



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

#### **ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE DIAGRAMAS DE SEVERIDAD PARA EL DAÑO CAUSADO POR MILDIU (*Peronospora variabilis*) EN QUINUA (*Chenopodium quinoa* Will.)**

##### **Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

##### **INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:** VIRGINIA MARIÑO FRIAS

**DIRECTOR:** ING. PABLO ISRAEL ÁLVAREZ ROMERO PH.D.

Riobamba - Ecuador

2021

© 2021, Virginia Mariño Frias

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Virginia Mariño Frías declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de marzo de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Virginia Mariño Frías", with a long horizontal line extending to the right.

.....

Virginia Mariño Frías

069496544-2

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de investigación, **ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE DIAGRAMAS DE SEVERIDAD PARA EL DAÑO CAUSADO POR MILDIU (*Peronospora variabilis*) EN QUINUA (*Chenopodium quinoa* Will.)**, realizado por la señorita: **VIRGINIA MARIÑO FRIAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Norma Erazo Sandoval <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL Firmado digitalmente por NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL Fecha: 2021.07.19 16:06:59 -05'00'	2021-03-29
Dr. Pablo Israel Álvarez Romero <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO</b>	2021-03-29
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>CARLOS FRANCISCO CARPIO COBA</b>	2021-03-29

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, y sin los cuales ninguno de mis sueños sería realidad, a mi hijo que es el motor e inspiración, a mi esposo y hermanos por estar ahí siempre.

Virginia

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas y formarme como profesional, al Ing. Pablo Álvarez Ph.D. Por su incondicional y muy valioso apoyo en esta investigación, gracias por orientarme y guiarme siempre.

Virginia

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
1.1 <b>Cuantificación de los daños las enfermedades de las plantas .....</b>	<b>4</b>
1.1.1 <i>Métodos de la cuantificación de la intensidad de enfermedades de plantas.....</i>	<i>4</i>
1.1.2 <i>Métodos directos de cuantificación de enfermedades .....</i>	<i>5</i>
1.2 <b>Diagramas de severidad (DS) .....</b>	<b>5</b>
1.2.1 <i>Criterios para la elaboración de diagramas.....</i>	<i>6</i>
1.2.2 <i>Escala de Horsfall- Barratt .....</i>	<i>7</i>
1.2.3 <i>Escala lineal.....</i>	<i>8</i>
1.2.4 <i>Parámetros evaluados para la validación de diagramas .....</i>	<i>9</i>
1.2.4.1 <i>LCCC – Coeficiente de correlación de Concordancia de Lin.....</i>	<i>9</i>
1.2.4.2 <i>Coeficiente de correlación de Pearson (r).....</i>	<i>10</i>
1.2.4.3 <i>Coeficiente de bias (Cb).....</i>	<i>10</i>
1.3 <b>Cultivo de Quinoa.....</b>	<b>10</b>
1.3.1 <i>Generalidades .....</i>	<i>10</i>
1.3.2 <i>Taxonomía .....</i>	<i>11</i>
1.3.3 <i>Características botánicas.....</i>	<i>12</i>
1.3.4 <i>Enfermedades de la quinua.....</i>	<i>12</i>
1.3.4.1 <i>El Mildiu de la quinua.....</i>	<i>13</i>
1.3.4.2 <i>Taxonomía .....</i>	<i>13</i>

1.3.4.3	<i>Ciclo de vida</i> .....	13
1.3.4.4	<i>Epidemiología</i> .....	14
1.3.4.5	<i>Síntomas de la enfermedad</i> .....	14

## **CAPITULO II**

2	<b>MARCO METODOLOGICO</b> .....	15
2.1	<b>Materiales y equipos</b> .....	15
2.1.1	<i>Material biológico</i> .....	15
2.1.2	<i>Materiales y equipos de campo</i> .....	15
2.1.3	<i>Materiales y equipos de escritorio</i> .....	15
2.2	<b>Metodología</b> .....	16
2.2.1	<i>Observación de los síntomas característicos y establecimiento de los niveles mínimos y máximos de severidad del Mildiu de la quinua</i> .....	16
2.2.1.1	<i>Colecta de muestras</i> .....	16
2.2.1.2	<i>Procesamiento de muestras</i> .....	16
2.2.1.3	<i>Establecimiento de los niveles máximos y mínimos de severidad</i> .....	16
2.2.2	<b>Elaboración de los DS</b> .....	17
2.2.2.1	<i>Elaboración de diagrama con incrementos de severidad lineales</i> .....	17
2.2.2.2	<i>Elaboración de diagrama con incrementos de severidad logarítmicos o H-B</i> .....	18
2.2.3	<b>Validación del Diagrama</b> .....	19
2.2.4	<b>Registro de datos, procesamiento y análisis</b> .....	20
2.2.4.1	<i>Precisión y confiabilidad de las estimaciones de severidad</i> .....	20
2.2.4.2	<i>Comparación de precisión y confiabilidad entre métodos de estimación de severidad</i> .....	20

## **CAPÍTULO III**

3	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	21
3.1	<b>Observación de los síntomas, establecimiento de los niveles de daño y elaboración de los DS</b> .....	21
3.1.1	<i>Diseño de diagrama de severidad con incrementos lineales</i> .....	26
3.1.2	<i>Diseño de diagrama de severidad con incrementos logarítmicos o H-B</i> .....	27



3.2	<b>Validación de los diagramas de severidad, utilizando dos grupos de evaluadores (Productores y Técnicos Agrícolas).....</b>	28
3.2.1	<i>Validación de diagramas utilizando el grupo de productores .....</i>	28
3.2.2	<i>Validación de diagramas utilizando el grupo de Técnicos .....</i>	33
3.2.3	<i>Reducción de los errores usando los diagramas lineales y logarítmicos con los dos grupos de evaluadores .....</i>	38
3.2.4	<i>Indicaciones para la utilización del Diagrama de Severidad para cuantificación de la severidad del mildiú de la quinua en ensayos de campo .....</i>	42
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	43
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	44
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Escala de intervalo de Horsfall y Barratt que muestra los puntos medios del rango de la severidad de la enfermedad y el tamaño de los intervalos.....	8
<b>Tabla 1-2:</b>	Número de clases con incremento lineales .....	17
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC .....	32
<b>Tabla2-3:</b>	Medidas de confiabilidad inter-evaluador de la severidad de 6 evaluadores productores durante tres evaluaciones de la severidad del mildiú de la quinua....	33
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC que representan la exactitud.....	37
<b>Tabla 4-3:</b>	Medidas de confiabilidad inter-evaluador de la severidad de 6 evaluadores técnicos durante tres evaluaciones de la severidad del mildiú de la quinua .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3.</b>	Hojas con síntomas de Mildiu en distintos niveles de severidad. A) con 6.19 % de severidad, B ) con 2.37% de severidad, C) con 6.19% de severidad.....	21
<b>Figura 2-3.</b>	Porcentajes de severidad mínimos y máximos A) Nivel máximo (88.41%) de severidad encontrado B) Nivel mínimo (0.17) % .....	24
<b>Figura 3-3.</b>	Proceso de elaboración de gráficos A) Hoja de quinua real B) Dibujo preliminar de la hoja de quinua C) Hoja de quinua dibujada los niveles de severidad .....	24
<b>Figura 4-3.</b>	Diagrama con incrementos de severidad lineales .....	26
<b>Figura 5-3.</b>	Diagrama con incrementos de severidad logarítmicos o H-B .....	27

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b>	Fórmula encontrada mediante regresión lineal .....	18
<b>Gráfico 1-3.</b>	Severidad de mildiú en quinua de los diferentes campos colectados.....	22
<b>Gráfico 2-3.</b>	Frecuencias de los diferentes niveles de severidad del mildiú de la Quinua .....	23
<b>Gráfico 3-3.</b>	Estimaciones de la Severidad del mildiú de la Quinua evaluadores (Productores) .....	29
<b>Gráfico 4-3.</b>	Estimaciones de la Severidad del mildiú de la Quinua sin (A) y con el uso de diagramas (B) H-B evaluadores (Productores).....	30
<b>Gráfico 5-3.</b>	Diagramas de caja y bigote de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC .....	31
<b>Gráfico 6-3.</b>	Estimaciones de la Severidad del mildiú de la Quinua evaluadores (Técnicos). .....	34
<b>Gráfico 7-3.</b>	Estimaciones de la Severidad del mildiú de la Quinua sin (A) y con el uso de diagramas (B) H&B evaluadores (Técnicos).....	34
<b>Gráfico 8-3.</b>	Diagramas de caja y bigote de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC que representan la exactitud (tipos de bias).....	35
<b>Gráfico 9-3.</b>	Residuos de las estimaciones de la severidad del Mildiú de la quinua realizadas con diagrama H-B evaluadores Productores.....	39
<b>Gráfico 10-3.</b>	Residuos de las estimaciones de la severidad del Mildiú de la quinua realizadas con diagrama H-B, con diagrama lineal y sin diagrama, con Técnicos.....	40

## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, HOJAS DE QUINUA ENFERMAS CON SIGNOS Y SÍNTOMAS DE *Peronospora variabilis*).
- ANEXO B.** PROCESO DE CUANTIFICACIÓN DE LA SEVERIDAD UTILIZANDO EL PROGRAMA ASSESS 2.0.
- ANEXO C.** INFORMACIÓN DE LOS GRUPOS DE EVALUADORES TÉCNICO
- ANEXO D.** INFORMACIÓN DE LOS GRUPOS DE EVALUADORES PRODUCTORES
- ANEXO E.** VALIDACIÓN DEL DIAGRAMA CON EL GRUPO DE TÉCNICOS DE AGROCALIDAD (REUNIÓN CON LA PLATAFORMA ZOOM).
- ANEXO F.** MATRIZ APLICADA A TÉCNICOS QUE CONTIENEN HOJAS DE QUINUA CON DIFERENTES NIVELES DE SEVERIDAD DE *Peronospora variabilis*.
- ANEXO G.** VALIDACIÓN CON GRUPO DE PRODUCTORES.
- ANEXO H.** MATRIZ APLICADA A PRODUCTORES DONDE CONTIENE EL NÚMERO DE HOJAS DE QUINUA CON DIFERENTES NIVELES DE SEVERIDAD DE *Peronospora variabilis* PROYECTADAS EN ORDEN.

## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad elaborar y validar diagramas de severidad para cuantificar los daños de mildiú (*Peronospora variabilis* Gäum.) en las hojas quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Se usaron los métodos descriptivo, explicativo y cuantitativo, para sustentar este trabajo de titulación, además, se caracteriza por ser una investigación de campo y no experimental ya que el estudio se realizó en los cantones Penipe y Colta, la validación de los diagramas de Severidad con incrementos lineales o logarítmicos fue utilizando por dos grupos de evaluadores (productores y técnicos). En cada grupo de evaluadores, la valoración se realizó primero sin ayuda y luego con la ayuda del conjunto de diagramas respectivo. Los niveles mínimos y máximos de severidad encontrados en los distintos campos de quinua variaron según los campos, siendo los rangos de severidad encontrados en MATUS 0,72-65, 94%, RAYALOMA 0,59-88, 41%, y COPROBICH 0,17-69%, sin embargo, en los tres campos muestreados los rangos de severidad de 0-12% se encontraron en aproximadamente más del 50% de las hojas muestreadas, las severidades mínimas y máximas de los conjuntos de diagramas de Severidad con incrementos lineales fueron 2,5% y 67,6%, y para Severidad con incrementos logarítmicos fueron 0,7% y 88%. Por lo cual el Diagramas de Severidad con incrementos lineales mejoró significativamente la exactitud, precisión y confiabilidad de las estimaciones de severidad en relación a los Diagramas de Severidad con incrementos logarítmicos. Los conjuntos de diagramas ayudaron a mejorar la precisión y confiabilidad de las estimaciones de las severidades mildiú velloso. Se recomienda validar los diagramas con un mayor número de evaluadores, con el fin de comprobar la utilidad de este tipo de herramientas, también que las validaciones se realicen de forma presencial, para de esta manera los evaluadores no tengan ningún tipo de sesgo al realizar este trabajo.

**Palabras clave:** <AGRONOMÍA>, <FITOPATOMETRÍA>, <MILDIÚ (*Peronospora variabilis* Gäum)>, <QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)>, <DIAGRAMAS DE ÁREA ESTÁNDAR>, <DIAGRAMAS DE SEVERIDAD >, <PENIPE (CANTÓN)>, < COLTA (CANTÓN) >.



09-06-2021

1209-DBRA-UTP-2021

## SUMMARY

The present investigation aims to develop and validate severity diagrams to quantify downy mildew damage (*Peronospora variabilis* Gäum.) on quinoa leaves (*Chenopodium quinoa* Willd.). The descriptive, explanatory and quantitative methods were used to support this investigation. It is characterized because it is a field and non-experimental investigation since the study was carried out in Penipe and Colta cantons. The severity diagrams with linear and logarithmic increments were validated by two groups of evaluators (producers and technicians). In each group of evaluators. The validation was carried out with and without support of the respective set of diagrams. The minimum and maximum severity levels found in the different quinoa fields varied according to the fields, with the severity ranges found in MATUS 0.72-65.94%, RAYALOMA 0.59-88.41%, and COPROBICH 0.17-69%, however, in the three fields sampled, in the three fields sampled the severity ranges of 0-12% were found in approximately more than 50% of the leaves sampled, the minimum and maximum severities of the sets of Severity diagrams with linear increments were 2.5% and 67.6%, and for Severity with logarithmic increments were 0.7% and 88%. Thus, the linearly incremented severity diagrams significantly improved the accuracy, precision and reliability of severity estimates relative to the logarithmically incremented severity diagrams. The sets of diagrams helped to improve the accuracy and reliability of downy mildew severity estimates. It is recommended to validate the diagrams with a greater number of evaluators, in order to check the usefulness of this type of tools and that these validations are carried out in-person, so that the evaluators do not have any bias when performing this work.

**Key words:** <AGRONOMY>, <PHYTOPATHOMETRY>, <MILDIUM (*Peronospora variabilis* Gäum)>, <QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd)>, <STANDARD AREA DIAGRAMS>, <SEVERITY DIAGRAMS>, <PENIPE (CANTON)>, <COLTA (CANTON)>.

## **INTRODUCCIÓN**

La quinua es un cultivo anual alotetraploide domesticado por civilizaciones precolombinas en los Andes centrales de América del Sur aproximadamente hace 7.000 (Vega Gálvez et al. 2010). La mayor parte de la producción de quinua tradicionalmente se la ha llevado a cabo en países andinos como Bolivia, Perú y Ecuador (Gómez, Enrique & Castellanos 2016). Pero la producción se ha extendido desde Sudamérica hasta Europa, Norteamérica y hacia otras regiones (Cusack 1984). La quinua ha sido consumida y apreciada por su alto valor nutricional rico en minerales y proteínas, en los últimos años su producción se ha incrementado en la provincia de Chimborazo donde empresas se han dedicado a la comercialización y elaboración de productos a base de este cereal (Alvarado & Martínez 2015). De esta manera el cultivo de quinua ha retomado importancia ya que además de usarla como alimento para los agricultores de la localidad se ha convertido en una importante fuente de ingresos económicos.

En las principales regiones productoras de quinua, la enfermedad clave del cultivo es el mildiu vellosa (Danielsen, Bonifacio & Ames 2003). Causado por *Peronospora variabilis* Gäum (anteriormente *P. farinosa* f. sp. *Chenopodii* Byford) (Choi et al. 2010). Epidemias de mildiu han reducido en gran medida el rendimiento de la quinua (Danielsen, Bonifacio & Ames 2003). y en condiciones experimentales, *P. variabilis* disminuyó los rendimientos en por lo menos 33% en variedades resistentes y en hasta 99% en variedades susceptibles (Danielsen et al. 2000). Aunque el mildiu de la quinua es una enfermedad importante, todavía hay varias áreas claves de la investigación de esta enfermedad en Ecuador que están subdesarrolladas, incluyendo estudios epidemiológicos de *P. variabilis*, como cuantificación de daños y pérdidas.

## **IMPORTANCIA**

La cuantificación de daños es fundamental para estudios epidemiológicos y para implementación de alternativas de control de enfermedades de cultivos (Amorim, Rezende & Filho 2018). La cantidad o intensidad de daño de las enfermedades puede ser cuantificada usando las variables de prevalencia, incidencia y/o severidad (Bock, Chiang y Ponte 2016). La severidad es la variable que nos permite evaluar e implementar alternativas de control de enfermedades en cultivos como uso de fungicidas, agentes de control biológico y uso de variedades resistentes. Para una unidad de muestreo enferma (Ejemplo: una hoja), la severidad de la enfermedad describe la proporción o porcentaje del área total del hospedero afectada por la enfermedad y generalmente es expresada como un promedio de la severidad de todas las unidades (Madden, Hughes & van den Bosch 2017).

La severidad puede estimarse visualmente o medirse utilizando análisis de imágenes, métodos moleculares e inmunológicos (Bock et al. 2010). A pesar de los avances tecnológicos (softwares y



herramientas basadas en análisis de imágenes) (Barbedo & Garcia 2014). Las estimaciones visuales cualitativas o cuantitativas siguen siendo los métodos de evaluación de la severidad más utilizados tanto en estudios hechos en invernaderos o estudios de campo (Del Ponte et al. 2017). La evaluación de la severidad de cualquier enfermedad utilizando estimaciones subjetivas puede estar sujeta a errores, por lo tanto, es necesario usar criterios estandarizados para medir o cuantificar la intensidad de las enfermedades (Lenz et al. 2010).

El uso de un conjunto de diagramas de área estándar (DAE), también conocidos como diagramas de severidad (DS) han sido un método importante para minimizar los errores de estimación de los valores de severidad y aumentar la exactitud (que tan cerca están los valores estimados de los valores reales), precisión (la cercanía de las estimaciones repetidas entre sí), y confiabilidad (medida en que la misma estimación obtenida en diferentes condiciones produce resultados similares) de estos valores (Nutter & Schultz 1995; Del Ponte et al. 2017).

Los DS se basan en ilustraciones de plantas o órganos vegetales con síntomas que representan un rango de severidad (Amorim, Rezende & Filho 2018), las características deseables de los DS incluyen: facilidad de uso, reproducibilidad de los resultados, amplia aplicabilidad y la presencia de intervalos que representen todas las etapas de los síntomas (Berger 1980). En el desarrollo de los DS, es importante asegurar que los límites mínimos y máximos de severidad observados en las plantas enfermas estén representados, además, los síntomas deben ser representativos de los observados en condiciones favorables para infecciones naturales (Horsfall & Garrett 1945), y finalmente, antes de ser implementados como métodos estándares para cuantificar la severidad de las enfermedades de las plantas los DS deben ser validados (Martins et al. 2004).

## **JUSTIFICACIÓN**

Teniendo en cuenta la importancia del mildiu de la quinua y la ausencia de DS validados para evaluar la severidad de esta enfermedad en este cultivo andino de trascendental importancia, este trabajo que propone la elaboración y validación de Diagramas de Severidad (DS) para medir con exactitud, precisión y confiabilidad la severidad de *Peronospora variabilis* en quinua es de gran interés y vital importancia para implementar bases que servirán en la incorporación y validación de nuevas alternativas de manejo integrado de enfermedades como uso de variedades con resistencia genética horizontal, uso de agentes de control biológico o aplicación de fungicidas específicos.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar y validar diagramas de severidad para cuantificar los daños de mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

### **Específicos**

Establecer los niveles mínimos y máximos de daño encontrados en el cultivo de quinua, para utilizarlos en la elaboración de los diagramas.

Diseñar los diagramas de severidad de Mildiu de la quinua.

Validar en forma participativa los diagramas de severidad, utilizando dos grupos de evaluadores (Productores y Técnicos Agrícolas).

