

Fitopatometría en R

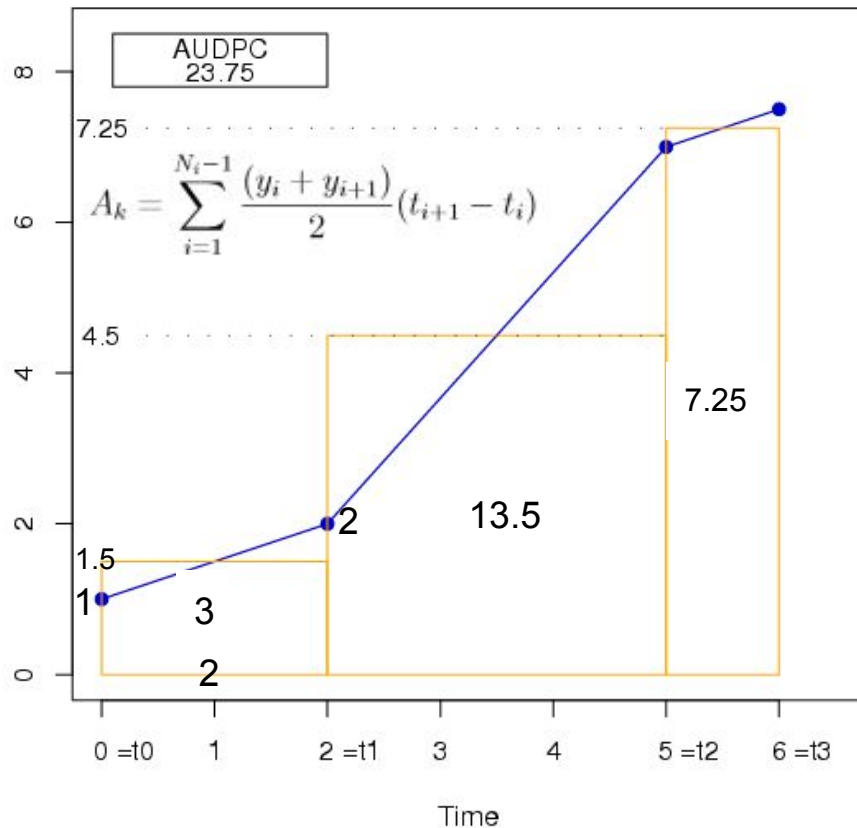
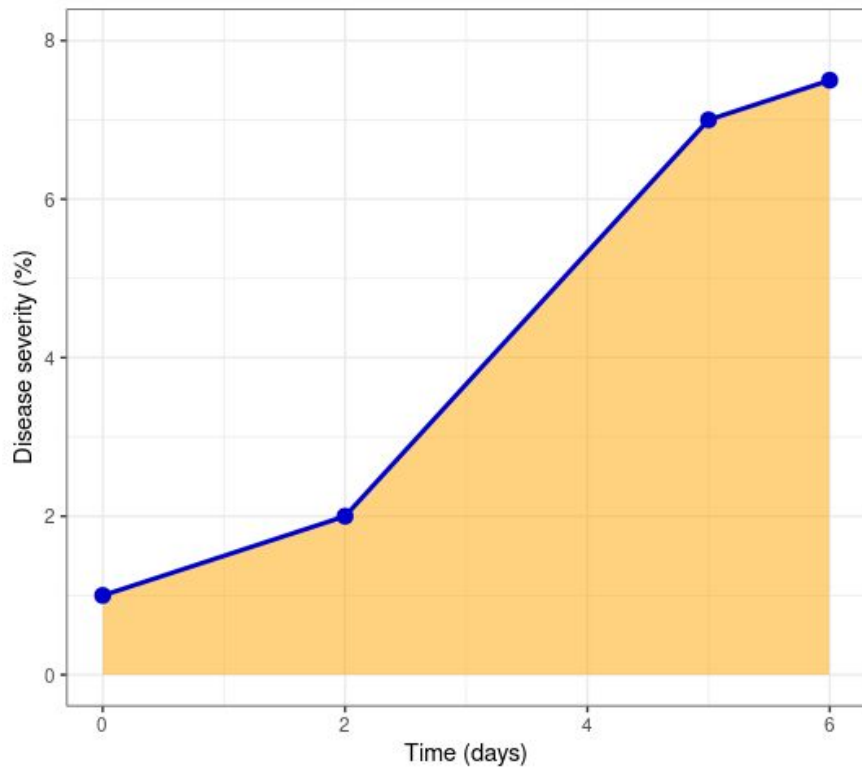
Métricas compuestas

Juan Pablo Edwards Molina

Juan Andrés Paredes

Bruno Pugliese

Integrando el tiempo: área bajo la curva del progreso de la enfermedad















2A. Escalas ordinales - Cuantitativas

El índice de severidad de la enfermedad (DSI), es un índice de un solo número que resume una gran cantidad de información sobre la enfermedad (Chester, 1950; Chaube & Singh, 1991).

