

# Fitopatometría y análisis

## Escalas de evaluación

*Juan Pablo Edwards Molina*

*Juan Andrés Paredes*

*Bruno Pugliese*

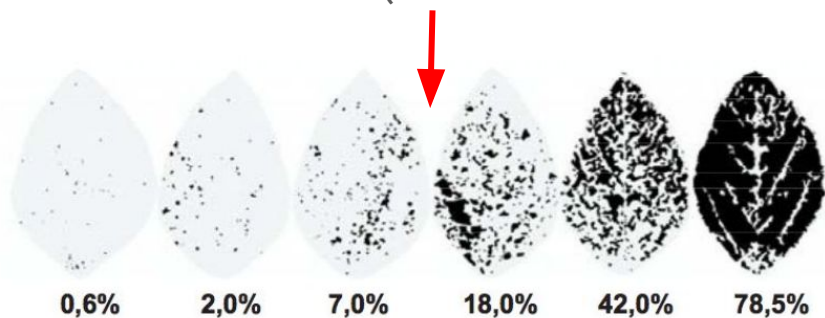
# ¿Cómo estimamos la severidad?

\*Matemáticamente sería un cociente:

área sintomática / área total = [0 a 100% o proporción 0 a 1]

## De manera directa

- con software de análisis de imágenes (gold standard) ->
- visualmente (con o sin escala de evaluación)



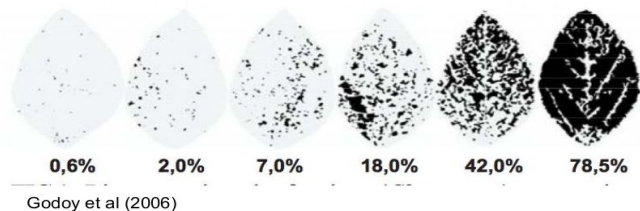
Godoy et al (2006)



#	healthy	symptomatic
# 1	89.20609	10.79391

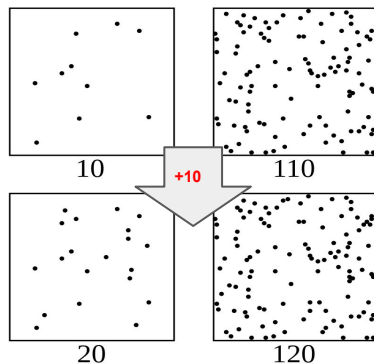
[pliman](http://pliman.com)

# Escalas diagramáticas (SADs = standard area diagrams)



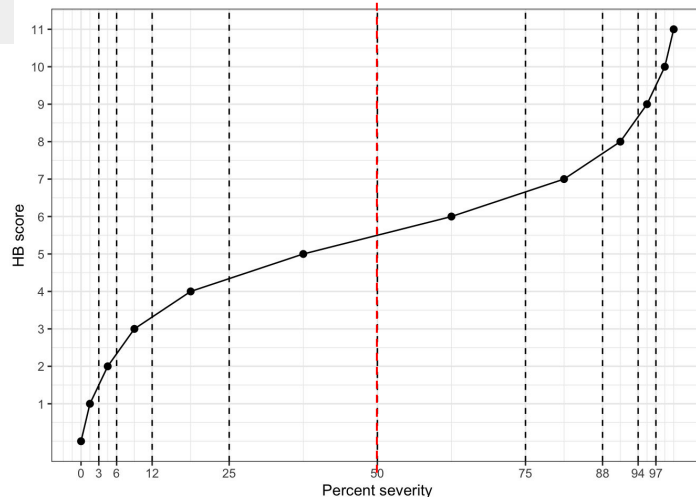
Del glosario de fitopatometría de Bock et al. 2021: “representación pictórica o gráfica (dibujo o fotografía en color verdadero) de la severidad de una enfermedad generalmente utilizada como ayuda para una estimación visual más precisa (en la escala de porcentaje) o clasificación (usando una escala ordinal) de la severidad en un espécimen”.

**Ley psicofísica de Weber-Fechner :**  
Existe una relación logarítmica entre la magnitud de un estímulo físico y cómo es percibido.