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Cuantificación de los daños las enfermedades de las plantas

La cuantificación de enfermedades juega un papel fundamental en la implementación de métodos, medidas y principios de control, los estudios para determinar la intensidad de una enfermedad son el primer paso para comprender la relación entre una enfermedad y las pérdidas causadas por la misma. Únicamente midiendo la intensidad de las enfermedades se puede cuantificar las magnitudes de los daños (Ivancovich & Lavilla 2016). La cuantificación de enfermedades en cultivos es fundamental para estudios epidemiológicos y para validación de estrategias de control, la cuantificación que se expresa como la intensidad de la enfermedad, ya sea utilizando la variable incidencia (porcentaje o frecuencia de plantas enfermas o partes de plantas enfermas en una muestra o población, o por la variable severidad (porcentaje del área o volumen de tejido cubierto por síntomas) son utilizadas, tanto para describir el progreso de la epidemia como su relación con clima o con medidas de control, además de validar modelos de pronósticos o hacer uso del manejo integrado (Amorim, Rezende & Filho 2018). Por lo tanto, los errores en la cuantificación de la enfermedad pueden alterar el análisis epidemiológico, interfiriendo en mayor o menor medida en las conclusiones alcanzadas (Campbell & Madden 1990).

#### *1.1.1 Métodos de la cuantificación de la intensidad de enfermedades de plantas*

Los métodos utilizados en la cuantificación de enfermedades de los cultivos deben ser capaces de proveer resultados exactos y precisos, donde la exactitud se refiere a la proximidad entre el valor mostrado (promedio) y el valor real de la cantidad de enfermedad. Mientras que la precisión se refiere a la repetitividad, es decir, la variación asociada con la estimación de la cantidad de enfermedad de las muestras asociadas (Campbell & Madden 1990).

Dentro de las posibilidades para la medición de daño causado por las enfermedades se encuentran los métodos directos y los métodos indirectos (Ivancovich & Lavilla 2016). Los métodos directos es

donde la estimación de la cantidad de enfermedad, se realiza directamente a través de la observación de los síntomas, y los métodos indirectos donde la cantidad de enfermedad es estimada por la población del patógeno (Amorim, Rezende & Filho 2018).

### ***1.1.2 Métodos directos de cuantificación de enfermedades***

Dentro de los métodos directos encontramos la estimación de las variables de incidencia, severidad y las técnicas de teledetección (Amorim, Rezende & Filho 2018). Estos métodos comprenden valoraciones visuales de las enfermedades y se basan en la evaluación a través de la observación de síntomas y signos cuantificando la cantidad de tejido enfermo (Ivancovich & Lavilla 2016). Esta cuantificación del tejido enfermo se lo puede realizar con auxilio, ósea usando herramientas como diagramas standard de severidad o diagramas de severidad (DS) y sin auxilio, simplemente con la estimación visual realizada por los evaluadores (Amorim, Rezende & Filho 2018).

## **1.2 Diagramas de severidad (DS)**

Los DS son representaciones ilustradas de una serie de plantas o partes de plantas con síntomas de las enfermedades con diferentes niveles de severidad, estos constituyen una principal herramienta de cuantificación para muchas enfermedades, también son conocidos como escalas diagramáticas (Amorim, Rezende y Filho 2018). Castaño & Pérez (1997), consideran a los DS como una serie de imágenes que representan diversos grados de severidad de una enfermedad, estos diagramas como su nombre lo indican están basados en severidad, es decir, el área afectada por el patógeno, los cuales facilitan la cuantificación del daño. Los DS se han utilizado durante mucho tiempo como una herramienta para ayudar a la estimación de la severidad de las enfermedades de las plantas siendo una variable esencial en la fitopatometría (Del Ponte et al. 2017).

La utilidad de los DS tiene como principal objetivo mostrar en forma real varios niveles de severidad tomando en consideración el tamaño, forma y distribución de las lesiones. La evaluación de la severidad de cualquier enfermedad utilizando estimaciones subjetivas puede estar sujeta a errores, por lo tanto, es necesario usar criterios estandarizados para medir o cuantificar la intensidad de las enfermedades. El uso de un conjunto de DS han sido un método importante para minimizar los errores de estimación de los valores de severidad y aumentar la exactitud y precisión de las estimativas (Lenz et al. 2010).

### *1.2.1 Criterios para la elaboración de diagramas*

Primeramente, los diagramas de severidad son necesarios para enfermedades nuevas o aquellas que todavía no se disponen de diagramas. Para situaciones en que los diagramas existentes no representan la situación encontrada en el campo sus resultados no son satisfactorios. Para disponer de métodos estandarizados y validados para la cuantificación más exacta de la severidad en estudios epidemiológicos (Del Ponte et al. 2017).

Los DS deben ser simples, aplicarse en diferentes condiciones y tener intervalos suficientes para representar los diferentes niveles de severidad de una enfermedad determinada. En la elaboración de un DS, se deben considerar algunos aspectos, como los niveles mínimos y máximos de enfermedad observadas en el campo y representadas en la escala, la representación de los síntomas de la manera más cercana posible a la realidad y los niveles de severidad, respetando las limitaciones de agudeza de la vista humana (Amorim, Rezende y Filho 2018).

Es de mucha importancia antes de implementar el uso de DS, la validación de los mismos con diferentes grupos de evaluadores (Del Ponte et al. 2017). La validación formal de los DS no se consideró antes de 1990, cuando se comenzó a invertir un esfuerzo considerable en desarrollar DS y evaluar su valor para mejorar la precisión de las estimaciones de la severidad de la enfermedad en muchos patosistemas (Del Ponte et al. 2017).

Según Del Ponte et al. 2017, los principales criterios utilizados para la elaboración de diagramas son los siguientes:

- Los límites superiores e inferiores deben corresponder, respectivamente, a la cantidad máxima y mínima de la enfermedad encontrada en el campo.
- La representación de los síntomas en los diagramas debe ser el más similar posible a aquellos observados en las hojas reales.
- Los niveles intermedios de severidad deben ser en número suficiente (7 a 10) en incrementos lineares, pero con más niveles (incremento exponencial) hasta 10% (ejemplo: 0.1%; 2.5%; 5%; 10%) donde la severidad es más frecuente.
- Las escalas diagramáticas deben ser probadas (validadas), (muchas disponibles no lo son), antes de ser propuestas como un método estándar de cuantificación de enfermedades. Cuando produzcan resultados insatisfactorios, estas deben ser corregidas.

### ***1.2.2 Escala de Horsfall- Barratt***

Es una escala utilizada para la evaluación visual de las enfermedades de las plantas en donde a cada planta se le asigna un valor numérico según el porcentaje de área foliar que presenta síntomas de enfermedad. La escala de Horsfall-Barratt (H-B) fue diseñada por James G. Horsfall y R.W. Barratt para compensar el error humano (y las leyes logarítmicas de percepción) al estimar la cantidad de enfermedad presente (Francis 2019).

La escala de enfermedad más empleada en Fitopatología para la cuantificación de enfermedades es la desarrollada por Horsfall & Barrat (1945) para evaluar la roya de trigo. Esta escala presenta 12 clases de severidad (Tabla 1-1), en que cada clase representa el porcentaje de tejido vegetal lesionado. La selección de las 12 clases fue realizada después del descubrimiento de esos autores de la ley de Weber-Fechner, de acuerdo con esta ley la exactitud-apreciación visuales proporcional al logaritmo de la intensidad del estímulo. De acuerdo, con esta ley, el estímulo proporcionado por los síntomas de una enfermedad debe crecer exponencialmente para que la vista humana consiga diferenciarlo. Así, puede distinguirse hojas con 3% de aquellas enfermedades con 6% en escalas logarítmicas, pero no se creía que no era posible distinguir hojas con 25% de aquellas con 30% en escalas con incrementos constantes (Amorim, Rezende y Filho 2018).

Como la vista consigue leer tejido enfermo hasta 50% y tejido sano sobre este límite, la curva de calibración para convertir los índices de una escala de severidad sigue el modelo logístico, con punto de inflexión en 50%. Durante prácticamente más de 60 años, las escalas y diagramas fueron construidos con esta prerrogativa. La mayor parte de las escalas y diagramas construidas disponibles en la literatura en español y literatura antigua con este modelo fue y continúan siendo útiles para diferentes patosistemas (Amorim, Rezende y Filho 2018).

**Tabla 1-1:** Escala de intervalo de Horsfall y Barratt que muestra los puntos medios del rango de la severidad de la enfermedad y el tamaño de los intervalos.

<b>H-B Categorías</b>	<b>Rangos de severidad</b>	<b>Punto medio</b>	<b>Tamaño de intervalo</b>
1	0	0	0
2	0-3	1.5	3
3	3-6	4.5	3
4	6-12	9	6
5	12-25	18.5	13
6	25-50	37.5	25
7	50-75	62.5	25
8	75-88	81.5	13
9	88-94	91	6
10	94-97	95.5	3
11	97-100	98.5	3
12	100	100	0

Fuente: (Bock, Chiang y Ponte 2016)

### **1.2.3 Escala lineal**

Estudios han sugerido que los intervalos de severidad iguales donde los incrementos sean lineales más frecuentemente (< 20% ) reducirían el sesgo de las estimaciones en esos rangos (Bock, Chiang y Ponte 2016). La literatura antigua y en español definen los intervalos de manera exponencial necesarios para los diagramas de severidad, refiriéndose a la ley de Weber-Fechner. La supuesta ley, que no fue comprobada científicamente en estudios de fitopatometría, y los incrementos lineales son preferibles a incrementos exponenciales (logarítmicos), debido a que los errores son más comunes en niveles alto de severidad ,debido al gran espaciamiento entre los niveles de severidad entre 30 y 70% cuando se usan diagramas basadas en escalas del tipo H-B (Del Ponte et al. 2017).

Históricamente, el uso de incrementos logarítmicos de la severidad se adaptó de un concepto temprano de una escala de enfermedad ordinal (escala H-B) desarrollado con base en la afirmación de que los evaluadores no eran capaces de diferenciar la severidad en el rango medio

(25% a 50% o 50% a 75%). Por tanto, las escalas con incrementos lineares tendrían un valor limitado y ralentizarían las evaluaciones (Horsfall y Barratt, 1945). Para enfermedades donde la severidad máxima es inferior al 50%, el número de diagramas probablemente se ha visto afectado por el paradigma de la escala H-B; por lo tanto, la severidad ha estado infrarrepresentada desde el rango medio hasta los límites superiores (Del Ponte et al. 2017).

De hecho, los evaluadores parecen ser capaces de distinguir entre valores de severidad en el rango medio en magnitudes que varían según el tipo de síntomas (Nutter y Esker, 2006). El uso de incrementos lineares ha aumentado en los últimos años, pero el paradigma de la escala HB, que reivindica la ley de agudeza visual de Weber-Fechner, persiste en algunos estudios SAD desarrollados recientemente (Camara et al., 2018; Fantin et al., 2018; Costa et al., 2019). Según los patrones de los síntomas, la sobreestimación es más común en el extremo inferior (<10% de gravedad). Para minimizar esos errores, se ha sugerido que las escalas lineares o DS deben modificarse con unos pocos valores de severidad en el extremo inferior (Bock, Chiang y Ponte 2016).

Actualmente ya existen estudios que no han mostrado efecto superior en diagramas con escalas basadas en la ley de Weber-Fechner y otros diagramas con escalas de incrementos lineares (Duarte 2013; Del Ponte et al. 2017; Schwanck y Del Ponte 2014), adicionalmente la mayoría de literatura en inglés que se está generando sobre diagramas de severidad (o standard área diagram (SAD) en inglés) están considerando escalas de incrementos lineares para su elaboración.

#### ***1.2.4 Parámetros evaluados para la validación de diagramas***

Una revisión reciente de la investigación de DS realizada durante los últimos 25 años destacó las tendencias metodológicas tanto en el desarrollo como en la validación de Tecnología de Diagramas de severidad (Del Ponte et al. 2017). Estos incluyeron el desarrollo de conjuntos de diagramas con un mayor número de diagramas en (aproximadamente) incrementos lineales (como opuesto a los incrementos logarítmicos), dibujos digitales o fotos en color verdadero y novedosos métodos estadísticos para evaluar la exactitud, precisión y confiabilidad de las estimaciones (Del Ponte et al. 2017).

##### ***1.2.4.1 LCCC – Coeficiente de correlación de Concordancia de Lin***

Lin (1989) desarrolló un coeficiente que mide la concordancia de la correlación entre la exactitud y la precisión (LCCC o Rho ( $\rho$ )). Este coeficiente es obtenido por el producto del coeficiente de 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).

#### 1.2.4.2 *Coefficiente de correlación de Pearson (r)*

Es común el uso del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) como una medida de la precisión pues el mismo evalúa el grado de variabilidad, siendo que cuanto mayor es la variabilidad de un conjunto de datos, menor es la precisión. Para variables continuas, el intervalo de  $r$  varía de -1 a 1: si  $r$  es igual a 1 indica una relación perfecta entre las variables, o sea, el incremento de un grado en una variable aumenta un grado en la otra variable; si  $r$  es igual a 0 indica que no existe relación entre el par de variables y si  $r$  es igual a -1 existe una relación perfecta negativa, o sea, el aumento de un grado en una variable disminuye un grado en otra variable (Madden et al., 2007).

#### 1.2.4.3 *Coefficiente de bias (Cb)*

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  $C_b$  es menor que 1 existe diferencia entre las dos líneas, cuando no existe diferencia los modelos son iguales. El  $C_b$  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 variancia de los valores reales (Madden et al., 2007).

### **1.3 Cultivo de Quinua**

#### **1.3.1 Generalidades**

La quinua es un grano alimenticio originario de los andes peruanos y de la región andina de América del Sur zona importante como centro de domesticación de plantas alimenticias, debido a la existencia de microclimas y diferencias altitudinales que dan origen a una diversidad de zonas

agroecológicas (IICA 2015). Los incas reconocieron el alto valor nutricional de la quinua y la aprovecharon de modo integral, reemplazando a las proteínas animales y actualmente, en muchas áreas la quinua sigue siendo una de las principales fuentes proteicas (Repo-Carrasco-Valencia, Espinoza y Jacobsen 2001). La distribución del cultivo, se inicia con las culturas preincas y su expansión se consolida con el imperio incaico, extendiéndose desde Pasto-Colombia hasta el río Maule en Chile y Catamarca en Argentina, aunque su uso como verdura, estuvo extendido en toda la zona andina muy anteriormente; en Colombia, es cultivada, usada y difundida por los Chibchas, denominándola Suba o Pasca y extendiendo su cultivo a toda la sabana Bogotense; en el Ecuador, su cultivo es generalizado en toda la sierra ecuatoriana, principalmente en los departamentos y provincias de Carchi, Imbabura (Pablo del Lago, Otavalo). Pichincha, Cotopaxi (Saquisilí), Tungurahua, Chimborazo (Calpi), Guamote (Laguna de Colta) y el Cañar (Mujica, Izquierdo y Marathe 2001).

En Ecuador, la quinua se la produce en las 10 provincias de la Sierra, con un área potencial de 100.000 ha (Bazile 2014). En la actualidad, la principal provincia productora del Ecuador es Chimborazo, dentro de la cual se destaca el cantón Colta con 1466 Unidades de producción agropecuarias (Upas) con una superficie de 346 ha y una producción de 134 ton totales (Alvarado y Martínez 2015).

### ***1.3.2 Taxonomía***

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Sub clase: Angiospermas

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiáceas

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa* Will (Mujica, Izquierdo y Marathe 2001).

### **1.3.3 Características botánicas**

La raíz de quinua es del tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas (Gómez y Aguiar 2016). Por otro lado, el tallo en la unión con el cuello de raíz es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados (Gómez y Aguiar 2016). Además, Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos (Rojas et al. 2011). La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios (Rojas et al. 2011). Las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación, se ubican en grupos formando glomérulos, son sésiles, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles (Rojas et al. 2011). Finalmente, el fruto de la quinua es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos (Gómez y Aguiar 2016).

### **1.3.4 Enfermedades de la quinua**

Como todos los cultivos de importancia, la quinua se ve afectada por un grupo de enfermedades de las cuales, gran parte son causadas por organismos fungosos, en menor número por bacterias, nemátodos y virus (Saravia, Plata y Gandarillas 2014). La enfermedad más importante y conocida a nivel global en todos los países productores de quinua es el Mildiu (*Peronospora variabilis*) (Choi et al. 2010). aunque existen otras enfermedades de menor importancia como la marchitez a la emergencia (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. y *Pythium* sp.), el moho verde (*Cladosporium* sp.), la podredumbre marrón del tallo (*Phoma* sp.), la mancha ojival (*Phoma* sp.), la mancha foliar (*Ascochyta* sp.), la mancha bacteriana (*Pseudomonas* sp.), el ojo de gallo (*Cercospora* p.), nemátodos (*Globodera* spp., *Nacobbus* spp.) y virosis (*Potato Virus S* - PVS, *Ullucus Virus C* - UVC, *Arrachacha virus A* - AVA y *Cucumber Mosaic Virus* - CMV) (Saravia, Plata y Gandarillas 2014).

#### 1.3.4.1 *El Mildiu de la quinua*

La enfermedad más severa en quinua a nivel mundial es el Mildiú, cuyo agente causal es *Peronospora variabilis* (anteriormente denominado *Peronospora farinosa f.sp. chenopodii* del cual se sabe que puede causar una reducción del rendimiento de 30-60%, incluso en los cultivares o variedades más resistentes. Bajo condiciones favorables para el oomycete, pueden llegar a ocasionar pérdidas tan devastadoras como el 100% de las cosechas (Matus et al. 2015). Esta enfermedad esta diseminada a lo largo del Ecuador especialmente en zonas ubicadas desde los 2600 hasta los 2800 msnm. con temperaturas promedio de 16 a 17 °C (Ochoa, Frinking y Jacobs 1999).

#### 1.3.4.2 *Taxonomía*

Reino: Eukaryota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Peronosporaceae

Género: *Peronospora*

Especie: *Peronospora variabilis* Gäum (NCBI 2021).

#### 1.3.4.3 *Ciclo de vida*

El mildiu de la quinua se ve influenciada por temperaturas de alrededor de 23 °C y una humedad relativa alta por encima de 90%. El tubo germinativo encuentra generalmente en forma abundante en el tejido de la hoja en proceso de necrobiosis (Danielsen y Ames 2000). La infección se da a los cinco días después de la penetración, en donde el patógeno se está alimentando de las células y coloniza los espacios intercelulares del mesófilo, es en donde se observa los primeros síntomas (decoloración del tejido), provocando infecciones locales a nivel de las hojas (Saravia, Plata y Gandarillas 2014). El patógeno se va desarrollando vegetativamente dentro del hospedante, luego se inicia la reproducción con la producción de esporangióforos en la superficie inferior de las hojas a través de los estomas y cuando alcanzan su desarrollo máximo se forman los esporangios (inóculo secundario), son estructuras capaces de generar infecciones secundarias y provocar varias generaciones del patógeno (enfermedad poli cíclica) durante el desarrollo del cultivo (Danielsen y Ames 2000).

Finalmente se forman anteridios y oogonios entre los cuales se realiza la fecundación y como resultado se forman las oosporas, que tienen la capacidad de mantenerse vivas por mucho tiempo

dentro del tejido de la cubierta de la semilla, en la hojarasca que queda después de la cosecha o simplemente libres en el suelo después que se haya descompuesto el tejido foliar (Danielsen y Ames 2000). Las oosporas sirven como fuente primaria de inóculo en la siguiente campaña agrícola. En presencia de un hospedante susceptible y suficiente humedad, las oosporas que han permanecido inactivas en estado latente, germinan e inician un nuevo ciclo de vida. Hay que tener presente que durante una campaña agrícola se pueden producir varios ciclos asexuales del patógeno pero sólo un ciclo sexual (Danielsen y Ames 2000).

