las lleva a grandes distancias al transportar plantas infectadas u órganos de ellas, hasta otras áreas nuevas o al introducir tales plantas de otras partes. En los casos en que las bacterias infectan a las semillas de sus plantas hospedantes, pueden ser

llevadas en o sobre ellas a distancias variables mediante cualquiera de los agentes de dispersión de las semillas¹⁹.

Las bacterias fitopatógenas ocasionan el desarrollo de varios tipos de síntomas en las plantas que infectan como los que producen los hongos. Producen manchas y tizones foliares, pudriciones blandas de frutos, raíces y órganos almacenados, marchitamientos, crecimientos excesivos, sarnas, cancros, etc. Cualquiera de estos tipos de síntomas puede ser producido por las bacterias patógenas de varios géneros y cada género contiene algunos patógenos capaces de producir diferentes tipos de enfermedades. Sin embargo, las especies de *Pseudomonas* y *Coryne bactecrium* producen los crecimientos excesivos¹⁹.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental, descriptivo, transversal.

De acuerdo al tipo y diseño de investigación se hizo descripción de las lesiones sugestivas de la *Opuntia spp* “tuna”.

3.2. DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Estuvo conformada por todas plantas de *Opuntia spp* “tuna” existentes en las plantaciones naturales de la localidad de Wari.

3.2.2. Muestra

Estuvo conformada por el 100% de plantas de *Opuntia spp* “tuna”, presentes en las cuadrículas de acuerdo al muestreo estratificado de 1 hectárea.

3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

3.3.1. Criterios de inclusión

Se consideraron en el estudio las plantas de *Opuntia spp* “tuna” de áreas con cobertura homogénea.

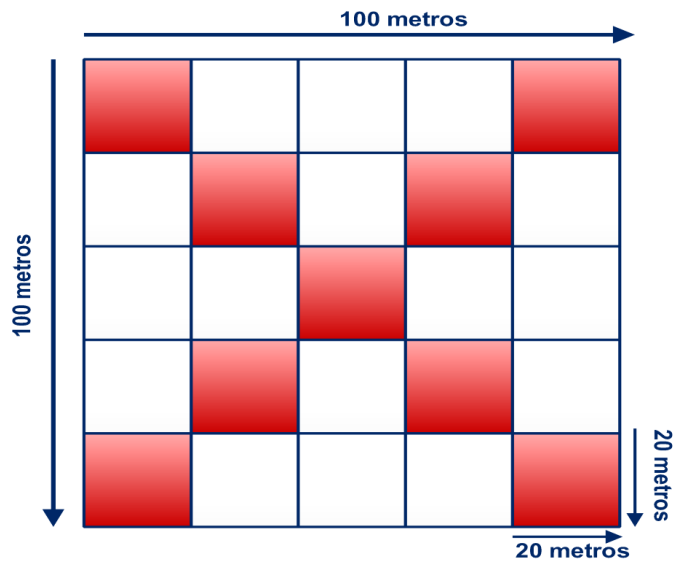
3.3.2. Criterios de exclusión

No se consideraron en el estudio las plantas de *Opuntia spp* “tuna” de áreas con cobertura heterogénea.

3.4. MÉTODOS INSTRUMENTALES PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnica

Se realizó mediante observación directa de cada planta de acuerdo al esquema estratificado por hectárea homogénea de plantación de *Opuntia spp* “tuna”. Los puntos de muestreo estuvieron conformados por las áreas sombreadas²⁰.



3.4.2. Instrumento de recolección de datos

Estuvo constituida por una ficha de muestreo epidemiológico constituido por 9 ítems (anexo N° 01).

3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Mediante una cinta métrica se delimitaron una hectárea en las plantaciones de *Opuntia spp* “tuna” con distribución homogénea. Seguidamente se realizó la división en cuadrados de 20 metros por lado, haciendo un total de 25 cuadrados de 20 metros por lado.