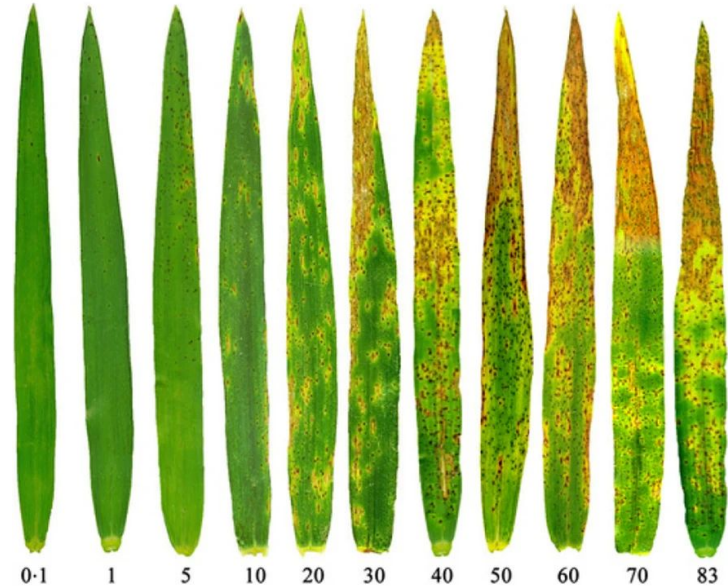
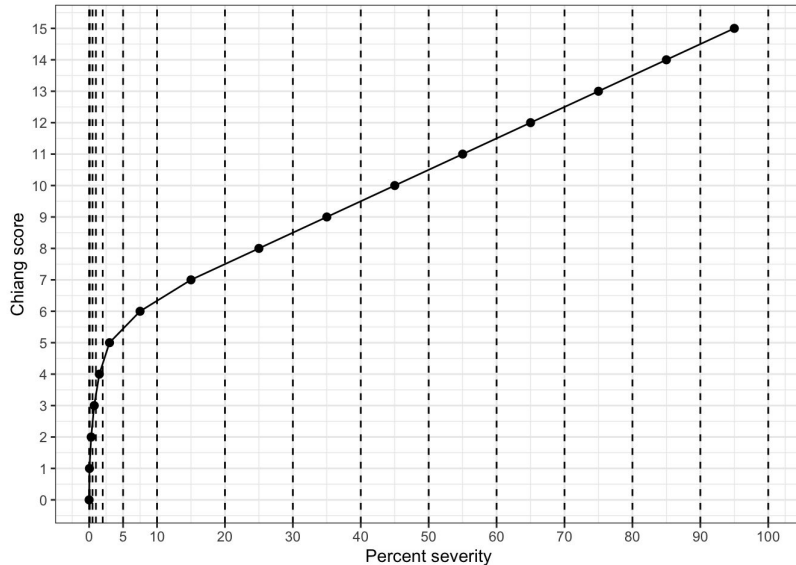
Hay propensión de un evaluador a enfocarse en objetos más pequeños cuando observa objetos de dos colores (Madden et al. 2017)

## Horsfall-Barratt (HB) escala ordinal (1940s)



La evidencia actual indica una relación lineal, en lugar de logarítmica, entre la severidad estimada visualmente y la real (**Nutter y Esker 2006**).

Además, estos autores demostraron que los evaluadores discriminaron con mayor precisión la severidad de la enfermedad entre 25 % y 50 % de lo que permitía la escala H-B.



# ¿Cómo estimamos la severidad?













**Indirectamente** con escalas ordinales cuantitativas

Aunque las escalas ordinales pueden analizarse de forma no paramétrica para algunos propósitos, el poder de la prueba no paramétrica no es tan alto como el de la prueba paramétrica correspondiente (Bock et al., 2010b).

“Uno debe convertir cada valor de cada clase a una severidad en escala de porcentaje” Madden et al. (2007)

El trabajo de conversión al punto medio para garantizar la compatibilidad con el análisis paramétrico es razonable (Bock et al., 2010b).

El valor del punto medio es una "aproximación" para evitar un sesgo excesivo o la pérdida de precisión. Aunque no es ideal, es preferible en fitopatología y fitomejoramiento cuando se debe utilizar una escala

Severity class	Description	Example 1 (click on the picture to magnify it)	Example 2 (click on the picture to magnify it)
1	Healthy plant, no visible lesions.		
2	0-25% of discoloured cross-section.		
3	25-50% of discoloured cross-section.		
4	50-75% of discoloured cross-section.		
5	75-100% of discoloured cross-section.		
6	Section without any living tissue.		

# ¿Cómo estimamos la severidad?

**Indirectamente** con **escalas ordinales cuantitativas...**

La guía de autor para las publicaciones de la American Phytopathological Society (APS, 2017) establece que "si se utilizan clasificaciones ordinales para rangos de severidad de la enfermedad, cada categoría debe convertirse al **punto medio** del rango correspondiente antes de usar un análisis paramétrico". [Chiang et al., 2017](#)

H-B grade <sup>a</sup>	Range	Size of interval	Midpoint
1	0	0	0
2	0 <sup>+</sup> –3	3	1.5
3	3 <sup>+</sup> –6	3	4.5
4	6 <sup>+</sup> –12	6	9.0
5	12 <sup>+</sup> –25	13	18.5
6	25 <sup>+</sup> –50	25	37.5
7	50 <sup>+</sup> –75	25	62.5
8	75 <sup>+</sup> –87	13	81.5
9	87 <sup>+</sup> –94	6	91.0
10	94 <sup>+</sup> –97	3	96.5
11	97 <sup>+</sup> –100	3	98.5
12	100	0	100.0



0	1	2	3	4
sana	1-25% inc	26-50% inc	51-75% inc	76-100% inc

**Eq. 1: 0-100%**

$$DSI (\%) = \frac{\sum (\text{Class frequency} \times \text{score of rating class})}{(\text{Total number of observations}) \times (\text{maximal disease index})} \times 100$$