#### 1.3.4.4 *Epidemiología*

El mildiu de la quinua se ve influenciada por temperaturas frescas (máximo alrededor de 23 °C) y humedad relativa alta (por encima 90%), factores determinantes para el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad en el campo y dentro de una región (Kumar et al. 2006). La presencia de rocío al amanecer y la persistencia de éste hasta altas horas de la mañana permite que las esporas de *Peronospora* germinen y penetren el tejido de la hoja para continuar con los procesos epidemiológicos comunes (Danielsen y Ames 2000). En años con poca precipitación, la enfermedad no se presenta o no causa mayor daño, debido a que las esporas se deshidratan y la esporulación desaparece (Saravia, Plata y Gandarillas 2014). El patógeno se puede diseminar principalmente por el viento y lluvia, lavado o salpicadura; como la enfermedad puede ser transmitida por semilla, entonces el patógeno puede diseminarse a grandes distancias (Danielsen et al. 2004). La enfermedad puede iniciarse desde que la planta está pequeña, por la presencia del inóculo primario (oosporas) que está presente en el suelo o en la semilla infectada, dando inicio a una infección primaria que sirve en el campo como foco de infección, y la enfermedad se generaliza durante el periodo de cultivo por medio de la producción de inóculo secundario (esporangios) que se desplazan por acción del viento y caen en plantas sanas o en hojas sanas de la misma planta provocando una infección secundaria. Asimismo, una importante fuente de inóculo en la Región Andina son las quinuas silvestres que en mayor o menor grado son susceptibles a la enfermedad (Saravia, Plata y Gandarillas 2014).

#### 1.3.4.5 *Síntomas de la enfermedad*

El mildiu afecta principalmente al follaje de la planta ,aunque también se pueden encontrar síntomas en ramas, tallos, inflorescencias y granos, los síntomas iniciales aparecen en las hojas como manchas irregulares pequeñas cuya coloración puede ser clorótica, rosada, rojiza, anaranjada o parda (Saravia, Plata y Gandarillas 2014). Y luego como necrosis, otro efecto conocido del mildiu es la defoliación que causa en la planta. Entre más temprana es la infección, mayor es el grado de defoliación (Danielsen y Ames 2000).

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLOGICO

La elaboración y validación de diagramas de severidad se realizaron en diferentes etapas: el muestreo de hojas enfermas con síntomas de mildiu de quinua se realizó en los cantones Penipe y Colta, el último principal productor de dicho cultivo, a nivel provincial y nacional.

La elaboración de diagramas se realizó con ayuda de dos programas informáticos el primero Assess 2.0. Con el cual se cuantifico el porcentaje de daño o severidad real y el segundo Adobe Illustrator CS5 con el cual se diseñó los diferentes diagramas que fueron analizados. Finalmente, la validación de los diagramas elaborados fue realizada utilizando dos grupos de evaluadores (productores y técnicos).

#### 2.1 Materiales y equipos

##### 2.1.1 *Material biológico*

- Hojas de quinua del Cultivar Chimborazo con síntomas de mildiu.

##### 2.1.2 *Materiales y equipos de campo*

- Cámara fotográfica
- Cooler
- Fundas plásticas
- Fundas de papel
- Etiquetas
- Refrigerante
- Marcadores
- Lupa

##### 2.1.3 *Materiales y equipos de escritorio*

- Proyector
- Computadora
- Hojas de papel

- Cartulina
- Esteros

## **2.2 Metodología**

### ***2.2.1 Observación de los síntomas característicos y establecimiento de los niveles mínimos y máximos de severidad del Mildiu de la quinua***

#### *2.2.1.1 Colecta de muestras*

En el mes de marzo del 2020 se realizó la colecta de muestras para lo cual se seleccionaron tres campos de quinua, dos en el cantón Colta parroquia Cajabamba y uno en el cantón Penipe, parroquia Matus, fueron escogidos cultivos de quinua, que se encontraron en desarrollo vegetativo (aproximadamente 2 meses de edad) del cultivar. Chimborazo. Posteriormente, se recolectaron las hojas de quinua con los síntomas característicos de Mildiu (*Peronospora variabilis*) (manchas irregulares cloróticas en el haz de la hoja y vellosidades grises en el envés) usando un muestreo aleatorio, discriminando los bordes, recolectando un total de 314 hojas de todos los campos con diferentes niveles de severidad del tercio medio de la planta. Finalmente, el material vegetal recolectado se guardó en fundas de papel previamente etiquetadas y fueron guardadas en un cooler con refrigerante hasta su procesamiento.

#### *2.2.1.2 Procesamiento de muestras*

Las hojas colectadas fueron digitalizadas individualmente usando un escáner EPSON STYLUS TX100, con una resolución de 300 dpi (puntos por pulgada) y usando un fondo azul. Las fotos escaneadas luego fueron guardadas en formato png (portable network graphics) y cada hoja fueron analizadas la proporción de área lesionada (severidad) usando el Software Assess 2.0.

El procedimiento detallado de cuantificación de la severidad usando el Software Assess 2.0 se encuentra detallado el Anexo 2.

#### *2.2.1.3 Establecimiento de los niveles máximos y mínimos de severidad*

A partir de las hojas analizadas y con las severidades cuantificadas mediante el Software Assess 2.0, se establecieron los niveles mínimos y máximos de daño ocasionado por Mildiu en cada campo.

### 2.2.2 *Elaboración de los DS*

Para la elaboración de los diagramas se consideraron la mayoría de criterios considerados por Del Ponte. et. al (2017). Partiendo de la severidad mínima y máxima encontrada en las hojas se establecieron ocho niveles de severidad intermedios de Mildiú para componer los DS, con dos tipos de incrementos uno logarítmico (Horsfall & Barrat -H-B) o siguiendo la ley de Weber-Fechner y el otro lineal, para poder elaborar dos tipos de diagramas. Usando el software Adobe Illustrator CS5 se dibujó una hoja standard de área conocida la misma que fue utilizada para representar diez niveles de severidad de los DS, de manera de reproducir los síntomas observados en las hojas, y comprobando el porcentaje de daño en el Software Assess 2.0. Finalmente, con la información anterior se elaboraron los DS para la cuantificación de la intensidad de daño.

#### 2.2.2.1 *Elaboración de diagrama con incrementos de severidad lineales*

Para la elaboración de los diagramas con incrementos lineales, se tomó en cuenta la máxima severidad encontrada en las 314 hojas, se estableció diez clases, cada intervalo disponen de un incremento del 5% respecto al intervalo anterior hasta el 50% donde hubo mayor frecuencia de severidad, para el último intervalo se cubrió hasta el 90% donde la frecuencia de severidad fue mínimo. Se elaboró los diagramas para cada marca de clase o punto medio, utilizando Adobe Illustrator CS5 y se corroboró cada diagrama elaborado en el programa Assess 2.0.

**Tabla 1-2:** Número de clases con incremento lineales

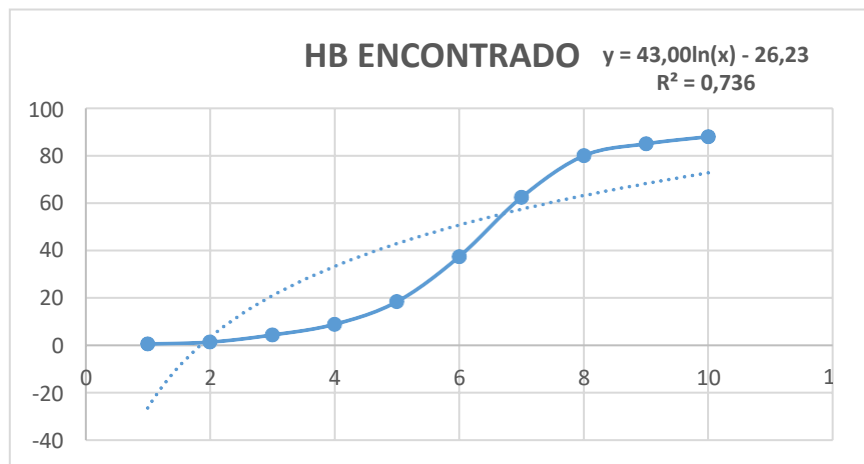
<b>Clase</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Punto medio</b>	<b>Máximo</b>
1	0	2,5	5
2	5,1	7,6	10
3	10,1	12,6	15
4	15,1	17,6	20
5	20,1	22,6	25
6	25,1	27,6	30
7	30,1	32,6	35
8	35,1	37,6	40
9	40,1	42,6	45
10	45,1	67,6	90

Realizado por: MARINO, Virginia, 2021



### 2.2.2.2 Elaboración de diagrama con incrementos de severidad logarítmicos o H-B

Para determinar el número de clases requerido por el sistema Horsfall y Barratt se tomó en cuenta la máxima severidad encontrada en las 314 hojas, estableciendo las clases y los límites superior, medio e inferior de las mismas. Se estableció diez clases, con incrementos logarítmicos, según el grado de severidad. Previamente, se ajustó mediante regresión los valores de la escala de HB original (Tabla 1), dando como resultado la siguiente ecuación:  $Y = 43,00\ln(x) - 26,23$   $R^2 = 0,736$ . Posteriormente con los valores obtenidos en campo se ajustó mediante regresión los valores.



**Gráfico 1-2.** Fórmula encontrada mediante regresión lineal

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

**Tabla 2-2:** Número de clases con incrementos logarítmicos

Clase	Mínimo	Punto medio	Máximo
1	0	0,7	1,4
2	0	1,5	3
3	3	4,5	6
4	6	9,0	12
5	12	18,5	25
6	25	37,5	50
7	50	62,5	75
8	75	80,0	85
9	85	85,0	85
10	85	88,0	87

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

Se elaboró el diagrama en el programa Adobe Illustrator CS5, primero se escogió una hoja estándar de quinua para dibujarla, luego se representó cada marca de clase según el grado de severidad. A continuación, se representó la marca de clase de cada intervalo. Con la ayuda del programa Assess 2.0 se corroboró el porcentaje de daño dibujado en el programa mencionado anteriormente.

### **2.2.3 Validación del Diagrama**

La validación de los DS fue realizada por un conjunto de 12 evaluadores (6 técnicos y 6 productores). El detalle de los evaluadores se encuentra en el Anexo 3. Para el caso de los productores en la primera etapa, fueron presentadas 50 imágenes de las hojas con diferentes niveles de severidad en diapositivas de Microsoft Power Point para su visualización, y posterior evaluación por parte del grupos de evaluadores, en esta etapa no se utilizaron los DS propuestos (lineales y con incrementos logarítmicos-HB) para determinar la severidad del mildiu de la quinua. En la segunda etapa de la validación de la escala a los 7 y 14 días después de la primera evaluación, los evaluadores usaron los DS propuestos y estimarán la severidad del mildiu del mismo conjunto de imágenes de hojas de quinua. Para evaluar cada hoja, el evaluador comparó la imagen de la hoja con los DS y luego hizo una estimativa del porcentaje de área enferma.

Por otra parte, para el caso de los evaluadores técnicos la evaluación se realizó de manera telemática en donde en primera instancia se relazó una reunión en la plataforma zoom (Anexo 4). Donde se les explico la finalidad y el proceso de cómo se llevaría a cabo la validación. Después explicado eso, se procedió a enviar las matrices (Anexo 5) las mismas que contenían 50 imágenes con distintos niveles de severidad, donde los evaluadores colocaron al frente el valor de la severidad según su criterio.

A partir de los datos de cada evaluador (profesionales y técnicos), fue determinado la exactitud y precisión usando el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (LCCC), Coeficiente de bias (C.b.), Scale shift (s.shift), Location shift (l.shift) , regresión lineal simple entre la severidad real (variable cuantificada en el programa Assess 2.0) y la severidad estimada (variable estimada con y sin uso de DS) realizando los análisis separadamente con los datos sin y con uso de DS. Además, la precisión fue evaluada por medio del coeficiente de correlación ( $r$ ), y por la varianza de los errores (severidad estimada menos severidad real).

#### **2.2.4 Registro de datos, procesamiento y análisis**

Para el registro de datos se utilizó formatos, fotografías las mismas que han sido capturadas por la cámara fotográfica Canon pc 2006. Todo el procesamiento y análisis de datos, así como los gráficos, se realizaron con R v. 4.0.2.

##### *2.2.4.1 Precisión y confiabilidad de las estimaciones de severidad.*

Los datos obtenidos fueron analizados usando estadística descriptiva y diagramas de caja y bigote. La precisión general o exactitud general (igual a la concordancia) de las estimaciones, que se refiere a cómo las estimaciones de la severidad están próximas de la severidad real (Madden et al., 2007; Bock et al. , 2016), se determinó para cada evaluador y condición (sin diagrama, con diagrama lineal y diagrama H-B) basado en el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (LCC,  $\rho_c$ ) (Lin, 1989), como se sugiere para los datos de enfermedades de las plantas (Madden et al. 2007; Bock et al. , 2010b). Además, los dos componentes de la precisión general (precisión y sesgo o bias) fueron explorados para investigar las ramificaciones de los errores.

##### *2.2.4.2 Comparación de precisión y confiabilidad entre métodos de estimación de severidad.*

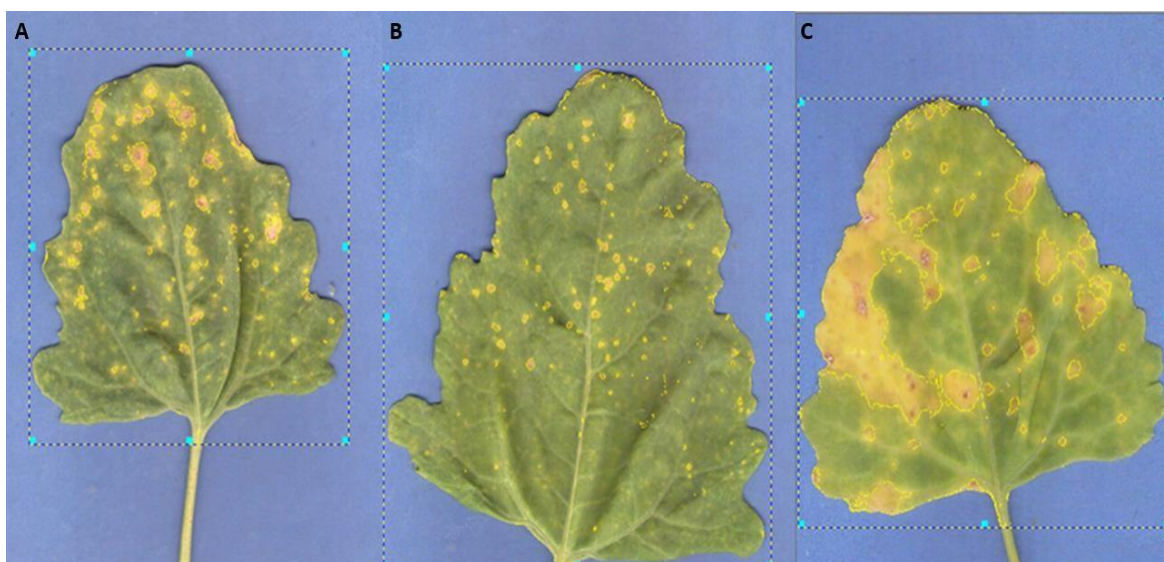
Se ajustó un modelo lineal mixto generalizado a los datos de los parámetros de la concordancia-LCC para cada evaluador. Las evaluaciones (sin diagrama, con diagrama lineal y diagrama H-B) y los evaluadores se consideraron factores fijos y efectos aleatorios en el modelo, respectivamente. Las medias de los mínimos cuadrados de cada parámetro de la concordancia LCC a través de la condición de métodos de evaluación se compararon en función de las diferencias honestamente significativas de Tukey al 5% de nivel de significancia. La confiabilidad o reproducibilidad entre evaluadores se evaluó mediante dos diferentes métodos: la correlación intraclase (ICC) (Shoukri y Pause, 1999) con decisiones antes del análisis realizado como se describe en Schwanck y Del Ponte, 2014, y la correlación de concordancia general (OCC), que es un método de LCC mejorado para múltiples evaluadores (Barnhart et al, 2002). Las ICC fueron comparado con base en los intervalos de confianza.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1 Observación de los síntomas, establecimiento de los niveles de daño y elaboración de los DS

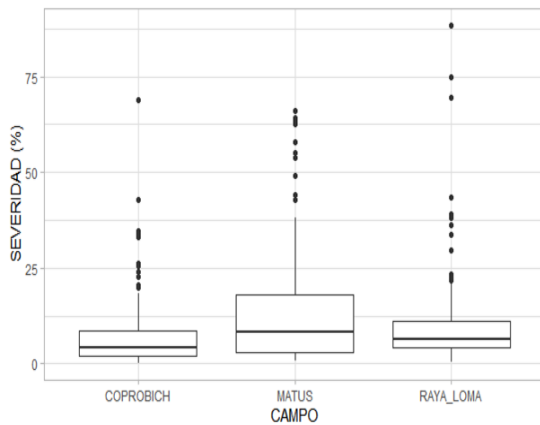
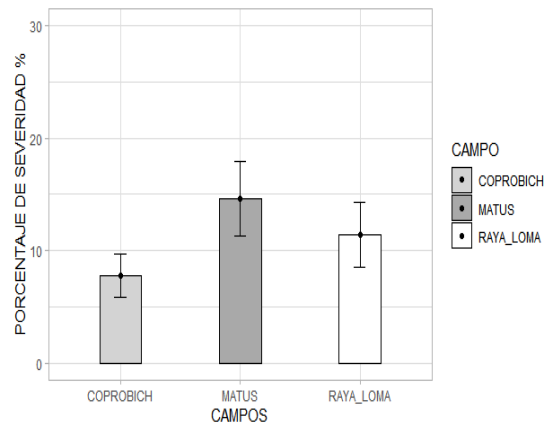
En los campos de cultivos de quinua seleccionados tanto en el cantón Colta como el cantón Penipe se observaron plantas con síntomas característicos de mildiu en las hojas con clorosis en distintos niveles de severidad y hasta necrosis en algunas hojas (Figura 1-3).



**Figura 1-3.** Hojas con síntomas de Mildiu en distintos niveles de severidad. A) con 6,19 % de severidad, B) con 2,37% de severidad, C) con 6,19% de severidad.

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

De los tres campos se colectaron 314 hojas. Del campo COBROPICH fueron colectadas 114 hojas con un promedio de severidad de 7,79 (con intervalos de confianza de 5,90-9,69) %, del campo MATUS fueron colectadas 100 hojas sintomáticas con un promedio de severidad de 14,6 (11,3-17,9) % y finalmente del campo RAYA-LOMA fueron colectadas 100 hojas sintomáticas de mildiú con un promedio de severidad de 11,4 (8,54-14,30) % (Gráfico 1-3).