Luego se realizó las observaciones de las plantas de *Opuntia spp* “tuna” existentes en cada cuadrado de acuerdo a los objetivos planteados. Los datos fueron anotados en cada ficha por cada cuadrado de estudio, los datos que se tomaron en cuenta en las observaciones fueron: sintomatológica de enfermedades como ennegrecimiento, pudrición, manchas, áreas secas y orificios de cladodios.

Una vez concluido la recogida de la información se procedió a la creación de una base de datos en la hoja de cálculo Excel.

3.6. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos se presentaron en tablas estadísticas de frecuencias, los cuales se analizaron de acuerdo a los hallazgos de la observación de las plantaciones de *Opuntia spp* “tuna”. Los datos fueron procesados mediante el software estadístico IBM SPSS 22.0 (*Statistical Package for Social Science*).

IV. RESULTADOS

Tabla 1: Frecuencia de lesiones sugestivas bacterianas y fúngicas en *Opuntia spp* "tuna". Wari, Ayacucho 2015.

Nº plantas total	Lesiones sugestivas bacterianas				Lesiones sugestivas fúngicas			
	SI		NO		SI		NO	
1500	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
		1275	85	225	15	1500	100	0

Tabla 2: Distribución porcentual de infecciones bacterianas y fúngicas en *Opuntia spp* "tuna". Wari, Ayacucho 2015.

Nº plantas total	INFECCIONES			
	Yana pususu		<i>Cercosporiosis</i>	
1500	Nº	%	Nº	%
	1275	85	1500	100

Tabla 3: Distribución porcentual de lesiones sugestivas bacterianas en *Opuntia spp* "tuna" en relación a la edad. Wari, Ayacucho 2015.

Nº de lesiones sugestivas bacterianas/cladodio	Edad de la <i>Opuntia spp</i> "tuna"(años)								Total	
	< 5		6 a 10		11 a 15		> 16			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
< 10	84	5.6	133.5	8.9	57	3.8	10.5	0.7	280.5	19
11 a 20	66	4.4	505.5	33.7	46.5	3.1	12	0.8	631.1	42
21 a 30	19.5	1.3	84	5.6	165	11	16.5	1.1	288.1	19
31 a 40	0	0.0	0	0.0	37.5	2.5	37.5	2.5	75.2	5
Total	169.5	11.3	723	48.2	306	20.4	76.5	5.1	1275	85

Tabla 4: Distribución porcentual de las lesiones sugestivas bacterianas en *Opuntia spp* "tuna" en relación al tipo de cladodios. Wari, Ayacucho 2015.

Nº de lesiones sugestivas bacterianas/ cladodio	Tipo de cladodio				Total	
	Nueva		Antigua			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
< 10	87	5.8	198	13.2	280.5	19
11 a 20	66	4.4	564	37.6	631.1	42
21 a 30	19.5	1.3	265.5	17.7	288.1	19
31 a 40	0	0.0	75	5	75.2	5
Total	172.5	11.5	1102.5	73.5	1275	85

Tabla 5: Distribución porcentual de lesiones sugestivas fúngicas en *Opuntia spp* “tuna” en relación a la edad. Wari, Ayacucho 2015.

Nº de lesiones sugestivas fúngicas/ cladodio	Edad de la <i>Opuntia spp</i> “tuna”(años)								Total	
	<5		6 a 10		11 a 15		> 16			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
< 10	157.5	10.5	192	12.8	108	7.2	24	1.6	483	32.2
11 a 20	45	3.0	580.5	38.7	58.5	3.9	30	2.0	712.5	47.5
21 a 30	0	0.0	78	5.2	153	10.2	4.5	0.3	235.5	15.7
31 a 40	0	0.0	0	0.0	39	2.6	30	2.0	69	4.6
Total	202.5	13.4	850.5	56.7	358.5	23.9	88.5	5.9	1500	100

Tabla 6: Distribución porcentual de lesiones sugestivas fúngicas en *Opuntia spp* “tuna” en relación al tipo de cladodio. Wari, Ayacucho 2015.