Los DSI a menudo se basan en **datos de escalas ordinales**. Una escala ordinal cuantitativa puede definirse como una escala comprendida por **categorías** las cuales especifican un **rango de valores numéricos**, como las describen Hartung & Piepho (2007)

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".

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.		

notes in Table 1. Plants in each plot were rated for disease severity index (DSI) and disease incidence (13) by means of a “quarter scale” (8). Plants were rated from 0 to 4, where 0 = no symptoms, 1 = 1 to 25% of the plant with symptoms, 2 = 26 to 50% of the plant with symptoms, 3 = 51 to 75% of the plant with symptoms, and 4 = 76 to 100% of the plant with symptoms. DSI was calculated for each plot on a percentage basis by the following formula:

$$DSI(\%) = \frac{\sum (\text{scores of all plants})}{4 \times (\text{total number of plants})} \times 100$$



Eq. 1

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

Eq. 2

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

When the calculated DSI in Eqn 2 equals 1.0, the corresponding DSI estimate (%) in Eqn 1 is 25% (=1/4). However, in this case, a DSI of 1.0 represents severities of 1–25% based on the grading method. Thus, using the midpoint of 1–25% (13%) rather than 25% should be more sensible based on previous observations

When the calculated DSI in Eqn 2 is 2.0, the corresponding DSI estimate (%) in Eqn 1 is 50% (=2/4). A more sensible DSI on a percentage basis should be the midpoint value of 25–50%, which is 37.5%.

when the calculated DSI is 1.5 in Eqn 2, the calculated DSI estimate (%) is 37.5% (the midpoint of 25–50%) if using the interpolation method in Eqn 1, but in fact the DSI on a percentage basis should be the mid-point value of 13.0% (the midpoint of the 1–25% interval) and 37.5% (the midpoint of the 25–50% interval), which is 25.25%.

Eq. 1: 0-100%

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

Eq. 2: 0-4

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

Caso	Eq 1	Eq 2	Midpoint
1	25%	1	13%
2	50%	2	37.5%
3	37.5%	1.5	25.25%

Eq. 1: 0-100%

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

Eq. 2: 0-4

[sheet_example](#)

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

Caso 1

Cuando el DSI calculado en la **eq 2 es igual a 1**, la estimación del DSI correspondiente (%) en la **eq 1 es del 25 % (=1/4)**. Sin embargo, en este caso, un DSI de 1 representa severidades del 1 al 25 % según el método de calificación. Por lo tanto, usar el punto medio de 1 a 25 % (13 %) en lugar de 25 % debería ser más acertado según observaciones anteriores.

Caso 2

Cuando el DSI calculado en la **eq 2 es 2**, la estimación DSI correspondiente (%) en la **eq 1 es 50 % (=2/4)**. Un DSI más adecuado para la base porcentual debería ser el valor del punto medio de 25 a 50 %, es decir 37,5 %.

Caso 3

Cuando el **DSI calculado es 1,5 en la eq2**, la estimación de **DSI (%) es 37,5 %** (el punto medio de 25–50 %) si se utiliza el **método de interpolación** en la **eq1**, pero en realidad, el DSI en porcentaje debe ser el valor del punto medio entre 13,0 % (el punto medio del intervalo de 1 a 25 %) y 37,5 % (el punto medio del intervalo de 25 a 50 %), que es 25,25 %.

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.

Por ejemplo, Madden et al. (2007) caracterizó que “uno debe convertir cada valor de clase a una severidad en una escala de porcentaje.