Caso	Eq 1	Punto medio
1	25%	13%
2	50%	37.5%
3	37.5%	25.25%

## 2B. Escalas de severidad Ordinales - Cualitativas

- Son categorías ordenadas de severidad
- Por ejemplo, enfermedades sistémicas causadas por virus o enfermedades de raíz
- La clasificación específica utilizada no tiene ninguna interpretación física medible (Madden et al., 2007).
- Es necesario análisis no paramétricos (Shah & Madden, 2004) o regresión logística ordinal (McCullagh y Nelder, 1989)



## 2B. Escalas de severidad Ordinales - Cualitativas

1 ↔ 2 ↔ 3 ↔ 4 ↔ 5

---

Usando ANOVA, uno asume que el rango de los grados representan graduaciones iguales en la escala de severidad de la enfermedad

1    2    ↔    3       4    ↔    5

---

A    B            C            D    E

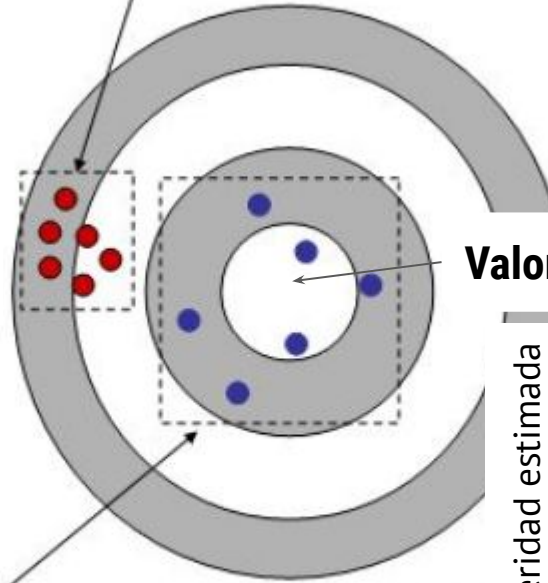
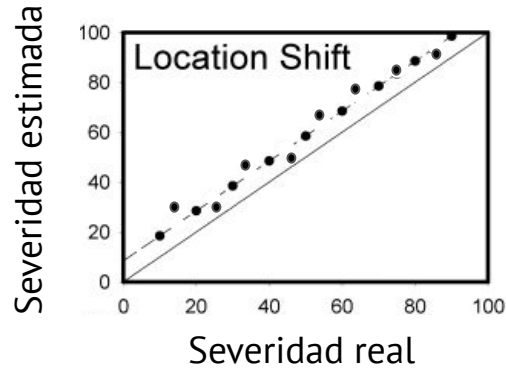
Los grados de severidad son sólo indicadores de orden, pero no diferencian cantidad de enfermedad (en términos de severidad)

- 1 = Planta sana
- 2 = Plantas aisladas con poco síntoma en la parte baja del canopeo
- 3 = La mayoría o todas las plantas con una o más hojas afectadas en la parte baja del canopeo
- 4 = La mayoría o todas las plantas con una o más hojas afectadas en la planta, algunas hojas afectadas en la mitad del canopeo
- 5 = Defoliación severa en la mitad y arriba en el canopeo

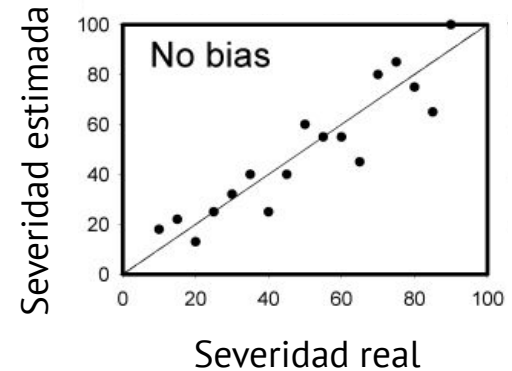
**Cómo medimos la calidad de las estimaciones?**

## Precisión

Variabilidad asociada a las estimaciones de una muestra  
Medida de dispersión, +Preciso = bajo SD ("Precision" ->  $p$ )



**Valor real** ("standard gold")



## Exactitud

Grado de proximidad de los valores estimados  
vs reales - "Medida de posición"  
("Centrado" -> Cb)

### **Coeficiente de correlación de concordancia de Lin (Lin's CCC)**

Varía entre -1 y 1 (concordancia total); 0 es ausencia de concordancia

**Coeficiente de Pearson**  
**<Precisión>**

$$CCC = r Cb$$

### **Coeficiente de sesgo <Exactitud>**

Cuán lejos está la reg. de los puntos de la 45°

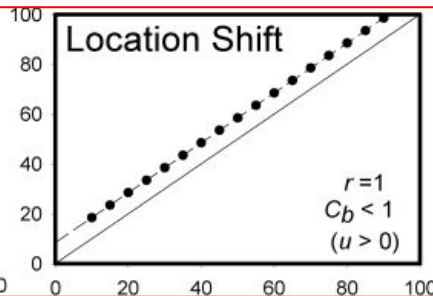
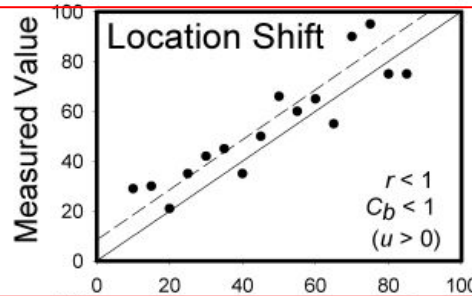
$$Cb = \frac{2}{v + \frac{1}{v} + u^2}, v = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}, u = \frac{(\mu_1 - \mu_2)^2}{\sigma_1 \sigma_2}$$