Nº de lesiones sugestivas fúngicas/cladodio	Tipo de cladodio					
	Nueva		Antigua		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
< 10	157.5	10.4	324	21.6	483	32.2
11 a 20	45	3.0	669	44.6	712.5	47.5
21 a 30	0	0.0	235.5	15.7	235.5	15.7
31 a 40	0	0.0	69	4.6	69	4.6
Total	202.5	13.4	1297.5	86.6	1500	100

V. DISCUSIÓN

En la tabla 01 se observa que el 85% y el 100% de las plantaciones de tuna mostraron lesiones sugestivas a bacterias y hongos respectivamente. Las bacterias patógenas establecen relación con sus hospederos de muy distintas maneras y los efectos sobre las plantas varían notablemente. Hasta ahora no se conoce ningún caso, a excepción de algunas especies de *Streptomyces*, que sean capaces de atravesar directamente la cutícula, a no ser que esté rota o agrietada de alguna forma. Muchas especies penetran a través de las estomas, otras lo hacen principalmente atravesando los hidátodos y finalmente otras penetran por las heridas. La bacteria, generalmente inicia su invasión por las heridas y avanza mediante la secreción de una enzima que se difunde previamente y disuelve la laminilla media de las células, como consecuencia de ello las células mueren y las bacterias crecen y se desarrollan muy bien sobre los tejidos muertos. Las características de las enfermedades bacterianas pueden ser pudriciones blandas, sarna, canchales, agallas, manchas foliares, marchitamiento; las bacterias fitopatógenas pueden mantenerse en el suelo por un largo periodo de tiempo, algunas durante años, sin multiplicarse. La identificación del patógeno no se puede hacer simplemente por los síntomas de la enfermedad, para esto se realizan varias pruebas bioquímicas. Los factores más importantes que ayudan para la propagación de las bacterias son la temperatura, el aire, humedad, la frecuencia e importancia de las precipitaciones y existencias de los insectos como vectores que llevan al patógeno de un lugar a otro. Los patógenos bacterianos de las plantas, se ven favorecidos por temperaturas comprendidas entre 25°C a 30°C y por una humedad elevada. Por otro lado se ha visto que los inviernos muy fríos en los que las precipitaciones han sido abundantes, favorecen la rápida propagación del patógeno²³.

La mayoría de los hongos fitopatógenos pasan parte de su ciclo de vida en las plantas que les sirven de hospedante y otras en el suelo o en los residuos vegetales depositados en este sustrato. Algunos pasan todo su ciclo de vida sobre el hospedante y sólo sus esporas alcanzan el suelo, donde permanecen en reposo hasta que son llevadas a un hospedero en el que germinan y se reproducen. Otros hongos (como es el caso de *Venturia*) deben pasar parte de su ciclo de vida como parásitos de su hospedante y parte de él como saprófitos sobre los tejidos muertos depositados en el suelo, a fin de poder concluir su ciclo de vida en la naturaleza²¹. Durante su forma de vida parásita, los hongos asumen varias posiciones con respecto a las células y tejidos vegetales. Algunos hongos (como es el caso de las cenicillas) se desarrollan sobre la superficie de la planta a la que infectan, pero envían sus órganos de alimentación (haustorios) hacia el interior de las células epidérmicas de esa planta. Algunos (como es el caso de *Venturia*) sólo se desarrollan entre la cutícula y las células epidérmicas. Algunos de ellos se desarrollan entre las células de su hospedante (a nivel de los espacios intercelulares) y pueden o no enviar sus haustorios al interior de ellas. Más aún, otros hongos se desarrollan de forma diferente entre las células de su hospedante y a través de ellas. Los parásitos obligados (biótrofos) sólo se desarrollan cuando se asocian a las células vivas de sus hospedantes y son incapaces de nutrirse de células muertas. Por otra parte, el micelio de algunos hongos parásitos no obligados nunca llega a entrar en contacto con las células vivas de la planta, debido a que sus enzimas maceran y destruyen a las células vegetales que se localizan frente a él. Sin embargo, en la mayoría de los casos, a pesar de la posición que tenga el micelio en su hospedante, los cuerpos reproductores del hongo (esporas) se forman en la superficie de los tejidos de su hospedante (o muy cerca de ella), lo cual asegura su rápida y eficiente diseminación²².

