

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias de la Vida

Evaluación y Validación de un Diagrama de área estándar (SAD) de
severidad para la cuantificación de mildiu vellosa (*Peronospora sparsa*
Berkeley) de la rosa (*Rosa* sp.)

Proyecto de Titulación

Previo la obtención del Título de:

Magíster en Sanidad Vegetal

Presentado por:

Ana María Gramal Andrango

Guayaquil - Ecuador

Año: 2026

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico
Dios por darme fortaleza, bendiciones y
oportunidades por permitir alcanzar esta
meta. A mis padres Alfonso y Nelly por su
infinita comprensión, apoyo y su amor
incondicional que han sido mi fuerza en el
transcurso de mi vida. A mis hermanos
Josué, Nelly y Jesús por brindarme su
amistad y apoyo incondicional.

Con todo mi amor y gratitud.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por darme la oportunidad de poder cumplir esta meta. Al Doctor Pablo Álvarez mi tutor de tesis, por dirigir mi trabajo de titulación con excelente disposición, amabilidad y constante orientación. A mi familia y amigos por brindarme su comprensión, amistad y apoyo en momentos decisivos.

Declaración Expresa

Yo Ana María Gramal Andrango acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a la autora que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 10 de marzo de 2026

Ana María Gramal Andrango

EVALUADORES

Adriana Patricia Santos Ordoñez

Profesor de Materia

Pablo Israel Álvarez Romero

Tutor de proyecto

Resumen

El proyecto abordó la necesidad de contar con una herramienta estandarizada que permita cuantificar de manera objetiva la severidad del mildiu vellosa causado por *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosas. Se planteó como objetivo desarrollar y validar un diagrama de área estándar (SAD), bajo la hipótesis de que su uso mejora la precisión, exactitud y concordancia de las evaluaciones visuales realizadas por evaluadores con distintos niveles de experiencia. Para ello, se recolectaron hojas sintomáticas en un invernadero comercial, se digitalizaron mediante escáner de alta resolución y se cuantificó el porcentaje de daño foliar utilizando el software Assess 2.0. Con base en estos valores, se establecieron los niveles mínimo y máximo de severidad y se elaboraron siete categorías con incrementos lineales. Los resultados mostraron que el uso del SAD redujo significativamente los errores de estimación y mejoró los parámetros de precisión, exactitud y concordancia tanto en evaluadores con experiencia como en aquellos sin experiencia. Se concluye que el diagrama desarrollado constituye una herramienta válida y confiable para la evaluación de esta enfermedad en rosas.

Palabras Clave: cuantificación, diagrama de área estándar, severidad, fitopatometría, ornamentales.

Abstract

*The project addressed the need for a standardized tool to objectively quantify the severity of downy mildew caused by *Peronospora sparsa* in rose crops. The objective was to develop and validate a Standard Area Diagram (SAD), under the hypothesis that its use improves the precision, accuracy, and concordance of visual assessments performed by evaluators with different levels of experience. Symptomatic leaves were collected from a commercial greenhouse, digitally scanned at high resolution, and the percentage of foliar damage was quantified using Assess 2.0 software. Based on these values, minimum and maximum severity levels were determined, and seven categories with linear increments were generated. The results showed that the use of the SAD significantly reduced estimation errors and enhanced the parameters of precision, accuracy, and concordance in both experienced and inexperienced evaluators. It is concluded that the developed diagram constitutes a valid and reliable tool for evaluating this disease in roses.*

Keywords: *quantification, standard area diagram, severity, phytopathometry, ornamentals.*

Índice General

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
1. Capítulo 1	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Descripción del problema.....	5
1.3. Justificación del problema.....	6
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Marco teórico.....	8
1.5.1. Cuantificación de las enfermedades	8
1.5.2. Diagramas de severidad (DS)	10
1.5.3. Criterios para la elaboración de diagramas de severidad.....	11
1.5.4. LCCC – Coeficiente de correlación de Concordancia de Lin.....	12
1.5.5. Coeficiente de bias (Cb) El coeficiente de bias o de sesgo (Cb)	12
1.5.6. Validación de diagramas de área estándar	13
1.5.7. Cultivo de rosa	14

1.5.8.	Mildiu vellosa (<i>Peronospora sparsa</i> Berkeley)	15
2.	Capítulo 2	20
2.1.	Metodología.....	21
2.2.	Muestreo de hojas con síntomas de la enfermedad.....	21
2.3.	Procesamiento de imágenes.....	21
3.	Capítulo 3	26
3.1.	Resultados y análisis	27
3.1.1.	Observación de los síntomas de <i>Peronospora sparsa</i> Berkeley.	27
3.2.	Establecimiento de los niveles de daño causado por <i>Peronospora sparsa</i> Berkeley.	29
3.3.	Elaboración del Diagrama de área estándar para la cuantificación del daño ocasionado por <i>Peronospora sparsa</i> Berkeley.....	30
3.4.	Validación del Diagrama de área estándar para la cuantificación del daño ocasionado por <i>Peronospora sparsa</i> Berkeley.	31
4.	Capítulo 4	47
4.1.	Conclusiones y recomendaciones	48
4.1.1.	Conclusiones	48
4.1.2.	Recomendaciones.....	48
5.	Referencias	49
6.	Apéndice	53

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

GEI Gases de efecto invernadero

IC Intervalo de Confianza

SAD Standard Area Diagram

Simbología

C_b Factor de corrección Bias

CCC Coeficiente de correlación de concordancia de Lin

cm Centímetro

p Nivel de significancia estadística

r Coeficiente de correlación de Pearson

u Scale shift

v Location shift

Índice de figuras

Figura 1	<i>Hojas escaneadas con síntomas de Peronospora sparsa Berkeley</i>	22
Figura 2	<i>Síntomas de la enfermedad de mildiu vellosa causado por Peronospora sparsa Berkeley, en el cultivo de rosas</i>	28
Figura 3	<i>Histograma de frecuencias de los porcentajes de daño causados por Peronospora sparsa Berkeley en hojas de rosas muestreadas en el invernadero de cultivo rosas en la Provincia Pichincha</i>	29
Figura 4	<i>Diagrama de área estándar para la cuantificación del daño ocasionado por Peronospora sparsa Berkeley en el cultivo de rosas</i>	30
Figura 5	<i>Gráficos de los errores en las cuantificaciones de severidad con y sin el uso del SAD desarrollado</i>	31
Figura 6	<i>Estimaciones de la severidad de Peronospora sparsa Berkeley sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 27 evaluadores (línea azul)</i>	32
Figura 7	<i>Estimaciones de la severidad de Mildiu vellosa Peronospora sparsa Berkeley con el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 27 evaluadores (línea azul)</i>	34
Figura 8	<i>Diagramas de caja y bigotes de los parámetros estadísticos de precisión (r), exactitud (Cb) y concordancia (CCC)</i>	35
Figura 9	<i>Gráficos de los errores en las cuantificaciones de severidad con y sin el uso del SAD desarrollado</i>	39
Figura 10	<i>Estimaciones de la severidad de Peronospora sparsa Berkeley sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 4 evaluadores (línea azul)</i>	40
Figura 11	<i>Estimaciones de la severidad de Mildiu vellosa Peronospora sparsa Berkeley con el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 4 evaluadores (línea azul)</i>	41
Figura 12	<i>Diagramas de caja y bigotes de los parámetros estadísticos de precisión (r), exactitud (Cb) y concordancia (CCC)</i>	44

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Efecto del uso de un diagrama de área estándar (SAD) en la precisión, exactitud y concordancia de las evaluaciones del mildiu vellosa (<i>P. sparsa</i>) realizadas por 27 evaluadores sin experiencia en 40 hojas de rosa</i>	35
Tabla 2 <i>Comparación de medias de los parámetros (v, u, C_b, r y CCC) de evaluaciones con y sin la ayuda del SAD desarrollado realizada por 27 evaluadores sin experiencia.....</i>	38
Tabla 3 <i>Efecto del uso de un diagrama de área estándar (SAD) en la precisión, exactitud y concordancia de las evaluaciones del mildiu vellosa (<i>P. sparsa</i>) realizadas por 4 evaluadores con experiencia en 40 hojas de rosa.....</i>	42
Tabla 4 <i>Comparación de medias de los parámetros (v, u, C_b, r y CCC) de evaluaciones con y sin la ayuda del SAD desarrollado realizada por 4 evaluadores con experiencia.</i>	46

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

1. Capítulo 1

1.1. Introducción

El cultivo de rosas es uno de los más representativos para la economía del Ecuador. La rosa es la flor de mayor producción, con 3.648 millones de tallos cortados a nivel nacional, abarcando un aproximado de 81,08% de la producción nacional flores cultivadas, según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC (Corporación Financiera Nacional, 2022).

El sector florícola genera alrededor de 36,974 empleos, siendo el 23% correspondiente a MiPymes. El cultivo de ornamentales es un importante rubro generador de divisas para el desarrollo económico del país, además de ser generadora de fuentes de trabajo (Corporación Financiera Nacional, 2022). La producción se localiza en 6 de las 24 provincias del Ecuador, concentrada en la región Sierra, en las provincias Pichincha, Cotopaxi, Carchi, Imbabura, Tungurahua y Chimborazo (Corporación Financiera Nacional, 2022).

Ecuador es considerado como uno de los sitios más propicios para el cultivo de flores tropicales debido a las excelentes condiciones climatológicas que posee, asimismo, la flora ecuatoriana se considera como una de las mejores en el mundo por la variedad, belleza y calidad de flores que se cultivan en el país, donde se caracterizan por el grosor del tallo y los pétalos de rosas coloridos (Corporación Financiera Nacional, 2022).

Sin embargo, la sostenibilidad de este sector se ve perjudicada por una serie de desafíos relacionados con elementos abióticos y bióticos, que se agravan debido a los efectos del cambio climático. Las rosas son especialmente vulnerables a plagas, enfermedades y trastornos fisiológicos que amenazan la calidad y producción de este producto.

Mildiu vellosa, que es causada por el oomicete *Peronospora sparsa* Berkeley, es uno de los problemas fitosanitarios más importantes en la producción a nivel global. La calidad de los tallos florales disminuye y el coste de producción se incrementa, principalmente por la

mayor cantidad de aplicaciones de fungicidas, lo que genera pérdidas en la producción (Álvarez et al., 2013).

Los síntomas se manifiestan sobre hojas, tallos, pedúnculos, cáliz y pétalos de las plantas de rosa, aunque generalmente la infección es restringida a los tejidos jóvenes de las plantas. Sobre la haz de las hojas se desarrollan manchas irregulares de color rojizo-púrpura a pardo oscuro, las cuales se rodean de un halo clorótico, mientras que en el envés se producen los signos del patógeno. Una observación a simple vista, permite observar una esporulación de color blanco en el envés de las hojas u otros órganos afectados, que corresponden al conjunto de esporangióforos y esporangios del patógeno, que dan la apariencia vellosa característica de la enfermedad (López et al.;2011).

La enfermedad puede inducir defoliación severa de las hojas y es común que los síntomas foliares se confundan con quemaduras o toxicidad inducidas por pesticidas. Sobre los tallos, cáliz y pedúnculos, la enfermedad se manifiesta como manchas púrpuras a negras que varían en tamaño e incluso pueden coalescer produciendo la muerte de ramas y momificación de botones florales ó propiciando la invasión secundaria por *Botrytis cinerea* (López et al.;2011)

A pesar de su relevancia, la investigación sobre el mildiu vellosa de la rosa en Ecuador aún presenta vacíos importantes, especialmente en lo referente a los estudios epidemiológicos de *P. sparsa*, la cuantificación de daños y la estimación de pérdidas. En este sentido, los diagramas de área estándar constituyen herramientas esenciales para la evaluación visual de enfermedades vegetales, ya que permiten cuantificar la severidad del daño foliar de manera objetiva y reproducible (Del Ponte et al., 2017). No obstante, actualmente no se dispone de un diagrama de área estándar diseñado y validado para *Peronospora sparsa* en rosas bajo las

condiciones agroclimáticas ecuatorianas, lo que limita la precisión en la evaluación de la enfermedad y dificulta el desarrollo de estrategias de manejo integrado basadas en evidencias.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como finalidad desarrollar y validar un diagrama de área estándar para la cuantificación del daño foliar causado por *Peronospora sparsa* en rosas cultivadas en Ecuador, contribuyendo al fortalecimiento de las herramientas fitopatológicas disponibles para la investigación, el diagnóstico y el manejo sostenible de esta enfermedad.

1.2. Descripción del problema

Diversos patógenos pueden perjudicar el cultivo de rosas, afectando todos los órganos de la planta. Uno de estos es *Peronospora sparsa* Berkeley, la cual genera manchas de coloración que oscilan entre rojo púrpura y marrón oscuro, con márgenes irregulares en las hojas, aunque a menudo de forma angular (López et al.;2011). Los tallos, pecíolos y pedúnculos de las flores tienen la capacidad de romperse y presentar indicios de tonalidad violeta. Las señales de color violeta pueden aparecer en las yemas, sépalos, pétalos y cálices. Los nuevos brotes infectados se deformen (López et al.;2011).

Se han desarrollado herramientas como escalas que permiten la evaluación y cuantificación del daño de la mayoría de las enfermedades en el cultivo de rosas, sin embargo, no existen metodologías para cuantificar el daño de la enfermedad del mildiu vellosa causado por el oomycete *Peronospora sparsa* (Del Ponte et al., 2017). Esto constituye un problema en los programas de manejo integrado ya que, al no tener una forma de cuantificación adecuada para esta enfermedad, no es posible realizar una estimación precisa del daño causado, lo cual impide realizar una correcta selección de estrategias de control adecuadas.