**Sesgo de**  
**Escala**

**Sesgo de**  
**Posición**

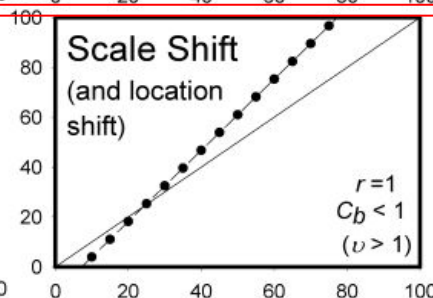
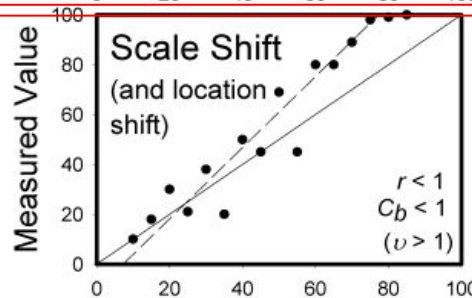
$r < 1$

$r = 1$

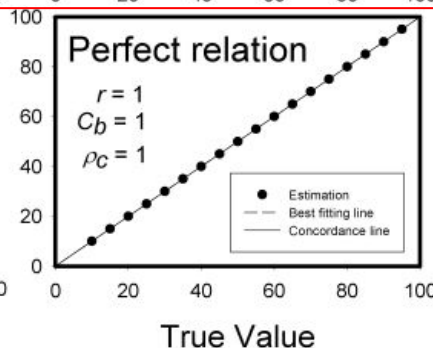
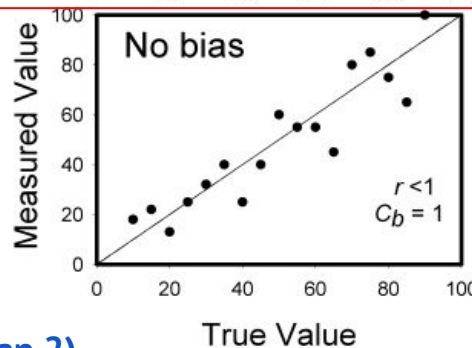


### Cambio de posición

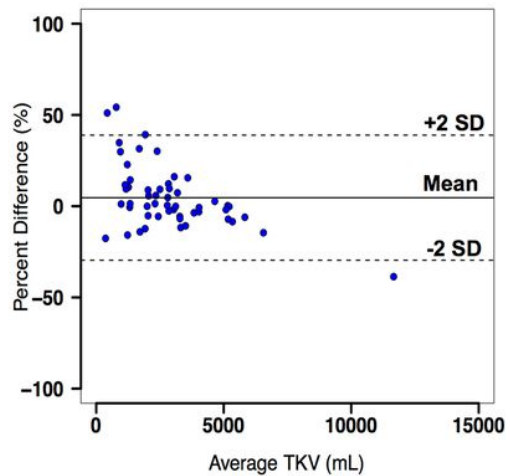
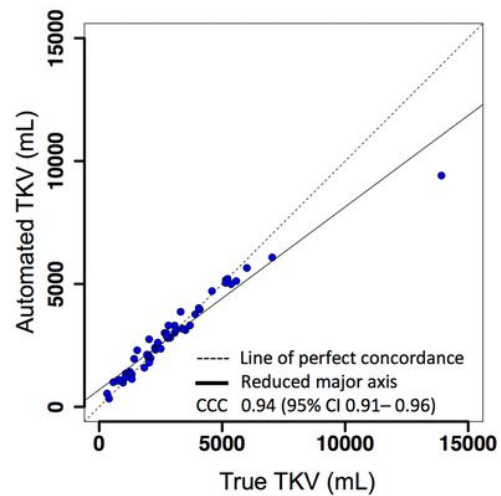
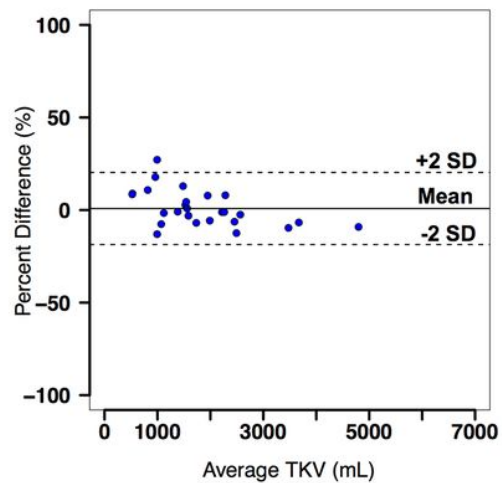
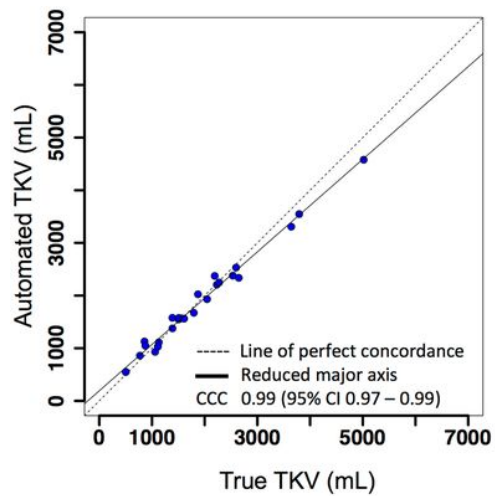
Sesgo sistemático en todos los valores reales  
<siempre arriba en 10 unidades>