Respecto a la supervivencia y función de la mayoría de los hongos fitopatógenos dice que depende ampliamente de las condiciones predominantes de temperatura, humedad y presencia de agua en su medio. Un micelio libre sólo sobrevive dentro de un cierto intervalo de temperatura de 5°C a 45°C y cuando entra en contacto con superficies húmedas, ya sea que se localicen en el exterior o el interior de una planta hospedante., la mayoría de las esporas resisten intervalos bastante amplios de temperatura y humedad, y permite que el hongo sobreviva a los días cálidos y a las bajas temperaturas. Sin embargo, las

esporas de los hongos requieren también humedad y temperaturas adecuadas para poder germinar, resalta que los factores como adaptaciones al medio ambiente, la temperatura, la humedad, el aire, el agua, los desechos de las plantas, los insectos, los animales, incluso el hombre son parte de la propagación de las enfermedades²¹.

Las observaciones realizadas en el campo nos muestran que en el desarrollo de las lesiones sugestivas a enfermedades bacterianas y fúngicas ingresan por heridas o aberturas naturales en la planta, estableciéndose en los espacios intercelulares del parénquima, luego ingresan a las células y en ellas se multiplican, causando enfermedades como necrosis, abarcando un desarrollo interno, que luego aflora hacia a la superficie del cladodio, luego causan sequedad y hundimiento en los tejidos dejando cicatrices. Las enfermedades se dan por los factores exógenos como el agua, viento, heridas al cosechar el fruto y a través de labores culturales, los resultados obtenidos de la frecuencia de las lesiones bacterianas y fúngicas que son muy similares²¹.

Cuadros¹¹, reportaron que de 100 plantas de *Opuntia ficus indica* evaluada, 36% de infecciones correspondieron a hongos, 21% a bacterias en plantas de tuna tecnológicamente manejados. **Ruero**⁷, de un total de 51 muestras de *Opuntia spp* procedentes de diferentes localidades de Ayacucho, 35 muestras presentaron bacterias Gram negativas. **Juscamaita**¹⁰, reportó que el agente causante de la enfermedad conocida como “yana pususu” es debido a la bacteria Bacilo Gram Negativo del género *Pseudomonas*, en edades de 1, 2 y 3 años son muy propensas a la enfermedad porque son tiernas y tienen baja defensa. **Barrantes**⁸, reportó que la bacteriosis en la *Opuntia ficus indica* es una enfermedad localizada, que abarca básicamente en los departamentos de Ayacucho, debido a posibles factores climáticos y barreras geográficas, no reportándose en otras regiones. Las bacterias que causan estas enfermedades son muy resistentes y pueden permanecer durante mucho tiempo cuando el clima es seco, pero cuando aumenta la humedad y la temperatura se activan causando la infección de los cladodios que ingresan por las estomas, heridas, cosechas y estiletes de los insectos como la bacteria Yana pususu. Al respecto, referencias bibliográficas como las lesiones causadas por bacterias es variables se han encontrado en algunos casos infecciones de 20 a 80%, sin embargo estas variaciones se dan de acuerdo al piso ecológico, la humedad, manejo de los cultivos. Entre las principales bacterias implicadas en las infecciones de las

tunas tenemos: *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Erwinia sp.* y *Xanthomonas sp.*¹⁸. En la Gerencia Regional Agraria La Libertad²², reportaron que las principales enfermedades causadas por hongos son debido a *Aecidium sp.*, *Cercospora*, *Phytophthora cactarum*, *Micosphaerella*, *Pseudomona* y *Erwinia*, que ocasionan pústula redonda de color amarillo naranja, costras sobre la epidermis de los cladodios en plantaciones jóvenes y enfermas, manchas plateada, entre otros. Cabe señalar que en nuestra investigación no realizamos aislamientos de los patógenos de la *Opuntia spp.*, sin embargo de acuerdo a las características observadas podrían atribuirse a que fueron causados por hongos como la *Cercosporiosis*, la roya, la mancha plateada, bacterias como *Xanthomona* y *Pseudomonas*, probablemente a algunos virus.