1.3. Justificación del problema

Actualmente no se dispone de diagramas de severidad validados ni desarrollados en condiciones del Ecuador para la cuantificación de la severidad del mildiu veloso de la rosa, y al ser el Ecuador uno de los principales productores y exportadores de rosas en el mundo se hace indispensable y necesario tener disponible una metodología validada y confiable para la cuantificación real del mildiu veloso de la rosa, una enfermedad de creciente importancia en todas las zonas productoras de rosas en el mundo.

También como medida para facilitar la detección y disminuir la presencia de esta enfermedad en los cultivos de rosas, es necesario que en los programas de manejo integrado se tenga a disposición un diagrama de área estándar que faculte la cuantificación del daño ocasionado por *Peronospora sparsa* de una manera precisa y, de esta manera, seleccionar las mejores estrategias de manejo de la enfermedad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar y validar un diagrama de área estándar (SAD) para la cuantificación de mildiu vellosa (*Peronospora sparsa* Berkeley) de la rosa (*Rosa* sp.)

1.4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la severidad del mildiu vellosa causada por *Peronospora sparsa* Berkeley en 40 hojas compuestas de rosa muestreadas en un invernadero ubicado en la empresa Emihana Cia. Ltda. en la provincia del Pichincha, Cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo.
- Elaborar un diagrama de área estándar que permita la cuantificación del daño foliar causado por *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosas.
- Validar el diagrama de área estándar (SAD) desarrollado mediante la validación de dos grupos de evaluadores (con y sin experiencia).

1.5. Marco teórico

1.5.1. Cuantificación de las enfermedades

La cuantificación de las enfermedades en plantas constituye un componente esencial dentro del estudio de las epidemias vegetales, ya que permite monitorear su desarrollo, estimar las pérdidas de rendimiento, seleccionar materiales genéticamente resistentes y evaluar la eficacia de diferentes estrategias de manejo, sean químicas, biológicas o culturales (Bock et al., 2022; Nutter et al., 1991). Este proceso sistemático proporciona la base para interpretar la dinámica patogénica en los cultivos y establecer medidas de control oportunas y sostenibles.

Esta área del conocimiento se enmarca dentro de la Fitopatometría, rama especializada de la Fitopatología dedicada a la evaluación y medición cuantitativa de las enfermedades de las plantas. La Fitopatometría no solo resulta fundamental para la Epidemiología Botánica, sino también para disciplinas afines como la Horticultura, la Agronomía, la Ecología y el Fitomejoramiento, en las cuales la cuantificación del daño patogénico es un requisito indispensable para la toma de decisiones basadas en evidencia (Bock et al., 2022; Nutter et al., 1991).

La cuantificación de una enfermedad puede realizarse mediante dos variables principales: incidencia y severidad. La incidencia se define como la proporción de individuos o de órganos vegetales que presentan síntomas visibles en relación con el total de individuos u órganos evaluados. Por su parte, la severidad se refiere al porcentaje o volumen de tejido afectado respecto al total del tejido del órgano o planta analizada (Richard, 2024). Estas dos variables aportan información complementaria sobre la magnitud y distribución de la enfermedad dentro de una población vegetal.

Entre ambas, la severidad suele ser la variable más empleada en estudios fitopatológicos, ya que permite discriminar con mayor precisión el efecto de distintos tratamientos de control o niveles de resistencia genética. Sin embargo, su estimación es más compleja que la de la incidencia debido a la variabilidad visual, la subjetividad del evaluador y las diferencias en la distribución espacial del daño (Bock et al., 2022).

A pesar de los avances tecnológicos en el procesamiento digital de imágenes y en herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la detección de síntomas, la estimación visual continúa siendo el método más utilizado para determinar la severidad de las enfermedades. Esta evaluación puede realizarse de dos maneras: (i) sin ayuda de parámetros de referencia, basándose únicamente en la percepción del observador, o (ii) mediante el uso de escalas o diagramas de severidad, conocidos como diagramas de área estándar (SAD, por sus siglas en inglés), que representan niveles de daño foliar previamente definidos (Del Ponte et al., 2017).

El empleo de los SAD constituye una herramienta de gran valor dentro de la Fitopatometría, ya que permite mejorar la exactitud, precisión y repetitividad de las estimaciones visuales. Estos diagramas son especialmente útiles en enfermedades foliares, al proporcionar una referencia visual que facilita la calibración de evaluadores, la estandarización de mediciones y la validación de resultados experimentales. Además, su uso favorece la comparación de datos entre distintos estudios y condiciones experimentales, fortaleciendo la reproducibilidad de los ensayos fitopatológicos (Del Ponte et al., 2017).

La correcta cuantificación de las enfermedades vegetales, sustentada en principios fitopatométricos y apoyada en herramientas visuales como los diagramas de área estándar, constituye un pilar metodológico indispensable para la investigación epidemiológica, la evaluación de resistencia genética y el desarrollo de estrategias integradas de manejo de enfermedades en sistemas agrícolas sostenibles.

1.5.2. Diagramas de severidad (DS)

Los diagramas de severidad (DS), también denominados escalas diagramáticas, son representaciones visuales que ilustran una serie de plantas o partes de plantas con síntomas de una enfermedad en distintos niveles de afectación. Cada imagen dentro de un DS refleja un grado específico de severidad real, constituyendo una herramienta fundamental para la cuantificación visual de enfermedades en diversos cultivos (Amorim, Rezende y Filho, 2018).

En términos metodológicos, los DS consisten en una secuencia ordenada de imágenes que representan incrementos progresivos del área afectada por el patógeno. Estos niveles de severidad se expresan generalmente como porcentajes del tejido enfermo en relación con el tejido total del órgano o planta evaluada. De esta manera, los DS permiten que el observador compare directamente la muestra en estudio con las imágenes de referencia y estime, con mayor exactitud, el nivel de daño presente (Del Ponte et al., 2017).

El fundamento de los diagramas de severidad radica en la variable severidad de la enfermedad, entendida como la proporción de tejido afectado por el patógeno. Esta aproximación visual facilita la evaluación cuantitativa del daño, reduciendo la subjetividad inherente a las estimaciones hechas sin parámetros de referencia (Del Ponte et al., 2017). Así, los DS se consolidan como un medio eficaz para estandarizar la evaluación visual, mejorar la precisión de los datos y optimizar la reproducibilidad entre distintos evaluadores y estudios.

Históricamente, los DS se han empleado durante décadas como una de las herramientas más prácticas y accesibles para la estimación de la severidad en fitopatología. Su aplicación es especialmente útil en enfermedades foliares, donde el patrón de daño es fácilmente observable y cuantificable mediante la comparación visual. Además, los DS sirven no solo para fines de investigación epidemiológica, sino también para entrenamiento de evaluadores, validación de

métodos de control y calibración de modelos de predicción de enfermedades (Del Ponte et al., 2017).

Los diagramas de severidad representan una herramienta indispensable en la Fitopatometría moderna, al integrar el conocimiento visual y cuantitativo para la medición objetiva del daño patogénico. Su correcta elaboración, validación y aplicación constituyen un paso esencial para fortalecer la precisión en la evaluación de enfermedades y contribuir al desarrollo de programas de manejo integrado basados en evidencia científica.

1.5.3. Criterios para la elaboración de diagramas de severidad

De acuerdo con Del Ponte et al. (2017), la construcción de diagramas de severidad (DS) requiere la aplicación de criterios metodológicos precisos que aseguren su validez y utilidad como herramienta estandarizada para la cuantificación de enfermedades vegetales. En este sentido, los autores proponen que el diseño de los DS considere, en primer lugar, que los límites inferior y superior del diagrama correspondan, respectivamente, a los valores mínimos y máximos de severidad observados en campo. Este rango debe representar con exactitud la variabilidad real de la enfermedad dentro de la población vegetal evaluada, evitando sobreestimaciones o subestimaciones del daño. En segundo lugar, se enfatiza que la representación visual de los síntomas debe reproducir con la mayor fidelidad posible las manifestaciones reales observadas en hojas u otros órganos afectados. La similitud morfológica entre las imágenes del diagrama y los síntomas naturales es esencial para minimizar los errores de interpretación y garantizar la confiabilidad de las evaluaciones visuales.

Asimismo, los niveles intermedios de severidad deben ser suficientemente numerosos idealmente entre siete y diez categorías para abarcar de manera gradual el rango completo de afectación. Se recomienda que estos niveles se distribuyan en incrementos lineales, aunque en

los rangos de baja severidad es preferible el uso de incrementos exponenciales (por ejemplo, 0.1%, 2.5%), dado que estos valores reflejan con mayor frecuencia las condiciones iniciales de desarrollo de la enfermedad. Finalmente, todo diagrama de severidad debe someterse a un proceso de validación experimental antes de ser propuesto como método estándar de cuantificación. Esta validación permite verificar la exactitud, precisión y repetitividad del instrumento. En caso de obtener resultados insatisfactorios, los diagramas deben ser ajustados o rediseñados hasta alcanzar un desempeño confiable y consistente en la estimación de la severidad. En conjunto, estos criterios garantizan que los diagramas de severidad sean herramientas científicamente fundamentadas, visualmente representativas y metodológicamente robustas, contribuyendo de manera significativa a la estandarización de la cuantificación visual de enfermedades en estudios fitopatológicos.

1.5.4. LCCC – Coeficiente de correlación de Concordancia de Lin

Este coeficiente es obtenido por el producto del coeficiente de la correlación de Pearson (r) y un coeficiente de bias (o sesgo) (C_b). El intervalo del coeficiente engloba valores de -1 a 1 cuando es aplicado a variables continuas. LCCC o Rho es igual a 1 cuando hay una concordancia perfecta, o cuando la concordancia es aleatoria, y LCC es negativo cuando los valores estimados aumentan mientras que los reales disminuyen, o viceversa. Por lo tanto, cuanto más próximo el coeficiente de LCC está de 1, mayor es la concordancia de la evaluación (Madden et al., 2007).

1.5.5. Coeficiente de bias (C_b) El coeficiente de bias o de sesgo (C_b)

Es considerado una medida de la exactitud, pues envuelve tanto la diferencia entre los valores estimados y los reales (u) y las diferencias de escala (v). Por lo tanto, C_b es una indicación de la diferencia entre el mejor ajuste de la línea y la línea de la concordancia

perfecta que es la línea con slope (pendiente) igual a 1 y el intercepto igual a 0. Cuando el Cb es menor que 1 existe diferencia entre las dos líneas, cuando no existe diferencia los modelos son iguales. El Cb es influenciado por dos coeficientes, el location shift o cambio de local (u) y el scale. shift o cambio de escala (v). El location shift ocurre cuando los valores observados son diferentes de los reales en la media, siendo el valor ideal igual a 0. El scale shift ocurre cuando el valor difiere de 1, o sea, cuando la variancia de los valores estimados es diferente de la varianza de los valores reales (Madden et al., 2007).

1.5.6. Validación de diagramas de área estándar

En términos estadísticos y epidemiológicos la precisión, exactitud y concordancia, permiten determinar la calidad de las evaluaciones que se realizan sobre una enfermedad ocasionada por algún patógeno en las plantas. La precisión hace referencia a cuán cercanos son los datos de las evaluaciones obtenidos por distintos evaluadores y puede ser calculada mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), mientras que, la exactitud se refiere a qué tan próximos son los valores tomados respecto al valor real de severidad de una muestra de tejido u órgano enfermo y puede ser estimada mediante el factor de corrección Bias (Cb) (Del Ponte et al., 2024).

1.5.7. Cultivo de rosa

A lo largo de su historia, Ecuador ha sido un país productor de materias primas, tales como cacao, banano, camarón, petróleo y en la actualidad las flores. Hasta noviembre de 2023, las rosas constituyeron el 75%, de esas materias de ahí su relevancia por su importancia. En comparación con otras clases de flores como los claveles y gypsophilas, este comportamiento ubica al Ecuador en el segundo exportador a nivel mundial (Expoflores,2024).

La superficie plantada de rosas en 2023 fue de 6.003 hectáreas representando el 63,4 % del total de flores cultivadas. La rosa es la flor de mayor producción con 3.640,2 millones de tallos cortados a nivel nacional. Se comercializó 75,4 millones de bonches (Expoflores, 2024).

En las tres últimas décadas, la producción de flores ha vivido un notable avance, transformándose en una industria global con un crecimiento acelerado y fluctuante a escala global. Las compañías de floricultura siempre buscan aumentar sus ganancias, razón por la cual intentan especializarse en cada etapa de la cadena de valor.

La producción de rosas es afectada por un complejo de enfermedades, destacándose el mildiu veloso que afecta en la productividad, calidad, comercialización y costos de producción; las pérdidas pueden llegar hasta el 100 % de los tallos florales. Son varias las hipótesis que plantean los investigadores y productores de rosas como las causas del resurgimiento del Mildiu veloso en los países productores de rosa; entre otras se destacan la introducción y siembra de nuevas variedades de rosa susceptibles al patógeno, los cambios climáticos asociados con el calentamiento global, la modificación de los sistemas de producción de flores y el uso indiscriminado de fungicidas sistémicos para su control (Arbeláez, 1999; Ayala et al., 2008; Álvarez et al., 2013.).

Actualmente se carece de un conocimiento profundo de aspectos de la epidemiología de *Peronospora sparsa* Berkeley y los procesos de infección, los cuales son necesarios para

guiar los esfuerzos futuros para el desarrollo de alternativas de un manejo integrado de la enfermedad (Del Ponte et al. 2017).