**Cambio de escala** Sesgo variable con el aumento de los valores reales

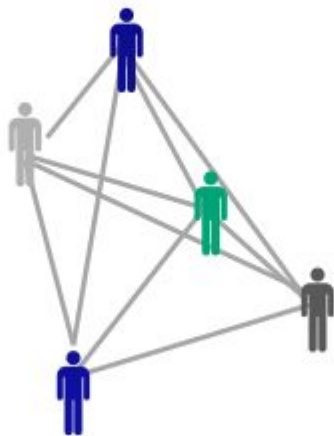


Sin sesgo(izq)  
Concordancia absoluta (der)  
Todos los puntos sobre la diagonal 1:1



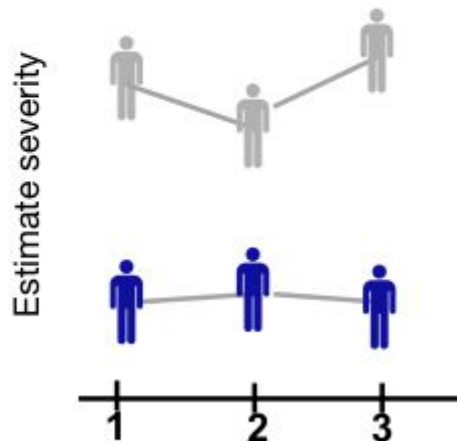
# Calidad de las estimaciones - Cont.

Confiabilidad  
inter-evaluador



*Reproducibilidad*

Confiabilidad  
intra-evaluador

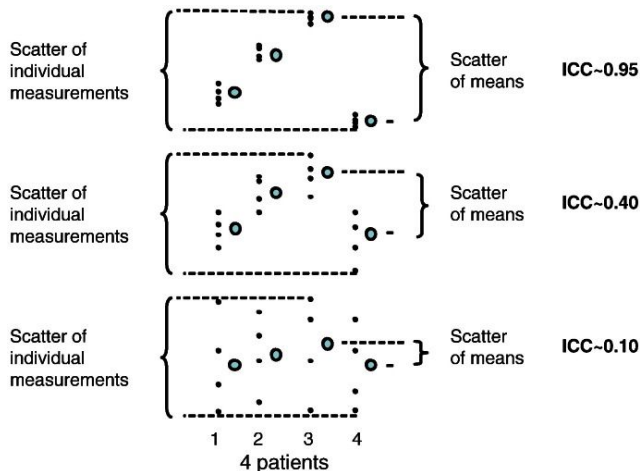


**Tiempo**  
*Repetibilidad*

## Coeficiente de correlación intraclass ICC

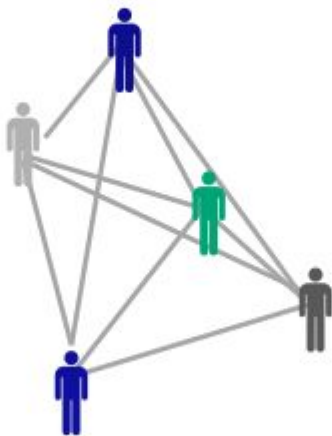
Estadística descriptiva utilizada cuando se realizan mediciones cuantitativas en unidades que están organizadas en grupos

Describe cuán fuertemente las unidades en el mismo grupo se parecen entre sí.



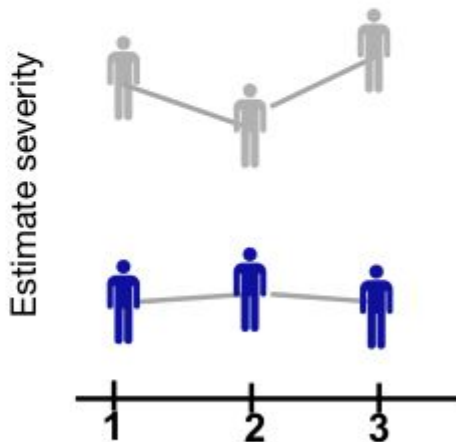
# Calidad de las estimaciones - Cont.