**A****B**

**Gráfico 1-3.** Severidad de mildiú en quinua de los diferentes campos colectados.

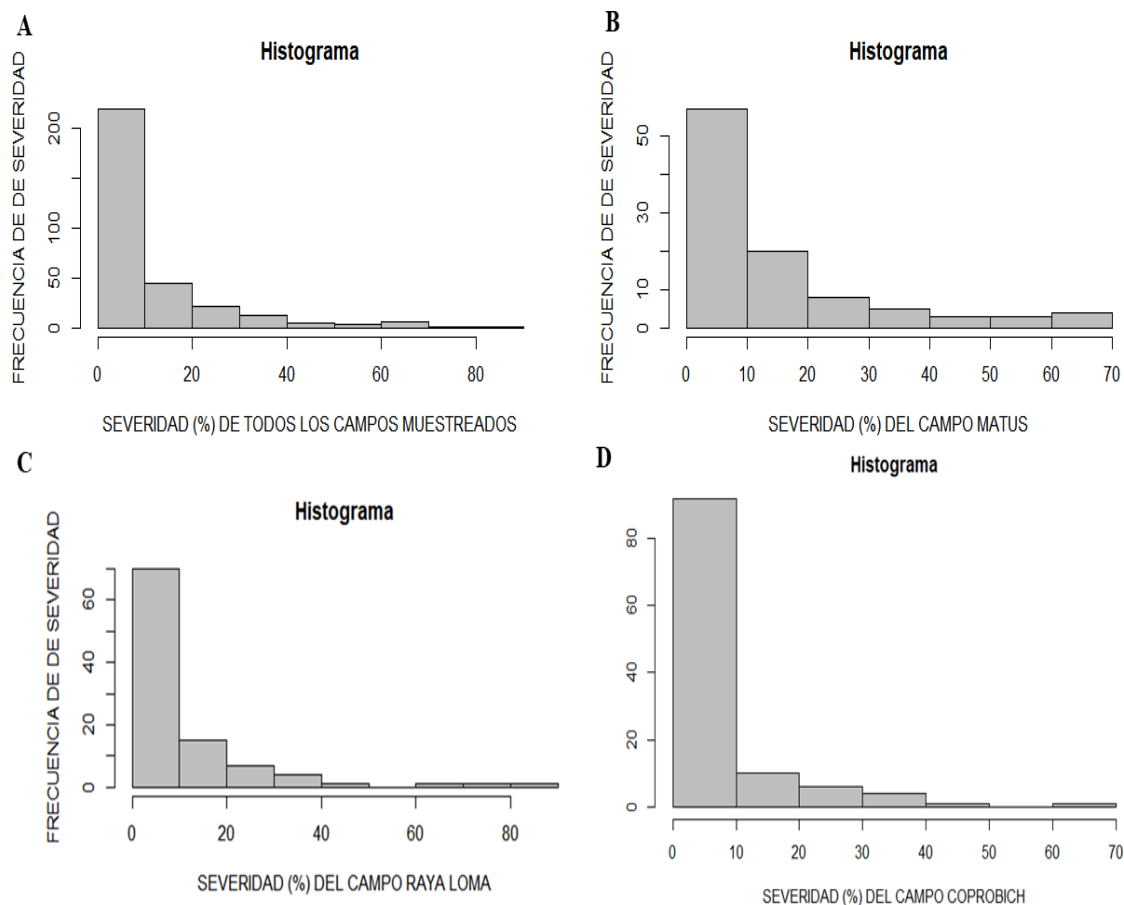
**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

Para todos los campos muestreados el 66,88% de los niveles de severidad estuvieron entre rangos de 0,17-9,08%, el 15,29 % de los niveles de severidad estuvieron entre rangos de 9,08-17,99%, el 8,28% estuvieron entre rangos de 17,99-26,91%, el 3,18% entre rangos de 26,91-35,82% de severidad, el 2,55% entre rangos de 35,82-44,73%, el 1,91% entre rangos de 44,73-53,64; 53,64-62,56% y 0,32% entre rangos de 62,56-71,47, el 0,96% entre rangos de 71,47-80,38 y 80,38-89,29 % (Gráfico 2.3 A).

En el campo MATUS, el 56% de los niveles de severidad estuvieron entre los rangos de 0,71-8,95% de severidad, el 17% entre rangos de 9,95-17,18%, el 11% entre rangos de 17,18-25,42%, el 4% entre rangos de 25,42-33,66 y 33,66-41,89 y 41,89-50,13 y 50,13-58,36% y el 2% entre rangos de 58,36-66,6 de severidad (Gráfico 2-3 B).

En el campo RAYA-LOMA, el 76% de los niveles de severidad estuvieron entre los rangos de 0,58-11,67%, el 14 % entre rangos de 11,67-22,76%, el 4% entre rangos de 22,76-33,85, el 3% entre rangos de 33,85-44,94, el 2% entre rangos de 44,94-67,12 y 67,12-78,21 y el 1% entre rangos de 78,21-89,29% de severidad (Gráfico 2-3 C).

Finalmente, en el campo COPROBICH, el 76,32% de los niveles de severidad estuvieron entre los rangos de 0,17-8,86% de severidad, el 10,53% entre rangos de 8,86-17,55, el 7,01 % entre rangos de 17,55-26,24, el 4,39% entre rangos de 26,24-34,93 y el 0,88% entre rangos de severidad de 34,93-43,62 y 43,62-61,63,69 (Gráfico 2-3. D).

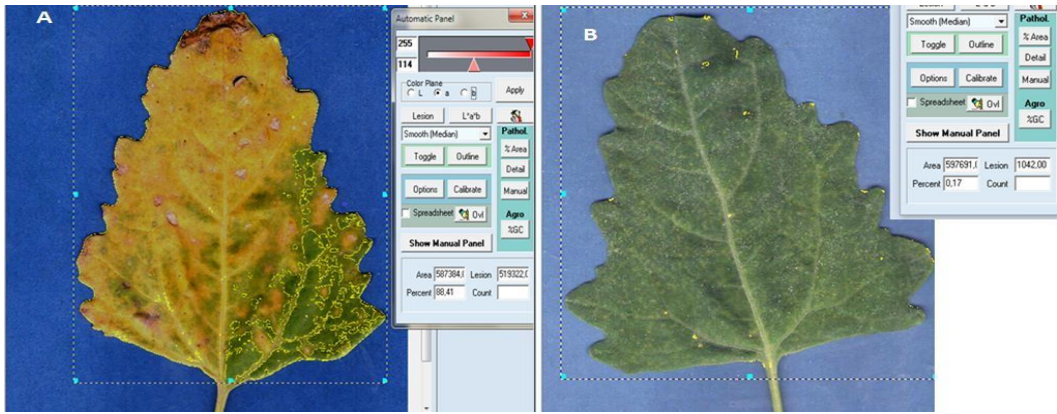


**Gráfico 2-3.** Frecuencias de los diferentes niveles de severidad del mildiu de la Quinua

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

A) Frecuencias de los niveles de severidad en los tres campos colectados. B) Frecuencia de los niveles de severidad en el campo Matus. C) Frecuencia de los niveles de severidad en el campo Raya Loma y D) Frecuencia de los niveles de severidad en el campo COPROBICH.

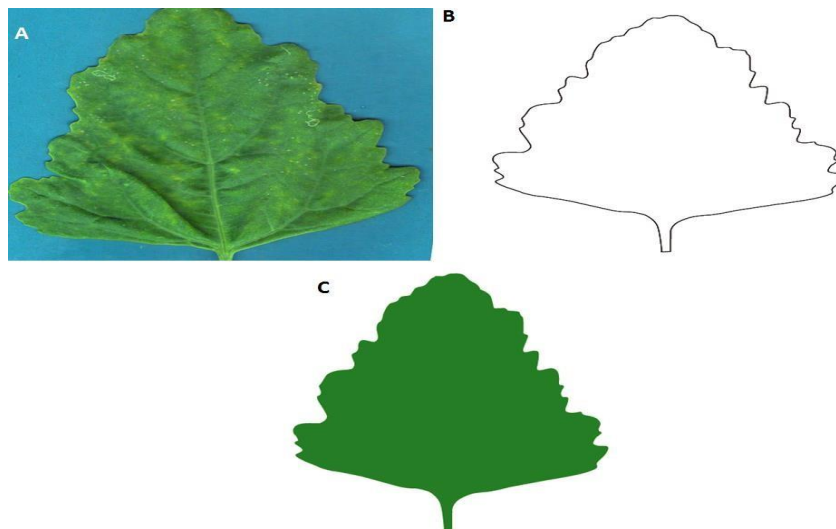
El valor mínimo de severidad encontrado en todos los campos fue de 0,17% y correspondió al CAMPO COPROBICH, mientras que el valor máximo encontrado fue de 88,41 % encontrado en el CAMPO RAYA LOMA ambos pertenecientes al cantón Colta (Figura 2-3). En el campo MATUS, RAYA-LOMA y COPROBICH los valores mínimos y máximos de severidad fueron de 0,72-65,94%, 0,59-88,41% y 0,17-69% respectivamente.



**Figura 2-3.** Porcentajes de severidad mínimos y máximos A) Nivel máximo (88,41%) de severidad encontrado B) Nivel mínimo (0,17) %

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

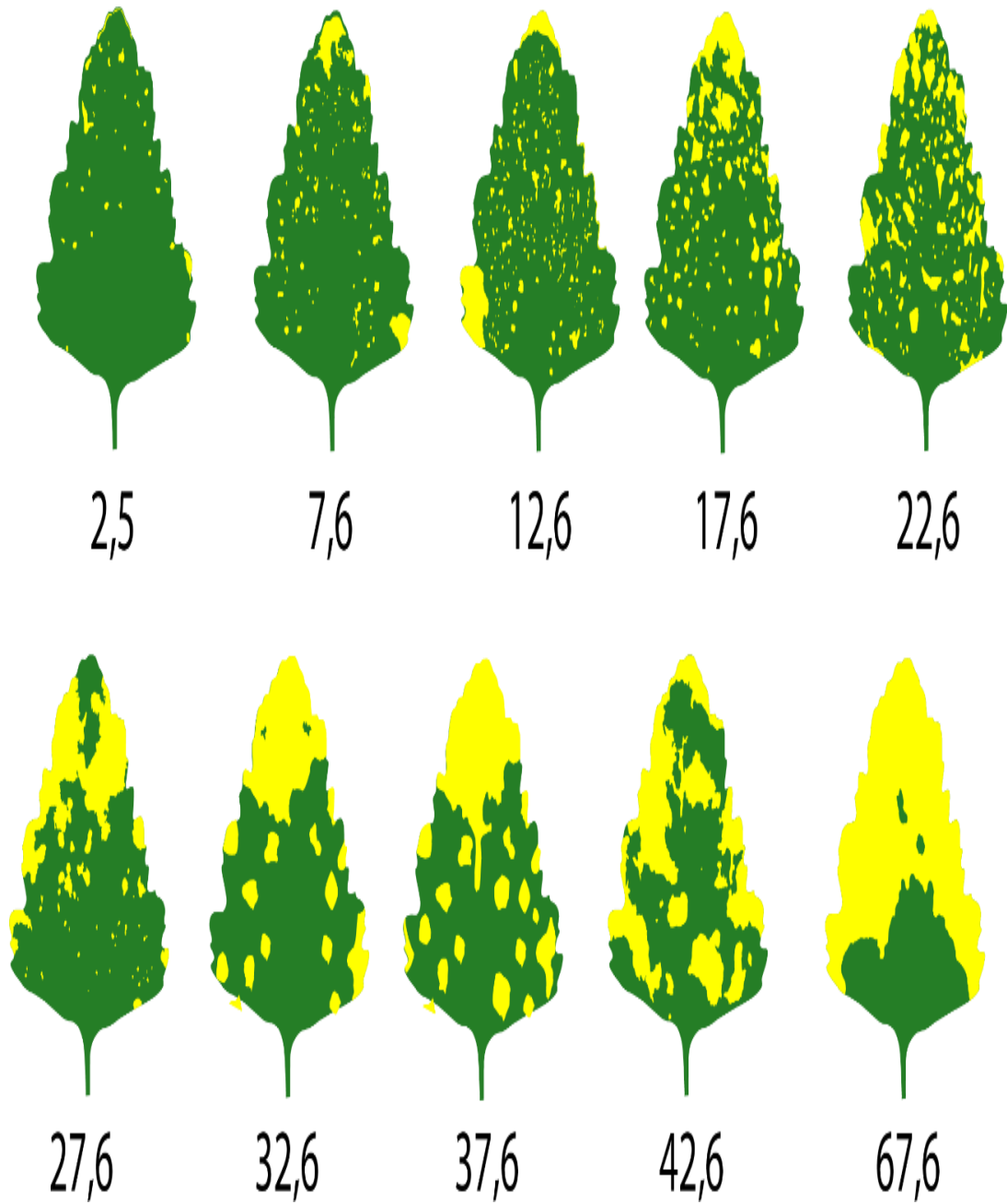
Los diagramas de severidad (DS) diseñados (lineal y HB) en este estudio fueron diseñados con 10 imágenes de hojas, cada uno con distinta severidad del mildiu de la quinua como es recomendado en las buenas prácticas del uso de DS (Del Ponte, et al., 2017), en el caso del diagrama de severidad con incrementos lineales los valores de severidad utilizados fueron 2,5; 7,6; 12,6; 17,6; 22,6; 27,6; 32,6; 37,6; 42,6; 67,6 % (Figura 4-3). Para el diagrama de severidad con incrementos logarítmicos o H-B los valores de severidad fueron 0,7; 1,5; 4,5; 9,0; 18,5; 37,5; 62,5; 80,0; 85,0; 88,0 (Figura 5-3).



**Figura 3-3.** Proceso de elaboración de gráficos A) Hoja de quinua real B) Dibujo preliminar de la hoja de quinua C) Hoja de quinua dibujada para representar los distintos niveles de severidad

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

3.1.1 *Diseño de diagrama de severidad con incrementos lineales*

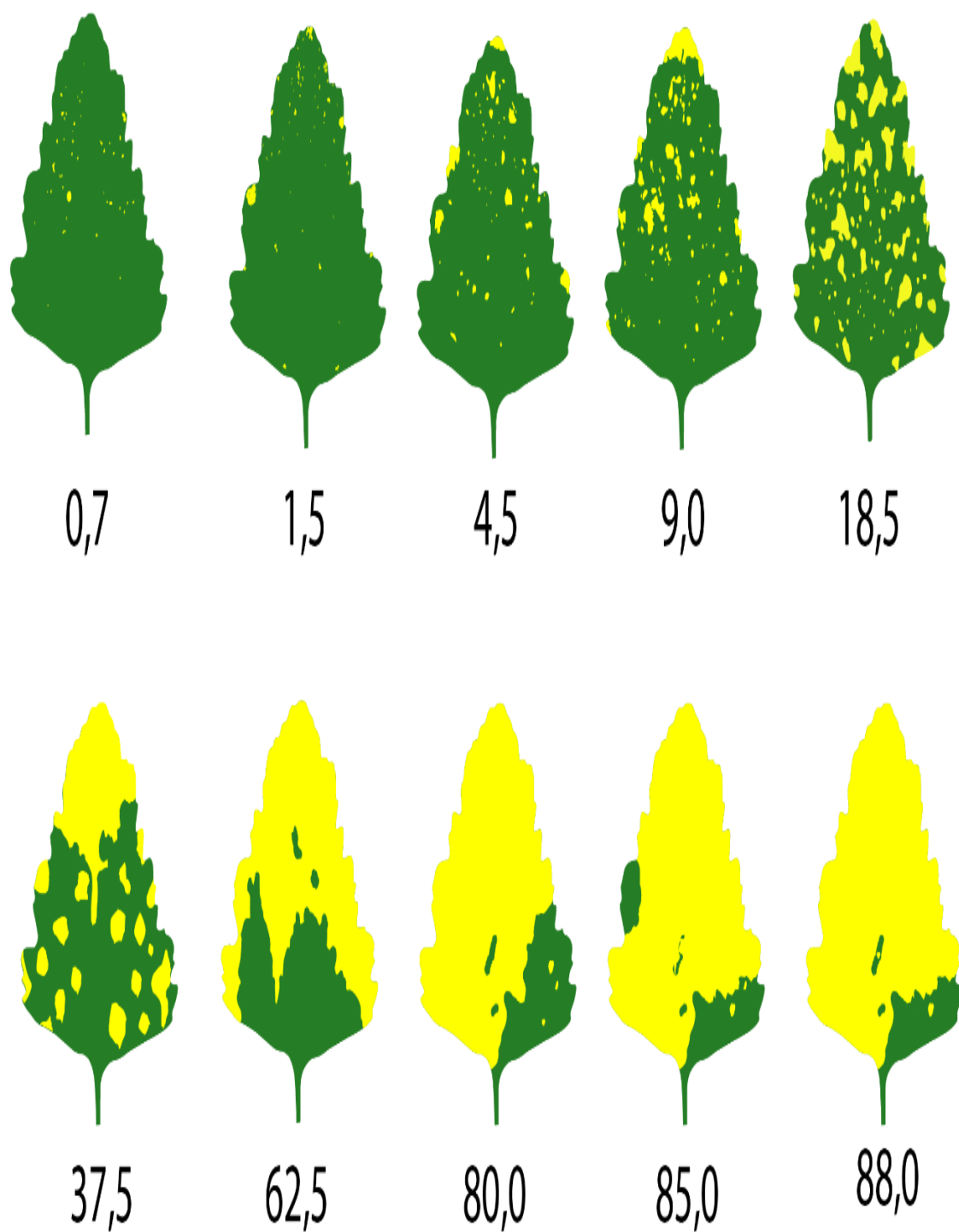


**Figura 4-3.** Diagrama con incrementos de severidad lineales

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021



3.1.2 *Diseño de diagrama de severidad con incrementos logarítmicos o H-B.*



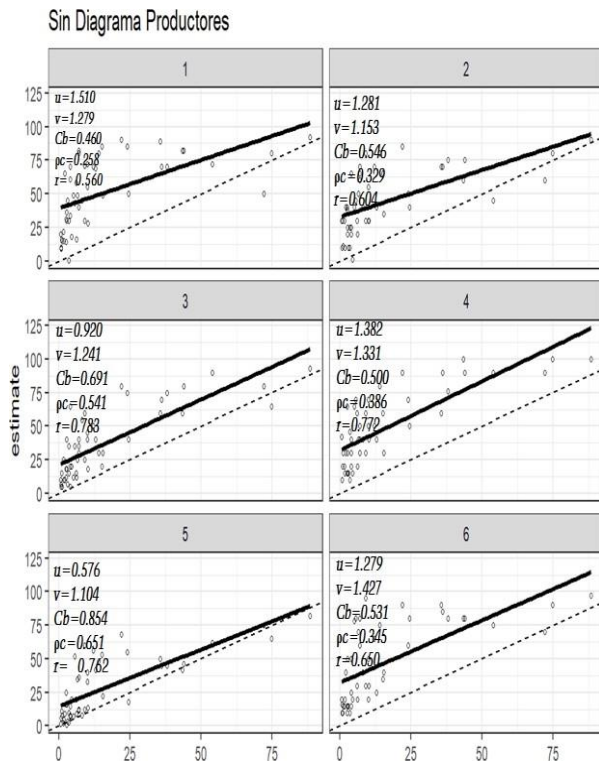
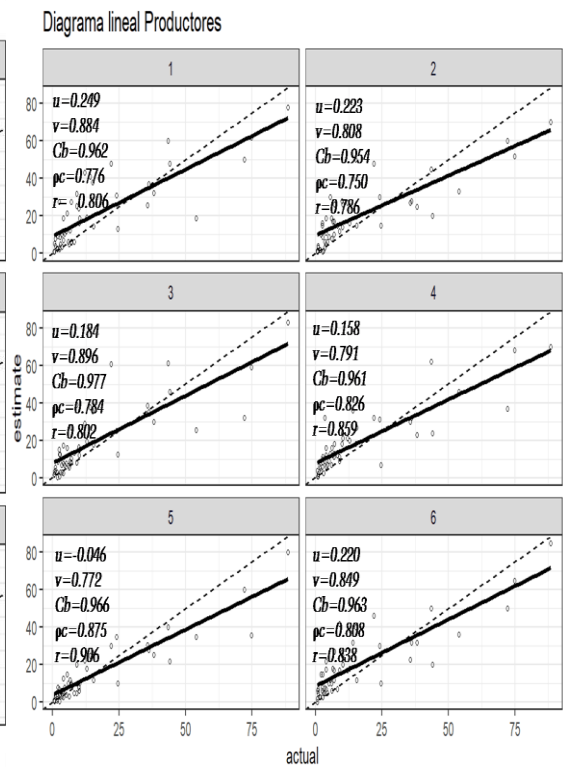
**Figura 5-3.** Diagrama con incrementos de severidad logarítmicos o H-B