1.5.8. Mildiu velloso (*Peronospora sparsa* Berkeley)

El mildiu velloso es una enfermedad causada por el microorganismo Chromista *Peronospora sparsa*. En infecciones graves puede producir defoliación de las variedades susceptibles y reducir el vigor de la planta. Además, se aumentan los costos de producción al requerir una mayor aplicación de productos fitosanitarios para el control de la enfermedad (Wheeler, 1981; Aegerter, 2002; Álvarez et al., 2013).

P. sparsa infecta penetrando al hospedante en forma directa a través de la cutícula y epidermis. Los síntomas en las diferentes especies y cultivares de rosales varían mucho. El mildiu velloso infecta principalmente tejidos jóvenes de las plantas, tanto en hojas, tallos, pedúnculos, cáliz y pétalos de la rosa (Wheeler, 1981; Aegerter, 2002; Álvarez et al., 2013).

1.5.8.1. Taxonomía de *Peronospora sparsa* Berkeley

Mildiu velloso es un patógeno biótrofo o parásito obligado que forma parte de los Oomycetes, los cuales son organismos miceliares semejantes a los hongos, que se conocen comúnmente como mohos acuáticos e incluyen saprófitos y patógenos de plantas, insectos, crustáceos, peces, animales vertebrados y de otros microorganismos (Kamoun micelio, 2003). Se le considera miembro del reino Chromista, subreino Heterokonta (Hawksworth et al., 1995; Robert et al., 2005), aunque algunos autores lo ubican en el reino Straminopila (Dick, 2001;

Kamoun, 2003). Este patógeno pertenece al orden Peronosporales, familia Peronosporaceae; género *Peronospora*; especie *P. sparsa* Berkeley (Robert et al., 2005; NCBI, 2025).

1.5.8.2. Morfología de *Peronospora sparsa* Berkeley

El Mildiu en el cultivo de rosa se caracteriza por poseer crecimiento intercelular en el tejido del hospedante; tiene esporangios que son coloreados, lisos, no papilados y de formas subelípticas, con rangos de dimensiones que van de 14-18 μm x 17-22 μm , producidos en los ápices de los esporangióforos erectos y dicotómicamente ramificados en ángulos agudos (Wheeler, 1981; Thines et al., 2006; Horst y Cloyd, 2007), aunque en estudios realizados en rosa por Achar (1997) los esporangios alcanzaron medidas en rangos de 14-18 μm x 20-23 μm ; los esporangióforos alcanzan rangos de 150-350 μm en rosa (Wheeler, 1981; Achar, 1997; Horst y Cloyd, 2007).

1.5.8.3. Síntomas y Signos *Peronospora sparsa* Berkeley

Los síntomas de esta enfermedad se presentan sobre hojas, tallos, pedúnculos, cáliz y pétalos de las plantas de rosa; en el haz de las hojas se desarrollan manchas irregulares de color rojizo púrpura a pardo-oscuro, las cuales se rodean de un halo clorótico, mientras que por el envés se producen los signos del patógeno, que corresponden a un micelio de color marrón claro con abundante producción de esporangióforos y esporangios, lo cual genera la apariencia de vellosidad característica de la enfermedad (Wheeler, 1981; Arbeláez, 1999; Hollier et al., 2001; Horst y Cloyd, 2007).

Estas estructuras solo se producen bajo condiciones de alta humedad, llegando a ser escasas y difíciles de detectar en situaciones desfavorables para el desarrollo del patógeno (Wheeler, 1981; Arbeláez, 1999; Hollier et al., 2001; Horst y Cloyd, 2007).

La enfermedad puede inducir, además, una defoliación severa sobre las variedades de rosa más susceptibles y es común que los síntomas foliares se confundan con quemaduras o toxicidad ocasionada por pesticidas. Sobre los tallos, cáliz y pedúnculos, la enfermedad se manifiesta como manchas púrpuras a negras que varían en tamaño e incluso pueden coalescer y agrietarse induciendo a la muerte de las ramas y a la momificación de los botones florales (Hollier et al., 2001; Horst y Cloyd, 2007) o propiciando la invasión secundaria de los tejidos afectados por parte de otros patógenos, tales como *Botrytis* spp. (Aegerter et al., 2002).

1.5.8.4. Manejo de la Enfermedad

El control del Mildiú veloso también requiere de un adecuado manejo cultural; prácticas como la remoción y destrucción de material infectado como tallos, hojas y flores sintomáticas, son necesarias para reducir el nivel de inóculo en los cultivos. Adicionalmente, se ha planteado que el manejo de las condiciones ambientales de los invernaderos, especialmente HR, es la forma más adecuada para el manejo de este tipo de epidemias mediante la apertura y cierre de ductos y cortinas y la ejecución de prácticas adecuadas de riego, son fundamentales para disminuir la incidencia y severidad de la enfermedad (Quiroga y Arbeláez, 2004).

Control biológico

El uso de control biológico para este patógeno es una alternativa que poco se ha utilizado, probado, y reportado, existiendo pocos registros, como los de Rebollar-Alviter et al. (2012) que utilizaron *Bacillus subtilis* como rotación en un programa de manejo de mildiu vellosa en *Rubus fruticosus*. Sin embargo, es necesario que estos trabajos se repliquen y se realicen en otros lugares, para poder aseverar que el uso biológico es una alternativa viable de control.

Control químico

Actualmente el manejo de mildiu vellosa está basado principalmente en la aplicación de fungicidas. El metalaxyl o mefenoxam es uno de los fungicidas más utilizados para el manejo de enfermedades causadas por Oomycetes. El metalaxyl es un fungicida sistémico que contiene R y S-enantiómeros, mientras que el mefenoxam o metalaxyl-M contiene 98 % o de R enantiómeros. Este producto ha sido utilizado de forma preventiva, como curativa, en el tratamiento de semillas, raíces y para aplicaciones foliares es sistémico con absorción rápida acropétala, y con actividad limitada vía simplasto, actúa interfiriendo la síntesis de ácidos nucleicos mediante la inhibición de ARN ribosómico. El uso de metalaxyl y mancozeb bajo una presión baja de la enfermedad dos aplicaciones de metalaxyl-M, tres de ácido fosforoso y tres de azoxystrobin más diclofluanid (Álvarez et al., 2013).

Algunas recomendaciones del Comité de Acción para la Resistencia a Fungicidas (FRAC) para evitar problemas de no efectividad como los reportados en mildius de cucurbitáceas son: no usar el metalaxyl en aplicaciones al suelo para controlar enfermedades foliares, limitarse de dos a cuatro aplicaciones seguidas por cultivo por año y usarlo solamente como preventivo, no como curativo, ni en aplicaciones erradicantes (Brent y Hollomon, 2007).

Los fosfitos sales inorgánicas derivadas del ácido fosforoso, son sistémicos vía simplasto y apoplasto los efectos directos incluyen la inhibición del crecimiento micelial y la reducción o alteración del metabolismo del patógeno (Álvarez et al., 2013). El fosetil aluminio es una sustancia de mayor sistemicidad, hace que su movilidad proteja otras áreas de la planta; además, por la conversión a ácido fosfónico, esta sustancia reduce la enfermedad (Álvarez et al., 2013). Otro producto químico es dimetomorph, el modo de acción del dimetomorph es translaminar y su mecanismo de acción es la inhibición de la formación de la pared celular, provocando lisis y muerte de la célula, además exhibe excelente actividad antiesporulante, evitando la formación de oosporas y esporangios (Álvarez et al., 2013).

2. Capítulo 2

2.1. Metodología

2.2. Muestreo de hojas con síntomas de la enfermedad

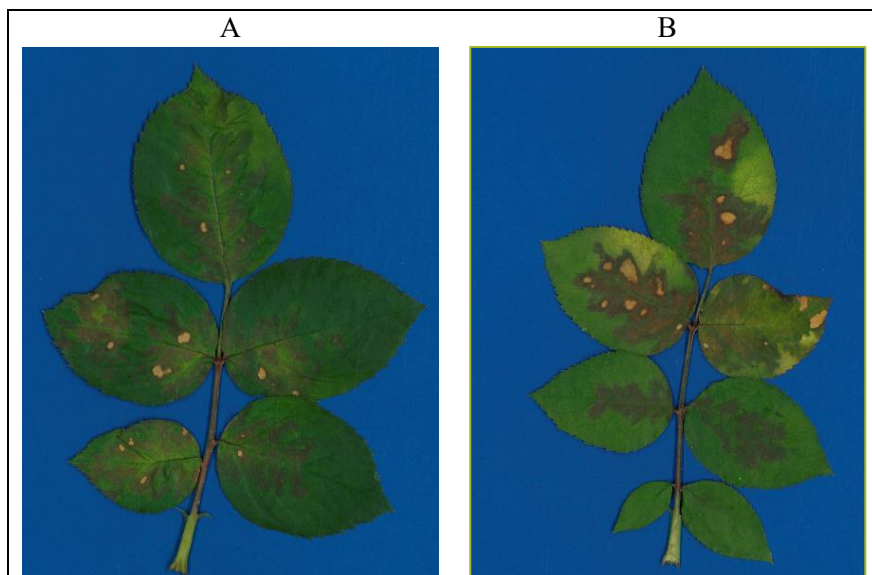
En un invernadero de producción de rosas de la empresa Emihana Cia. Ltda. Ubicado en la provincia Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo fueron recolectadas 98 hojas compuestas de rosas, de la variedad Niky que presentaron el síntoma de mildiu vellosa (manchas irregulares cloróticas en el haz de la hoja y vellosidades grises en el envés) mediante un muestreo aleatorio. Las hojas fueron tomadas de distintas plantas que se encontraban en producción abierta. Finalmente, una vez recolectadas y terminadas las actividades en el campo, las hojas fueron colocadas en cámara húmeda artesanal (funda plástica con papel húmedo), lo cual fue necesario para evitar su deshidratación y así poder conservarlas frescas para la captura de las imágenes.

2.3. Procesamiento de imágenes

Las hojas fueron limpiadas con una franela húmeda, para quitar los residuos de productos químicos, posteriormente, fueron procesadas 98 hojas que presentaron síntomas de Mildiu vellosa. Inmediatamente las hojas fueron digitalizadas individualmente usando un escáner EPSON STYLUS TX100, con una resolución de 400 dpi (puntos por pulgada) usando un fondo azul. Luego las fotos digitalizadas fueron guardadas en formato png (portable network graphics). Después las imágenes fueron almacenadas en una carpeta y a cada una se le asignó un número entero de manera aleatoria (Figura 1).

Figura 1

Hojas escaneadas con síntomas de Peronospora sparsa Berkeley



Nota.

(A) y(B), hojas compuestas con diferente nivel de afectación de *Peronospora sparsa* Berkeley

2.1. Cuantificación de la severidad

De las 98 hojas se analizó la proporción de área lesionada (severidad) usando el Software Assess 2.0. Por último, se cuantificó la severidad de la enfermedad, estos datos se almacenaron en un archivo de Excel para posteriores análisis.

2.2. Establecimiento de los niveles máximos y mínimos de severidad

Mediante el análisis de las hojas y la cuantificación de las severidades previamente obtenidas, se determinaron los niveles de daño mínimo y máximo de severidad ocasionados por Mildiu veloso en las 98 hojas recolectadas.

2.3. Elaboración del diagrama de área estándar (SAD)

Para la elaboración de los diagramas se consideraron la mayoría de los criterios considerados por Del Ponte. et. al (2017). Partiendo de la severidad mínima y máxima encontrada en las hojas se establecieron siete niveles de severidad totales de mildiu veloso para componer el diagrama de área estándar (SAD), con incrementos lineales. Para la

representación de los siete niveles de severidad de los diagramas de área estándar (SAD), se utilizó imágenes reales con los distintitos niveles de sintomatología que se presentó en las hojas recolectadas (Figura 4).

2.4. Validación de los diagramas

La validación de los diagramas de área estándar fue realizada por dos grupos con y sin experiencia en la identificación y evaluación de enfermedades, a los cuales se les indicó sobre los síntomas de la enfermedad y cómo estimar el porcentaje de área foliar afectada. Mediante la proyección de las imágenes en Power Point cada uno de ellos cuantificó la severidad del mildiu vellosa en 40 imágenes de hojas compuestas de rosas que presentaron diferentes niveles de daño. En la primera etapa: Los evaluadores cuantificaron el porcentaje del área foliar afectada por la enfermedad sin la ayuda del SAD desarrollado. En la segunda etapa: Los mismos evaluadores usaron el diagrama desarrollado, de tal manera que, mediante la comparación de las 40 imágenes con el uso del SAD, cuantificaron la severidad en las mismas hojas y siguiendo el mismo orden de la primera etapa.

2.5. Procesamiento y análisis de datos.

Las imágenes fueron analizadas en el programa Assess 2.0: Software de Análisis de la imagen para la cuantificación de la enfermedad vegetal. Y los datos estadísticos fueron analizados en el lenguaje de programación R.4.4.1. Los datos recolectados se analizaron mediante estadística descriptiva, esquemas de caja y bigote, para después realizar comparación de los errores entre las estimaciones de severidad sin ayuda y también con ayuda del diagrama del área estándar propuesto. Estos errores en las mediciones se obtuvieron restando la severidad real y la severidad estimada.

Se usó diagramas de caja y bigotes para realizar comparaciones de los errores de las estimaciones de los 40 evaluadores con y sin ayuda del SAD elaborado. También se usó diagramas de densidad de los errores. Después para la ver la comparación con evaluadores con

y sin la ayuda del SAD elaborado, se realizaron diagramas de cajas y bigotes de los parámetros estadísticos de la exactitud (C_b), precisión (r) y concordancia (CCC). Y por último para validar el diagrama de área estándar (SAD) elaborado con grupos de evaluadores con y sin experiencia.

