

## **Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa**

Jorge Andrade-Piedra, Peter Kromann, Arturo Taipe, Gregory Forbes  
Centro Internacional de la Papa

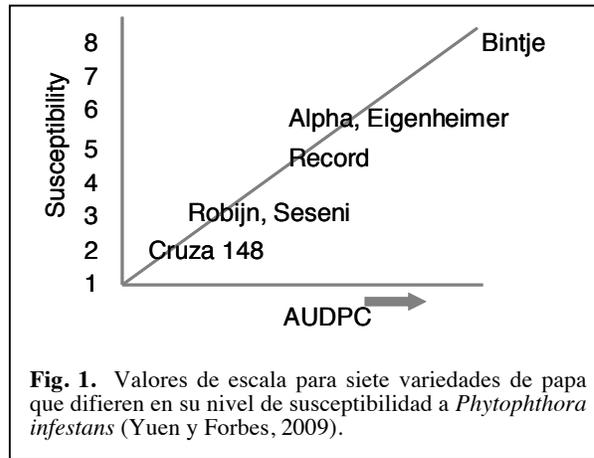
Quito, 23 de marzo del 2010

### **1. Teoría**

**Problema.** En general no existe un sistema estandarizado para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa. La práctica común es clasificar a los genotipos en resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil en ciertos casos, pero es muy limitada para comparar genotipos en diferentes ambientes y para obtener información para manejo de fungicidas. El área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC por su sigla en inglés), que es usada comúnmente para evaluar epidemias de tizón tardío, no puede ser usada *per se* para comparar genotipos en varios ambientes. Adicionalmente, sus unidades no son fácilmente interpretables (p.e., AUDPC = 2043).

**Solución propuesta.** Recientemente se ha propuesto una escala para clasificar a genotipos de papa de acuerdo a su susceptibilidad a *P. infestans* (Yuen y Forbes, 2009). Esta escala consiste de manera simple es una estandarización y un re-escalamiento del AUDPC.

**Aplicación de la escala para datos de AUDPC.** Hay dos formas de aplicar la escala: usando una variedad susceptible estándar, o dos variedades susceptibles estándar. Ambas formas generan resultados similares y la segunda (es decir, usando una sola variedad) es más simple, por lo que aquí se describe solo esta forma. El objetivo de este proceso es generar una escala de valores crecientes de susceptibilidad que varía entre 0 y 10. En teoría el límite superior puede ser mayor, aunque en la práctica probablemente no supere 8 o 9 (Figura 1).



**Paso 1.** Asigne un valor de la escala a una variedad estándar susceptible. En el estudio original de Yuen y Forbes (2009), a la variedad susceptible fue Bintje se le asignó un valor de 8 y consideramos que este valor es un buen valor estimado para variedades susceptibles. Este valor puede ser ajustado y refinado en el futuro, Sin embargo, el valor exacto de un cultivar susceptible no es crítico y valores entre 7 y 9 darán resultados aceptables, sobre todo para las variedades resistentes.

**Paso 2.** Calcule los valores de escala para los otros genotipos usando la Ecuación 1.

$$S_x = S_y \frac{D_x}{D_y} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$S_x$ : valor de la escala para el genotipo objetivo,

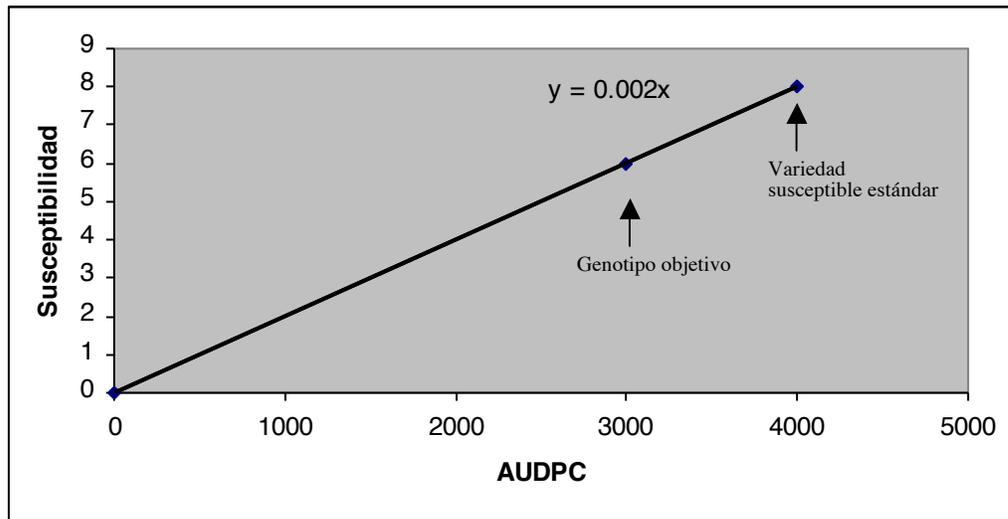
$S_y$ : valor de la escala para la variedad susceptible estándar,

$D_x$ : AUDPC observado para el genotipo objetivo,

$D_y$ : AUDPC observado para la variedad susceptible estándar.