Realizado por: MARINÑO, Virginia, 2021

### **3.2 Validación de los diagramas de severidad, utilizando dos grupos de evaluadores (Productores y Técnicos Agrícolas).**

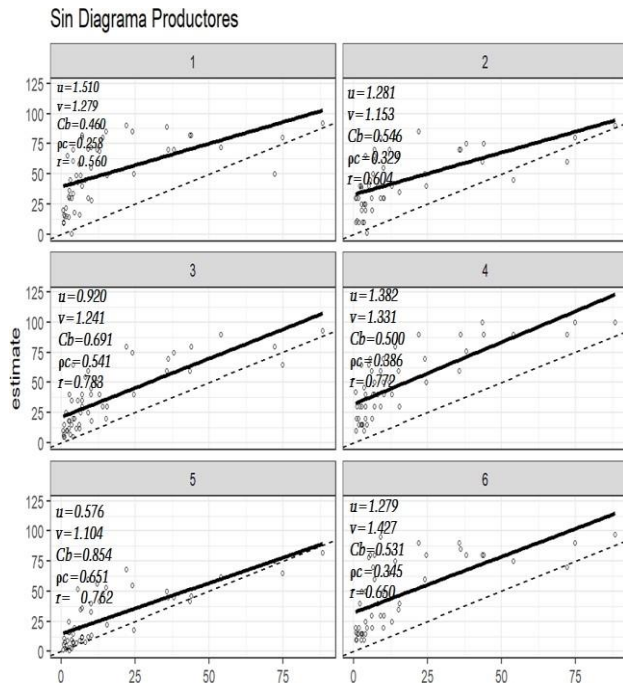
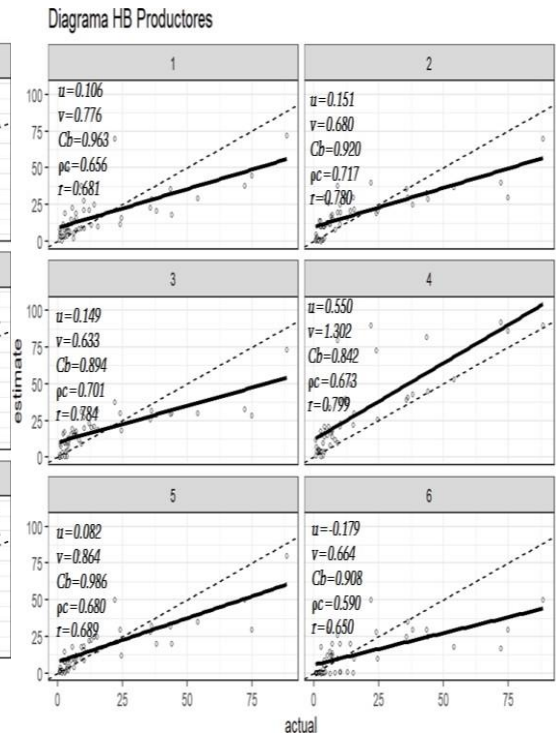
#### ***3.2.1 Validación de diagramas utilizando el grupo de productores***

Para el 100% de los evaluadores productores, la concordancia evidenciada por el coeficiente de concordancia de Lin-LCCC ( $\rho_c$ ) fue mejorada cuando los diagramas con incrementos lineares y H-B fueron usados (Grafico 3-3 B; 4-3B). Para el caso de los productores cuando no usaron los diagramas los rangos de concordancia ( $\rho_c$ ) fueron de 0,258 a 0,651 con una media de 0,418, (Grafico 3-3A) sin embargo, cuando usaron los diagramas con incrementos lineares la concordancia ( $\rho_c$ ) varió de 0,750 a 0,875 con una media de 0,803 (Grafico 3-3 B) y cuando usaron los diagramas H-B la concordancia ( $\rho_c$ ) varió de 0,590 a 0,717 con una media de 0,669 (Gráfico 4-3 B). Los coeficientes location(u) y scale shift (v) mejoraron, cuando los diagramas fueron usados por los productores, los rangos de location shift sin el uso de diagramas fueron 0,576 a 1,510 con una media de 1,158 (Grafico 3-3 A), sin embargo, cuando usaron los diagramas lineal el location shift (u) varió de -0,04 a 0,249 con una media de 0,165,(Grafico 3-3 B ) y cuando usaron los diagramas HB el location shift (u) varió de -0,179 a 0,550 (Grafico 4-3 B ). Mientas que scale shift (v) sin diagrama los rangos fueron de 1,104 a 1,427 con una media de 1,255. Para el diagrama lineal, los rangos fueron de 0,772 a 0,896 con una media de 0,833 mientas que para diagrama HB fueron de 0,633 a 1,302con una media de 0,891 (Grafico 4-3 B).

**A****B**

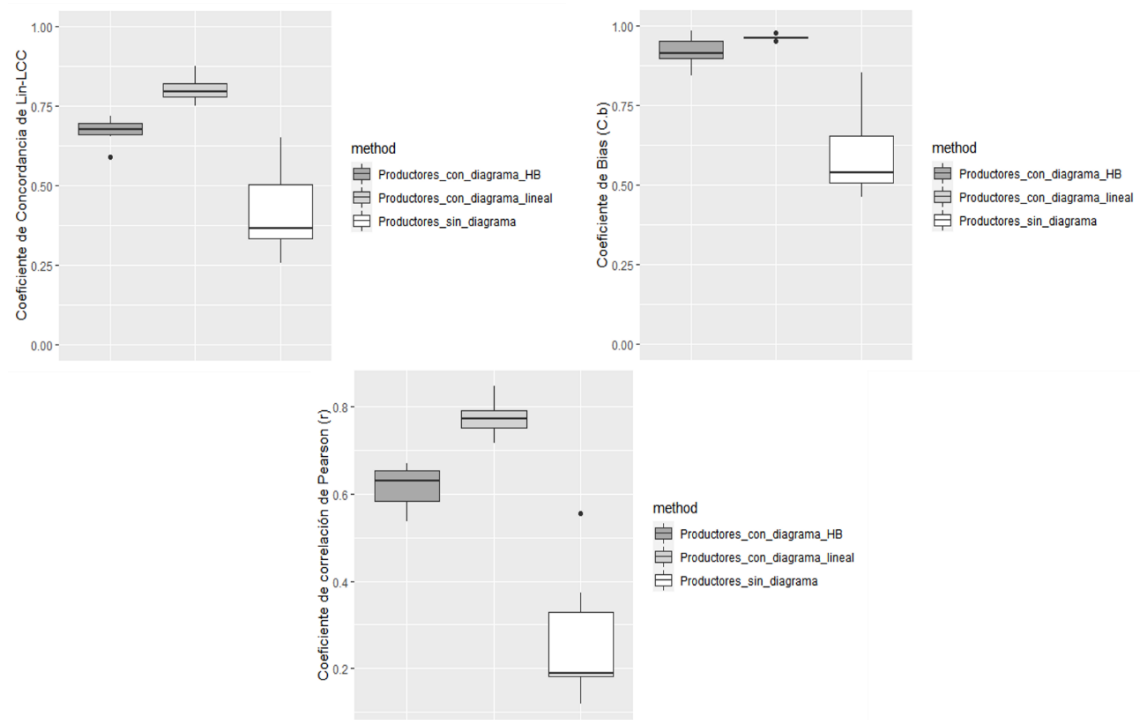
**Gráfico 3-3.** Estimaciones de la Severidad del mildiu de la Quinoa sin (A) y con el uso de diagramas (B) Lineal mostrando la relación entre los valores de severidad reales (actuales) y los valores

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

**A****B**

**Gráfico 4-3.** Estimaciones de la Severidad del mildiu de la Quinua sin (A) y con el uso de diagramas (B) H-B.

Realizado por: MARÍÑO, Virginia, 2021



**Gráfico 5-3.** Diagramas de caja y bigote de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC que representan la exactitud (tipos de bias).

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

Al usar el diagrama con incrementos lineales por parte de los productores, la exactitud y precisión de las estimaciones de la severidad se mejoraron en relación con las estimaciones de severidad con diagrama H-B y sin diagrama (Tabla 1-3). Los errores en puntos porcentuales absolutos más bajos fueron observados para este grupo (Gráfico 6-3); la mayoría de las desviaciones estaban dentro de  $\pm 10$  p.p. sobre el valor real valor. Para el grupo de evaluadores productores sin el uso de diagrama, los errores se concentraron dentro de  $\pm 25$  p.p. valor de la severidad real (Gráfico 6-3). En general, cuando no se utilizó el DS lineal o DS logarítmico, se tendió a sobreestimar la severidad, con los mayores errores absolutos, concentrado en el rango de  $\pm 12,5\%$  a  $\pm 37,5\%$  de severidad real (Gráfico 6-3). La tendencia de supe restimación también fue confirmada por la media positiva del valor del cambio de ubicación (u) que representa un sesgo constante cuando no se usaron ninguno de los diagramas (Tabla 1-3.).

**Tabla 1-3:** Análisis de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC que representan la exactitud (tipos de bias), precisión (coeficiente de correlación).

Método	N	u <sup>b</sup>	v <sup>c</sup>	Cb <sup>d</sup>	r <sup>e</sup>	pc <sup>f</sup>
DS lineal	6	0.165a	0.834a	0.964a	0.775a	0.804a
DS logarítmico	6	0.143a	0.820a	0.919a	0.616b	0.670b
Sin uso DS	6	1.158b	1.256b	0.597b	0.218c	0.419c

Realizado por: MARINO, Virginia, 2021

<sup>a</sup>Medias seguidas de la misma letra en la columna no son significativamente diferente (Tukey's HSD, con un nivel del 5%).

<sup>b</sup>Location shift(u, 0=no bias relativa a la línea de concordancia)

<sup>c</sup>Scale shift(v, 1=no bias relativo a la línea de la concordancia)

<sup>d</sup>Factor de corrección Bias (Cb) mide que tan lejos se desvía la línea mejor ajustada de 45° y es una medida de precisión.

<sup>e</sup>Coefficiente de correlación como medida de precisión (r)

<sup>f</sup>Coefficiente de correlación de concordancia de Lin (LCC), que combina ambas medidas de precisión (r) y exactitud (Cb) para medir la exactitud global (concordancia) con los valores de severidad reales

El análisis del modelo lineal mixto generalizado demostró que los valores de todos los parámetros estadísticos (r, Cb, v, u, pc) mejoraron enormemente cuando se utilizó el DS lineal por el grupo de los productores para estimar la severidad del mildiú de la quinua en comparación con no utilizarlo. Para la mayoría de los evaluadores, el cambio de escala (v) y el cambio de ubicación ( $\mu$ ) estaban más cerca de uno y cero, respectivamente, cuando se usaba el DS lineal, lo que indica que la pendiente y la altura de la línea ajustada se acercaron a la línea de concordancia con los valores reales de severidad.

Los resultados de las estadísticas de ICC y OCC mostraron una mejora general y significativa en la confiabilidad entre evaluadores para el grupo de evaluadores productores que utilizó el diagrama con incrementos lineales para la estimación de la severidad (Tabla 2-3).

**Tabla 2-3:** Medidas de confiabilidad inter-evaluador de la severidad de 6 evaluadores productores durante tres evaluaciones de la severidad del mildiú de la quinua.

<b>Método</b>	<b>Coefficiente de correlación Intra-Clase (ICC)<i>p</i> (95%IC)<sup>a</sup></b>	<b>Correlación de Concordancia General (OCC)<sup>b</sup></b>
DS lineal	0.876 (0.823-0.919)	0.864
DS logarítmico	0.696 (0.596-0.790)	0.640
Sin uso DS	0.757 (0.670-0.836)	0.685

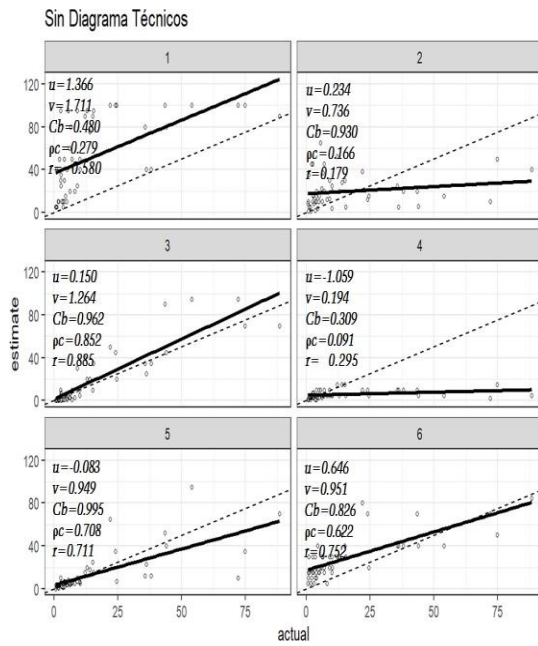
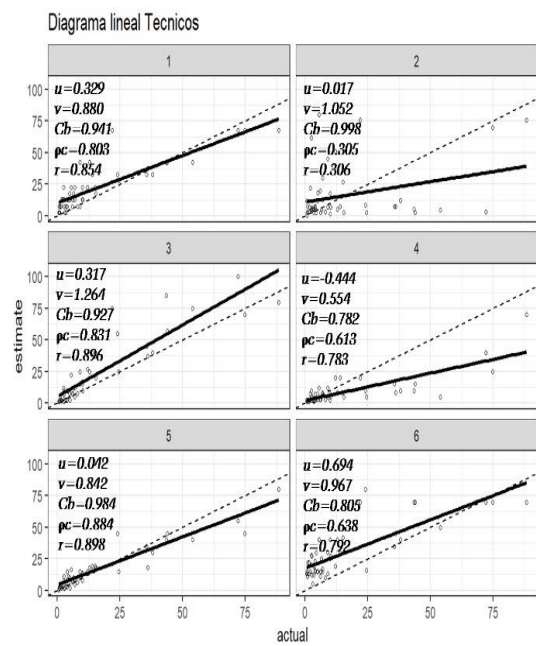
Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

<sup>a</sup>Calculado con decisiones del modelo ICC descrito por Schwanck y del Ponte, 2014.

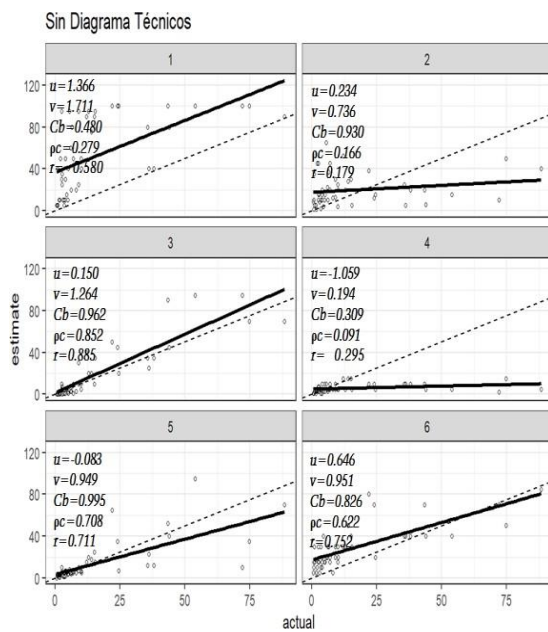
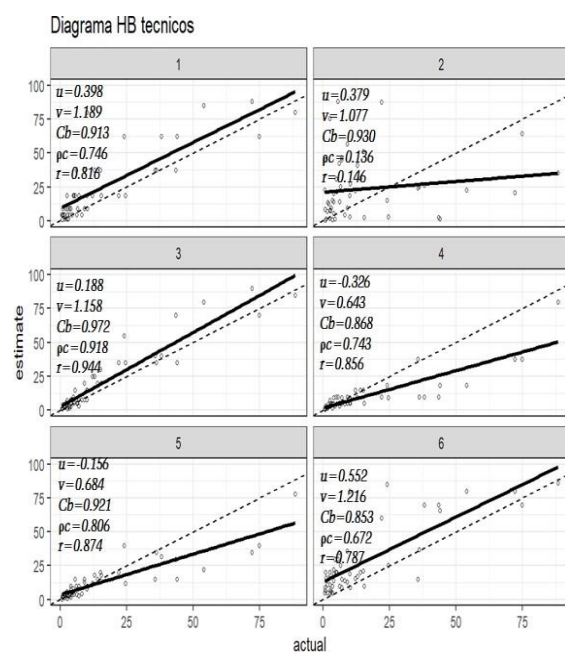
<sup>b</sup>Estadísticas de Concordancia General basadas en Lin (1989) y Barnhart et al., (2002) para evaluar la concordancia entre múltiples observadores.

### 3.2.2 Validación de diagramas utilizando el grupo de Técnicos

Para el 83 % de los evaluadores técnicos, la concordancia ( $\rho_c$ ) fue mejorada cuando los diagramas lineales y H-B fueron usados (Grafico 6-3 B; 7-3B). Este grupo de evaluadores cuando no usaron los diagramas los rangos de concordancia ( $\rho_c$ ) fueron de 0,091 a 0,852 con una media de 0,453, (Grafico 3-3 A) sin embargo, cuando usaron los diagramas lineales la concordancia ( $\rho_c$ ) varió de 0,305, a 0,884 con una media de 0,679 (Figura 6-3 B) y cuando usaron los diagramas H-B la concordancia ( $\rho_c$ ) varió de 0,136 a 0,918 con una media de 0,670 (Grafico 7-3 B). El location(u) y scale shift (v) mejoraron, cuando los diagramas fueron usados por los evaluadores, los rangos de location shift sin el uso de diagramas fueron -0,083 a 1,366 con una media de 0,209(Grafico 6-3 A), sin embargo, cuando usaron los diagramas lineales el u varió de-0,042 a 0,694 con una media de 0,159, (Figura 6-3 B) y cuando usaron los diagramas HB el location shift (u) varió de -0,156 a 0,552 (Grafico 7-3 B). Mientas que scale shift (v) sin diagrama los rangos fueron de 0,194 a1,711 con una media de 0,967. Para el diagrama lineal, los rangos fueron de 0, 554a 1,264 con una media de 0,926 mientas que para diagrama HB fueron de 0,643 a 1.216 con una media de 0,994 (Grafico 7-3 B).

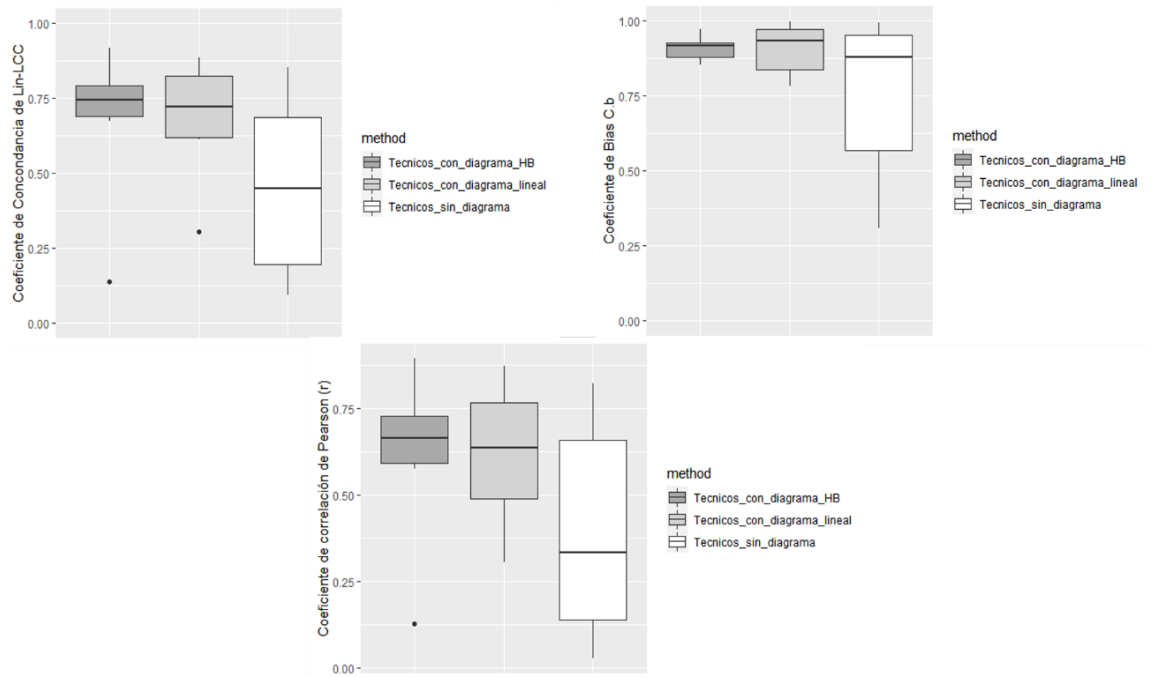
**A****B****Gráfico 6-3.** Estimaciones de la Severidad del mildiu de la Quinua, evaluado por técnicos.