Se estableció la exactitud del factor de correlación Bias (C_b), Location shift (u) y Scale shift (v). A continuación, se estableció la precisión a través del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson (r). Y, por último, se determinó la concordancia de las estimaciones de los evaluadores, con y sin ayuda del diagrama de área estándar, con las estimaciones realizadas por el programa Assess 2.0: Software de Análisis de la imagen para la cuantificación de la enfermedad vegetal. Donde se usó el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC) el que une la exactitud y la precisión. Donde se estimaron para conocer comparar entre los grupos de evaluadores con y sin experiencia.

Para conocer si existen diferencias significativas entre los parámetros (u , v , C_b , r , CCC) se hizo una prueba de equivalencia estadística y se elaboró un cuadro comparativo y se colocaron las medias de cada uno de los parámetros obtenidos de las estimaciones con y sin la ayuda del SAD con sus desviaciones estándar, la diferencia de las medias entre las evaluaciones con y sin la ayuda del SAD junto con las desviaciones estándar estimadas mediante bootstrap con 1000 réplicas a un nivel de significancia de 5 %, y el intervalo de confianza de la diferencia entre las medias también estimado mediante bootstrap con 1000 réplicas y un nivel de significancia de 5 %. Para establecer si existen diferencias significativas analizando los intervalos de confianza, si en el intervalo está comprendido el cero, entonces no existen diferencias estadísticamente significativas entre las estimaciones de severidad con y sin ayuda del SAD desarrollado, es decir, para que existan diferencias significativas entre ambos métodos de evaluación, ambos extremos del intervalo de confianza o deben ser positivos o negativos (Rios et al., 2013).

La misma prueba de equivalencia estadística fue realizada tanto para las estimaciones de severidad de los 4 evaluadores con experiencia como para las estimaciones de los 27 evaluadores sin experiencia con el objeto de determinar diferencias entre los métodos de evaluación dentro de estos dos grupos de evaluadores.

Finalmente, se realizó una prueba de t de Student pareada, ajustada a los datos de los parámetros de cada evaluador (u , v , C_b , r , CCC) con un nivel de significancia del 5 %. En esta prueba fueron comparados los datos de los parámetros de cada evaluador, con experiencia y sin experiencia, cuando hicieron la cuantificación de severidad con y sin la ayuda del SAD desarrollado. Esto permitió comprar los análisis obtenidos a partir de la prueba de equivalencia estadística y los obtenidos a través de la prueba de t de Student, y así determinar diferencias significativas más robustas entre los métodos de evaluación dentro de cada grupo de evaluadores.

La precisión general o exactitud general (equivalente a la concordancia) de las estimaciones, que hace referencia a cómo las estimaciones de la severidad se asemejan a la severidad real (Madden et al., 2007; Bock et al., 2016), se estableció para cada evaluador y condición (sin diagrama, con diagrama propuesto), basándose en el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (LCC, ρ_c) (Lin, 1989), tal como se propone para los datos. Adicionalmente, se examinaron los dos elementos de la precisión general (precisión y sesgo o bias) con el objetivo de explorar las raíces de los errores.

3. Capítulo 3

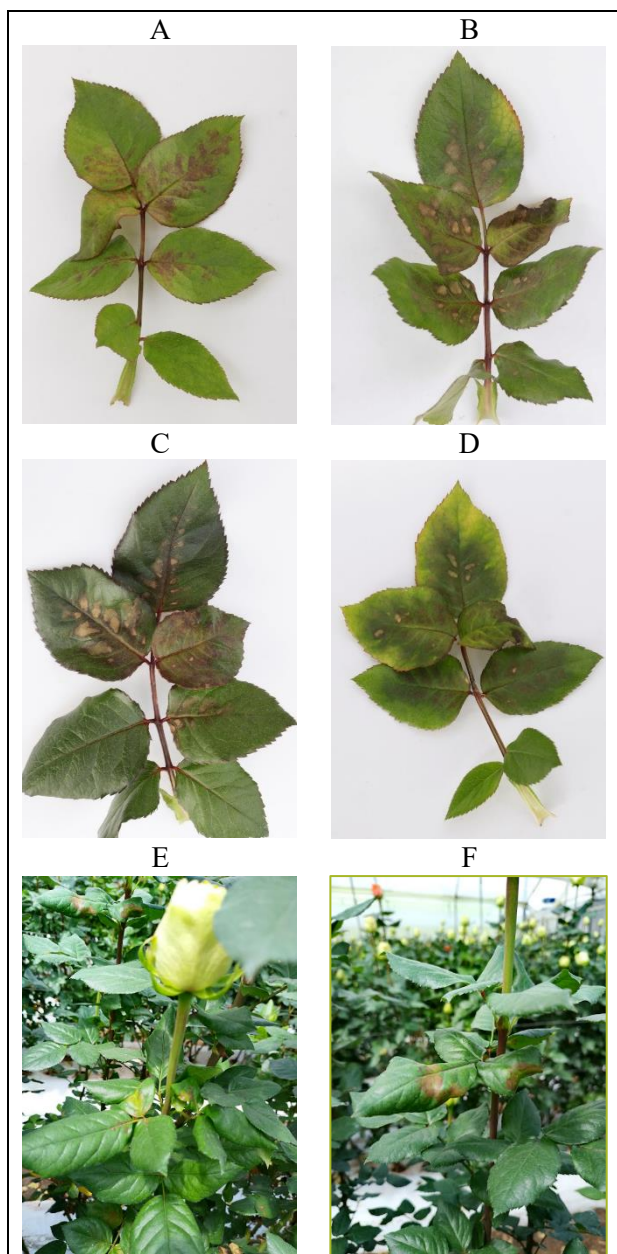
3.1. Resultados y análisis

3.1.1. Observación de los síntomas de *Peronospora sparsa* Berkeley.

En los invernaderos de cultivos de rosa seleccionados, en la empresa Emihana Cia. Ltda. Ubicada en la Provincia Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo. Se observaron plantas con síntomas característicos de mildiu veloso en las hojas, como clorosis, manchas necróticas y vellosidades en el envés de las hojas, todos estos síntomas con distintos niveles de severidad (Figura 2).

Figura 2

*Síntomas de la enfermedad de mildiu vellosa causado por *Peronospora sparsa* Berkeley, en el cultivo de rosas.*



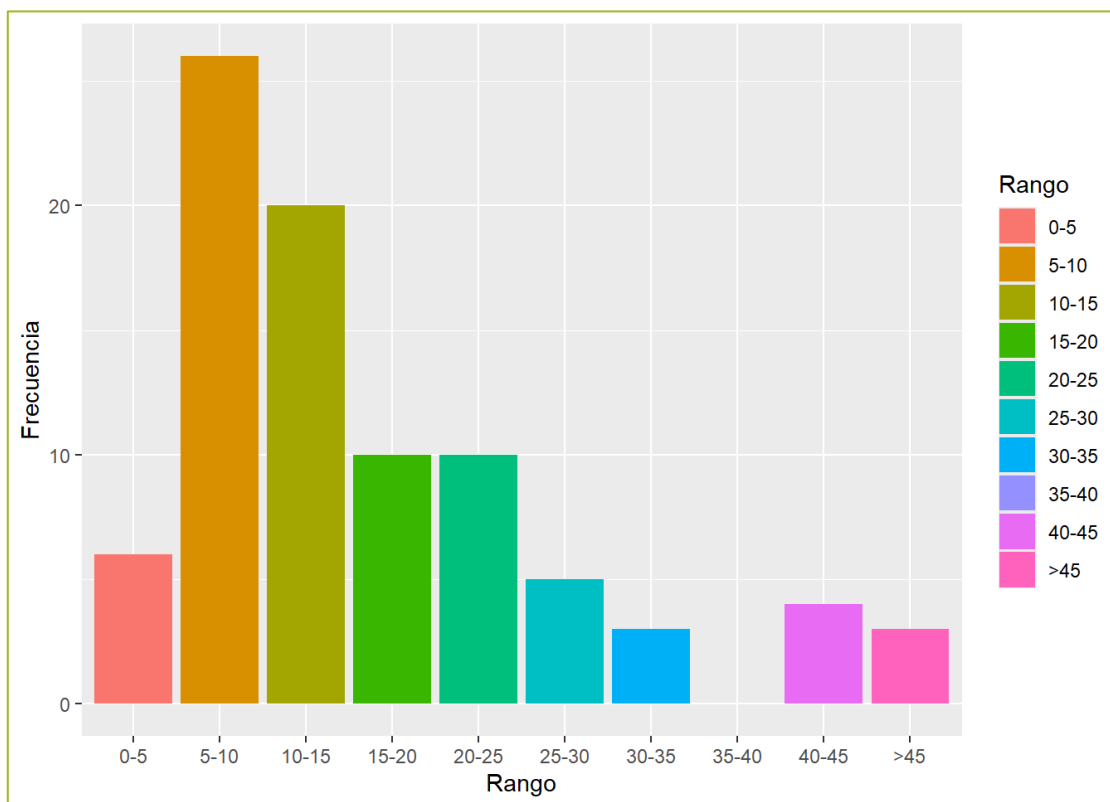
Nota.

(A, B, C, E y F), hojas de rosas con síntomas y niveles de afectación de *Peronospora sparsa* Berkeley, en el haz de las hojas se desarrollan manchas irregulares de color rojizo púrpura a pardo-oscuro, las cuales se rodean de un halo clorótico (D), mientras que por el envés se producen los signos del patógeno, que corresponden a un micelio de color marrón claro con abundante producción de esporangióforos y esporangios.

3.2. Establecimiento de los niveles de daño causado por *Peronospora sparsa* Berkeley.

Figura 3

Histograma de frecuencias de los porcentajes de daño causados por Peronospora sparsa Berkeley en hojas de rosas muestreadas en el invernadero de cultivo rosas en la Provincia Pichincha



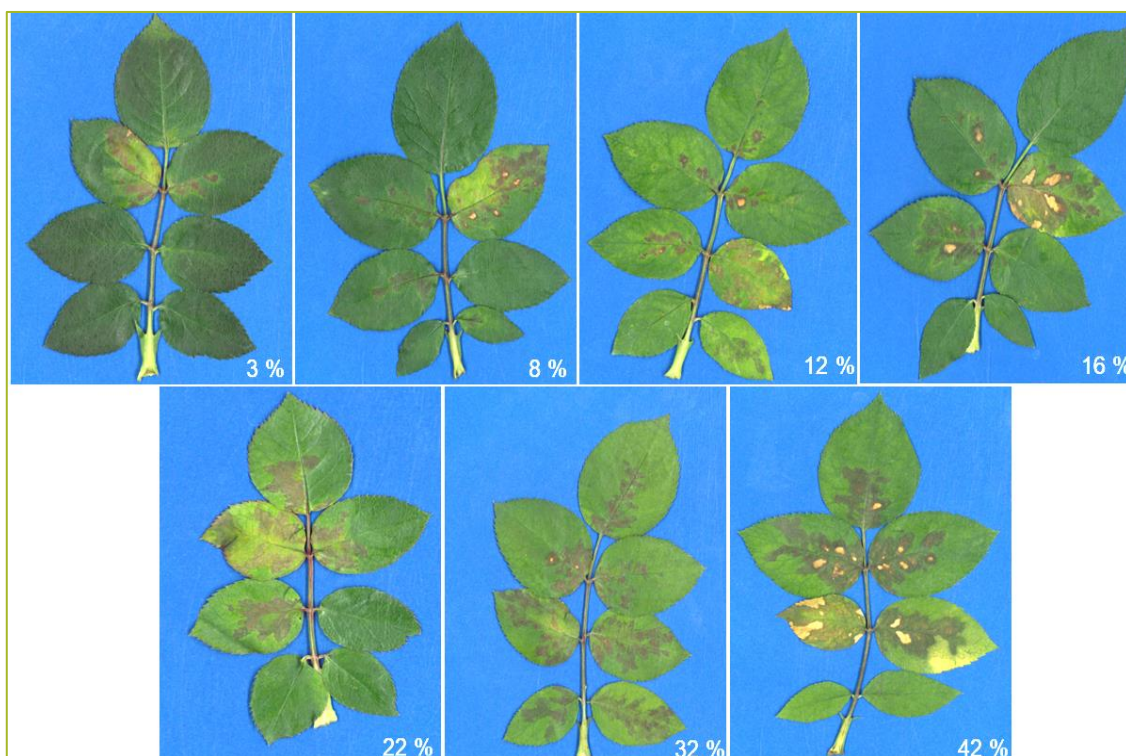
Nota. Histograma mostrando los diferentes niveles de daños registrados.

De manera general se determina los diferentes niveles de daños en las hojas de rosas muestreadas en el cultivo de rosas. Se encontró un mayor nivel de frecuencia de hojas en el rango de 5-10, y con un menor nivel de frecuencia en un rango 30-35.

3.3. Elaboración del Diagrama de área estándar para la cuantificación del daño ocasionado por *Peronospora sparsa* Berkeley.