En la tabla 02, se observa que de 1500 plantaciones de tuna, 85% están afectados por Yana pususu y el 100% por *Cercosporiosis*, se conoce que las bacterias afectan en su mayoría, bacterias del genero *Pseudomonas* que presentan lesiones con característica como ampollas, inicialmente tornándose poco después de color marrón oscuro y algunas veces eliminando un exudado viscoso blanquecino a manera de cera derretida al medio externo y por hongos del género *Cercopora* que presentan lesiones con características como puntos anaranjados a marrón pálido, pasando de 30 a 60 días muestran una costra seca circular limitados por los anillos de diferentes coloraciones en el borde. Cada uno de estos puntos emiten miles de esporas que van a infectar sobre la epidermis de los cladodios.

Barrantes⁹, reportó la intensidad promedio de daño por *Cercosporiosis* en *Opuntia ficus indica* durante los meses de Enero, Febrero y marzo en Huanta y Huamanga, Huanta presenta 70% y Huamanga 60% según las épocas de infección, en plantaciones de tunas cultivadas. Del mismo modo Agroayacucho²⁴, reportó que la enfermedad “Yana pususu” en los meses de Febrero, Marzo y Abril las lesiones se agrandan constituyendo una ampolla de tamaño variable de un color marrón oscuro de forma irregular y de contenido acuoso.

En la tabla 03, se observa la distribución porcentual de las lesiones sugestivas bacterianas con relación a la edad de la planta, se nota que, a medida que incrementa la edad de la planta, aumenta el número de lesiones. En el 33.7% de las plantas con edades de 6 a 10 años se contaron entre 11 a 20 lesiones, en el 11% de plantas de con edades de 11 a 15 años se anotaron 21 a 30 lesiones,

seguido del 5.6% de las plantas con edades menores a 5 años que presentan lesiones menores a 10. Por los resultados obtenidos las bacterias fitopatógenas ocasionan cualquier tipo de síntomas en las plantas que producen como, marchitamientos, pudriciones blandas de frutos, sarnas y chancros, se afirma que hay alta distribución de lesiones bacterianas en las plantas de tuna de la localidad de Wari. Con respecto a la edad de las plantas, algunos patógenos atacan a las plántulas o a las partes inmaduras de las plantas, mientras que otros atacan a sus tejidos maduros²¹.

Cuadros¹¹, reportaron que de 100 muestras de plantas de tuna tecnológicamente manejados, 21% tenían infecciones bacterianas. Del mismo modo **Ruero⁷**, reportó de un total de 51 muestras de *Opuntia spp* procedentes de diferentes localidades de Ayacucho, a 35 muestras afectadas con bacterias Gram negativas.

En la tabla 04, nos muestra la distribución porcentual de los resultados relacionados a las lesiones sugestivas bacterianas con relación al tipo de cladodio, en 37.6% de cladodios antiguos se observan 11 a 20 lesiones, en cambio en el 5.8% de los cladodios nuevos se observaron menor a 10 lesiones.

Cuadros y Carhuas²³, de 100 plantas de tuna tecnológicamente manejados, el 56% de las infecciones correspondieron a cladodios antiguos y el 21% a cladodios jóvenes. Nuestros resultados difieren a los de **Cuadros y Carhuas²³** porque nuestra investigación se realizó en un área natural a diferencia de los autores mencionados. Estas enfermedades son uno de los principales problemas que se tienen que afrontar en la agricultura por que reducen las cosechas, desmejoran la calidad del producto, limitan al mismo tiempo la disponibilidad de alimentos y materias primas⁵.