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

**A****B****Gráfico 7-3.** Estimaciones de la Severidad del mildiu de la Quinua H&B evaluado por técnicos.

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021





**Gráfico 8-3.** Diagramas de caja y bigote de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC porcentuales de severidad del Mildiú de la quinua.

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

Al usar el diagrama con incrementos lineares, o logarítmicos por parte de los técnicos, la exactitud y precisión de las estimaciones de la severidad no mejoraron significativamente en relación con las estimaciones de severidad sin diagrama (Tabla 3-3).

**Tabla 3-3:** Análisis de los parámetros del coeficiente de correlación de concordancia de Lin-LCC que representan la exactitud (tipos de bias), precisión (coeficiente de correlación).

<b>Método</b>	<b>N</b>	<b>u<sup>b</sup></b>	<b>v<sup>c</sup></b>	<b>Cb<sup>d</sup></b>	<b>r<sup>e</sup></b>	<b>pc<sup>f</sup></b>
DS lineal	6	0.159a	0.927a	0.907a	0.616a	0.679a
DS logarítmico	6	0.173a	0.968a	0.910a	0.611a	0.671a
Sin uso DS	6	0.209a	0.995a	0.751a	0.393a	0.453a

Realizado por: MARÍÑO, Virginia, 2021

<sup>a</sup>Medias seguidas de la misma letra en la columna no son significativamente diferente (Tukey's HSD, con un nivel del 5%).

<sup>b</sup>Location shift(u, 0=no bias relativo a la línea de concordancia)

<sup>c</sup>Scale shift(v, 1=no bias relativo a la línea de la concordancia)

<sup>d</sup>Factor de corrección Bias (Cb) mide que tan lejos se desvía la línea mejor ajustada de 45° y es una medida de precisión.

<sup>e</sup>Coefficiente de correlación como medida de precisión (r)

<sup>f</sup>Coefficiente de correlación de concordancia de Lin (LCC), que combina ambas medidas de precisión (r) y exactitud (Cb) para medir la exactitud global (concordancia) con los valores de severidad reales

Los resultados de las estadísticas de ICC y OCC mostraron una mejora general en la confiabilidad entre evaluadores para el grupo de evaluadores técnicos que utilizó el diagrama con incrementos lineales y logarítmicos (Tabla 4-3).

**Tabla 4-3:** Medidas de confiabilidad inter-evaluador de la severidad de 6 evaluadores técnicos durante tres evaluaciones de la severidad del mildiú de la quinua.

<b>Método</b>	<b>Coefficiente de correlación Intra-Clase (ICC)<i>p</i> (95%IC)<sup>a</sup></b>	<b>Correlación de Concordancia General (OCC)<sup>b</sup></b>
DS lineal	0.647 (0.538-0.752)	0.572
DS logarítmico	0.544 (0.425-0.667)	0.490
Sin uso DS	0.454 (0.333-0.589)	0.299

Realizado por: MARIÑO, Virginia, 2021

<sup>a</sup> Calculado con decisiones del modelo ICC descrito por Schwanck y del Ponte, 2014.

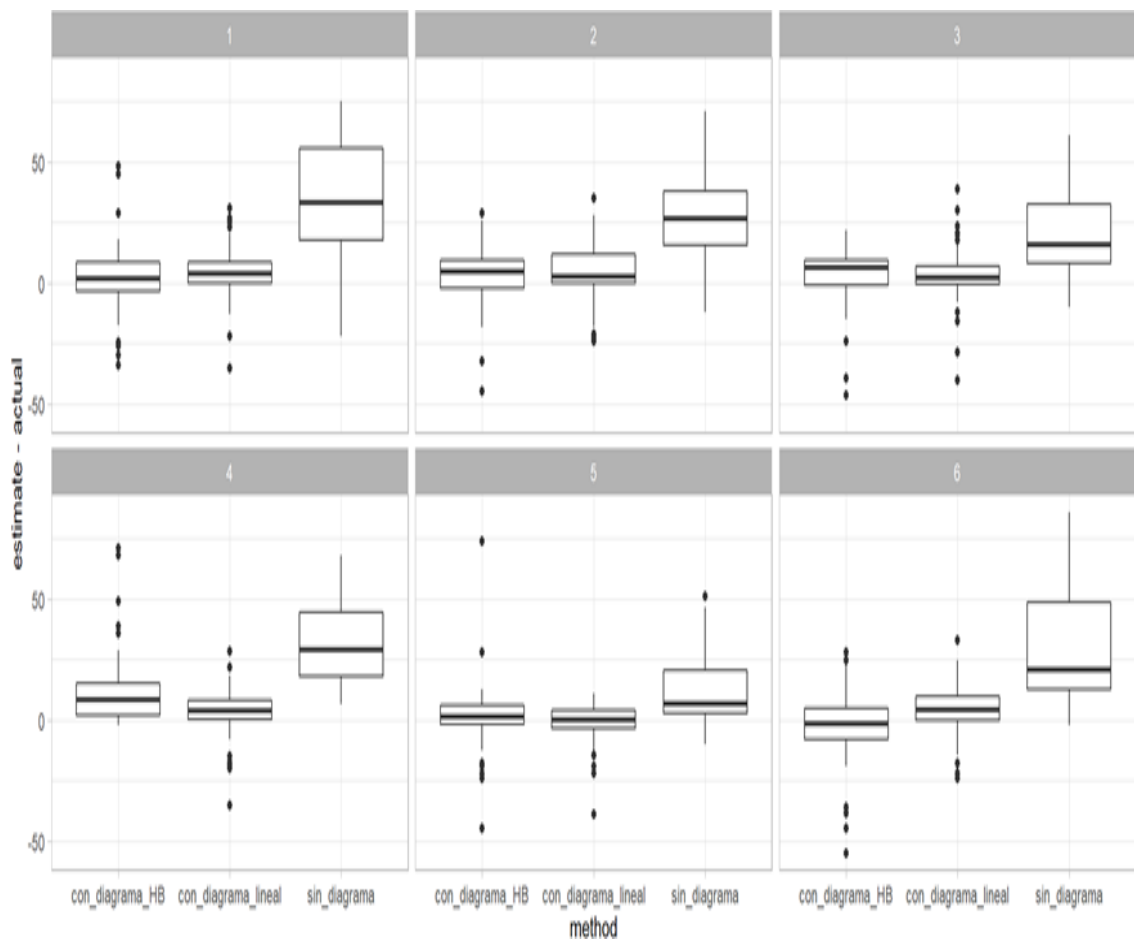
<sup>b</sup> Estadísticas de Concordancia General basadas en Lin (1989) y Barnhart et al., (2002) para evaluar la concordancia entre múltiples observadores.

Estos dos diagramas (lineal y logarítmicos) desarrollados en este estudio son las primeras herramientas para evaluación de la severidad que consideran buenas prácticas en la elaboración y validación de diagramas (Del Ponte et al., 2017) y que han analizado la mejora de la exactitud, precisión y confiabilidad de las evaluaciones realizadas con y sin el uso de los diagramas. En el presente estudio, los evaluadores que no usaron los diagramas (lineal o H-B) tendieron a sobrestimar la severidad de la enfermedad; un fenómeno similar se observó en estudios anteriores (Parker et al., 1995; Capucho et al., 2010; Lenz et al., 2010).

Por otro lado el bajo rendimiento, especialmente con el grupo de productores del diagrama H-B en comparación con el diagrama de incrementos lineales puede deberse a que este diagrama se desarrolló en base a la suposición (refutada) de que los incrementos entre severidades deben ser basado en la (inexistente) ley de Weber-Fechner usada durante muchos años en fitopatometría (Nutter y Esker, 2006; Bock et al., 2010).

### ***3.2.3 Reducción de los errores usando los diagramas lineales y logarítmicos con los dos grupos de evaluadores***

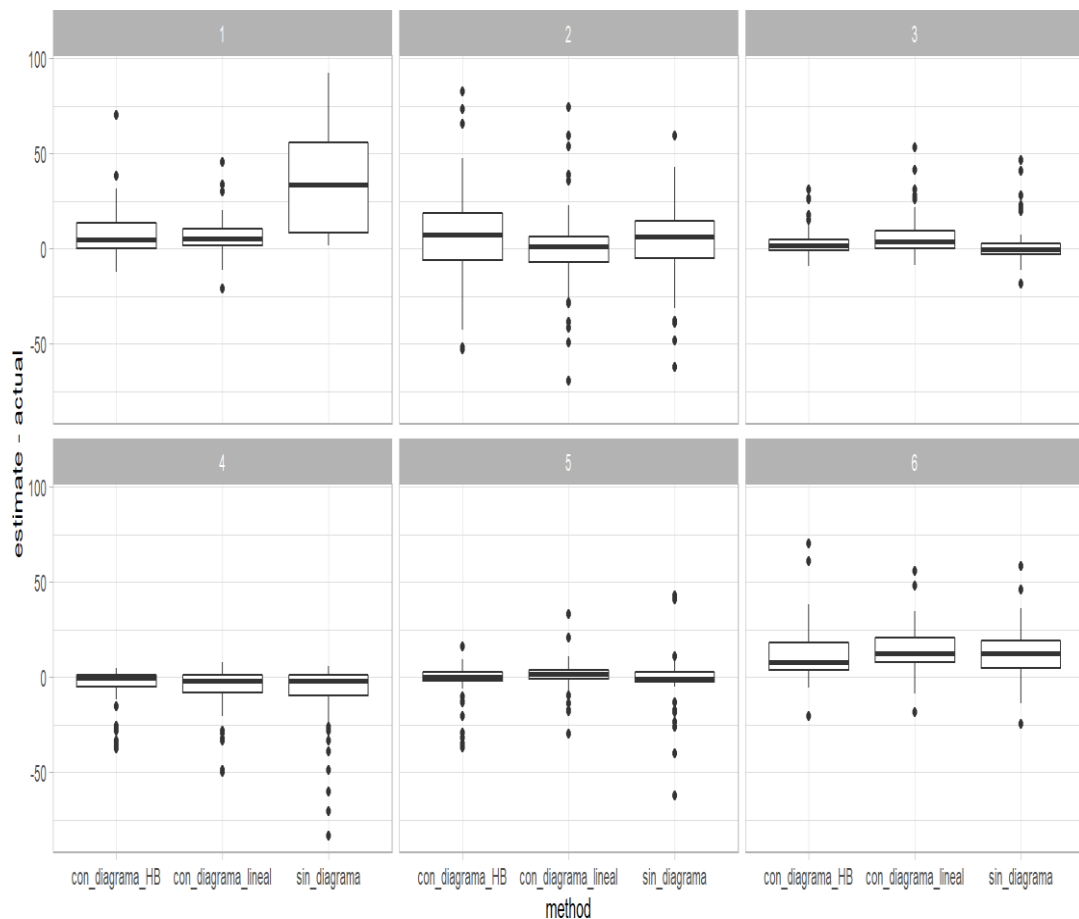
Sin el uso de diagramas, los evaluadores productores tuvieron errores altos, y para el 83 % de los evaluadores productores (1, 2, 3, 4,6), los errores excedieron aproximadamente el 25% (Grafico 9-3).



**Gráfico 9-3.** Diagramas de caja y bigote de los residuos de las estimaciones de la severidad del Mildiu de la quinua realizadas con diagrama H-B, evaluadores por productores.

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

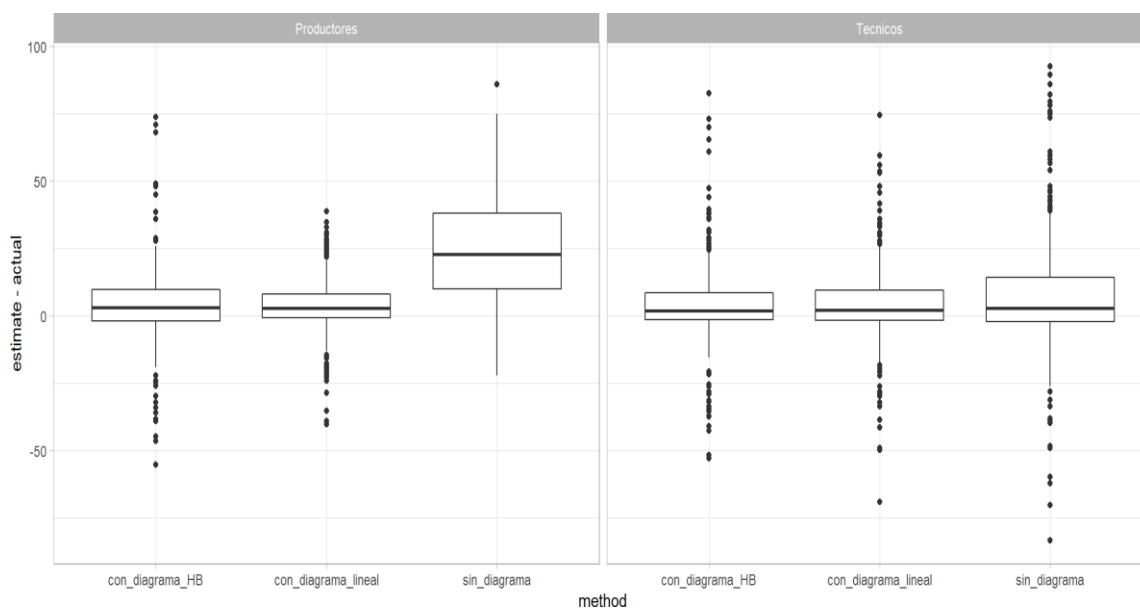
Sin el uso de diagramas, los evaluadores técnicos tuvieron errores del 10%, (Gráfico 7-3) y para el 100 % de los evaluadores productores (1, 2, 3, 4, 5,6), los errores excedieron el 25%. Sin embargo, cuando los diagramas lineales y H-B fueron usados, el 100 % de los evaluadores no tuvieron errores sobre el 10 %. Para todos los evaluadores, los errores fueron < 10% e se concentraron cerca del 8% cuando los DS tanto H-B y lineal fueron usados. Sin el uso de DS hubo una tendencia de 100 % e evaluadores productores a sobre estimar el daño (severidad) Sin embargo cuando se usó diagramas H-B y lineal esa tendencia fue corregida o disminuida drásticamente (Gráfico 10-3).



**Gráfico 10-3.** Diagramas de caja y bigote de los residuos de las estimaciones de la severidad del Mildiu de la quinua realizadas con diagrama H-B, evaluado por técnicos.

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

De manera general podemos decir que los dos diagramas diseñados y evaluados en esta investigación ayudaron a los dos grupos de evaluadores a mejorar considerablemente sus evaluaciones, disminuyendo el sesgo que tuvo una tendencia a sobre estimar el daño, la comparación entre los diagramas tanto con incrementos lineales y logarítmicos sirvió para corroborar la información donde (Schwanck y Del Ponte 2014) donde se sugiere que los diagramas con incrementos lineales tienen mayores mejorías en cuanto a la disminución del error, y esto fue evidenciado principalmente para el grupo de evaluadores productores (Gráfico 11-3).



**Gráfico 11-3.** Diagramas de caja y bigote de los residuos de las estimaciones de la severidad del Mildiu de la quinua realizadas con diagrama H-B, dos grupos de Evaluadores

**Realizado por:** MARIÑO, Virginia, 2021

De acuerdo con (Del Ponte et al.,2017). El desarrollo de dos diagramas (lineal y logarítmico) para ayudar a la evaluación visual de severidad del mildiú de la quinua fue motivada, por desarrollos recientes en la tecnología de los diagramas de severidad (DS), así como mejores prácticas para el desarrollo y evaluación estadística de estas herramientas de Fitopatometría.

Las herramientas disponibles para la evaluación de la severidad del mildiú de la quinua, como escalas de severidad propuestas por Aguilar et al., 2020 o Mahda et al., 2014 suelen ser algo imprácticas por evaluadores ya que no poseen un diagrama asociado, además de poseer un alto grado de subjetividad. De la misma manera existen escalas de severidad basadas en severidad por estratos afectados de las plantas (INIAP, 2010). Algunos diagramas de severidad propuestos como el de Danielsen y Ames en el 2000 poseen posee muchos niveles de severidad (14) lo que dificulta la evaluación. Adicionalmente, ninguna de las herramientas mencionadas antes, fueron validadas primeramente por evaluadores de diferentes grupos (productores, técnicos) y corregidas en caso de presentar problemas en relación, a la exactitud, precisión y confiabilidad de las estimaciones de la severidad.

Porque los investigadores del mildiu de la quinua han estimado la severidad usando herramientas que introducen sesgos indeseables en las estimaciones y comprometen el uso de recursos, es urgente que los nuevos diagramas propuestos en especial el de incrementos lineales propuesto aquí se adopten como un nuevo estándar e, idealmente, que los investigadores del mildiú de la quinua reevalúen sus estimaciones de severidad y se capaciten en su uso.

El diagrama con incrementos lineales que mostró mejoras en general en exactitud, precisión y confiabilidad tanto para el grupo de productores como técnicos debe ser ampliamente recomendado y utilizado en la cuantificación de la severidad del mildiú de la quinua, en investigaciones de campo, principalmente para evaluar el desempeño de nuevos métodos de control como fungicidas, antagonistas microbianos y nuevas variedades o líneas de quinua con resistencia horizontal en la experimentación de campo. Nuestros resultados muestran que su uso debe animarse, no solo por un claro beneficio, sino también por el efecto positivo en las estimaciones de los evaluadores que son más precisos.

#### ***3.2.4 Indicaciones para la utilización del Diagrama de Severidad para cuantificación de la severidad del mildiú de la quinua en ensayos de campo***

- a. Definir 5-10 puntos aleatoriamente de la parcela en estudio (el número de puntos dependerá de la extensión de la parcela).
- b. El número de estratos de las plantas de quinua necesarios para tener un valor de severidad por planta dependerá del estado fenológico de la planta:
  - De 0-30 días: evaluar 2-3 hojas en el único estrato de la planta.
  - De 30-60 días: evaluar 3-5 hojas en dos estratos de la planta (estrato bajo y alto).
  - De 60-180 días: evaluar 5-10 hojas en tres estratos de la planta (estrato bajo, medio y alto).
- c. Evaluar la severidad usando el diagrama de cada hoja.
- d. Calcular el promedio de las severidades de las hojas evaluadas de cada estrato de las plantas de quinua.
- e. Calcular el promedio de la severidad de cada estrato de la planta, para obtener un promedio por planta.
- f. La severidad de la parcela será el promedio de los promedios de las severidades de cada una de las plantas.