Figura 4

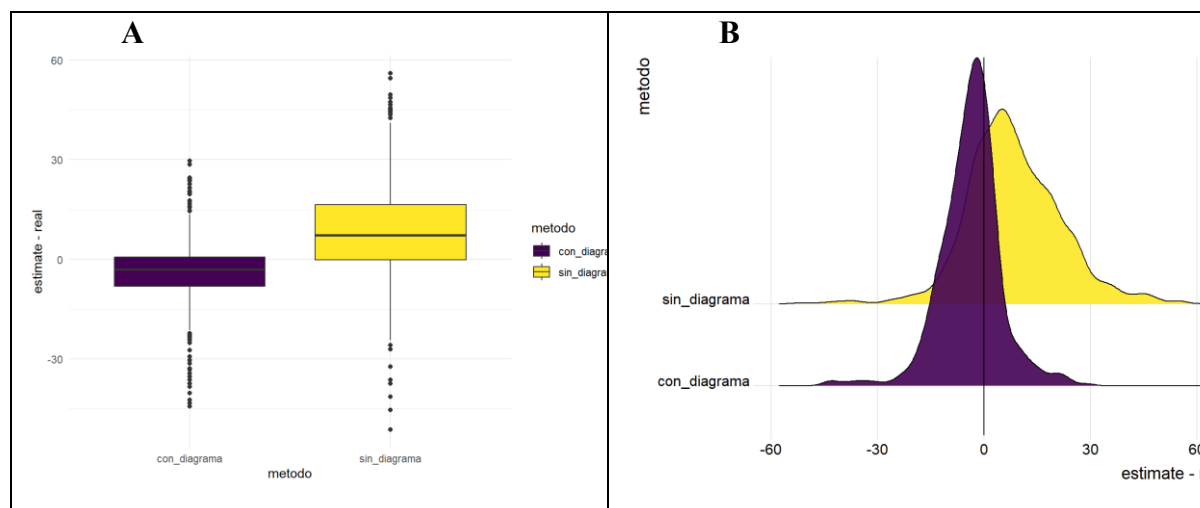
Diagrama de área estándar para la cuantificación del daño ocasionado por Peronospora sparsa Berkeley en el cultivo de rosas.



3.4. Validación del Diagrama de área estándar para la cuantificación del daño ocasionado por *Peronospora sparsa* Berkeley.

Figura 5

Gráficos de los errores en las cuantificaciones de severidad con y sin el uso del SAD desarrollado



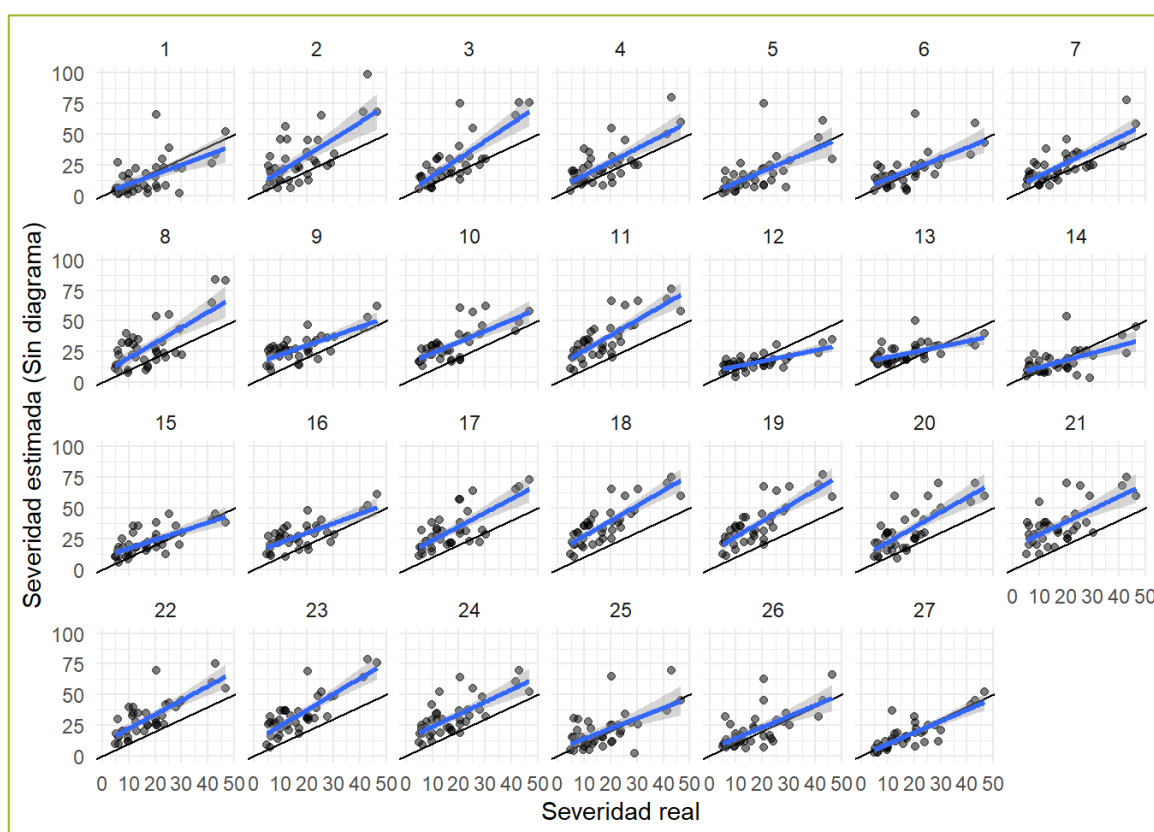
Nota. (A) Diagramas de caja y bigotes de los errores de la evaluación de la severidad de mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley con y sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado. (B) Grafico de densidad de los errores en las evaluaciones de severidad con y sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado.

Las severidades de 40 hojas seleccionadas fueron cuantificadas por 27 evaluadores indistintamente sin experiencia con y sin la ayuda del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado. A partir de ello se observó que la mediana de los errores de las estimaciones realizadas sin ayuda del Diagrama de área estándar (SAD) tuvo mayor sobrestimación en comparación a las realizadas con ayuda del Diagrama de área estándar (SAD) (Figura 5 A). Además, se observó que los errores en las mediciones fueron menores cuando los evaluadores cuantificaron la severidad con la ayuda del SAD desarrollado (Figura 5 B) siendo, en su mayoría, cercanos a cero. También se observó presencia de valores atípicos en los errores tanto en las evaluaciones sin la ayuda del SAD como en las evaluaciones con ayuda del SAD, esto

podría deberse a que la mayoría de los evaluadores no tenían experiencia en la identificación y evaluación de las enfermedades foliares en los cultivos. Aun así, estos valores se redujeron cuando se utilizó el SAD desarrollado para la cuantificación de la severidad del mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley en las hojas.

Figura 6

Estimaciones de la severidad de Peronospora sparsa Berkeley sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 27 evaluadores (línea azul)



Nota.

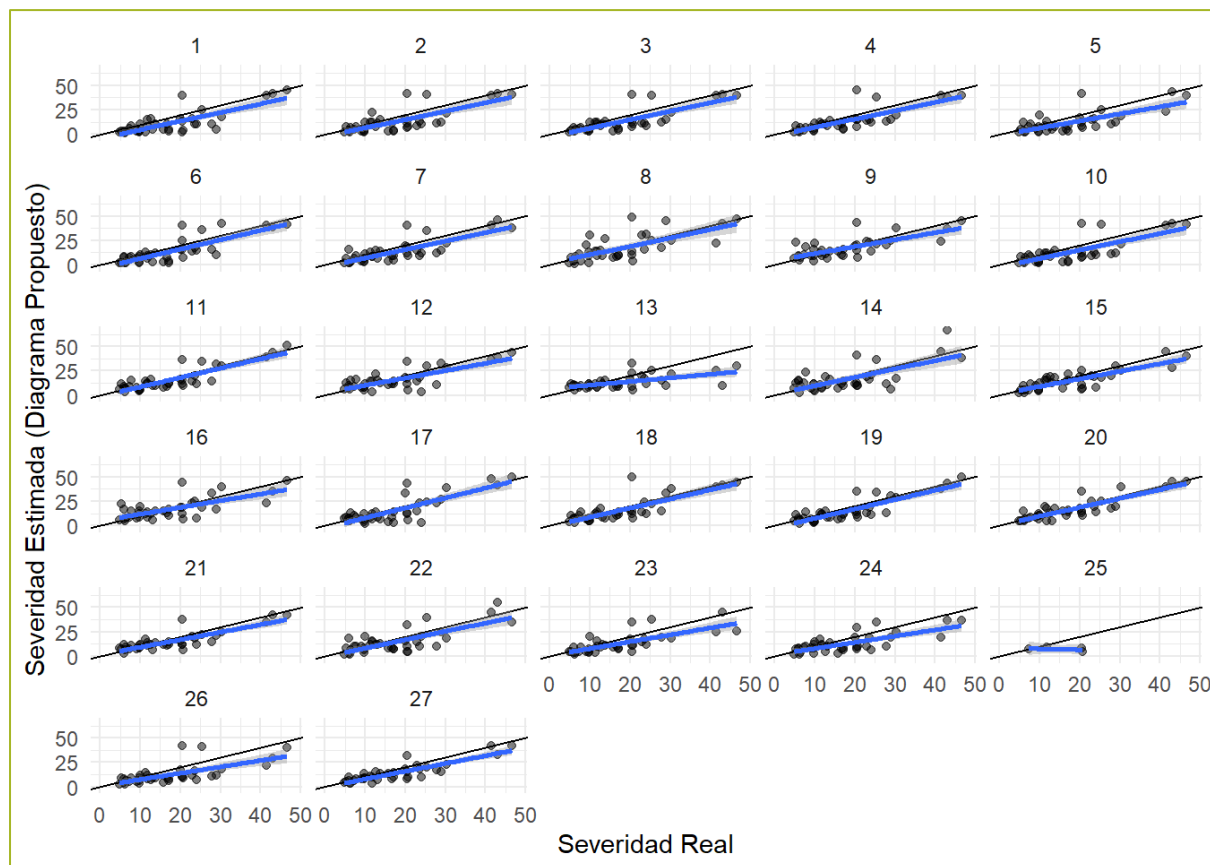
Las medias de los parámetros de cada evaluador se encuentran en el Anexo 1

De manera visual se pudo apreciar que en las evaluaciones sin el uso del SAD (Figura 6) de los 27 evaluadores, 21 tendieron a calificar el nivel del daño con un valor por encima del valor real (sobreestimación), correspondiente al 78% de los evaluadores que sobre estimaron. Por otro lado, de los 27 evaluadores apenas 4 evaluadores tendieron a calificar con valores

menores (subestimación), correspondiente al 15% de los evaluadores que subestimaron, y 2 evaluadores calificaron el nivel del daño con valores aproximados al valor de severidad real, correspondiente al 7%. Los resultados del presente estudio concuerdan con estudios anteriores en donde al no usar diagramas los evaluadores principalmente sin experiencia tienden a sobreestimar. Actualmente, existen más de 100 estudios que demuestran que los SAD mejoran la precisión, en particular para aquellos evaluadores menos experimentados o menos precisos según Del Ponte et al. (2017)

Figura 7

*Estimaciones de la severidad de Mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley con el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 27 evaluadores (línea azul).*



Nota.

Las medias de los parámetros de cada evaluador se encuentran en el Anexo 2

Al utilizar el Diagrama propuesto de los 27 evaluadores, 12 evaluadores mejoraron sus estimaciones de la severidad, con valores muy próximos a los valores reales y se reduce la sobre estimación. Estudios indican que al usar los diagramas de área estándar mejoran la precisión y confiabilidad de las estimaciones de varias enfermedades de los cultivos. Los diagramas también mejoran la confiabilidad entre evaluadores y dentro de ellos, lo que probablemente sea resultado del aumento en la precisión de los evaluadores individuales.

Tabla 1

*Efecto del uso de un diagrama de área estándar (SAD) en la precisión, exactitud y concordancia de las evaluaciones del mildiu vellosa (*P. sparsa*) realizadas por 27 evaluadores sin experiencia en 40 hojas de rosa*

Variables	Medias ^a		Diferencia ^b entre medias	IC ^c 95 % de la diferencia
	No SAD	SAD		
Location shift (v) ^d	0,572	-0,401	0,1411 (0,014)	0,118–0,163
Scale shift (u) ^e	1,205	0,896	0,546 (0,167)	0,300–0,837
Coeficiente Bias (Cb) ^f	0,791	0,906	0,11 (0,025)	0,070–0,156
Coeficiente de correlación (r) ^g	0,450	0,657	0,044 (0,007)	0,031–0,056
CCC^h	0,559	0,700	0,141 (0,014)	0,118–0,163

Nota.

a Entre paréntesis los valores de la desviación estándar

b Media de la diferencia entre cada evaluación. Entre paréntesis, error estándar calculado empleando bootstrap.

c Intervalo de confianza obtenido mediante 1000 muestras bootstrap. La diferencia es no significativa ($p=0,05$) si el IC incluye al cero.

d Location shift. Si $v = 0$, no existe sesgo con referencia a la línea de concordancia.

e Scale shift. Si $u = 1$, no existe sesgo con referencia a la línea de concordancia.

f Factor de corrección Bias. Mide qué tan lejos se desvía de 45° la línea de mejor ajuste. Permite estimar la exactitud.

g Mide la precisión de las estimaciones respecto al valor real.

h Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC). Combina la precisión (r) con la exactitud (Cb) para estimar la concordancia respecto al valor real.