Confiabilidad  
inter-evaluador



*Reproducibilidad*

Confiabilidad  
intra-evaluador



**Tiempo**  
*Repetibilidad*

**CCC general <OCCC, Overal...>**

Lin's CCC es un índice de concordancia en el contexto de comparar dos observadores fijos. Para utilizar múltiples observadores en un estudio que involucre a un gran número de sujetos, es necesario evaluar el acuerdo entre estos múltiples observadores. OCCC permite evaluar la concordancia entre múltiples observadores fijos.



# Estudio de caso

[Franceschi, 2020](https://osf.io/3zmv8/)  
<https://osf.io/3zmv8/>

Received: 8 October 2019 | Accepted: 1 January 2020

DOI: 10.1111/ppa.13148

**ORIGINAL ARTICLE**

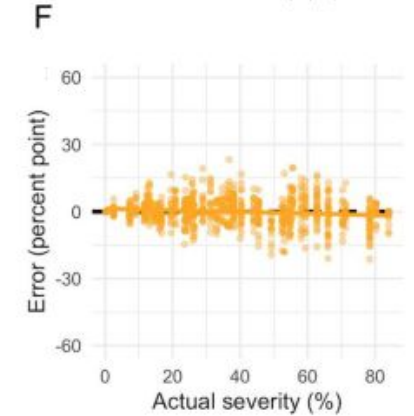
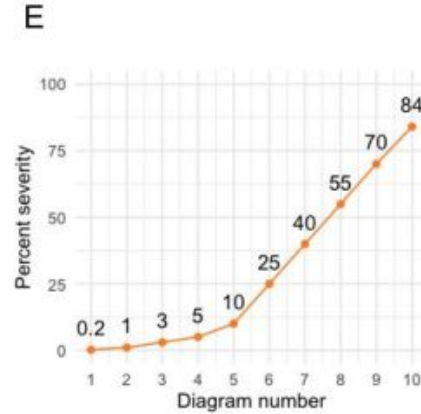
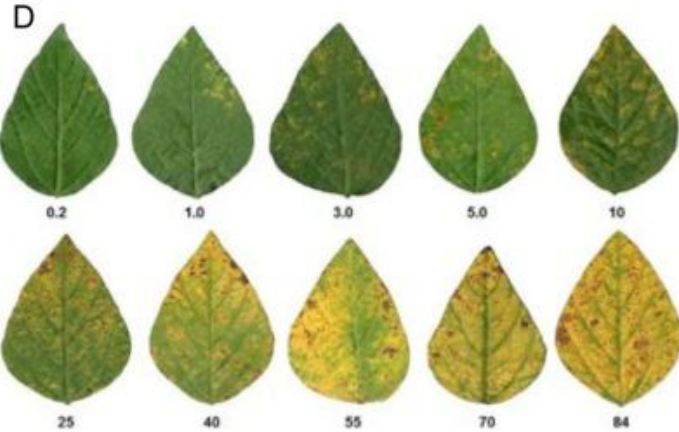
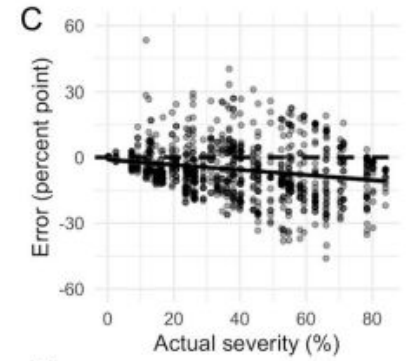
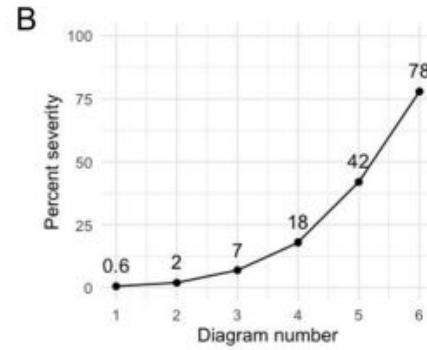
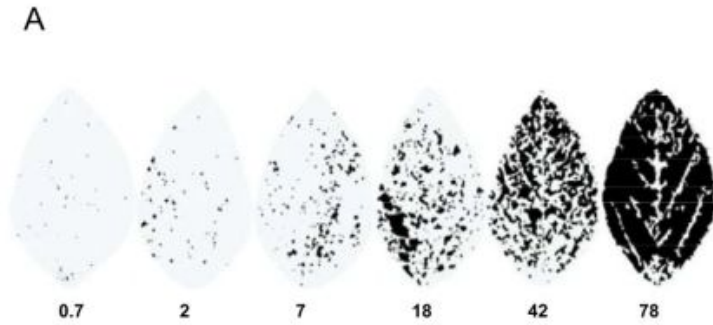
Plant Pathology 

WILEY

## A new standard area diagram set for assessment of severity of soybean rust improves accuracy of estimates and optimizes resource use

Vinicius T. Franceschi<sup>1</sup> | Kaique S. Alves<sup>2</sup> | Sergio M. Mazaro<sup>1</sup> | Cláudia V. Godoy<sup>3</sup> |  
Henrique S. S. Duarte<sup>4</sup> | Emerson M. Del Ponte<sup>2</sup> 