## CONCLUSIONES

- Los niveles mínimos y máximos de severidad encontrados en los distintos campos de quinua variaron según los campos, siendo los rangos de severidad encontrados en MATUS 0,72-65,94%, RAYA-LOMA 0,59-88,41%, y COPROBICH 0,17-69%, sin embargo, en los tres campos muestreados los rangos de severidad de 0-12% se encontraron en aproximadamente más del 50% de las hojas muestreadas.
- El uso de los Diagramas de Severidad con incrementos lineales mejoró significativamente la exactitud, precisión y confiabilidad de las estimaciones de severidad en relación a los Diagramas de Severidad con incrementos logarítmicos o al no uso de Diagramas, especialmente cuando fueron utilizados por el grupo de evaluadores productores.
- La metodología recomendada por Del Ponte et al., 2017 para la elaboración y validación participativa de los diagramas de severidad fue eficiente y permitió comprobar la mejora de la exactitud, precisión y confiabilidad de las estimaciones de severidad por parte de los dos grupos de evaluadores (productores y técnicos).



## RECOMENDACIONES

- Para investigaciones similares es necesario validar los diagramas con un mayor número de evaluadores, con el fin de comprobar la utilidad de este tipo de herramientas, es recomendable también que las validaciones se realicen de forma presencial, para de esta manera los evaluadores no tengan ningún tipo de sesgo al realizar este trabajo.
- El DS con incrementos lineales debe ser ampliamente recomendado y utilizado en la cuantificación de la severidad del mildiú de la quinua, en investigaciones de campo, principalmente para evaluar el desempeño de nuevos métodos de control como fungicidas, antagonistas microbianos y nuevas variedades o líneas de quinua con resistencia horizontal en la experimentación de campo. Nuestros resultados muestran que su uso debe animarse, no solo por un claro beneficio, sino también por el efecto positivo en las estimaciones de los evaluadores.
- Los diseños de diagramas deben ser lo más parecidos a como se presenta los síntomas de la enfermedad en campo para de esa manera facilitar la apreciación y su
- Realizar un muestro correcto de campo para poder obtener los valores mínimos y máximos de severidad más reales con los cuales se trabajará en el diseño de diagramas

## GLOSARIO

**Clorosis:** Es el amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila (Schuster 2021).

**Confiabilidad:** Grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes, es decir en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto resulta iguales (Marroquin 2013).

**Defoliación:** Es la caída prematura de las hojas de las plantas producidas por enfermedad, influjo atmosférico, o por agentes químicos (Sanchez 2020).

**Diagramas de severidad:** Consiste en una serie de ilustraciones que representan diversos grados de severidad de una enfermedad (Castaño y Perez 1997).

**Escala:** Es una sucesión ordenada de cosas distintas pero de la misma especie (Martinez 2020).

**Esporangios:** Se define como la estructura en forma de capsula o saco, presente en muchas plantas y hongos, dentro de la cual se forman y almacenan las esporas reproductoras (Perdomo 2020).

**Estimación:** Es un cálculo que se realiza a partir de la evaluación estadística tomando como referencia una base o conjunto de datos (Westreicher 2020).

**Evaluación:** Acto de comparar una medida con un estándar y emitir un juicio basado en la comparación (Mager 1975).

**Exactitud:** Se refiere a que tan cerca están del valor real las mediciones de un sistema de medición (Ruiz 2010).

**Fitopatometria:** Es la ciencia, que se encarga de medir el nivel de las enfermedades, usualmente se mide en los siguientes parámetros: incidencia, severidad y rendimiento (Villa 2013).

**Indicadores:** una característica específica, observable y medible que puede ser usada para mostrar los cambios y progresos que está haciendo un programa hacia el logro de un resultado específico (ONU 2010).

**Inóculo:** patógeno o los patógenos que llegan a la planta o que de alguna u otra forma entran en contacto con ella. El inóculo es cualquier parte del patógeno que puede producir infección (Peña 2015).

**Necrosis:** Es la degradación de un tejido por muerte de sus células, esta mortalidad es producida por la acción de un agente nocivo que genera una lesión irreparable (Jauch 1978).

**Oosporas:** Espora sexual producida por la unión de dos gametangios diferentes (oogonio y anteridio) (Infojardin 2020).

**Precisión:** La proximidad existente entre los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto o de objetos similares en condiciones específicas (Ruiz 2010).

**Rango:** El rango es un valor numérico que indica la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de una población o muestra estadística (Lopez 2021).

**Resistencia:** Es la capacidad de una variedad para limitar el crecimiento y desarrollo de una plaga o enfermedad específica y el daño que esta causa en comparación con variedades sensibles, bajo condiciones medioambientales y presiones de plagas o enfermedades similares (ZADEN 2020).

**Severidad:** Es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas tallos, raíces o frutos afectados por la enfermedad y varía entre 0 a 100 % (Ivancovich y Lavilla 2016).

**Tendencia:** Es una corriente o una preferencia generalizada por la cual las personas se inclinan a preferir determinados medios por sobre otros (Jojoa 2021).

**Validación:** Es el proceso para confirmar que el procedimiento analítico utilizado para una prueba en concreto es adecuado para su uso previsto (Greenfacts 2021) .

## BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO ROMERO, María Cristina, & MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, Andrea Gabriela.** Estudio de factibilidad para la producción de quinua en las comunidades del Cantón Colta, provincia de Chimborazo y propuesta de plan de exportación al mercado francés [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Administración de Empresas, Ingeniero Comercial con mención en Comercio Exterior y Finanzas. Quito - Ecuador. 2015. [Consulta: 2020-03-23]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9931>

**AMORIM, L; et al.** *Manual de Fitopatología Principios e Conceitos*. 5<sup>ta</sup> ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018, pp. 17-30.

**BARBEDO, Arnal & GARCIA, Jayme.** "An Automatic Method to Detect and Measure Leaf Disease Symptoms Using Digital Image Processing". *Plant Disease* [en línea], 2014, (Brazil) 98(12) pp.1-8. [Consulta: 25 marzo 2020]. ISSN 0191-2917. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-03-14-0290-RE>

**BAZILE, Didier (ed).** *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* [en línea]. Santiago de Chile - Chile: FAO, 2014. [Consulta: 20 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4042s.pdf>.

**BERGER, R.** *Measuring disease intensity* [en línea]. Berlin-Heidelberg: Springer, 1980. [Consulta: 20 agosto 2020]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-95534-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-95534-1_4).

**BOCK, Clive.** "Accuracy of plant specimen disease severity estimates: Concepts, history, methods, ramifications and challenges for the future". *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* [en línea], 2016, (United State of America) 11(32), pp. 1-13 [Consulta: 20 junio 2020]. ISSN 17498848. Disponible en: <http://www.cabi.org/cabreviews/review/20163376514>

**BOCK, C.H; et al.** 1990. *Introduction to plant Disease Epidemiology* [en línea]. New York - United State of America: Wiley, 1990. [Consulta: 25 junio 2020]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/introduction-to-plant-disease-epidemiology/oclc/680507441>.

**PARKER, P.E. & GOTTWALD, T.R.** "Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging". *Critical Reviews in Plant Sciences* [en línea], 2010, (United State of America) 29(2), pp. 59-107. [Consulta: 25 marzo 2020]. ISSN 0735-2689. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07352681003617285>

**CAMPBELL, C.L., & MADDEN, L.V.** *Introduction to plant Disease Epidemiology*. [en línea] New York - USA: Wiley, 1990. [Consulta: 25 marzo 2020]. Disponible en: <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/19778853.html>

**CASTAÑO ZAPATA, Jairo & PÉREZ MADRID, Liliana.** "Diagramas de severidad para cuantificar daños provocados por *Venturia inaequalis* (CKE.)" *DPV/EAP* 34(2) (1993), (Colombia) pp.1-13.

**CHOI, Y.J., et al.** "Morphological and molecular characterization of the causal agent of downy mildew on quinoa (*Chenopodium quinoa*)". *Mycopathologia* [en línea], 2010, (Korea)169(5), pp. 403-412. [Consulta: 24 marzo 2020]. ISSN 1573-0832. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11046-010-9272-y>.

**CUSACK, Danny.** "Quinoa: grain of the Incas". *Ecologist*, vol.14, (1984), (United State pf America) pp. 21-31.

**DANIELSEN, S. & AMES, T.** *EL MILDIU DE LA QUINUA (Peronospora farinosa) (Chenopodium quinoa) EN LA ZONA ANDINA*. Lima - Perú: Colmena, 2000, pp. 1-38.

**DANIELSEN, S; et al.** "Diseases of quinoa (*Chenopodium quinoa*)". *Food Reviews International* [en línea], 2003, ( United State pf America) 19(1-2), pp. 43-59. [Consulta: 25 marzo 2020]. ISSN 8755-9129. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/FRI-120018867>.

**DANIELSEN, S; et al.** "Impact of Downy Mildew on the Yield of Quinoa". *CIP Program Report* [en línea]. 2000, (United State pf America) 18(2), [Consulta: 24 marzo 2020]. ISSN 8755-9149. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237528986\\_Impact\\_of\\_Downy\\_Mildew\\_on\\_the\\_Yield\\_of\\_Quinoa](https://www.researchgate.net/publication/237528986_Impact_of_Downy_Mildew_on_the_Yield_of_Quinoa).

**DANIELSEN, S; et al.** "Seed transmission of downy mildew (*Peronospora farinosa* f.sp. chenopodii) in quinoa and effect of relative humidity on seedling infection". *Seed Science and Technology* [en línea]. 2004, (United State pf America) 32(1) , pp. 1-9. [Consulta: 30 marzo 2020]. ISSN 02510952. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/233569746\\_Seed\\_transmission\\_of\\_downy\\_mildew\\_Peronospora\\_farinosa\\_f\\_sp\\_chenopodii\\_in\\_quinoa\\_and\\_effect\\_of\\_relative\\_humidity\\_on\\_seedling\\_infection](https://www.researchgate.net/publication/233569746_Seed_transmission_of_downy_mildew_Peronospora_farinosa_f_sp_chenopodii_in_quinoa_and_effect_of_relative_humidity_on_seedling_infection).

**DEL PONTE, E.M; et al.** "Standard area diagrams for aiding severity estimation: Scientometrics, pathosystems, and methodological trends in the last 25 years". *Phytopathology* [en línea], 2017, (United State pf America) 107(10), pp. 1161-1174. [Consulta: 10 marzo 2020]. ISSN 02511850. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-02-17-0069-FI>.

**DUARTE, H.** *Development and validation of a set of standard area diagrams to aid in estimation of spot blotch severity on wheat leaves*. Toronto - Canada: Dear Mayor Tory, 2013, pp. 8-20.

**FRANCIS, David M.** Escala de Horsfall-Barratt: evaluación cuantitativa de enfermedades: mejora genética y genómica de plantas. [en línea]. [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: <https://plant-breeding-genomics.extension.org>

**GÓMEZ, Luz, & AGULIAR, Enrique.** *Guía de cultivo de la quinua* [en línea]. Lima - Perú: FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina Segunda, 2016. [Consulta: 24 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/411552/>.

**GREENFACTS.** Validación de métodos. [en línea]. 2020. [Consulta: 24 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/tuv/validacion.htm>.

**HORSFALL, J.G. & GARRETT, R.W.** "An improved grading system for measuring plant diseases". *Phytopathology* [en línea], 1945, (United State pf America) 36(8), pp. 3-8. [Consulta: 24 julio 2020]. ISSN 8774-9129 Disponible en: <http://www.garfield.library.upenn.edu/classics1986/A1986A666500001.pdf>.

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA).** El mercado y la producción de quinua en el Perú. [en línea], 2015, pp. 1-22. [Consulta: 27 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.iica.int>.

**INFOJARDIN.** Glosario oosporas. [en línea]. 2020. [Consulta: 27 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.infojardin.com/glosario/o2/oospora-oosporas.htm>.

**IVANCOVICH, Antonio, & LAVILLA, Miguel.** *Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por Cercospora kikuchii, en soja.* [en línea]. Buenos Aires -Argentina: EEA Pergamino, INTA, 2016. [Consulta: 26 marzo 2020]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_propuestas\\_de\\_escalas\\_para\\_la\\_evaluacion\\_a\\_campo\\_y\\_en\\_laboratorio\\_del\\_tizon\\_foliar\\_y\\_la\\_mancha\\_purpura\\_de\\_la\\_semilla\\_en\\_soja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_propuestas_de_escalas_para_la_evaluacion_a_campo_y_en_laboratorio_del_tizon_foliar_y_la_mancha_purpura_de_la_semilla_en_soja.pdf).

**JAUCH, C.** *Programa de fitopatología.* [en línea], Buenos Aires - Argentina: Universidad de Buenos Aires, 1978, [Consulta: 26 julio 2020]. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/programas/P0252.pdf>.

**JOJOA.** ¿Qué es una tendencia? [en línea]. 2020, [Consulta: 16 noviembre 2020]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/jojoa/marketing---definicion/definicion-de-tendencia-que-es-una-tendencia>.

**KUMAR, A; et al.** "Screening of exotic *Chenopodium quinoa* accessions for downy mildew resistance under mid-eastern conditions of India". *ScienceDirect* [en línea], 2006, (Canada) 25(8), pp. 5-11. [Consulta: 16 junio 2020]. ISSN 0261-2194. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219405003303>.

**LENZ, G; et al.** 2010. "Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-parda em arroz". *Ciencia Rural* [en línea], 2010, (Colombia) 40( 4), pp. 752-758. [Consulta: 25 marzo 2020]. ISSN 0103-8478. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010000400002&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010000400002&script=sci_abstract&tlng=pt).

**LOPEZ, José Francisco.** *Rango estadístico.* [blog]. [Consulta: 25 septiembre 2020]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/rango-estadistica.html>.

**MADDEN, L. V; et al.** *The Study of Plant Disease Epidemics.* Minnesota: The American Phytopathological Society, 2017, pp.20-30.

**MAGER, J.** Evaluaciones. [en línea]. 1975. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.um.es/docencia/nicolas/menu/docencia/educsocial/conteyact/tema1/otros\\_trabajos/definciones\\_evaluacion.pdf](https://www.um.es/docencia/nicolas/menu/docencia/educsocial/conteyact/tema1/otros_trabajos/definciones_evaluacion.pdf).

**MARROQUIN PEÑA, Roberto.** *Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigación.* [blog]. 2013. [Consulta: 25 agosto 2020]. Disponible en: [http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-Confiabilidad\\_y\\_Validez\\_de\\_Instrumentos\\_de\\_investigacion.pdf](http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-Confiabilidad_y_Validez_de_Instrumentos_de_investigacion.pdf).

**MARTINEZ, Catherine.** *Tipos de escalas.* [blog]. 2020. [Consulta: 10 junio 2020]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/tipos-de-escala/#:~:text=Los tipos de escala se,unidad por unidad y gráfica.>

**MARTINS, M.C; et al.** 2004. "Escala Diagramática para a Quantificação do Complexo de Doenças Foliaves de Final de Ciclo em Soja". Scielo [en línea], 2004, (Brasil) 29(2), [Consulta: 26 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/fb/v29n2/19561.pdf>.

**MATUS, I; et al.** El cultivo de la quinoa en Chile. Boletín N°362. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentué. Rengo. Chile. [en línea], 2015, pp. 103. [Consulta: 16 marzo 2020]. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR41416.pdf>.

**MUJICA, A; et al.,** 2001. Origen y Descripción de la Quinoa. *Quinoa. Ancestral Cultivo Andino, Alimento del presente y Futuro* [en línea], pp. 1-20. [Consulta: 2 mayo 2020]. Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdro m/contenido/libro03/home03.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdro m/contenido/libro03/home03.htm).

**NUTTER, F.W, & SCHULTZ, P.M.** "Improving the accuracy and precision of disease assessments: Selection of methods and use of computer-aided training programs". *Canadian Journal of Plant Pathology* [en línea], 1995, (Canada) 17(2), pp. 174-184. [Consulta: 5 marzo 2020]. ISSN 17152992. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07060669509500709>.

**OCHOA, Frinking, & JACOBS, Tomas.** "Postulation of virulence groups and resistance factors in the quinoa/downy mildew pathosystem using material from Ecuador". *Plant Pathology* [en línea], 1999, (Ecuador) 48(3), pp. 4-13. [Consulta: 29 marzo 2020]. ISSN 0032-0862. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-3059.1999.00352.x>.

**PEÑA, Ricardo.** *Fitopatología Generalidades* [blog]. [Consulta: 26 julio 2020]. Disponible en: <https://virtual.uptc.edu.co/ova/fito/archivo/GENERALIDADES.pdf>.

**PERDOMO, Tonny.** Esporangio: características, partes y funciones. [en línea]. [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/esporangio/>.

**ROJAS, W, & SANTIVANEZ, T.** "La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial". *Oficina Regional para America Latina y el Caribe, FAO* [en línea], 2011, (Perú) 172(2), pp. 2-12. [Consulta: 2 noviembre 2020]. ISSN 01401963. Disponible en: <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>.



**RUIZ, Alejandro.** Error, incertidumbre, precisión y exactitud, términos asociados a la calidad espacial del dato geográfico. [en línea],2010, pp. 4. [Consulta: 22 octubre 2020]. Disponible en: [http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.2.02\\_Ruiz\\_y\\_otros\\_Error\\_incertidumbre\\_precision.pdf](http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.2.02_Ruiz_y_otros_Error_incertidumbre_precision.pdf).

**SANCHEZ, María.** *Por que se da la defoliacion* [blog]. [Consulta: 6 agosto 2020].Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/defoliacion.html>.

**SARAVIA,Ricardo; et al.** Plagas y enfermedades del cultivo de Quinoa. [en línea]. Cochabamba: [Consulta: 12 mayo 2020]. Disponible en: [https://www.proinpa.org/tic/index.php?option=com\\_content&view=article&id=151:plagas-y-enfermedades-del-cultivo-de-quinoa&catid=46&Itemid=148](https://www.proinpa.org/tic/index.php?option=com_content&view=article&id=151:plagas-y-enfermedades-del-cultivo-de-quinoa&catid=46&Itemid=148).

**SCHUSTER, J.** *Enfoque: Palntas y Enfermedades* [blog]. [Consulta: 26 marzo 2020].Disponible en: [https://web.extension.illinois.edu/focus\\_sp/chlorosis.cfm](https://web.extension.illinois.edu/focus_sp/chlorosis.cfm).

**SCHWANCK, A.A. & DEL PONTE, E.M.** Accuracy and Reliability of Severity Estimates Using Linear or Logarithmic Disease Diagram Sets in True Colour or Black and White: a Study Case for Rice Brown Spot. *Journal of Phytopathology* [en línea], 2014, (United State of America) 162(10), pp. 670-682. [Consulta: 16 enero 2021]. ISSN 09311785. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/jph.12246>.

**VEGA GÁLVEZ, A; et al.** "Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: A review". *Journal of the Science of Food and Agriculture* [en línea], 2010, (Canada) 90(15), pp. 25-47. [Consulta: 2 junio 2020]. ISSN 0331-279 Disponible en: [http://www.quinoa-chile.cl/padmin\\_qui/plugin/kcfinder/upload/files/Vega-Galvez\\_et\\_al\\_JSFA\\_DOI-2010.pdf](http://www.quinoa-chile.cl/padmin_qui/plugin/kcfinder/upload/files/Vega-Galvez_et_al_JSFA_DOI-2010.pdf).

**VILLA, Pablo.** *Fitopatología.* [blog]. [Consulta: 23 marzo 2020].Disponible en: <http://jefferpaovilla.blogspot.com/2013/02/fitopatometria.html>.