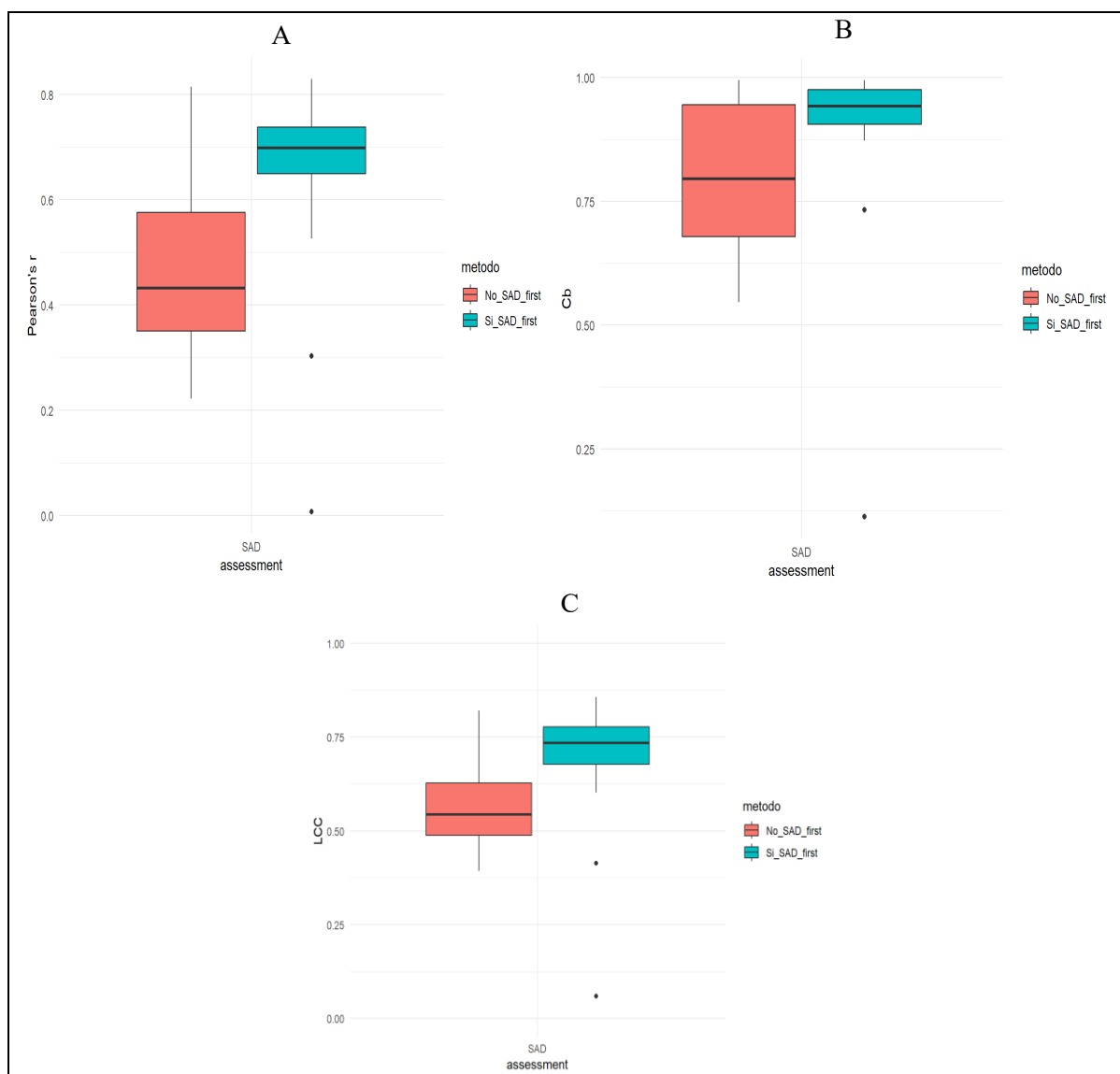
A partir de la prueba de equivalencia se observó que todos los parámetros estadísticos son significativos, empleados (v , u , Cb , r , CCC) mejoran cuando se utilizó el diagrama de área estándar (SAD) desarrollado en las evaluaciones de severidad de *Peronospora sparsa* Berkeley de la rosa con evaluadores sin experiencia. Lo cual estos resultados coinciden con resultados previamente obtenidos por Del Ponte (2017) en donde estos parámetros mejoran al utilizar del diagrama de área estándar (SAD) obtenido, demostró que el uso del diagrama para la evaluación de esta enfermedad mejora tanto la precisión como la exactitud de las evaluaciones, aun cuando son realizadas con y sin experiencia. Esto se demostró mediante el análisis del intervalo de confianza de las diferencias de las muestras IC ($p < 0,05$) el cual fue

positivo para los parámetros v y u , y positivo para los parámetros C_b , r y CCC (Tabla 1).

Puesto que, en el intervalo de confianza del parámetro estadístico Location Shift (v) está no comprendido el cero, se establece que si existen diferencias significativas entre el desplazamiento de las mediciones realizadas con ayuda del SAD y las realizadas sin ayuda del SAD. En el caso de los demás parámetros (u , C_b y CCC) los intervalos de confianza no comprenden el cero, de tal manera que existen diferencias significativas entre las evaluaciones realizadas con y sin ayuda del SAD desarrollado.

Figura 8

Diagramas de caja y bigotes de los parámetros estadísticos de precisión (r), exactitud (C_b) y concordancia (CCC)



Nota.

(A) Coeficiente de correlación de Pearson (r).

(B) Factor de corrección Bias (C_b).

(C) Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC)

La precisión de las evaluaciones, dada por el coeficiente de correlación de Pearson (r), mejoró cuando se usó el SAD desarrollado en comparación con las evaluaciones que fueron realizadas sin la ayuda del SAD, pasando de una media de 0,450 a 0,657.

Con el uso del diagrama hubo una mayor cantidad de evaluaciones con una precisión cercana a la mediana (Figura 8A) a diferencia de las evaluaciones realizadas sin ayuda del SAD las cuales tuvieron una mayor variabilidad, especialmente por debajo de la mediana. Se observó una mejora en la exactitud de las evaluaciones (Cb) cuando se usó el SAD desarrollado, pasando de 0,791 sin uso del diagrama a 0,906 con uso del diagrama. No obstante, cuando se usó el SAD la cantidad de evaluadores que tuvieron una exactitud cercana a la media, y la mediana aumentó notablemente en comparación cuando no se usó el SAD desarrollado (Figura 9B) de hecho, cuando no se usó el SAD, una parte de los evaluadores tuvieron una exactitud con alta variabilidad, especialmente debajo de la mediana. La concordancia de las estimaciones (CCC) fue mayor cuando se usó el SAD desarrollado, con una media de 0,700 en comparación cuando no se lo usó, en cuyo caso la media fue de 0,559 (Figura 8C). Además, cuando no se usó el SAD hubo una mayor cantidad de evaluadores que tuvieron concordancias alejadas de la media y la mediana en comparación cuando se usó el SAD.

Tabla 2

Comparación de medias de los parámetros (v, u, Cb, r y CCC) de evaluaciones con y sin la ayuda del SAD desarrollado realizada por 27 evaluadores sin experiencia.

Parámetros	Grados de libertad (g.l)	Estadístico t de Student	p valor ^b
Location shift	26	8,516	<0,00001
Scale shift	26	1,693	0,10230
Coeficiente Bias	26	2,311	0,02899
Coeficiente de correlación	26	2,973	0,00627
CCC ^a	26	5,061	0,00002

Nota.

a Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC). Combina la precisión (r) con la exactitud (Cb) para estimar la concordancia respecto al valor real.

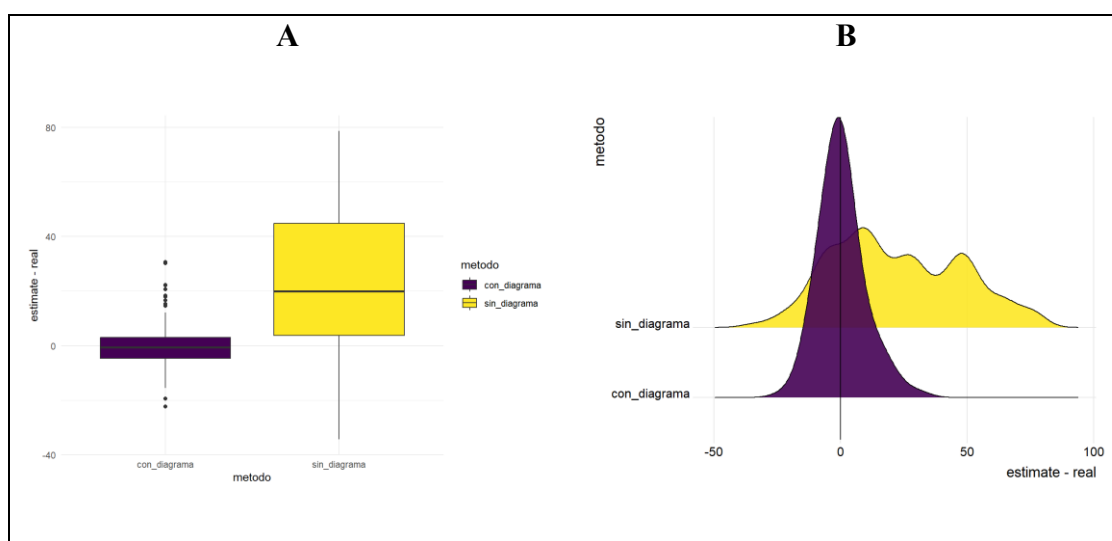
b Cuando p es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de la no existencia de diferencias significativas

Cuando estos resultados fueron comparados mediante una prueba de t de Student dependientemente (Tabla 2) se observó que existen diferencias significativas en el parámetro Location Shift (ν) lo cual indica lo obtenido mediante el análisis de intervalo de confianza (Bootstrap) con 1000 réplicas) pero difiere con los resultados obtenidos en la prueba de equivalencia de los 27 evaluadores en cuyo caso este parámetro fue significativo. El Parámetro Cb presento diferencias significativas en la prueba de equivalencia, sin embargo, cuando se realizó la prueba de t de Student dependiente si presento diferencia significativa ($p < 0,05$) lo cual indica que SAD desarrollado si mejora la exactitud de las estimaciones de los evaluadores que no tiene experiencia. La precisión (r) mejoran cuando los evaluadores sin experiencia estimaron la severidad con ayuda del SAD desarrollado, pasando de 0,450 sin ayuda del SAD a 0,657. Finalmente, fueron observadas diferencias significativas en la (CCC) de las evaluaciones sin y con ayuda del SAD pasando 0,559 a 0,700.

Validación del diagrama de área estándar (SAD), con experiencia.

Figura 9

Gráficos de los errores en las cuantificaciones de severidad con y sin el uso del SAD desarrollado



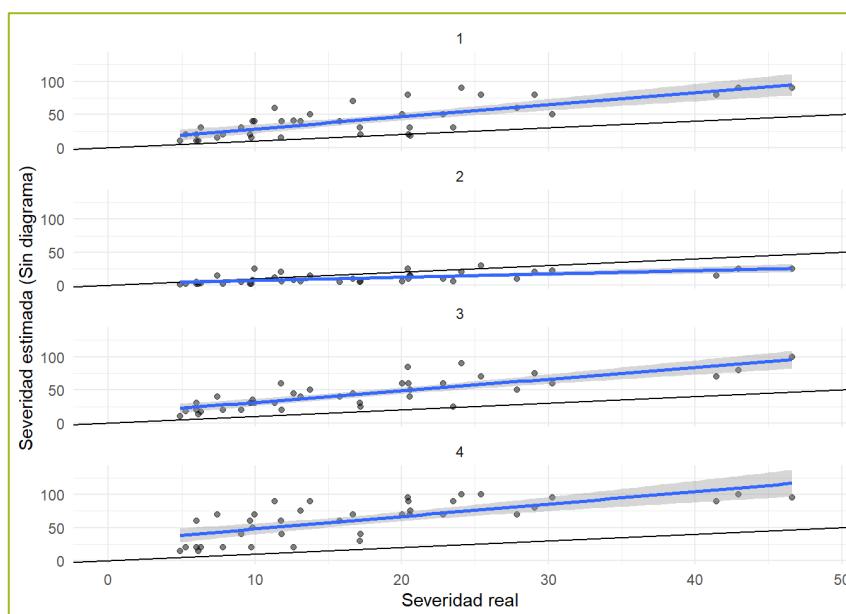
Nota.

(A) Diagramas de caja y bigotes de error de la evaluación de la severidad de mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley con y sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado. (B) Grafico de densidad de los errores en las evaluaciones de severidad con y sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado.

Las severidades de 40 hojas seleccionadas fueron cuantificadas por 4 evaluadores indistintamente con experiencia con y sin la ayuda del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado. A partir de ello se observó que la mediana de los errores de las estimaciones realizadas sin ayuda del Diagrama de área estándar (SAD) tuvo mayor sobrestimación en comparación a las realizadas con ayuda del Diagrama de área estándar (SAD) (Figura 9 A). Además, se observó que los errores en las mediciones fueron menores cuando los evaluadores cuantificaron la severidad con la ayuda del SAD desarrollado (Figura 9 B) siendo, en su mayoría, cercanos a cero. También se observó presencia de valores atípicos en los errores tanto en las evaluaciones sin la ayuda del SAD como en las evaluaciones con ayuda del SAD, esto podría deberse a que la mayoría de los evaluadores no tenían experiencia en la identificación y evaluación de las enfermedades foliares en los cultivos. Aun así, estos valores se redujeron cuando se utilizó el SAD desarrollado para la cuantificación de la severidad del mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley en las hojas.