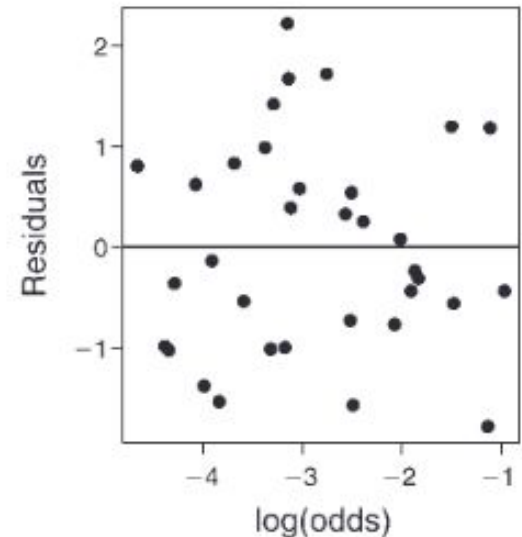
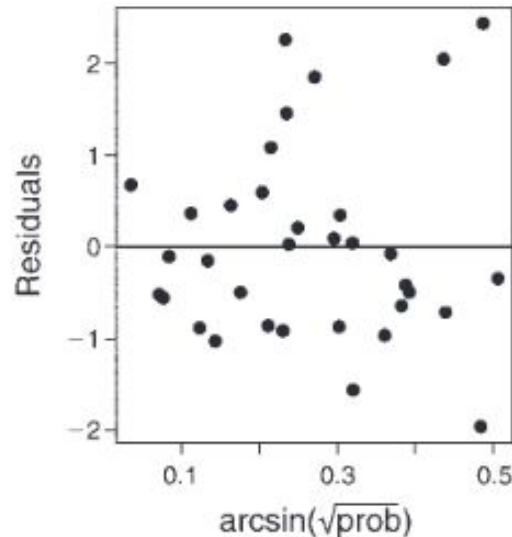
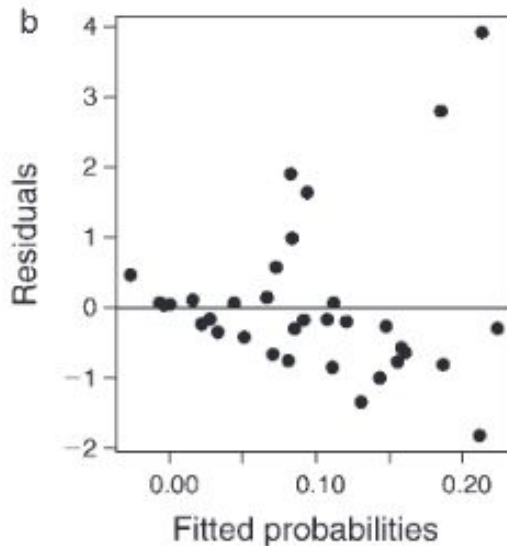
Aunque las escalas ordinales pueden analizarse de forma no paramétrica para algunos propósitos, el poder de la prueba no paramétrica no es tan alto como el de la prueba paramétrica correspondiente (Bock et al., 2010b).

Transformación de la severidad previo al análisis

Debido a que los valores del Índice de severidad van del 0 % al 100 %, comúnmente se sugiere la transformación de la **raíz cuadrada del arcoseno** o **logit** (logaritmo de probabilidades) para asegurar:

(a) aditividad de los efectos, (b) varianza constante entre tratamientos y (c) una distribución normal o residuos.

(Solo la transformación logit satisface los tres criterios)



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

Evaluación de enfermedades y pérdidas de producción

Si los fitopatólogos quisieran relacionar sus curvas de progreso de la enfermedad con el rendimiento, lógico sería restar el área de hojas enfermas del total sano $[(1 - x) L]$. Este cálculo del progreso de x y L da lo que llamamos duración del área foliar sana o HAD (días).

Waggoner, P. E., & Berger, R. D. (1987). Defoliation, disease, and growth. *Phytopathology*, 77(3), 393-398.

Hay que registrar el **área foliar total afectada** por la enfermedad, es decir, pústulas y lesiones, incluyendo cualquier clorosis, necrosis o defoliación que las acompañe, porque es probable que estas estén más correlacionadas a las pérdidas de rendimiento que el **área afectada** sólo por las pústulas o lesiones.

Samborski & Peturson demostraron la importancia de registrar clorosis o necrosis cuando reportaron pérdidas sustanciales en el rendimiento de cultivares de trigo hipersensibles a la roya de la hoja.

James, W. C. (1974). Assessment of plant diseases and losses. Annual review of *Phytopathology*, 12(1), 27-48.

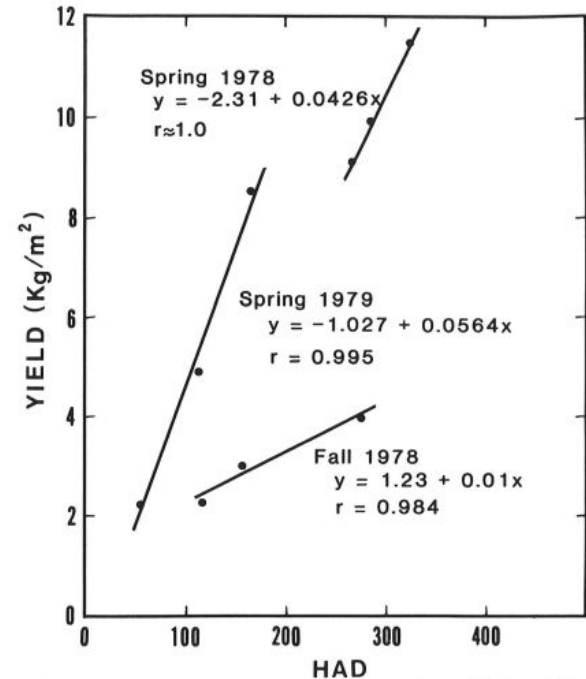


Fig. 4. The healthy leaf area duration HAD and kg m^{-2} tuber yield of potatoes grown by Rotem et al (16,17) in three seasons.