En resumen, se multiplica el valor de la escala de la variedad susceptible estándar para el cociente de la división entre el AUDPC del genotipo objetivo y el AUDPC de la variedad susceptible estándar. Alternativamente se puede realizar una regresión del valor de AUDPC sobre el valor de escala del cultivar susceptible estándar con intercepto = 0. El valor de escala del genotipo objetivo es el resultado de multiplicar su AUDPC por la pendiente de la ecuación de regresión.

**Ejemplo.** A una variedad susceptible estándar con un AUDPC de 4000 se le asignó un valor de escala de 8. Un genotipo objetivo tiene un AUDPC de 3000. El valor de escala de este genotipo es  $8 \times (3000 / 4000) = 6$ . Usando regresión,  $0.002 \times 3000 = 6$  (Figura 2)



**Ventajas.** El uso de esta escala permite lo siguiente:

- Entender, comunicar e interpretar de mejor manera el nivel de susceptibilidad de una variedad. Es más fácil entender que una variedad es susceptible cuando tiene valores cercanos a 10, que cuando se expresa su susceptibilidad en valores de AUDPC.
- Realizar cálculos estadísticos como media, desviación estándar, análisis de variancia, etc.
- Permite elaborar hipótesis sobre interacciones de experimento x variedad, causadas por interacciones planta-patógeno, falta de adaptación de la variedad a ciertas localidades y error humano.

**Perspectivas.** CIP está haciendo esfuerzos a nivel mundial para compartir y entrenar a sus socios en el uso de esta escala. Sin embargo, para que esta escala tenga éxito es necesario utilizar al menos una variedad susceptible estándar a nivel regional, lo que permitirá que los datos de susceptibilidad de los genotipos de papa sean comparables entre países.

## 2. Práctica

### Materiales

- Computadora con Excel.
- Datos de 27 epidemias de Perú y Ecuador (Andrade-Piedra et al. 2005a, 2005b).

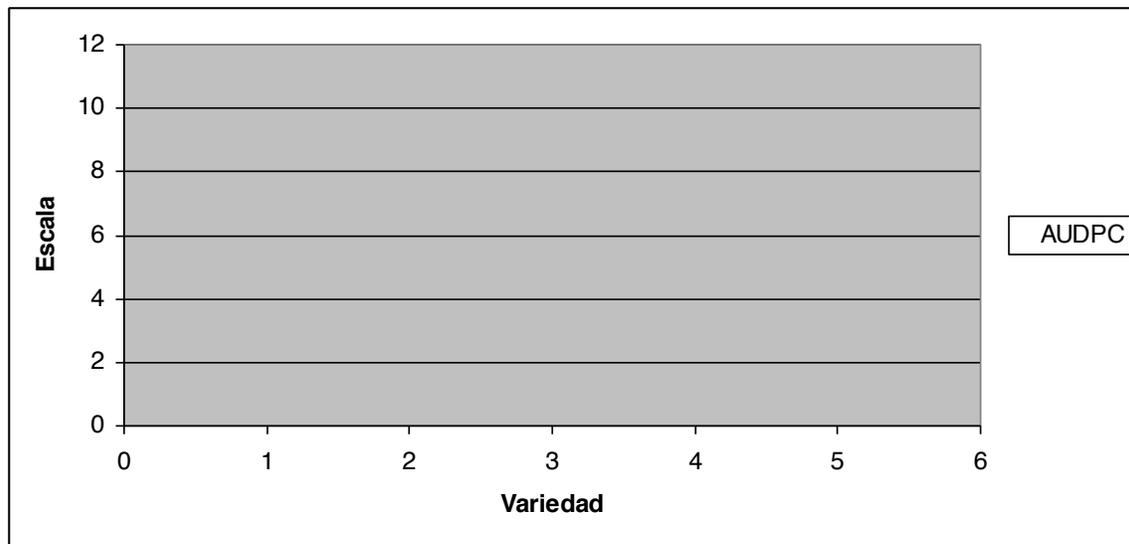
### Procedimiento

1. **Calcule valores de escala.** Usando el archivo Excel adjunto, dentro de cada experimento calcule los valores de escala de las siguientes variedades: Amarilis, Bolona, Catalina, Uvilla y Yungay. Utilice como referencia las variedades susceptibles Tomasa (para Perú, valor de escala = 8) y Gabriela (para Ecuador, valor de escala = 8).