Figura 10

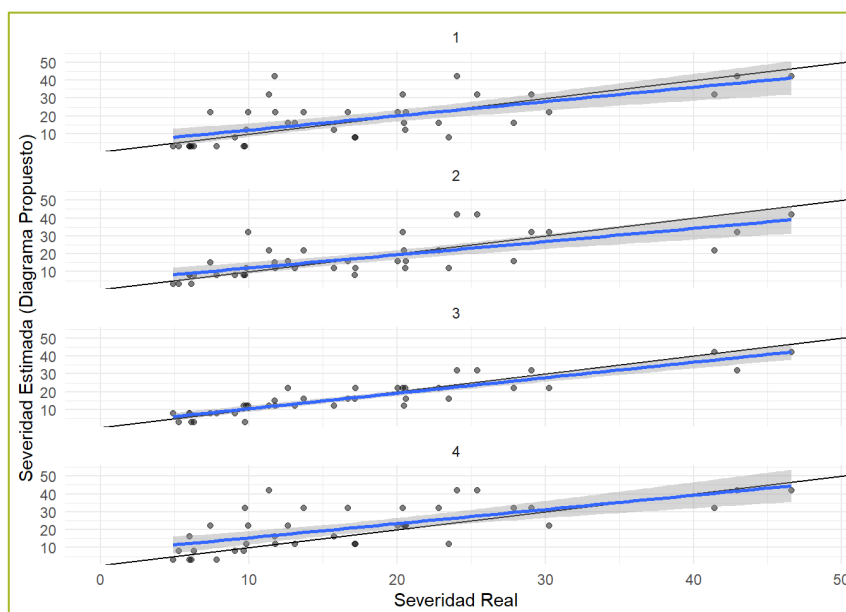
Estimaciones de la severidad de *Peronospora sparsa* Berkeley sin el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 4 evaluadores (línea azul)



De manera visual se pudo apreciar que en las evaluaciones sin el uso del SAD (Figura 10) de los 4 evaluadores, 3 tendieron a calificar el nivel del daño con un valor por encima del valor real (sobreestimación), correspondiente al 75% de los evaluadores que sobre estimaron. Por otro lado, de los 4 evaluadores apenas 1 evaluador tendieron a calificar con valores menores (subestimación), correspondiente al 25% de los evaluadores que subestimaron, y 0 evaluadores calificaron el nivel del daño con valores aproximados al valor de severidad real, correspondiente al 0%. Los resultados del presente estudio concuerdan con estudios anteriores en donde al no usar diagramas los evaluadores principalmente sin experiencia tienden a sobreestimar. Actualmente, existen más de 100 estudios que demuestran que los SAD mejoran la precisión, en particular para aquellos evaluadores menos experimentados o menos precisos según Del Ponte et al. (2017)

Figura 11

Estimaciones de la severidad de Mildiu vellosa Peronospora sparsa Berkeley con el uso del Diagrama de área estándar (SAD) desarrollado, mostrando la relación entre la severidad real o estimada por el programa (línea negra) y la severidad estimada por 4 evaluadores (línea azul)



Nota. Las medias de los parámetros de cada evaluador se encuentran en el Anexo 2

Al utilizar el Diagrama propuesto de los 4 evaluadores, 3 evaluadores mejoraron sus estimaciones de la severidad, con valores muy próximos a los valores reales y se reduce la sobre estimación. Estudios indican que al usar los diagramas de área estándar mejoran la precisión y confiabilidad de las estimaciones de varias enfermedades de los cultivos. Los diagramas también mejoran la confiabilidad entre evaluadores y dentro de ellos, lo que probablemente sea resultado del aumento en la precisión de los evaluadores individuales.

Tabla 3

*Efecto del uso de un diagrama de área estándar (SAD) en la precisión, exactitud y concordancia de las evaluaciones del mildiu vellosa (*P. sparsa*) realizadas por 4 evaluadores con experiencia en 40 hojas de rosa*

Variables	Media ^a		Diferencia ^b entre medias	IC ^c 95 % de la diferencia
	No SAD	SAD		
Location shift (v) ^d	1,121	0,027	1,090 (0,1077)	0,916–1,273
Scale shift (u) ^e	1,714	0,941	0,324 (0,039)	0,261–0,387
Coeficiente Bias (Cb) ^f	0,471	0,987	0,515 (0,0174)	0,486–0,545
Coeficiente de correlación (r) ^g	0,186	0,758	0,029 (0,007)	0,015–0,041
CCCh	0,349	0,768	0,418 (0,013)	0,396–0,440

Nota.

^a Entre paréntesis los valores de la desviación estándar

^b Media de la diferencia entre cada evaluación. Entre paréntesis, error estándar calculado empleando bootstrap.

^c Intervalo de confianza obtenido mediante 1000 muestras bootstrap. La diferencia es no significativa ($p=0,05$) si el IC incluye al cero.

^d Location shift. Si $v = 0$, no existe sesgo con referencia a la línea de concordancia

^e Scale shift. Si $u = 1$, no existe sesgo con referencia a la línea de concordancia.

^f Factor de corrección Bias. Mide qué tan lejos se desvía de 45° la línea de mejor ajuste. Permite estimar la exactitud.

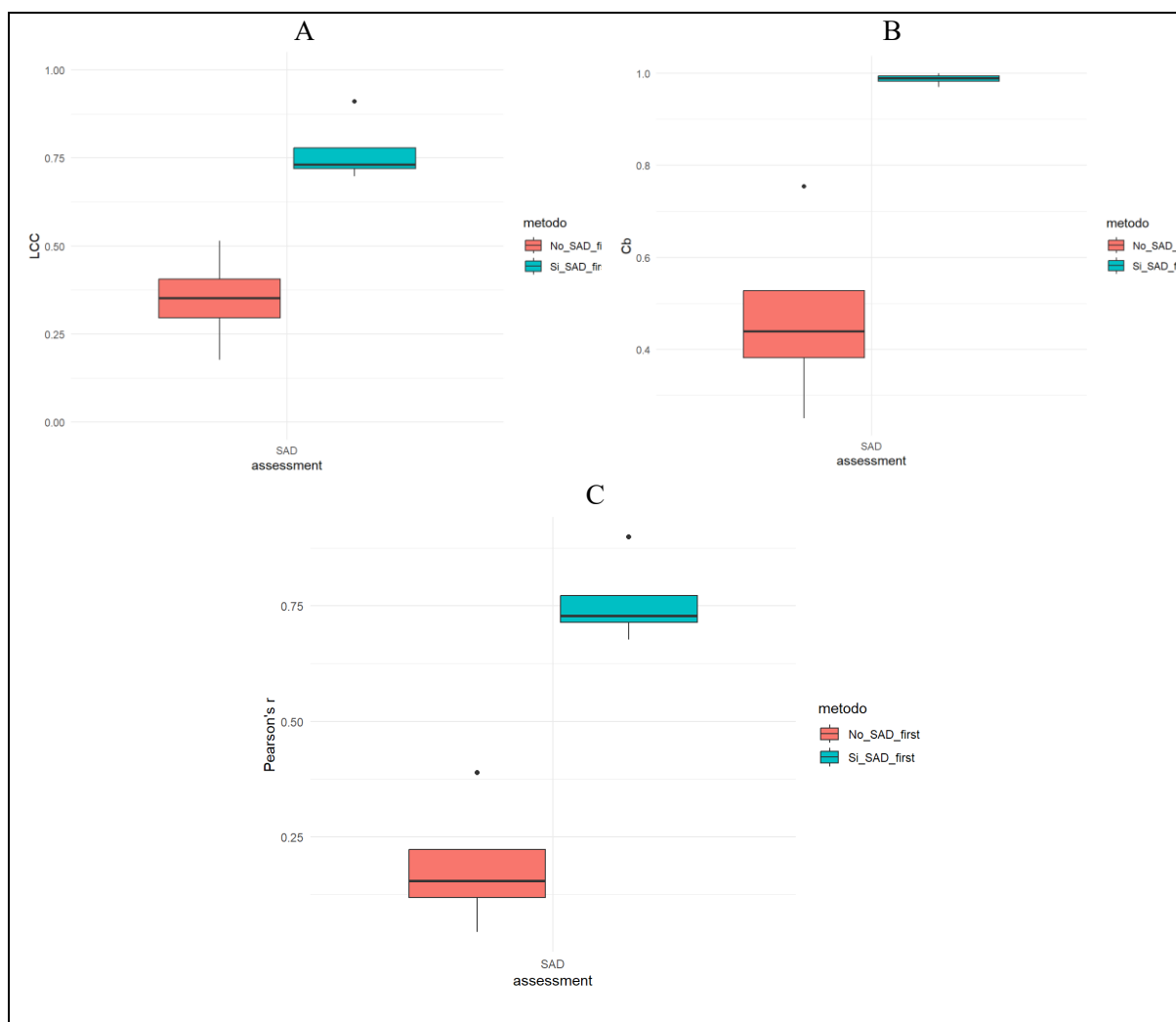
^g Mide la precisión de las estimaciones respecto al valor real.

^h Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC). Combina la precisión (r) con la exactitud (Cb) para estimar la concordancia respecto al valor real.

En el caso de los evaluadores con experiencia todos los parámetros (v , u , Cb , r , CC) fueron significativas cuando las evaluaciones fueron analizadas por medio de intervalo de confianza Bootstrap con 1000 réplicas (Tabla 3). Los intervalos de confianza de los parámetros no comprenden el cero, por lo tanto, existen diferencia significativa entre las estimaciones realizadas con y sin ayuda del SAD desarrollado por evaluadores con experiencia.

Figura 12

Diagramas de caja y bigotes de los parámetros estadísticos de precisión (r), exactitud (Cb) y concordancia (CCC)



Nota.

(A) Coeficiente de correlación de Pearson (r). (B) Factor de corrección Bias (Cb). (C) Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC)

Cuando los evaluadores se dividieron en dos grupos, los que tenían experiencia en la evaluación de enfermedades en plantas y los que no la tenían, fueron obtenidos resultados más concluyentes con relación a cuál de los dos grupos beneficia más el uso del SAD desarrollado para la evaluación de mildium Velloso *Peronospora esparso* Berkeley. Los evaluadores sin experiencia tuvieron más errores en las mediciones cuando no usaron el SAD desarrollado, llegando a sobreestimar y a subestimarlos sin acercarse al valor real (Figura 12). Cuando estos

evaluadores cuantificaron la severidad con la ayuda del SAD desarrollado hubo una menor variación en los datos y una reducción de los valores atípicos.

Por otra parte, como era previsto, los evaluadores que tenían experiencia previa en la evaluación de enfermedades en plantas tuvieron una menor cantidad de errores en las mediciones cuando no usaron el SAD, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos por Bock et al. (2022) los cuales mencionan que los evaluadores con experiencia tienden a hacer mejores estimaciones de severidad en comparación con los evaluadores que no tienen experiencia, aunque estos últimos también suelen hacer evaluaciones con alta precisión y exactitud. Cuando los evaluadores experimentados usaron al SAD desarrollado como asistencia para la evaluación, hubo una reducción considerable en el número de errores y una menor variabilidad. Además, se observó que los evaluadores con experiencia tendieron a sobreestimar la severidad cuando no usaron el SAD, sin embargo, cuando lo usaron se corrigió esta tendencia. Esto también ocurrió en una investigación realizada por Schwanck & Del Ponte (2014) donde desarrollaron un SAD para la evaluación de la mancha parda (*Bipolaris oryzae*) en el tejido foliar de arroz, en la cual demostraron que los evaluadores tendieron a sobreestimar la severidad cuando no hicieron uso del SAD, y cuando lo usaron los errores en las estimaciones estuvieron más cercanos a cero, corrigiendo esta tendencia.

Tabla 4

Comparación de medias de los parámetros (v , u , C_b , r y CCC) de evaluaciones con y sin la ayuda del SAD desarrollado realizada por 4 evaluadores con experiencia.

Parámetros	Grados de libertad (g.l)	Estadístico t de Student	p valor ^b
Location shift	3	1,834	0,163
Scale shift	3	1,364	0,265
Coefficiente Bias	3	5,114	0,014
Coefficiente de correlación	3	0,621	0,578
CCC ^a	3	5,176	0,014

Nota.

^a Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC). Combina la precisión (r) con la exactitud (C_b) para estimar la concordancia respecto al valor real.

^b Cuando p es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de la no existencia de diferencias significativas

Cuando se hizo la comparación de estos resultados con los obtenidos mediante la prueba de t de Student dependiente (Tabla 4) se confirmó que las medias de todos los parámetros presentaron diferencia significativa. La exactitud (C_b) de los evaluados con experiencia cuando no se usaron el SAD fue de 0,417 y cuando uso el SAD mejoró hasta 0,987. La precisión (r) aumentó cuando los evaluadores estimaron la severidad, pasando de 0,186 sin ayuda del SAD a 0,758 con ayuda del SAD. Finalmente, la concordancia (CCC) de las evaluaciones sin y con ayuda del SAD desarrollado también se observó diferencia significativa, con los siguientes valores de 0,349 sin ayuda del SAD a 0,768 con ayuda del SAD desarrollado.

4. Capítulo 4

4.1. Conclusiones y recomendaciones

4.1.1. Conclusiones

- El diagrama de área estándar (SAD) desarrollado a partir de 7 imágenes reales de hojas con síntomas de Mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley de la rosa muestra cómo avanza el porcentaje de severidad desde 3 hasta 42 %, facilitando su comparación con hojas que presenten el síntoma. Así, el uso del SAD permitió a los evaluadores (con y sin experiencia) tener una mayor precisión, exactitud y rapidez al momento de cuantificar la severidad provocada por Mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley en tejido foliar de rosa.