**WESTREICHER, Geovanny.** *Estimacion.* [blog]. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/estimacion.html>.

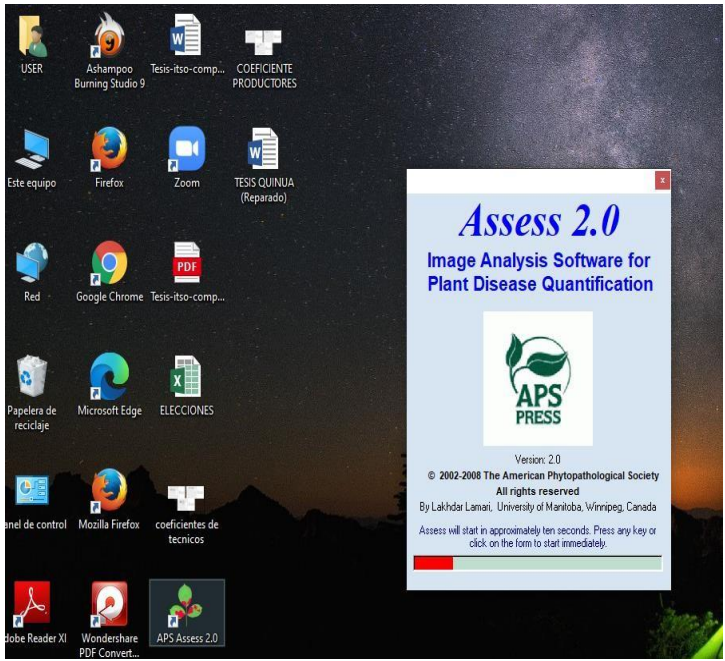
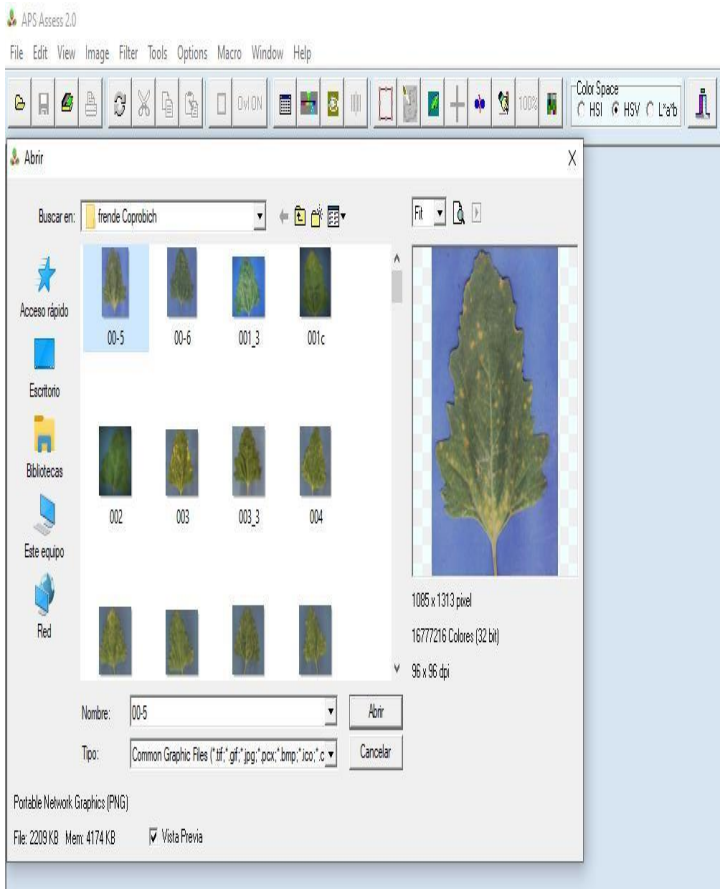
**ZADEN, Elena.** *Definición de resistencias* [blog]. [Consulta: 6 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.enzazaden.com/es/productos-y-servicios/definicion-de-resistencias#:~:text=Resistencia%3A es la capacidad de,de plaga o enfermedad similares.>

## ANEXOS

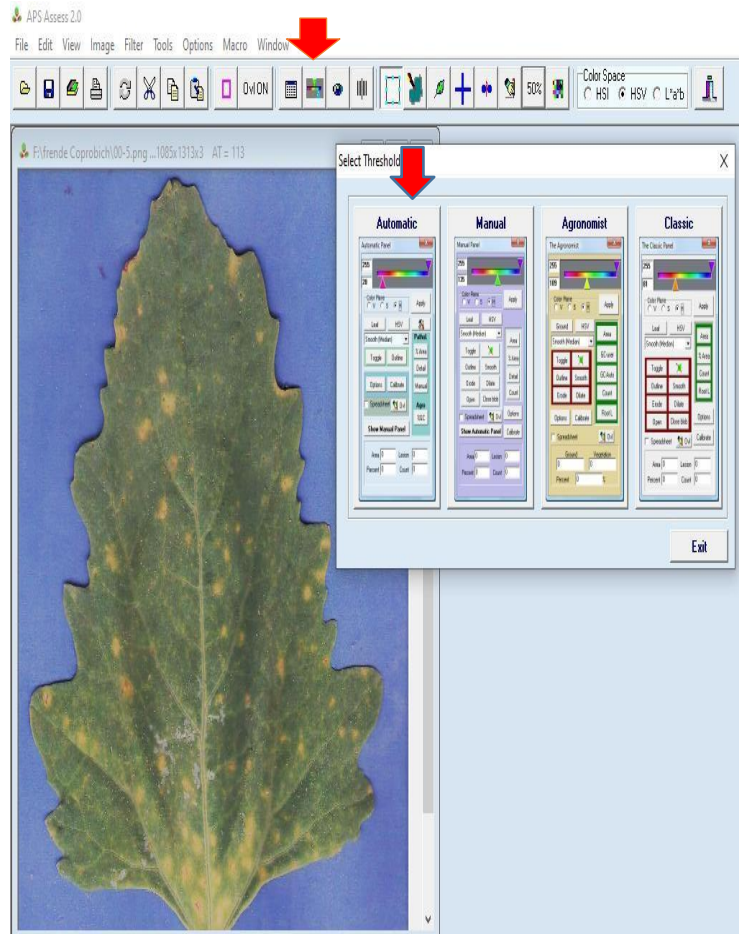
ANEXO A. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, HOJAS DE QUINUA ENFERMAS CON SIGNOS Y SÍNTOMAS DE *Peronospora variabilis*).



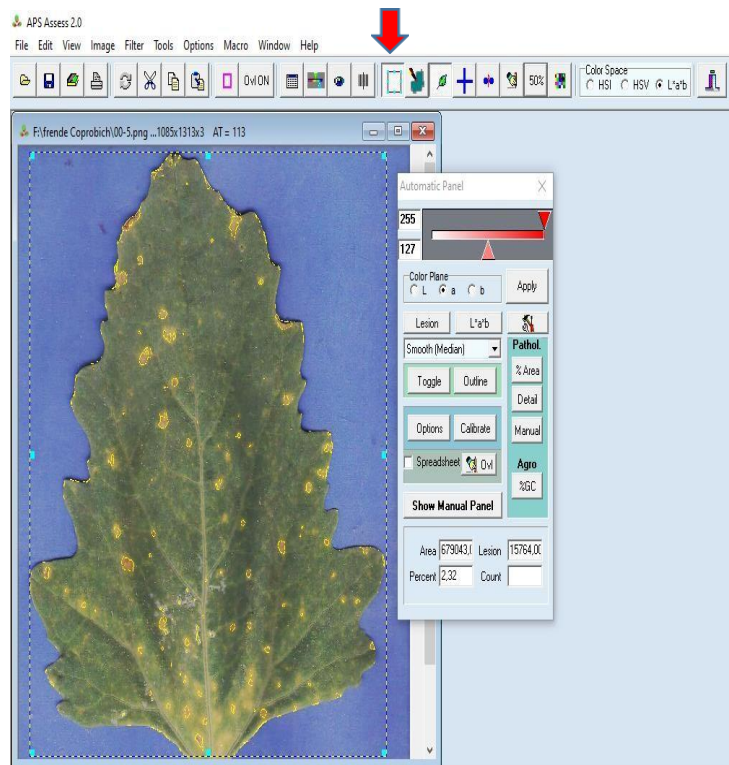
**ANEXO B. PROCESO DE CUANTIFICACIÓN DE LA SEVERIDAD UTILIZANDO EL PROGRAMA ASSESS 2.0.**

<p>1. Abrir el programa Assess 2.0.</p>	
<p>2. Seleccionar la hoja que se desea evaluar , para ello presionamos la opción File y seleccionamos la carpeta donde se encuentre las hojas a ser evaluadas</p>	

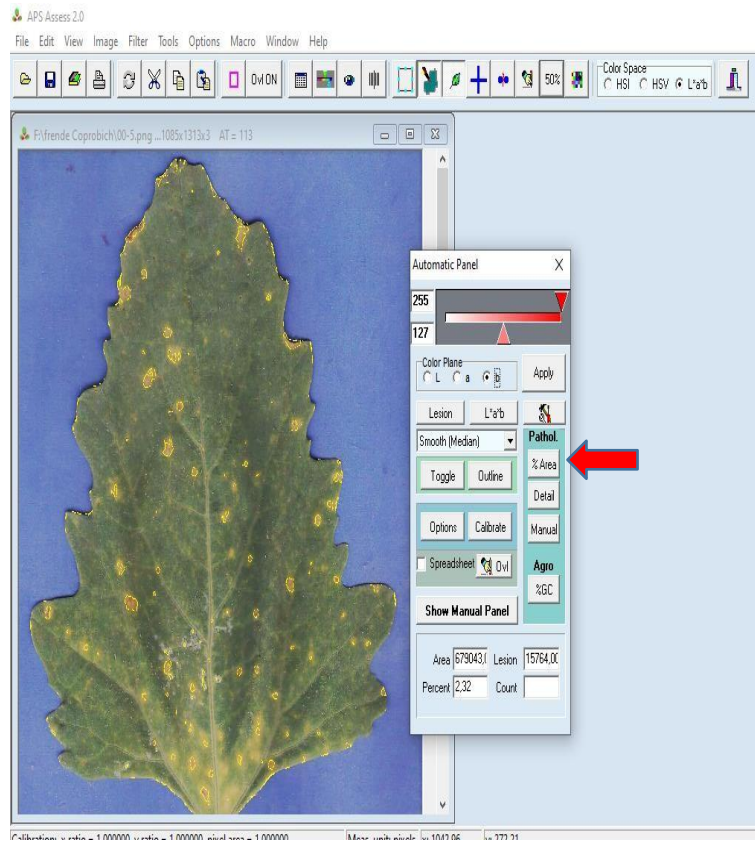
3. En la barra de herramientas seleccionar la opción Select Threshold Panel cuantificación automática



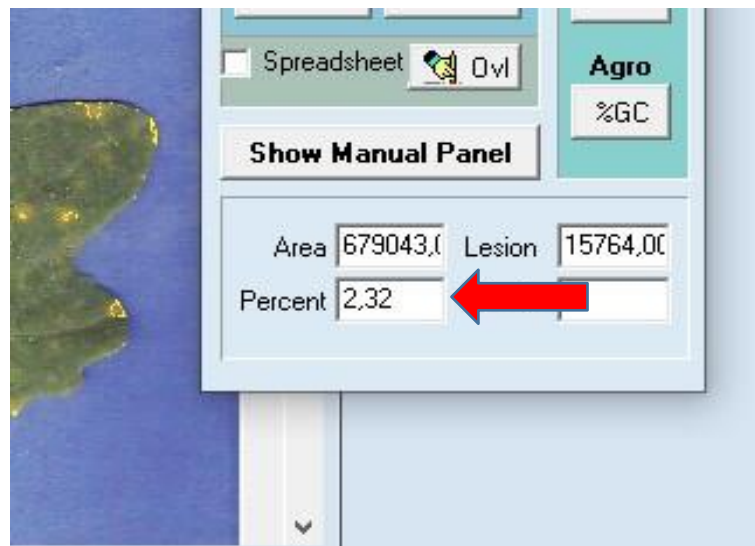
4. Seleccionar el área que se desea evaluar presionando la herramienta la opción Select Rectangular y seleccionando el área foliar



5. Seleccionar la opción % Área , y automáticamente el programa calculara el área afectada



6. En la parte inferior de la ventana aparece el porcentaje de daño calculado y dato con el que se trabajará



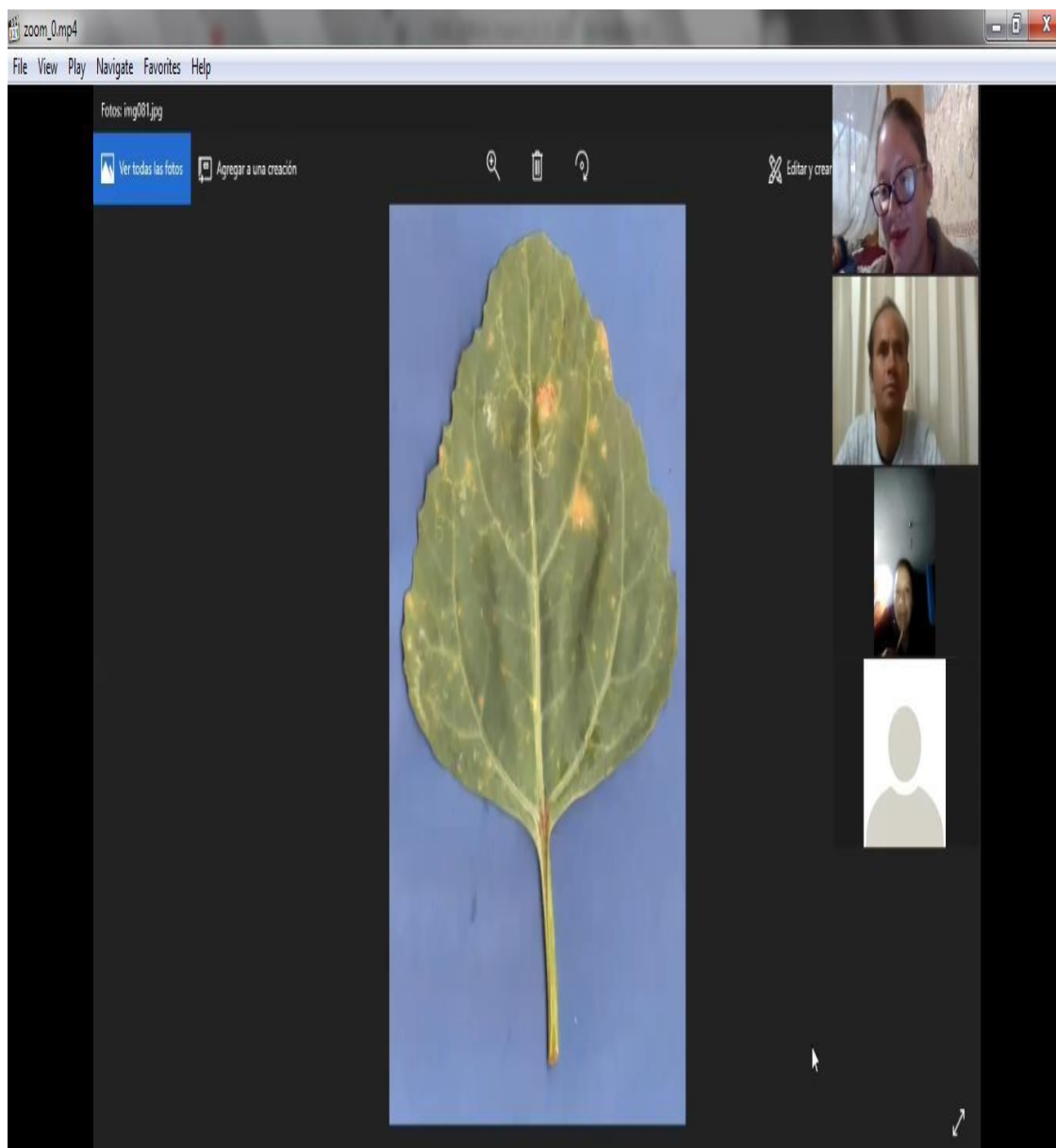
**ANEXO C. INFORMACIÓN DE LOS GRUPOS DE EVALUADORES TÉCNICO**

Nombres y Apellidos	Institución y cargo	Numero de cedula	Número telefónico
Ing. Adriana Mariño	TÉCNICO AGROCALIDAD	0603208794	0985116464
Ing. Alfredo Guiñansaca	TÉCNICO AGROCALIDAD	0105413777	0969662565
Ing. Patricia Ordoñez	TÉCNICO AGROCALIDAD	1104387517	0986477688
Ing. Francisco Salazar	TÉCNICO GRANJA AGROECOLÓGICA SAN SEBASTIÁN	1722076526	0995345336
Ing. Tamia Chimba	TÉCNICA AMBIENTALISTA INDEPENDIENTE	0503183949	0998321952
Ing. Jessica Parreño	TÉCNICO CONAGOPARE	0605072453	0969442960

**ANEXO D. INFORMACIÓN DE LOS GRUPOS DE EVALUADORES PRODUCTORES**

Nombres y Apellidos	Numero de cedula	Número telefónico
Arnulfo Cárdenas Gavidia	0603378050	0980555532
Gonzalo Mariño	0600410146	0997882683
José Flores	1500893019	0959453420
Baltazara Frias	1702368497	*
Mirian Barriga	0602667792	0959590756
María Mariño	0604222075	0994821256

**ANEXO E. VALIDACIÓN DEL DIAGRAMA CON EL GRUPO DE TÉCNICOS DE AGROCALIDAD (REUNIÓN CON LA PLATAFORMA ZOOM).**





ANEXO F. MATRIZ APLICADA A TÉCNICOS QUE CONTIENEN HOJAS DE QUINUA CON DIFERENTES NIVELES DE SEVERIDAD DE *Peronospora variabilis*



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA




VALIDACION DE DIAGRAMAS DE SEVERIDAD PARA LA  
CUANTIFICACION DE MILDIU (*Peronospora variabilis*) EN QUINUA  
(*Chenopodium quinoa*).

CUANTIFICACION CON DIAGRAMA DE INCREMENTOS  
LINEALES

INSTRUCCIONES

1. Observe el diagrama de severidad adjunto a este documento
2. Con ayuda del diagrama cuantifique (del 0 al 100 %) según su criterio, el porcentaje de área dañada o enferma.
3. Coloque este valor al frente de cada imagen
4. Guarde el archivo y reenvíe

**Nota:** No se necesita poner los valores del diagrama adjunto, ya que el mínimo solo es una referencia o herramienta que le ayuda a cuantificar de manera más precisa.

Nº		Porcentaje de severidad
1		17

## ANEXO G. VALIDACIÓN CON GRUPO DE PRODUCTORES



**ANEXO H. MATRIZ APLICADA A PRODUCTORES DONDE CONTIENE EL NÚMERO DE HOJAS DE QUINUA CON DIFERENTES NIVELES DE SEVERIDAD DE *Peronospora variabilis* PROYECTADAS EN ORDEN.**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**VALIDACIÓN DE DIAGRAMAS DE SEVERIDAD PARA LA CUANTIFICACIÓN DE MILDIU (*Peronospora variabilis*) EN QUINUA (*Chenopodium quinoa*).**

Nombre: José Flores

Edad 30

**INSTRUCCIONES**

1. Observe cuidadosamente cada imagen (hojas de quinua)
2. Cuantifique (del 0 al 100 %) según su criterio (sin ningún tipo de guía o ayuda) el porcentaje de área dañada.
3. Coloque este valor al frente de cada imagen

Numero de hoja	Cuantificación de severidad (según su criterio)
1	75,20
2	15
3	1,5
4	3,1
5	12,5
6	45
7	36,3
8	56,2
9	1,3
10	11,6
11	50
12	62
13	8
14	12,3
15	40
16	0,32
17	8
18	45
19	16
20	82
21	22
22	65
23	5
24	13,8
25	9
26	6
27	48
28	42
29	33
30	20