Godoy  
2006

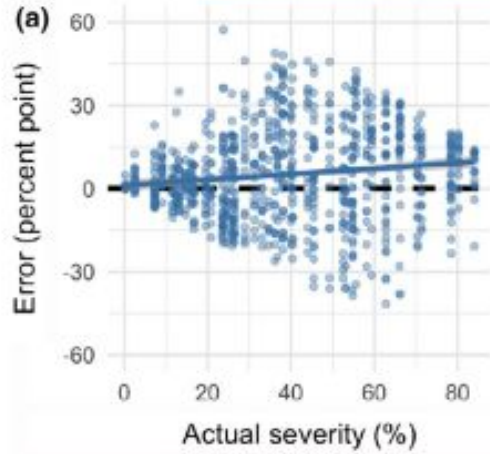


Franceschi  
2020

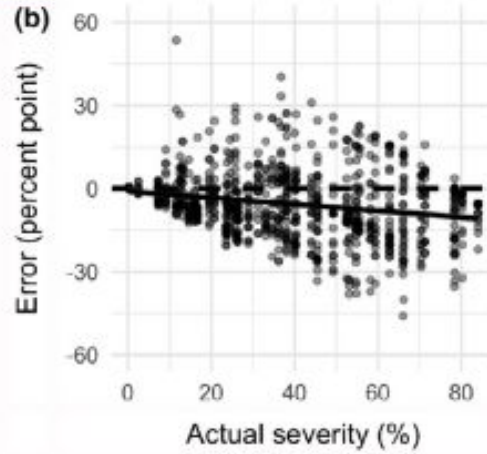
**Fig. 4** Standard area diagrams (SADs) to estimate severity of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean (*Glycine max*) leaves. **A** The original SADs (Godoy et al. 2006) **B** the relationship between the illustrated SAD severity and diagram number for the original SAD **C** the absolute errors of estimates when using the original SADs **D** the newly developed and validated SADs (Franceschi et al. 2020) that is a tool for more

accurate estimates of rust severity **E** the relationship between the illustrated SAD severity and diagram number for the newly developed SAD **F** the absolute errors of estimates when using the newly developed SADs. The numbers under each leaf represent actual percentage leaf area showing symptoms (necrosis and chlorosis)

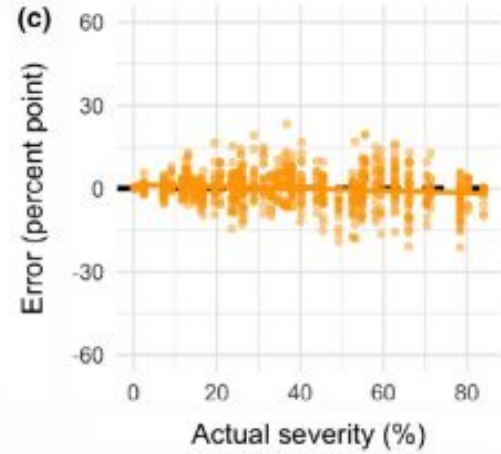
**Sin Auxilio**



**Godoy et al., 2006**



**Franceschi et al, 2020**



Method	N	$u^a$	$v^b$	$C_b^c$	$r^d$	$\rho_c^e$
New SAD	18	0.01 a	0.99 a	0.99 a	0.96 a	0.96 a
Old SAD	19	-0.26 b	0.98 a	0.92 b	0.77 b	0.83 b
Unaided New	18	0.19 c	1.23 b	0.92 b	0.77 b	0.82 b
Unaided Old	19	0.21 c	1.23 b	0.90 b	0.72 b	0.80 b

Note: Means followed by the same letter in the column are not significantly different (Tukey's HSD, 5% level).

<sup>a</sup>Location shift ( $u$ , 0 = no bias relative to the concordance line).

<sup>b</sup>Scale shift ( $v$ , 1 = no bias relative to the concordance line).

<sup>c</sup>Bias correction factor ( $C_b$ ) measures how far the best fitted line deviates from 45° and is a measure of accuracy.

<sup>d</sup>Correlation coefficient as a measure of precision ( $r$ ).

<sup>e</sup>Lin's concordance correlation coefficient (LCC), that combines both measures of precision ( $r$ ) and accuracy ( $C_b$ ) to measure overall accuracy (agreement) with the true value.