4.1.2. Recomendaciones

- Utilizar el diagrama de área estándar (SAD) propuesto para monitorear la enfermedad de Mildiu vellosa *Peronospora sparsa* Berkeley de la rosa en campo para obtener una mayor exactitud y precisión de la afectación de la severidad de esta enfermedad, facilitando a evaluadores sin y con experiencia.
- Validar el diagrama con un mayor número de evaluadores con experiencia
- Validar el diagrama con otros grupos de evaluadores, en otras fincas y con imágenes de otras variedades tal vez la sintomatología difiera de la previamente presentada.

5. Referencias

- Aegerter BJ, Nuñez JJ and Davis RM. (2002). Detection and management of downy mildew in rose rootstock. *Plant Disease* 86:1363-1368.
- Amorim, L. et al. (2018). *Manual de Fitopatologia Principios e Conceitos*. 5ta ed. Sao Paulo: Agronomica Ceres, pp. 17-30.
- Berger, R. (1980). *Measuring disease intensity*. Berlin-Heidelberg: Springer. Disponible en línea: https://doi.org/10.1007/978-3-642-95534-1_4.
- Bock, C. et al. (1990). *Introduction to plant Disease Epidemiology*. New York - United States of America. Disponible en línea: <https://www.worldcat.org/title/introduction-to-plant-disease-epidemiology/oclc/680507441>.
- Brent K and Hollomon D. (2007). *Fungicide resistance in crop pathogens*. 2da ed. Published by Fungicide Resistance Action Committee. Brussels, Belgium. 58 p.
- Campbell CL and Madden LV. (1990). *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons. New York, USA. 532 p. <https://doi.org/10.1017/S0007485300051890>.
- Campbell, C.L., & Madden, L.V. (2017). *The Study of Plant Disease Epidemics*. Minnesota: The American Phytopathological Society, pp. 20-30.
- Carvalho, L. M., Souza, B., & De Sousa, A. L. V. (2019). *Ornamental Plants*. In B. Souza, L. L. Vázquez, & R. C. Marucci (Eds.), *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 355–368). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_29.
- Corporación Financiera Nacional. (2022). *Ficha sectorial: Flores*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Flores.pdf>

- Copping LG and Hewitt HG. (1998). *Chemistry and mode of action of crop protection agents*. Cambridge: Royal Soc. Chemistry. 145 p.
- Del Ponte, E.M; et al. (2017). *Standard area diagrams for aiding severity estimation: Scientometrics, pathosystems, and methodological trends in the last 25 years. Phytopathology*, 107(10), pp. 1161-1174. ISSN 02511850. Disponible en línea: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-02-17-0069-FI>.
- Delgado Medina, F., Rosas Casals, M., & Lozano Carpio, P. (2020). *Building a decision: Support methodology to define ecosystem services bundles and to analyze trade-offs in diverselandscapes: application to Ecuadorian ecosystems*. [Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://doi.org/10.5821/dissertation-2117-328190>.
- Expoflores. (2023). *Informe Trimestral Primer trimestre*. Recuperada de: <https://expoflores.com/wp-content/uploads/2024/02/Expoflores-enero-2024.pdf>.
- Gisi U. (2002). *Chemical control of downy mildews*. pp. 119-159. In: Spencer-Philips, P.N.T., U. Gisi and A. Lebeda (eds). *Advances in downy mildew research*. Kluwer Academic Publisher, Amsterdam, Holland.
- Hawksworth DL, Kirk PM, Sutton BC and Pegler DN. (1995). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 8 ed. CAB International, Egham, UK. 616 p.
- Hollier CA, Overstreet C and Holcomb GE. (2001). *Rose diseases*. Louisiana State University, Agricultural Center. Louisiana, USA. 2613 p.
- Kamoun S. (2003). *Molecular genetics of pathogenic Oomycetes. Eukaryotic Cell*, 2:191-199.
- López-Cardona, N., & Castaño Zapata, J. (2011). *Manejo integrado del mildiú vellosa (Peronospora sparsa Berkeley) de la rosa*. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Lyr H. 1995. *Modern selective fungicides-properties, applications, mechanisms of action*. New York: Gustav Fischer Verlag. 595 p.
- Madden, L. V; et al. (2017). *The Study of Plant Disease Epidemics*. Minnesota: The American Phytopathological Society, pp. 20-30.
- Nuninger C, Watson G, Leadbitter N, and Ellgehausen H. (1996). *CGA329341: Introduction of the enantiometric form of the fungicide metalaxyl*. Brighton Crop Protection Conference. *Pests and Diseases* 1: 263-268.
- Nutter, F.W, Teng, P.S., Shokes, F.M. (1991). *Disease assessment terms and concepts*. *Plant Disease* 75:1187–1188.
- Olivoto, T., Andrade, S. M. P., and M. Del Ponte, E. (2022). *Measuring plant disease severity in R: introducing and evaluating the pliman package*. *Tropical Plant Pathology* 47:95–104. <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00487-5>.
- Quiroga N y Arbeláez G. (2004). *Evaluación de la eficacia de fungicidas aplicados al suelo y al follaje para el control de mildew velloso, ocasionado por Peronospora sparsa en un cultivo comercial de rosa*. *Agroonomía Colombiana* 22: 110-118.
- Rebollar AA, Silva RHV, López CI, Boyzo MJ and Ellis MA. (2012). *Fungicide spray programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by Peronospora sparsa*. *Crop Protection* 42: 49-55.
- Richard, O. (2024). *Agrios' Plant Pathology*. Disponible en línea: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto%20MSV/Agrios'%20Plant%20Pathology%202024-1.pdf>.
- Wheeler B. (1981). *Downy mildew of ornamentals*. Chapter 22 In: Spencer, D.M. (ed.). *The Downy Mildews*. Academic Press, London, England. pp. 476-477.

6. Apéndice

Apéndice 1

Sin experiencia, parámetros estadísticos de las estimaciones de severidad de cada evaluador sin ayuda del SAD desarrollado.

Evaluator	Location shift	Scale shift	Cb	CCC	r
1	-0,1790630	1,2089147	0,9670402	0,6363426	0,6153689
2	0,6964927	1,6925185	0,7224243	0,4927372	0,3559653
3	0,5399227	1,5795413	0,7986732	0,6240656	0,4984245
4	0,4558027	1,3134694	0,8762061	0,6453523	0,5654616
5	-0,1179521	1,2033423	0,9764320	0,5003751	0,4885822
6	0,1324447	1,1891869	0,9767346	0,6319484	0,6172458
7	0,4209644	1,1676719	0,9085590	0,6921505	0,6288596
8	0,6932133	1,4568041	0,7622582	0,5184004	0,3951549
9	0,8273112	1,0087204	0,7450123	0,6200870	0,4619725
10	0,9386406	1,1583874	0,6890131	0,5524572	0,3806502
11	1,1638685	1,3794875	0,5782044	0,4834444	0,2795297
12	-0,2343653	0,5742331	0,8436635	0,5628573	0,4748622
13	0,4831189	0,6366095	0,8193917	0,4505818	0,3692030
14	-0,1051630	0,9913549	0,9944635	0,5890891	0,5858276
15	0,3408192	0,8810497	0,9379908	0,7173964	0,6729112
16	0,7168975	0,9899429	0,7955310	0,5440398	0,4328005
17	0,9559406	1,3778140	0,6628171	0,5307907	0,3518171
18	1,2499911	1,3561905	0,5470418	0,4677872	0,2558991
19	1,2134952	1,3861133	0,5586396	0,4671443	0,2609653
20	0,8072040	1,3252655	0,7322227	0,4459765	0,3265541
21	1,2209101	1,2999971	0,5618213	0,3939830	0,2213481
22	0,9141724	1,3650926	0,6818132	0,5718873	0,3899203
23	1,0901078	1,4000359	0,6055765	0,5046596	0,3056100
24	0,9517911	1,2547741	0,6762156	0,5165364	0,3492900
25	0,0848542	1,1359392	0,9884020	0,4580842	0,4527713
26	0,2394836	1,2329139	0,9517678	0,6626416	0,6306809
27	-0,1121387	0,9640877	0,9930916	0,8209545	0,8152830

Apéndice 2

Sin experiencia, parámetros estadísticos de las estimaciones de severidad de cada evaluador con ayuda del SAD desarrollado

Evaluaadores	Location shift	Scale shift	Cb	CCC	r
1	-0,5041664	1,0049441	0,8872295	0,7343507	0,6515376
2	-0,3630232	1,0304057	0,9377858	0,7585016	0,7113120
3	-0,4140290	0,9666530	0,9205686	0,7506914	0,6910629
4	-0,3463752	0,9611269	0,9427079	0,7879504	0,7428070
5	-0,5288583	0,8925075	0,8723578	0,6026408	0,5257184
6	-0,3413180	1,0238314	0,9447096	0,7768186	0,7338680
7	-0,3593220	0,9550102	0,9384245	0,7723416	0,7247843
8	-0,0871629	1,0651165	0,9942442	0,7357945	0,7315594
9	-0,0811423	0,9081337	0,9921239	0,7787584	0,7726248
10	-0,3758950	1,0223413	0,9338004	0,7661083	0,7153923
11	-0,1762269	1,0156177	0,9845930	0,8083923	0,7959374
12	-0,2314299	0,8263541	0,9569154	0,6925224	0,6626854
13	-0,5785079	0,5382415	0,7323821	0,4143625	0,3034717
14	-0,1421427	1,0518408	0,9887483	0,6955698	0,6877435
15	-0,2308751	0,8923325	0,9679163	0,8568522	0,8293612
16	-0,0952004	0,9101644	0,9911146	0,6636299	0,6577333
17	-0,1854672	1,1049022	0,9783024	0,7449904	0,7288259
18	-0,1645722	1,0415468	0,9858329	0,7946805	0,7834223
19	-0,2527642	1,0156177	0,9689313	0,7955333	0,7708171
20	-0,1892598	0,8615401	0,9717836	0,7193935	0,6990947
21	-0,3453099	0,7405304	0,9049148	0,6460198	0,5845929
22	-0,2830335	0,9638466	0,9608621	0,6958808	0,6686455
23	-0,4145629	0,8309492	0,9065137	0,7132201	0,6465438
24	-0,4784341	0,7869578	0,8746713	0,6611159	0,5782591
25	-2,8360451	0,1040566	0,1126294	0,0587781	0,0066201
26	-0,4874929	0,8501658	0,8833703	0,6470619	0,5715952
27	-0,3479910	0,8369773	0,9290008	0,8338537	0,7746508

Apéndice 3

Con experiencia, parámetros estadísticos de las estimaciones de severidad de cada evaluador sin ayuda del SAD desarrollado.

Evaluadores	Location shift	Scale shift	Cb	CCC	r
1	1,350976	2,1233744	0,4525440	0,3699047	0,1673981
2	-0,692130	0,6622826	0,7543594	0,5155025	0,3888742
3	1,516014	1,8519760	0,4264175	0,3359366	0,1432492
4	2,307631	2,2171213	0,2502090	0,1765110	0,0441646

Apéndice 4

Con experiencia, parámetros estadísticos de las estimaciones de severidad de cada evaluador con ayuda del SAD desarrollado

Evaluadores	Location shift	Scale shift	Cb	CCC	r
1	-0,0001904	1,0255134	0,9996827	0,7271016	0,7268709
2	-0,0533681	0,8893502	0,9917610	0,7351672	0,7291102
3	-0,0831317	0,8651902	0,9862340	0,9111256	0,8985831
4	0,2464615	0,9857817	0,9704270	0,6975838	0,6769542

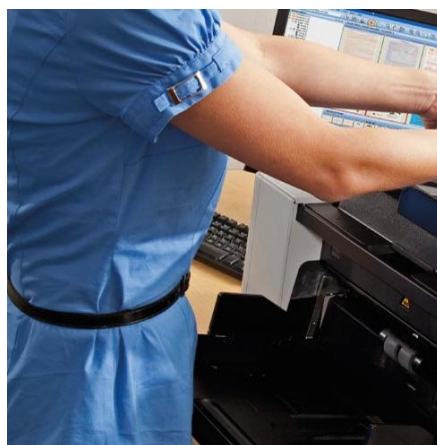
Apéndice 5

Recolección de muestra de hojas compuestas de las rosas con la enfermedad de síntomas de Mildiu velloso Peronospora sparsa Berkeley.



Apéndice 6

Escaneo de imágenes de las muestras de Mildiu velloso Peronospora sparsa Berkeley en hojas compuestas de la rosa.



Apéndice 7

Validación del Diagrama de área estándar (SAD) de Mildiu velloso Peronospora sparsa Berkeley en hojas compuestas de la rosa.



Apéndice 7

Protocolo para la evaluación del nivel de daño foliar del mildiu veloso en rosa.

1 La evaluación se debe realizar en todos los estados fenológicos (patrones, injertos, punto arroz, alverja, garbanzo, rayando color, trompo y punto de corte) de las plantas de rosas	2 Ingresar al bloque y definir cinco puntos de muestreo aleatorios evitando las plantas ubicadas en los bordes
3 Los puntos de muestreo serán 5 cada 1000m².	4 En cada cama, con una superficie de 1m². Luego con ayuda del SAD desarrollado estimar la severidad de las cinco hojas más jóvenes, es decir, punto arroz, alverja
5 Promediar los porcentajes de severidades estimadas en el paso anterior para obtener la severidad por cada uno de los bloques.	6 Promediar los porcentajes de severidades de los bloques en una superficie de 1m².
7 Una vez obtenidas los porcentajes de severidades de los cinco puntos de muestreo estos se deberán promediar y así se determinaría el porcentaje de severidad por bloque y luego el porcentaje de severidad a nivel de finca.	