En la tabla 05, muestra la distribución porcentual de las lesiones sugestivas fúngicas con relación a la edad de la planta, se observa que, a medida que incrementa la edad de la planta, aumenta el número de lesiones. En el 38.7% de las plantas con edades de 6 a 10 años se notaron 11 a 20 lesiones en cambio en el 10.5% de plantaciones de tuna con edades menores a 5 años se observaron menor a 10 lesiones, seguido del 10.2% de plantas con edades de 11 a 20 años que presentan 21 a 30 lesiones. Por los resultados obtenidos en nuestro trabajo y las observaciones de otros autores, las infecciones por hongos son variables en distintos años, dependiendo su desarrollo de muchos factores, tales como humedad, temperatura, lluvia y prácticas culturales y los síntomas que producen

son, *Cercosporiosis* (*Cercospora opuntiae*), Mancha plateada (*Mycosphaerella* sp), Mancha amarilla (*Trimmatostroma* sp)²¹.

Cuadros¹¹, reportaron de 100 muestras de plantas de tuna tecnológicamente manejados que 36% de infecciones correspondieron a hongos.

En la tabla 06, se observa la distribución porcentual de las lesiones sugestivas fúngicas con relación al tipo de cladodio; en el 44.6% de cladodios antiguos se observan 11 a 20 lesiones, en cambio en el 10.5% de los cladodios nuevos se observaron menor a 10 lesiones.

Cuadros y Carhuas²³, reportaron que de 100 plantas de tuna tecnológicamente manejados, el 56% de las infecciones correspondieron a cladodios antiguos y el 21% a cladodios jóvenes. **Barrantes**⁹, reportó el incremento quincenal de infecciones en cladodios de *Opuntia ficus indica* por *Cercospora opuntiae* durante los meses de Noviembre a Marzo en Huanta y Huamanga, en 120 días evaluadas en Huanta presenta 42 lesiones con 78% de superficie afectada del cladodio, mientras que en Huamanga presentaron 28 lesiones con 53% de superficie del cladodio.

VI. CONCLUSIONES

1. En las plantaciones naturales de tuna de la localidad de Wari se ha reportado que el 85% presenta lesiones sugestivas a bacterias y el 100% a lesiones sugestivas a hongos; que corresponden al Yana pususu y *Cercosporiosis*.
2. Las lesiones sugestivas a bacterias fueron encontradas en el 33.7% de plantas de 6 a 10 años de edad y un 37.6% de cladodios antiguos.
3. Las lesiones sugestivas fúngicas se observaron en el 38.7% en plantas de 6 a 10 años y en 44,6% de cladodios antiguos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Sugerir realizando investigaciones referidas al aislamiento e identificación de las especies bacterianas y fúngicas causantes de las enfermedades de *Opuntia spp* “tuna” en las diferentes localidades de Ayacucho, debido a que se tiene referencia de la disminución de la productividad de los frutos año tras año.
2. Sugerir a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga asignar presupuestos para investigaciones referidos a *Opuntia spp* “tuna” debido a que esta planta aporta ingresos a muchas familias de recursos económicos precarios de la localidad de Ayacucho.
3. Determinar en mayor detalle los factores de transmisión y diseminación de los patógenos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro de Estudios de Zonas Áridas CEZA, TUNA (*Opuntia ficus indica*). Ministerio de Agricultura. Chile, Disponible en; <http://www.provar.uchile.cl/doc/TUNA%202011.pdf>
2. Tomás, G; Huamán, J; Aguirre, R; Bravo, M; León, J; Guerrero, M; Orihuela, C; Avilés, R; Yanqui, E. Estudio químico y fitoquímico de la *Opuntia ficus indica* “tuna”, y elaboración de un alimento funcional. Rev. Per. Quím. Ing. Quím. Vol. 15 N.º1 , 2012. Págs. 70-74. Disponible en; file:///C:/Users/HP-PC/Downloads/4772-16119-1-PB.pdf
3. Gerencia Regional Agraria La Libertad, Cultivo de la tuna (*Opuntia ficus indica*). Trujillo – Perú, noviembre del 2009. Disponible en; <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>
4. Méndez, J; Talavera, D y García, E. Identificación y control de las enfermedades más comunes en el nopal. Revista Salud Pública y Nutrición, 2008. Disponible en; file:///C:/Users/HP-PC/Downloads/05.pdf
5. De La Torre, R; Salazar, M; Ruiz, R. Ocurrencia de un Tobamo virus asociado con manchas anulares amarillas en nopal tunero en México. Agrociencia, 1 de octubre - 15 de noviembre, 2007. Disponible en; https://www.researchgate.net/publication/28182363_Ocurrencia_de_un_tobamovirus_asociado_con_manchas_anulares_amarillas_en_nopal_tunero_en_mexico.
6. Quezada A, Sandoval JS, Alvarado D, Cárdenas E. Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus indica* Mill) en Tlalnepantla, Morelos, México. Agrociencia, septiembre - octubre 2006. Disponible en; <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2007/oct-nov/art-6.pdf>
7. Ruero, H. Agentes microbianos asociados a enfermedades de *Opuntia spp.* “tuna”. Ayacucho 2001 – 2002. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela de Formación Profesional de Biología. Ayacucho, 2006.
8. Barrantes, F. Enfermedades de la tuna (*Opuntia ficus indica*) causas epifitológicas y control. Informe de Investigación. Fac. Cs. Agra. UNSCH, Ayacucho – Perú.1998.
9. Barrantes, F. Ecobiología del patosistema de la Cercosporiosis causada por *Cercosporra opuntiae* en tuna (*Opuntia ficus indica* Huamanga, Huanta y Cangallo. Informe de Investigación. Fac. Cs. Agra. UNSCH, Ayacucho – Perú.2004.
10. Juscamaita VL. Identificación de la etiología bacteriana del “yanapususu” e infección experimental en *Opuntia ficus indica*. Ayacucho 1991. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela de Formación Profesional de Biología. Ayacucho, 1992.
11. Cuadros Y, Carhuas A. Índice de patogenicidad fúngica y bacteriana en *Opuntia ficus indica* “tuna”. Dirección Agraria Cajamarca, 2000.
12. Hernández T, Montoya R. Epidemiología cuantitativa y su aplicación al análisis de algunas enfermedades de cultivos tropicales. Universidad nacional Agraria de la Selva. Facultad de Agronomía. Tingo María. 1987. Disponible en; <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8349e/A8349e.pdf>
13. Méndez J, Talavera D, García J. Identificación y control de las principales enfermedades del nopal. Revista Salud Pública y Nutrición, 2009. Disponible en; file:///C:/Users/HP-PC/Downloads/04.pdf
14. De la cruz, J. Frutales silvestres de la provincia de huamanga. Informe de investigación Fac. Cs. Bs. UNSCH. Ayacucho – Perú. 1991.