**TABLE 3** Measures of inter-rater reliability of severity estimates by 37 inexperienced raters during two assessments unaided, or with the use of a new standard area diagram set (New SAD) or an Old SAD (Godoy *et al.*, 2006) as an aid to assessment of disease severity

Method	Intra-class correlation coefficient (ICC) $\rho$ [95% CI] <sup>a</sup>	Overall concordance correlation (OCC) <sup>b</sup>
New SAD	0.94 [0.92–0.96]	0.940
Unaided New	0.83 [0.77–0.88]	0.759
Old SAD	0.81 [0.74–0.87]	0.736
Unaided Old	0.83 [0.77–0.89]	0.746

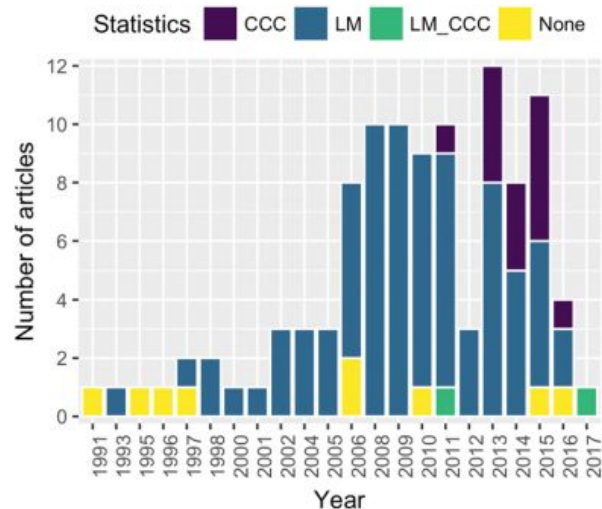
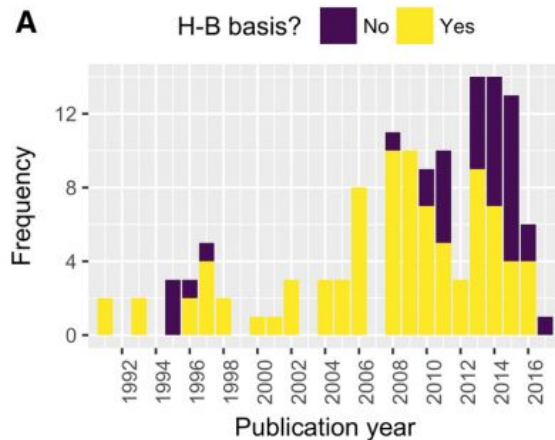
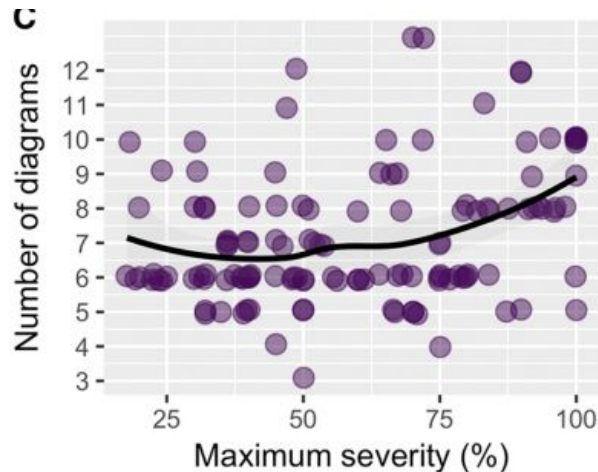
<sup>a</sup>Calculated with decisions of ICC model described elsewhere (Schwanck and Del Ponte, 2014).

<sup>b</sup>Overall agreement statistics based on Lin (1989) and Barnhart *et al.* (2002) to evaluate agreement among multiple observers.



# Standard Area Diagrams for Aiding Severity Estimation: Scientometrics, Pathosystems, and Methodological Trends in the Last 25 Years

Emerson M. Del Ponte,<sup>†</sup> Sarah J. Pethybridge, Clive H. Bock, Sami J. Michereff, Franklin J. Machado, and Piérri Spolti



# Recomendaciones para la elaboración de escalas

- **Muestree** un número mínimo (p. ej.,  $n = 100$ ) de especímenes de epidemias naturales que representen el rango de gravedad de la enfermedad y los síntomas típicos observados.
- Utilice un software de **análisis de imágenes** confiable para discriminar los síntomas de la enfermedad de las áreas sanas para calcular el porcentaje de área afectada.
- Cuando diseñe las ilustraciones para la escala, asegúrese de que los diagramas individuales se preparen de manera realista, ya sea con líneas, fotografías reales o generados por computadora.
- El número de diagramas **no debe ser inferior a 6 ni superior a 10**, distribuidos de manera aproximadamente lineal y con una **separación máxima del 15%**. Deben incluirse **diagramas adicionales** ( $\pm 2$ ) entre 0 y 10% de severidad.
- Para el ensayo de **validación**, seleccione al menos 50 muestras que representen la gama completa de patrones de síntomas y gravedad reales.
- Al seleccionar evaluadores (como mínimo 15) para la validación, asegúrese de que no tengan experiencia previa en el uso de escalas bajo evaluación.
- Proporcionar instrucciones estándar sobre cómo reconocer los síntomas de la enfermedad y cómo evaluar la severidad, **primero sin y luego con la escala**.
- Idealmente, **repita la evaluación en el tiempo**, con un intervalo de 1 o 2 semanas, con y sin ayuda, utilizando el mismo conjunto de evaluadores. (Las condiciones del experimento antes y después de la prueba deben ser las mismas para evitar cualquier impacto de distracción en la precisión de las estimaciones durante las pruebas)