Epidemia	País	Año	Localidad	Experimento	Variedad	AUDPC	Escala
1	PE	1999	Comas	1	Amarilis	5976	?
2	PE	1999	Comas	1	Tomasa	7858	8
3	PE	1999	Comas	1	Yungay	8392	?
4	PE	1999	Oxapampa	2	Amarilis	6980	?
5	PE	1999	Oxapampa	2	Tomasa	8185	8
6	PE	1999	Oxapampa	2	Yungay	10230	?
7	PE	2000	Huancayo	3	Amarilis	335	?
8	PE	2000	Huancayo	3	Tomasa	7951	8
9	PE	2000	Huancayo	3	Yungay	3984	?
10	PE	2000	Oxapampa	4	Amarilis	8254	?
11	PE	2000	Oxapampa	4	Tomasa	8888	8
12	PE	2000	Oxapampa	4	Yungay	8670	?
13	EC	1997	Cutuglahua	5	Bolona	1789	?
14	EC	1997	Cutuglahua	5	Catalina	782	?
15	EC	1997	Cutuglahua	5	Gabriela	1535	8
16	EC	1997	La Tola	6	Bolona	2158	?
17	EC	1997	La Tola	6	Catalina	925	?
18	EC	1997	La Tola	6	Gabriela	2028	8
19	EC	1998	Cutuglahua	7	Catalina	3406	?
20	EC	1998	Cutuglahua	7	Gabriela	4518	8
21	EC	1998	Cutuglahua	7	Uvilla	3098	?
22	EC	1998	La Tola	8	Catalina	2938	?
23	EC	1998	La Tola	8	Gabriela	4242	8
24	EC	1998	La Tola	8	Uvilla	4229	?
25	EC	1998	Pinantura	9	Catalina	2516	?
26	EC	1998	Pinantura	9	Gabriela	3824	8
27	EC	1998	Pinantura	9	Uvilla	3564	?

2. **Grafique** los valores de escala de las variedades Amarilis, Bolona, Catalina, Uvilla y Yungay. Para ello realice lo siguiente:

- Copie la tabla anterior y péguela usando la opción 'Paste special/Values'.
- Borre los datos de Gabriela y Tomasa.
- Ordene los datos de acuerdo a variedades (opción 'Data/Sort').
- Incluya una columna adicional (# Variedad) y asigne un número a cada variedad: 1. Amarilis; 2. Bolona; 3. Catalina; 4. Uvilla; y 5. Yungay.
- Grafique los datos de escala (eje y) y los datos de número de variedad (eje x). Use un tipo de gráfico XY.



3. **Resuma la información.** Prepare la siguiente tabla con los valores de escala:

Variedad	No. epidemias	Media	Coefficiente de variación*
1. Amarilis			
2. Bolona			
3. Catalina			
4. Uvilla			
5. Yungay			

\* Desviación estándar expresada como proporción de la media.

4. **Analice la información y saque conclusiones.** Conteste las siguientes preguntas:

- Por qué Amarilis tiene un coeficiente de variación tan alto?
- Por qué Catalina tiene un coeficiente de variación relativamente bajo?

- c) Qué tan confiable es la información de Bolona, considerando que hay datos de 2 epidemias?
- d) Que concluye del ejercicio?

### **Quiere conocer más?**

Visite el sitio Web de GILB (Global Initiative on Late Blight). Hay dos ejercicios complementarios al tema de esta práctica:

- Consideraciones prácticas para evaluar tizón tardío:  
<http://gilb.cip.cgiar.org/research/lb-training-tools-researcher/consideraciones-practicas-para-estimar-la-severidad-de-tizon-tardio-en-follaje-de-papa-bajo-condiciones-de-campo/>
- Resumiendo la enfermedad:  
<http://gilb.cip.cgiar.org/research/lb-training-tools-researcher/resumiendo-la-enfermedad/>

### **Referencias**

- Andrade-Piedra, J. L., Hijmans, R. J., Juárez, H. S., Forbes, G. A., Shtienberg, D., and Fry, W. E. 2005a. Simulation of potato late blight in the Andes. II: Validation of the LATEBLIGHT model. *Phytopathology* 95:1200-1208.
- Andrade-Piedra, J. L., Forbes, G. A., Shtienberg, D., Grünwald, N. J., Chacón, M. G., Taipe, M. V. Hijmans, R. J., and Fry, W. E. 2005b. Qualification of a plant disease model: Performance of the LATEBLIGHT model across a broad range of environments. *Phytopathology* 95:1412-1422.
- Yuen J.E. and Forbes G.A. (2009) Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. *Phytopathology* 99: 783-786.

**Respuestas**

- a) **Por qué Amarilis tiene un coeficiente de variación tan alto?** Existe un dato (# 3) en el que se ha dado una interacción experimento x variedad. La variedad se comportó como mucho menos susceptible de lo que se observa en otros experimentos.
- b) **Por qué Catalina tiene un coeficiente de variación relativamente bajo?** Es una variedad que se comportó de manera similar en varios experimentos y por lo tanto sus valores de escala son similares entre experimentos.
- c) **Qué tan confiable es la información de Bolona, considerando que hay datos de 2 epidemias?** No es muy confiable, muy pocos datos. Lo ideal sería tener datos de al menos 3 experimentos. Sin embargo, este número depende sobre todo de la naturaleza de la variedad. Hemos visto que hasta ahora las susceptibles son bastante consistentes – siempre susceptibles. Sin embargo, susceptibles con genes mayores (como la variedad Esperanza) podrían dar sorpresas si no han sido cultivado por varios años.
- d) **Qué concluye del ejercicio?** Es una metodología sencilla, que permite clasificar a genotipos de papa de acuerdo a su nivel de susceptibilidad a *P. infestans*. Además permite identificar interacciones de experimento x variedad. Teóricamente es independiente del efecto del experimento, siempre cuando el control susceptible da una reacción consistente.