15. Sánchez F. Potencial del cultivo de la chumbera (*Opuntia ficus indica*) para la obtención de biocombustibles. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid – España 2012. Disponible en;
http://oa.upm.es/14773/1/FRANCISCO_SANCHEZ_GODOY.pdf
16. Abraján MA. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, España – 2008. Disponible en;
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf>
17. Flores R. Identificación de hongos asociados a la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) y su sensibilidad al quitosano. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Morelos 2012. Disponible en;
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12450/Tesis%20Octubre%202012%20Rosalba%20Flores%20Flores.pdf?sequence=1>
18. Centro de Estudios de Zonas Áridas. Tuna (*Opuntia ficus-indica*). Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 2008. Disponible en;
<http://www.fao.org/3/a-av251b.pdf>
19. Agrios, G. 1998. Fitopatología. 2da. Ed. Editorial Uteha. Mexico. Disponible en:
http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/patogenos_final_tc_m7-1286.pdf
20. Mostacedo, Bonifacio, Fredericksen, ToddS. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 2000. Disponible en;
<http://www.bio-nica.info/Biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
21. Agrios, G .N, 2005, fitopatología, 2da edición. México, Limusa, 952. Disponible en; <http://virtual.uptc.edu.co/ova/fito/archivo/guia2.pdf>
22. Rivera. C. G. 2007. Conceptos introductorios a la fitopatología. San Jose de Costa Rica. EUNED. 2014. Disponible en;
http://books.google.com.co/books?id=xpTHXEWG_t8C&pg=PR6&lpg=PR6&dq=Rivera+2007+fitopatologia&source=bl&ots=OPRK-4hH_I&sig=PQbPd5o2HF-IQeRUwO42Jd3otc8&hl=es-419&sa=X&ei=FeITU7a6DlajkQeKzYHACA&redir_esc=y#v=onepage&q=Rivera%202007%20fitopatologia&f=true
23. Caballero M. 2006 enfermedades bacterianas de las plantas cultivadas realizada por ULPGC Biblioteca Universitaria.
<http://www.agroayacucho.gob.pe/proyectos/proyecto-tuna>.

ANEXOS

Anexo 1.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

Epidemiología de lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas en *Opuntia spp* “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015.

FICHA DE MUESTREO EPIDEMIOLÓGICO

Nº de ficha: FECHA: EDAD:.....

I. DATOS GENERALES

1. Nº de tuna:.....
2. Nº de cladodios:.....
3. Nº de cladodios afectados:.....
4. Porcentaje de cladodios afectados:.....
5. Nº de lesiones por cladodio:....cladodio antiguo:....cladodio nuevo...
6. Lesiones sugestivas bacterianas: Si () No ()
7. Lesiones sugestivas fúngicas: Si () No ()
8. Prevalencia de lesiones sugestivas bacterianas: Si () No ()
9. Prevalencia de lesiones sugestivas fúngicas: Si () No ()

Anexo 2. Fotografías



Midiendo la extensión requerido para el trabajo.



Reconocimiento de lesiones en la planta de tuna.



Lesión de inicio de la enfermedad.



Lesiones sugestivas bacterianas.



Lesión eliminando exudado.



Lesiones sugestivas fúngicas.



Plantas de *Opuntia* spp "tuna" en estado silvestre - Wari



Grupo de trabajo llevando muestras al laboratorio.

Anexo 3. Matriz de consistencia

Título: Epidemiología de lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas en *Opuntia spp* “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015.

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO	DISEÑO METODOLÓGICO
¿Cuál es la epidemiología de las lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocer la epidemiología de las lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas y fúngicas de la <i>Opuntia spp</i> “tuna” en la localidad de Wari. Ayacucho, 2015. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la frecuencia de lesiones sugestivas con enfermedades bacterianas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015. - Determinar la frecuencia de lesiones sugestivas con enfermedades fúngicas en <i>Opuntia spp</i> “tuna” de la localidad de Wari. Ayacucho 2015. 	<p>Variable de interés:</p> <p>Epidemiología de las enfermedades bacterianas y fúngicas.</p>	<p><i>Opuntia ficus indica</i></p> <ol style="list-style-type: none"> Taxonomía Descripción de la planta y adaptación al medio Composición química general Propiedades funcionales de <i>Opuntia spp</i> “tuna”. <p>Principales enfermedades</p> <p>Bacterianas Fúngicas</p>	<p>Tipo de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - No experimental, estudio observacional descriptivo. <p>Población</p> <p>Estará conformada por todas las <i>Opuntia spp</i> “tuna” existentes en las plantaciones naturales o artificiales de la localidad de Wari.</p> <p>Muestra</p> <p>Estará conformada por el 100% de plantas de <i>Opuntia spp</i> “tuna”, presentes en las cuadrículas de acuerdo al muestreo estratificado de 1 hectárea.</p> <p>Criterios de inclusión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se considerarán en el estudio las plantas de <i>Opuntia spp</i> “tunas” de áreas con cobertura homogénea. <p>Criterios de exclusión</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se considerarán en el estudio las plantas de <i>Opuntia spp</i> “tunas” de áreas con cobertura heterogénea. <p>Métodos instrumentales para la recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se realizará mediante observación directa de cada planta de acuerdo al esquema estratificado por hectárea homogénea de plantación de <i>Opuntia spp</i> “tuna”. Los puntos de muestreo estarán conformados por las áreas sombreadas. <p>Procedimiento para la recolección de datos</p> <p>Análisis de datos</p> <p>Los datos se presentarán en tablas estadísticas de frecuencias, los cuales se analizarán de acuerdo a los hallazgos de la observación de las plantaciones de <i>Opuntia spp</i> “tuna”.</p>